



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΝΟΙΞΗ ΤΟΥ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ Χ.Θ.70+345 ΕΩΣ Χ.Θ.72+070 ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ
ΤΡΑΠΕΖΑΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε.***



ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:

**ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΟΥΚΗΣ
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ**

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ Θ. ΛΥΜΠΕΡΟΠΟΥΛΟΥ
ΠΑΤΡΑ 2010**

Αφιερώνεται στην οικογένειά μου

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία αυτή αποτελεί την Διπλωματική εργασία της Λυμπεροπούλου Παναγιώτας, προπτυχιακής φοιτήτριας του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών, στον Τομέα της Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής.

Ως θέμα της πραγματεύεται τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες κατά την διάνοιξη του τμήματος από Χ.Θ. 70+345 έως Χ.Θ 72+070 της σήραγγας Τράπεζας της ΕΡΓΑ ΟΣΕ Α.Ε..

Από τη θέση αυτή θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες καθηγητές μου, κ. Γ.Κούκη και κ. Ν.Σαμπατακάκη, για την καθοδήγηση, την ουσιαστική υποστήριξη και το ενδιαφέρον τους καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστίες, τέλος, οφείλω στον γεωλόγο της ΑΚΤΩΡ Α.Τ.Ε Γεώργιο Τσάντζαλο για την εξαιρετική βοήθεια και υπομονή που έδειξε σ' όλη την διάρκεια της παρούσας εργασίας, καθώς επίσης και στον διδάκτορα του Πανεπιστημίου Πατρών Κουλούρη Σπύρο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία έχει πραγματοποιηθεί στην περιοχή της ΤΡΑΠΕΖΑ (ΔΙΑΚΟΦΤΟ). Κατά την διάρκεια της διαδικασίας είχαμε την ευκαιρία να μελετήσουμε όλες τις μεθόδους εκσκαφής της γαλαρίας και να παρθούν ορισμένα δείγματα για περαιτέρω εξέταση στο εργαστήριο.

Έτσι σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι:

Οι σχηματισμοί που συναντούμε είναι κυρίως από χαλικοπαγή - κροκαλοπαγή με στρώσεις μάργας και το αντίθετο. Δεν υπάρχει σημαντική παρουσία υπόγειων υδάτων, κυρίως συναντούμε μικρούς θύλακες νερού κατά την διάρκεια της εκσκαφής. Η μέθοδος που ακολουθήσαμε είναι η NATM και σύμφωνα με αυτή έχουμε καταγράψει όλα τα αναγκαία μέτρα που έχουν ληφθεί. Επίσης πρέπει να αναφερθεί η γεωμηχανική ενοργάνωση που έχει εγκατασταθεί στην γαλαρία.

Κλείνοντας όσον αναφορά τις εργαστηριακές δοκιμές που έχουν ολοκληρωθεί έχουμε καταλήξει στα κύρια φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά της μάργας. Τα σχετικά αποτελέσματα των δοκιμών παρουσιάζονται αναλυτικά στην εργασία.

ABSTRACT

This project has taken place in the area of TRAPEZA (Diakofto). During the process we had the opportunity to study all the excavation methods of the tunnel and to take some samples for further study in our lab.

So in general lines we can say that:

The formations that we encounter are mainly of gravel conglomerates with layers of marls and the opposite. There is not significant presence of underground water, mainly we introduce small pockets of water during the excavation process. The method that we followed is the NATM and according with this method we have recorded all the necessary measures that have been taken place. Also must be mentioned the geomechanical instrumentation that has been installed into the tunnel.

In conclusion as far the lab tests we have conclude to the main physical and mechanical characteristics of the marl. A Thorough documentation of the obtained results is included in the project.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ.....	1
<u>1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....</u>	1
<u>1.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....</u>	3
<u>1.3 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....</u>	3
<u>1.3.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ.....</u>	3
<u>1.3.1.1 ΜΕΤΑΛΠΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΑ.....</u>	4
<u>1.3.1.1.1 ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ.....</u>	4
<u>1.3.1.1.2 ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ.....</u>	4
<u>1.3.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ - ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ.....</u>	6
<u>1.4 ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....</u>	9
<u>1.4.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ.....</u>	9
<u>1.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΛΔΦΟΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ.....</u>	11
<u>1.6 ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ.....</u>	13
<u>1.7 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....</u>	17
 2.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	 24
<u>2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....</u>	24
<u>2.2 ΜΕΤΩΠΟ ΕΙΣΟΔΟΥ.....</u>	24
<u>2.3 ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....</u>	25
<u>2.4 ΜΕΤΩΠΟ ΕΞΟΔΟΥ.....</u>	28
<u>2.5 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ Σ.Δ. 1.....</u>	29
<u>2.6 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ Σ.Δ. 2.....</u>	29
<u>2.7 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ.....</u>	30
<u>2.8 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΝΕΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΣΤΗΝ ΣΗΡΑΓΓΑ.....</u>	36
<u>2.9 ΜΕΤΡΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ.....</u>	37
 3.ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	 43
<u>3.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ. 70 +345 ΕΩΣ Χ.Θ. 72+070.....</u>	43
<u>3.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 70+345 ΕΩΣ Χ.Θ 70+375 (ΤΕΧΝΙΚΑ ΈΡΓΑ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ).....</u>	44
<u>3.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....</u>	44
<u>3.2.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....</u>	44
<u>3.2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....</u>	45
<u>3.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 70+375 ΕΩΣ Χ.Θ. 70+470 (ΥΠΟΓΕΙΟ ΈΡΓΟ ΣΤΟ ΣΤΟΜΙΟ ΕΙΣΟΔΟΥ).....</u>	47
<u>3.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 70+470 ΕΩΣ Χ.Θ. 72+070 (ΥΠΟΓΕΙΟ ΈΡΓΟ).....</u>	48
<u>3.4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....</u>	48
<u>3.4.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....</u>	48
<u>3.4.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....</u>	50
<u>3.5 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ.....</u>	52
<u>3.5.1 ΣΗΡΑΓΓΑ ΣΔ1.....</u>	52
<u>3.5.1.1 ΓΕΝΙΚΑ.....</u>	52
<u>3.5.1.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ.....</u>	53
<u>3.6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ – ΣΥΝΟΨΗ.....</u>	54

4. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΤΗΚΑΝ – ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	57
<u>4.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΓΙΝΑΝ.....</u>	<u>57</u>
<u>4.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....</u>	<u>57</u>
<u>4.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ.....</u>	<u>59</u>
4.3.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	59
4.3.2 ΦΥΣΙΚΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ.....	72
<u>4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ.....</u>	<u>76</u>
4.4.1 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ-ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ.....	78

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΔΕΛΤΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΕΤΩΠΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ

ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΑΠΟ ΧΘ:70+670 -70+938

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ – ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στα πλαίσια της μελέτης της σήραγγας της Τράπεζας έγινε γεωλογική και γεωτεχνική αξιολόγηση όλων των φάσεων ερευνών που εκπονήθηκαν στην περιοχή κατασκευής του έργου καθώς και συμπληρωματικές επί τόπου γεωλογικές, υδρογεωλογικές, τεχνικογεωλογικές και γεωτεχνικές παρατηρήσεις.

Συνολικά αξιολογήθηκαν 13 ερευνητικές γεωτρήσεις της φάσης των ερευνών και 15 ακόμα ερευνητικές γεωτρήσεις που είχαν εκπονηθεί για άλλα έργα στην στενή περιοχή διέλευσης της σήραγγας. Τέλος συγκεντρώθηκαν στοιχεία και αξιολογήθηκαν από 3 υδρογεωτρήσεις.

1.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η ζώνη διέλευσης του υπό κατασκευής έργου εντοπίζεται στο βόρειο τμήμα της Πελοποννήσου, στην περιοχή μεταξύ Τράπεζας και Διακοπτού.

Η διαμόρφωση του γεωμορφολογικού ανάγλυφου στην περιοχή της Βόρειας Πελοποννήσου, είναι αποτέλεσμα κυρίως της δράσης των τεκτονικών και νεοτεκτονικών κινήσεων σε συνδυασμό με την επιδεκτικότητα των γεωλογικών σχηματισμών στις διεργασίες της διάβρωσης καθώς επίσης και με το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Σταθερός παράγοντας είναι επίσης η λιθολογική σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών και κυρίως των Πλειο-Πλειστοκαινικών αποθέσεων, που απαντούν σε μεγάλη έκταση στην περιοχή.

Η επιφανειακή απορροή των όμβριων υδάτων συντελείται διαμέσου του υδρογραφικού δικτύου με γενική διεύθυνση προς ΒΑ έως ΒΒΑ. Τα σημαντικά ποτάμια μόνιμης απορροής στην ευρύτερη περιοχή είναι από τα Ανατολικά προς

τα Δυτικά ο Λαδοπόταμος, πριν την είσοδο και ο Βουραϊκός, μετά την έξοδο της σήραγγας.

Δευτερεύοντα υδατορέματα εποχιακής και τα οποία έχουν σημασία για το υπόγειο τεχνικό έργο ως προς την διευκόλυνση διηθήσεων κυρίως μετά από έντονες βροχοπτώσεις εντοπίζονται περί :

την Χ.Θ. 71+470

την Χ.Θ. 71+630, όπου συγκλίνουν δύο κλάδοι

την Χ.Θ. 71+970 και

την Χ.Θ. 72+550

Το υδρογραφικό δίκτυο είναι καλά ανεπτυγμένο και χαρακτηρίζεται από έντονη κατά βάθος διάβρωση και απότομες κλίσεις κλιτύων. Με βάση τη μορφή αυτή του υδρογραφικού δικτύου, η περιοχή, από άποψη γεωμορφολογικής εξέλιξης κατατάσσεται στο στάδιο της “προχωρημένης νεότητας”, όπου δεν έχει επέλθει ακόμα κατάσταση ισορροπίας.

Καθοριστικό ρόλο για την διαμόρφωση του υδρογραφικού δικτύου έχουν οι συνεχιζόμενες ανοδικές κινήσεις της Βόρειας Πελοποννήσου, οι οποίες προκαλούν την ανύψωση της περιοχής με αποτέλεσμα την δράση των διεργασιών αποσάθρωσης-διάβρωσης.

Το μορφολογικό ανάγλυφο στην ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται πεδινό έως λοφώδες με απόλυτα υψόμετρα φυσικού ανάγλυφου που κυμαίνονται από 10m έως 140m. Κατά μήκος της σήραγγας το υψόμετρο της ερυθράς διέρχεται σε απόλυτα υψόμετρα που κυμαίνονται από 20 m έως 42 m. Οι μορφολογικές κλίσεις κυμαίνονται από 10^0 έως 30^0 και τοπικά φτάνουν και τις 40^0 .

Όσον αφορά σε εντοπισμένες περιοχές αστάθειας θα πρέπει να τονιστεί ότι κατά μήκος της υφιστάμενης Ν.Ε.Ο. έχουν χαρτογραφηθεί κατά θέσεις στα τεχνητά πρηνή της οδοποιίας περιοχές, όπου έχουν εκδηλωθεί πρόσφατες αστοχίες. Οι αστοχίες αυτές οφείλονται κυρίως σε διαφορικές διαβρώσεις μεταξύ υποκείμενων ευκολοδιάβρωτων και υπερκείμενων σχετικά ανθεκτικότερων στη

διάβρωση λιθολογικών φάσεων σε συνδυασμό με τα μεγάλα ύψη τεχνητών πρανών και την διαμορφωθείσα κλίση.

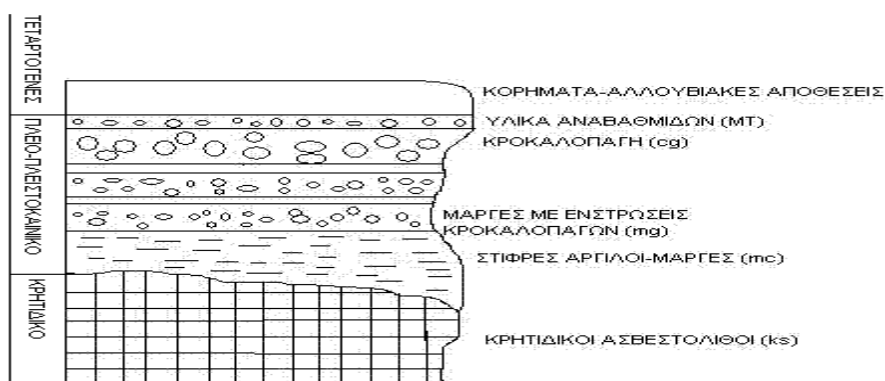


Εικ. 1 : Αεροφωτογραφία της περιοχής κατασκευής του έργου και επιμέρους τμήματά του

1.3 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

1.3.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Το γεωλογικό υπόβαθρο στο οποίο διανοίγεται το μεγαλύτερο μέρος της σήραγγας αποτελούν αποκλειστικά τα μεταλπικά ιζήματα του Πλειοπλειστοκαινικού. Ασύμφωνα σ'αυτά τοποθετούνται οι πρόσφατοι τεταρτογενείς σχηματισμοί. Στο Σχ. 1 δίνεται σκαριφηματικά η στρωματογραφική αλληλουχία των γεωλογικών σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Οι ασβεστόλιθοι, οι οποίοι αποτελούν το αλπικό υπόβαθρο δεν απαντώνται στην στενή περιοχή του έργου.



Σχ.1: Στρωματογραφική στήλη της περιοχής μελέτης

1.3.1.1 ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΑ

1.3.1.1.1 ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

Τα πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα καλύπτουν ευρεία έκταση σε όλη την Βόρεια Πελοπόννησο και χαρακτηρίζονται από την διαμόρφωση διαφορετικών λιθολογικών φάσεων με τις λεπτόκοκκες να υπερτερούν στα κατώτερα τμήματα και τις αδρόκοκκες στα ανώτερα.

- **Μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg).** Αποτελούν την κατώτερη λιθολογική φάση στην στενότερη περιοχή του έργου και χαρακτηρίζονται από εναλλαγές αργιλικών (μαργαϊκών) οριζόντων με μαργαϊκό συνδετικό υλικό και
- **Κροκαλοπαγή (cg).** Αποτελούν την ανώτερη λιθολογική φάση, η οποία τοποθετείται σύμφωνα με την προηγούμενη. Χαρακτηρίζεται από την επικράτηση πολύμικτων κροκαλοπαγών με ψαμμιτικό και ψαμμιτομαργαϊκό συνδετικό υλικό, ενώ κατά θέσεις συναντώνται ενστρώσεις στιφρών αργίλων (μαργών) και χαλαρών ψαμμιτών.
- **Υλικά θαλάσσιων αναβαθμίδων (MT).** Τα υλικά αυτά βρίσκονται σε ελαφρά ασυμφωνία με τους υποκείμενους σχηματισμούς $5^0 - 10^0$. Χαρακτηρίζονται από την επικράτηση πολύμικτων κροκαλοπαγών με ασβεστίτικό ή ψαμμιτικό συνδετικό υλικό και το μικρό τους πάχος της τάξεως των 2-10 m περίπου.

Οι ανώτεροι σχηματισμοί και όπου απαντώνται ηπιότερες μορφολογικές κλίσεις κατά τόπους καλύπτονται από μικρού πάχους ελουβιακό μανδύα.

1.3.1.1.2 ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Οι πρόσφατες τεταρτογενείς αποθέσεις αποτελούν υλικά, τα οποία επικάθονται ασύμφωνα στις πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις και καλύπτουν σημαντική έκταση επιφανειακά (βλ. σχ.2).

Διακρίνονται στις εξής παρακάτω ενότητες :

- **Προϊόντα κατολισθήσεων.** Σ' αυτά συμπεριλαμβάνονται τα υλικά πρόσφατων κατολισθήσεων (LS) και παλαιών (LM) κατολισθήσεων. Τα υλικά των πρόσφατων κατολισθήσεων αφορούν κυρίως πρόσφατες αστοχίες στα υφιστάμενα τεχνητά πρανή της Ν.Ε.Ο.
- **Κορηματικά υλικά.** Σ' αυτά περιλαμβάνονται τα κορήματα (SC) και τα αργιλικά κορήματα (SM), τα οποία επικάθονται συνήθως σε επικλινές ανάγλυφο. Επίσης συμπεριλαμβάνονται οι κώνοι κορημάτων (CS) και ο ελουβιακός μανδύας (EL), σχηματισμοί οι οποίοι επικάθονται συνήθως σε ήπιο σχετικά ανάγλυφο.
- **Αλλουβιακές αποθέσεις.** Σ' αυτές συμπεριλαμβάνονται οι αποθέσεις κοίτης (RD), οι οποίες συναντώνται στις κοίτες των χειμάρρων, ρεμάτων και ποταμών της περιοχής καθώς επίσης και οι αλλουβιακές αποθέσεις (AL), οι οποίες καλύπτουν τις πεδινές περιοχές ήπιου μορφολογικού ανάγλυφου.

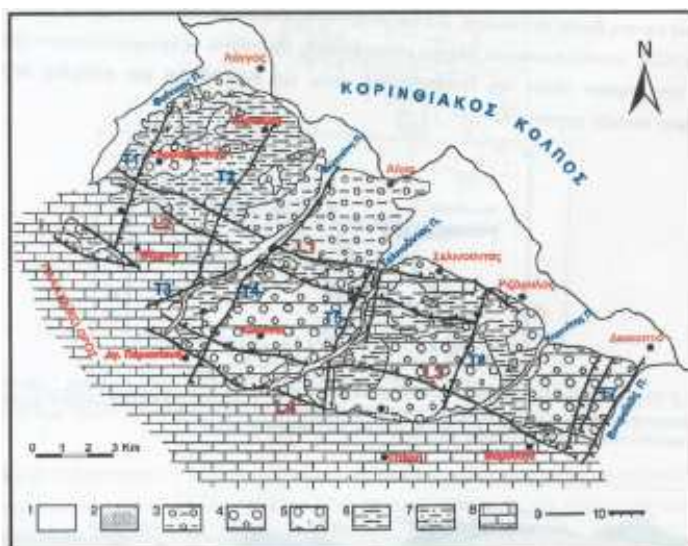


Σχ. 2: Γεωμορφολογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής (από, Νίκας 2003).

1.3.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ - ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

Ο Κορινθιακός κόλπος αποτελεί την κυριότερη εγκάρσια νεοτεκτονική δομή του Ελληνικού τόξου σε γενική διεύθυνση Α-Δ, η οποία χαρακτηρίζεται από την παράλληλη ανάπτυξη των ενεργών ρηγμάτων που οριοθετούν τις νότιες ακτές του κατά μήκος της βόρειας Πελοποννήσου και από την έντονη σεισμικότητα, η οποία παρατηρείται από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα από την περιοχή της Κορίνθου ανατολικά έως την περιοχή Αιγίου-Πάτρας δυτικά.

Τα κύρια ενεργά ρήγματα της τεκτονικής τάφρου του Κορινθιακού έχουν γενική διεύθυνση Α-Δ, είναι κανονικά ρήγματα με κλίση προς Βορρά η οποία κυμαίνεται από 50^0 - 70^0 . Στην ευρύτερη περιοχή της κατασκευής του έργου υπάρχει μια ρηξιγενής ζώνη, η οποία είναι ενεργή σεισμικά και είναι η ζώνη Διακοπτού-Πλατάνου. Αυτή η ζώνη διέρχεται σε απόσταση 100-300 m κατάντη του μήκους του έργου και ένα μέρος της καλύπτεται από πρόσφατες αλλουβιακές αποθέσεις (βλ. γεωλογικό χάρτη) ενώ το υπόλοιπο βρίσκεται στον υποθαλάσσιο χώρο. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι η ζώνη αυτή γειτνιάζει με την ενεργό ρηξιγενή ζώνη της Ελίκης, η οποία συνδέεται με το σεισμό της 26/12/1861, μεγέθους 6.7 R.

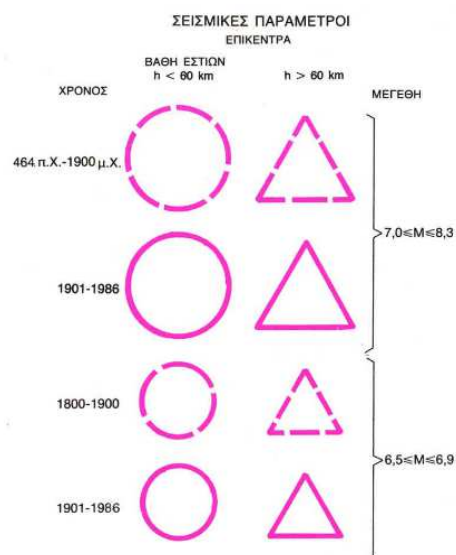
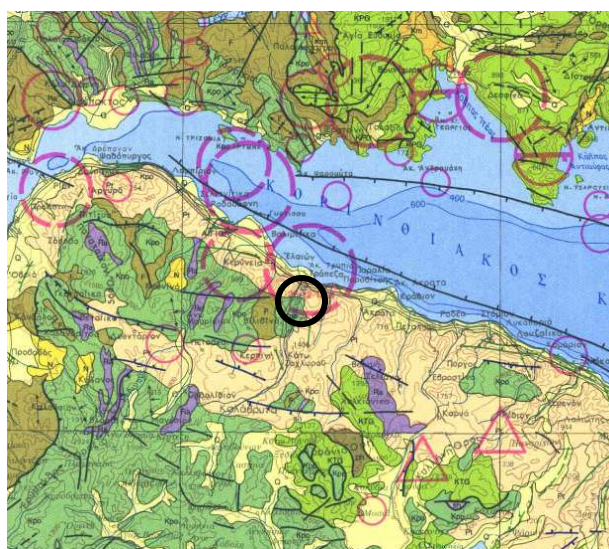


Γεωλογικός χάρτης του δυτικού παράκτιου τμήματος της Κορινθιακής τάφρου και της λεκάνης του Βουραϊκού. Σύμβολα χάρτη: 1. Ολοκαινικοί σχηματισμοί, 2. θαλάσσιες αναβαθμίδες 3. αλλουβιακές ριπδιακές αποθέσεις, 4. δελταϊκές ριπδιακές αποθέσεις, 5. ιζήματα ανώτερης ριπδιακής ζώνης, 6. λιμναίες-λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, 7. ποταμολιμναίες αποθέσεις, 8. προ-Νεογενές υπόβαθρο, 9. ρήγμα, 10. ρήγμα, όπου η οδόντωση δεικνύει το βοθιζόμενο τέμαχος. L1-L4: κύρια ΔΒΔ/κά κανονικά ρήγματα, T1-T7: κυρία ΒΒΑ/κά ρήγματα μετασχηματισμού. (από, Πουλημένος 1991).

Στο σχήμα 3 που ακολουθεί δίνεται απόσπασμα από το σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας, (ΙΓΜΕ, 1989) όπου στην ευρύτερη περιοχή κατασκευής του έργου (βλ. σχ. 3, μαύρος κύκλος) σημειώνονται τα ενεργά και πιθανώς ενεργά ρήγματα.

		ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ		TECTONIC DATA	
ΔΟΜΕΣ STRUCTURES	ΧΡΟΝΟΛΟΓΙΑ DATE	ΙΣΤΟΡΙΚΟΙ ΧΡΟΝΟΙ - HISTORIC TIME (Σεισμικές διαρρήξεις - Earthquake ruptures)	ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ ΟΛΟΚΑΙΝΟ MIDDLE PLEISTOCENE - HOLOCENE	ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ - ΚΑΤΩΤ. ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ PLIOCENE - LOWER PLEISTOCENE	ΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΗ ΗΛΙΚΙΑ UNDETERMINED AGE
Ρήγμα και πιθανή προέκτασή του Fault and its probable extension					
Ρήγμα κανονικό (οδόντωση προς το τμήμα που κατέρχεται) Normal fault (dentation towards the downthrown segment)					
Ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης Strike - slip fault					
Ρήγμα ανάστροφο (οδόντωση προς το τμήμα που ανέρχεται) Reverse fault (dentation towards the upthrown segment)					
Άξονας εφελκυσμού Axis of extension					
Άξονας συμπίεσης Axis of compression					
Τεκτονική επαφή Tectonic contact					
Επώθηση ή εφίπνευση Overthrust or upthrust					
Φαινόμενα ρευστοποίησης Liquefaction phenomena					

* Η ηλικία αφορά την τελευταία γνωστή δράση του ρήγματος.
* The age refers to the last known activity of the fault.



Σχ.3 Απόσπασμα από το σεισμοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας όπου διακρίνονται τα κύρια τεκτονικά στοιχεία (ΙΓΜΕ, 1989).

Όσον αφορά στις υπόλοιπες τεκτονικές ασυνέχειες, οι οποίες απαντώνται στην στενότερη περιοχή του έργου, παρουσιάζουν δύο συζυγείς διευθύνσεις.

Το κύριο σύστημα ρηγμάτων έχει διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ έως Β.ΒΔ – Ν.ΝΑ με κλίση προς ΒΔ. Τα ρήγματα αυτά εκτιμάται ότι έχουν επιδράσει στις Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις και πιθανά στη δημιουργία μιας κύριας συγκλινικής δομής στο κεντρικό τμήμα της περιοχής ενδιαφέροντος. Χαρακτηρίζονται ως πιθανά ενεργά κατά ΟΑΣΠ.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που έγιναν σε διάφορες θέσεις στα κροκαλοπαγή (cg) και στις μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg) προκύπτει ότι η κλίση της στρώσης κυμαίνεται από 15^0 έως 40^0 προς τα ΒΔ έως Δ.ΒΔ μέχρι την Χ.Θ. 71+600 και στην συνέχεια διαφοροποιείται από 20^0 - 35^0 προς ΒΑ τουλάχιστον μέχρι την Χ.Θ. 72+700, οπότε στρέφεται πάλι προς τα Δ.ΒΔ.

Σεισμολογικά η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα μεγάλη σεισμική δράση κι έχει δώσει αρκετά μεγάλους σεισμούς και μάλιστα στο εγγύς παρελθόν. Με βάση το Ν.Ε.Α.Κ. (Απόφαση Δ17α/115/9/ΦΝ275 ΦΕΚ 1154 12/8/2003), η χώρα υποδιαιρείται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας Ι, ΙΙ, ΙΙΙ τα όρια των οποίων καθορίζονται στο χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδας (Σχ. 4).

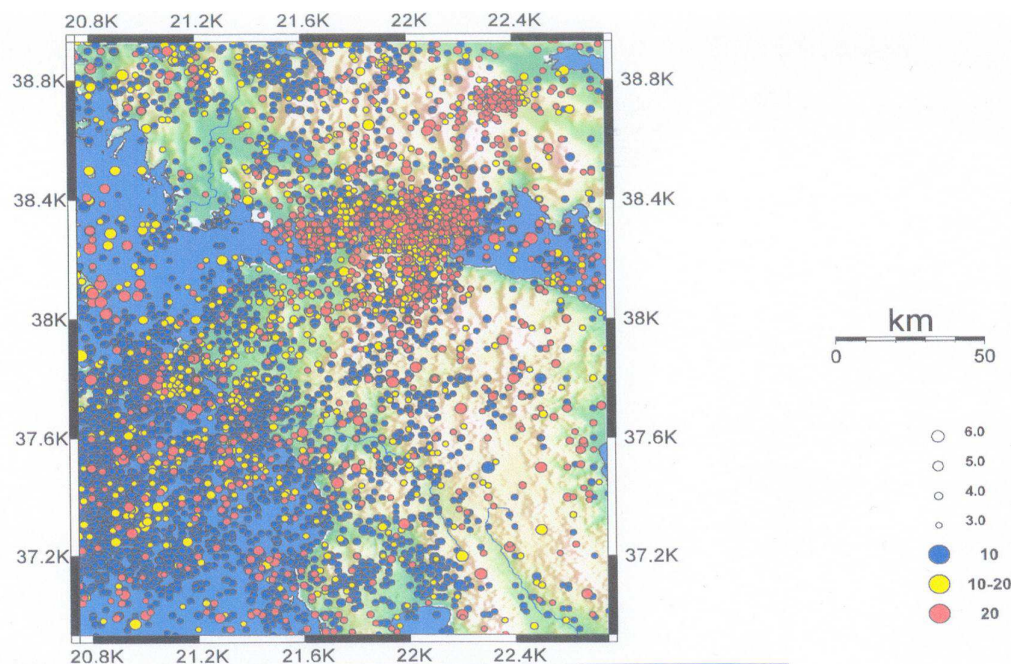
Σε κάθε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας αντιστοιχεί μια τιμή σεισμικής επιτάχυνσης εδάφους $A = \alpha \cdot g$ (g: επιτάχυνση βαρύτητας), σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1. Τιμές σεισμικών επιταχύνσεων για κάθε ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας

Σεισμική επιτάχυνση εδάφους

Ζώνη Σεισμικής Επικινδυνότητας	I	II	III
α	0.16	0.24	0.36

Οι τιμές των σεισμικών επιταχύνσεων εδάφους του παραπάνω πίνακα εκτιμώνται σύμφωνα με τα σεισμολογικά δεδομένα ότι έχουν πιθανότητα υπέρβασης 10% στα επόμενα 50 χρόνια. Σύμφωνα με τον Ν.Ε.Α.Κ., η ευρύτερη περιοχή ανήκει στη ζώνη ΙΙ.



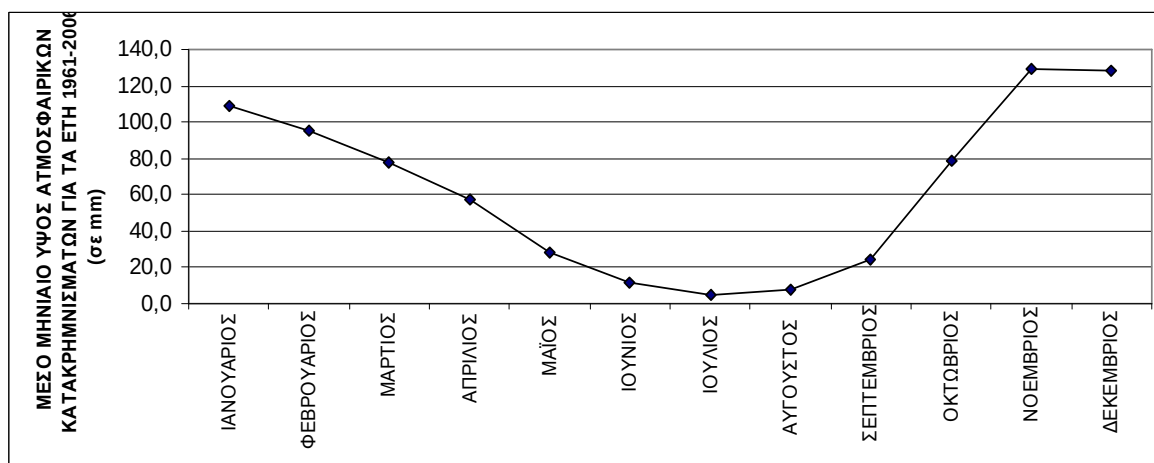
Σχ. 4: Χάρτης επικέντρων στην ευρύτερη περιοχή του νομού Αχαΐας για την χρονική περίοδο 1990 – 1995 γύρω από την περιοχή μελέτης.

1.4 ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

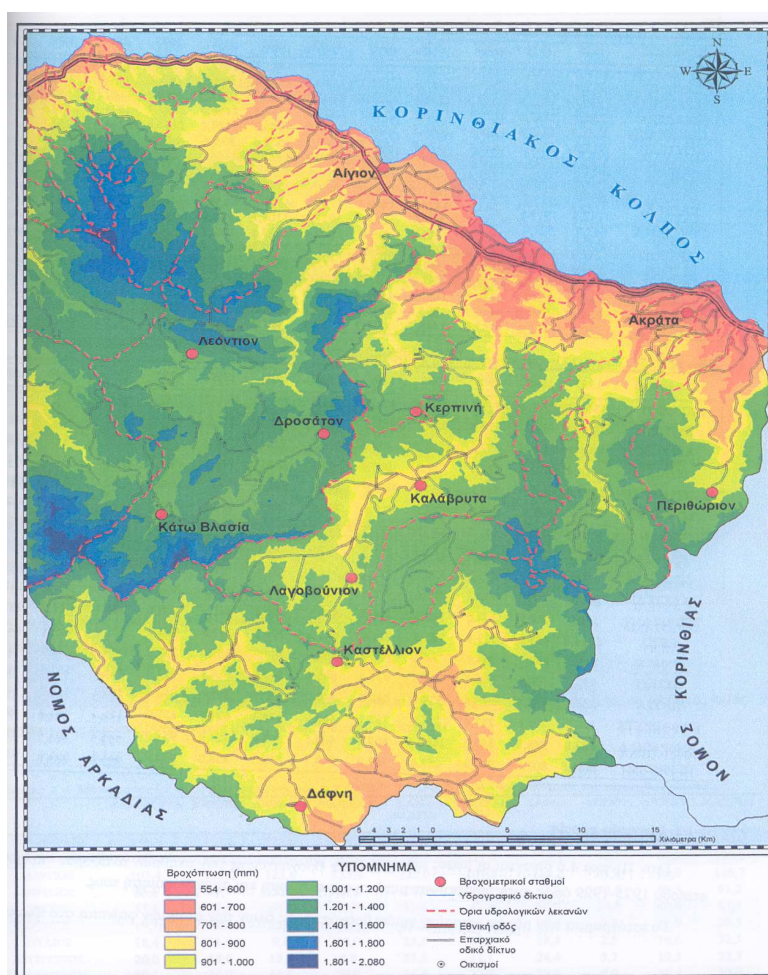
1.4.1 ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ

Το κλίμα της περιοχής είναι εύκρατο με ξηρό θέρος. Η μηνιαία κατανομή των βροχοπτώσεων στην πλειονότητα των σταθμών παρουσιάζει μέγιστο τον Δεκέμβριο και τον Νοέμβριο και ελάχιστο τον Ιούλιο. Παρ' όλα αυτά παρουσιάζεται μία τάση μετατόπισης της υγρής περιόδου προς τους εαρινούς μήνες με συνέπεια την απώλεια του διαθέσιμου νερού της ενεργής κατεΐσδυσης λόγω της αυξημένης εξατμισοδιαπνοής. Το ύψος βροχής αυξάνεται με το υψόμετρο με σχέση όχι κατ' ανάγκη γραμμική. Η σχετική υγρασία παρουσιάζει την ίδια πορεία με αυτή των βροχοπτώσεων (Βουδούρης, 1995).

Τα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης για τα έτη 1961 – 2006 που προέκυψαν από καταγραφές του μετεωρολογικού σταθμού Αιγίου παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί (σχ. 5) και στο σχήμα 6 αναπαριστάνεται ο βροχομετρικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής .



Σχ. 5 : Διάγραμμα του μέσου ετήσιου ύψους ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.



Σχ. 6: Βροχομετρικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής (από, Νίκας 2003).

1.5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΛΑΦΟΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

Στα πλαίσια της γεωλογικής – γεωτεχνικής αξιολόγησης συγκεντρώθηκαν, καταγράφηκαν και αξιολογήθηκαν οι υφιστάμενες ερευνητικές γεωτρήσεις, που εκπονήθηκαν σε όλες τις φάσεις ερευνών του έργου καθώς και για διάφορα άλλα τεχνικά έργα στην ευρύτερη περιοχή

Συνολικά αξιολογήθηκαν 27 ερευνητικές γεωτρήσεις. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της τεχνικογεωλογικής αξιολόγησης

Πιν 2. Τεχνικογεωλογική αξιολόγηση γεωτρήσεων

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟΛΙ- ΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
		ΑΠΟ	ΕΩΣ		
Α. ΕΛΑΦΟΣ ΕΠΕ, 2001					
1	ΛN4	0.00	7.50	SMgc	Αργιλικά Κορήματα χαλικιώδους σύστασης με αργιλικό συνδετικό υλικό
		7.50	18.30	ALgc	Αλλουβιακές Αποθέσεις χαλικιώδους σύστασης με αργιλικό συνδετικό υλικό
		18.30	25.10	ALcg	Αλλουβιακές Αποθέσεις αργιλικής σύστασης με χάλικες
		25.10	28.30	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		28.30	30.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
2	ΓΣ1	0.00	10.00	SM.gc	Αργιλικά Κορήματα χαλικιώδους σύστασης με αργιλικό συνδετικό υλικό
		10.00	14.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
		14.00	17.30	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		17.30	22.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
3	Γ19	0.00	25.00	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		25.00	35.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
		35.00	40.00	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		40.00	44.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
		44.00	68.50	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		68.50	70.50	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
		70.50	81.70	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		81.70	82.50	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
		82.50	87.50	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		87.50	88.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
88.00	90.00	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης		
4	Γ20	0.00	1.50	EL	Ελουβιακός Μανδύας
		1.50	7.80	MT	Υλικά Αναβαθμιδών
		7.80	33.40	cg.g	Κροκαλοπαγή χαλικιώδους σύστασης
		33.40	59.50	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		59.50	75.10	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικιώδους σύστασης
		75.10	80.00	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)		ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
		ΑΠΟ	ΕΩΣ		
5	ΓΔ6	0.00	14.30	cg.g	Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης
		14.30	16.50	cg.c	Κροκαλοπαγή αργίλικής σύστασης
		16.50	34.00	cg.g	Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης
6	Γ22	0.00	40.00	cg.g	Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης
		40.00	40.60	cg.c	Κροκαλοπαγή αργίλικής σύστασης
		40.60	43.00	cg.g	Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης
		43.00	46.40	cg.c	Κροκαλοπαγή αργίλικής σύστασης
		46.40	50.80	cg.g	Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης
		50.80	60.00	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργίλικής σύστασης
		60.00	65.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
7	Γ23	0.00	15.00	cg	Κροκαλοπαγή
		15.00	50.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		50.00	65.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		65.00	90.50	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		90.50	94.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		94.00	105.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
8	Γ24	0.00	1.80	TE	Τεχνητές επιχώσεις
		1.80	4.50	EL	Ελουβιακός Μανδύας
		4.50	21.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		21.00	34.20	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		34.20	34.70	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		21.00	35.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
9	Γ22	0.00	4.00	CSgc	Κώνιοι Κορημάτων χαλικώδους σύστασης με αργίλικό συνδετικό υλικό
		4.00	15.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		15.00	17.60	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		17.60	20.40	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
10	ΔΝ1	0.0	20.0	CS	Κώνιοι Κορημάτων
		20.0	25.60	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
11	ΔΝ2	0.00	10.00	CSgc	Κώνιοι Κορημάτων
		10.00	34.72	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
12	ΓΔ1	0.00	60.00	cg.g	Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης
13	ΓΔ2	0.00	34.00	cg	Κροκαλοπαγή
		34.00	45.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
14	ΓΔ3	0.00	12.00	SCgc	Κορήματα χαλικώδους σύστασης
		12.00	15.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών

15	ΓΒ30	0,0	9,00	Cgc	Κορήματα χαλικώδους σύστασης
		9.00	20.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
Γ. ΕΔΑΦΟΜΗΧΑΝΙΚΗ Α.Τ.Ε. 2003					
16	Γ1	0.00	42.50	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
17	Γ2	0.00	1.20	EL	Ελουβιακός Μανδύας
		1.20	2.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		2.00	15.00	mg.c	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών αργιλικής σύστασης
		15.00	25.50	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		25.50	72.50	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		72.50	80.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
Δ. ΚΑΣΤΩΡ Ε.Π.Ε. 1987					
18	E120	0.00	2.00	EL	Ελουβιακός Μανδύας
		2.00	16.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		16.00	29.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		29.00	57.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		57.00	59.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		59.00	69.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
19	E122	0.00	16.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		16.00	41.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		41.00	69.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		69.0	75.0	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
20	E123	0.00	9.00	CSgc	Κώνοι Κορημάτων
		9.00	19.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		19.00	25.25	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
21	E124	0.00	2.60	TE	Τεχνητές επιχώσεις
		2.60	11.30	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		11.30	20.0	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		20.00	24.60	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
22	E125	0.00	25.00	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης
		25.00	75.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
Ε. Κ.Ε.Δ.Ε. 1980					
23	E121	0.00	2.00	TE	Τεχνητές επιχώσεις
		2.00	19.15	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
24	E126	0.00	3.00	CSgc	Κώνοι Κορημάτων
		3.00	25.00	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
25	E127	0.00	1.80	TE	Τεχνητές επιχώσεις
		1.80	6.70	mg	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών
		6.70	9.40	mg.g	Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης

1.6 ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

Τα τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών (βλ. πιν 3) καθώς και η διάκριση των γεωλογικών σχηματισμών που απαντώνται τόσο στην στενότερη περιοχή του έργου όσο και στην ευρύτερη, συνοψίζονται παρακάτω και διακρίνονται ανάλογα με την λιθολογική τους σύσταση, τη θέση τους ως προς το υπόβαθρο στο οποίο επικάθονται (αφού πρόκειται κυρίως για μεταλλικούς σχηματισμούς) και την φυσικομηχανική τους συμπεριφορά και διακρίνονται σε επτά (7) ενότητες.

Πιν. 3: Τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ / ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΝΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑ	ΕΥΚΟΛΙΑ ΣΤΗΝ ΑΠΟΣΑΦΩΣΗ	ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ	ΕΚΤΙΜΩΜΕΝΟ ΕΥΡΟΣ ΚΛΙΣΕΩΝ ΕΚΣΚΑΦΩΝ (α:β)	ΕΚΣΚΑΦΙΜΟΤΗΤΑ	ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΥΛΙΚΩΝ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I. ΜΕΤΑΛΛΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ								
ΥΛΙΚΑ ΠΡΟΣΦΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΩΝ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ	LS, LM (K1)	IV	III	Π3-A4	-	Γ2	E0	X
ΚΟΡΗΜΑΤΑ ΑΡΓΙΛΙΚΑ ΚΟΡΗΜΑΤΑ ΚΩΝΟΙ ΚΟΡΗΜΑΤΩΝ ΕΛΟΥΒΙΑΚΟΣ ΜΑΝΔΥΑΣ	SC, SM, CS, EL, (K2)	III	III	Π3-A4	2:3 - 1:1	Γ2-Γ3	E1-E2	B
ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ	AL (K3)	II	III	Π2-Π3	1:2 - 2:3	Γ1	E0-E1	B
ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΟΙΤΗΣ	RD (K4)	III	I	Π2-Π3	1:2	Γ2-Γ3	E1-E2	B
ΜΑΡΓΕΣ ΜΕ ΕΝΙΣΤΡΩΣΕΙΣ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΩΝ	mg (K5)	III	III	Π3-A4	2:3 - 1:1	Γ3	E0:30 % E1:70%	B
ΥΛΙΚΑ ΑΝΑΒΑΘΜΙΔΩΝ	MT (K6)	II	II	Π2-Π3	2:3 - 3:2	Γ3:20% B4:80%	E1:20% E3/4:80%	B
ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΗ	cg (K7)	II	II	Π2-Π3	3:2 - 2:1	B4	E2-E3/4	B
ΥΠΟΜΝΗΜΑ								
3, 4, I ΜΙΚΡΗ II ΜΕΤΡΙΑ III ΜΕΓΑΛΗ IV ΠΟΛΥ ΜΕΓΑΛΗ 5 1 $10^{-3} \leq k$ 2 $10^{-5} \leq k < 10^{-3}$ 3 $10^{-7} \leq k < 10^{-5}$ 4 $10^{-9} \leq k < 10^{-7}$ 5 $k < 10^{-9}$ 7 ΓΑΙΟΗΜΙΒΡΑΧΟΣ Γ1 ΧΕΙΡΟΝΑΚΤΙΚΑ ΜΕΣΑ Γ2 ΕΥΚΟΛΑ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ (ΕΚΣΚΑΦΕΑΣ) Γ3 ΔΥΣΚΟΛΑ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ (ΠΡΟΩΘΗΤΡΑΣ) ΒΡΑΧΟΣ B4 ΔΥΣΚΟΛΑ ΜΕ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ ΚΑΙ ΠΙΘΑΝΗ ΧΡΗΣΗ ΕΚΡΗΚΤΙΚΩΝ B5 ΕΚΡΗΚΤΙΚΑ 8 E0 ΑΚΑΤΑΛΛΗΛΟ E1 ΑΠΟΔΕΚΤΟ E2 ΚΑΤΑΛΛΗΛΟ E3/4 ΕΠΙΛΕΚΤΟ 9 ΕΑΚ, 2000 ΣΗΜ: ΟΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΙ ΒΑΣΙΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΜΑΚΡΟΣΚΟΠΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ								

ΕΝΟΤΗΤΑ 1

- Υλικά πρόσφατων κατολισθήσεων (LS)
- Υλικά παλαιών κατολισθήσεων (LM)

- **Υλικά πρόσφατων κατολισθήσεων (LS).** Αποτελούν χαλαρά, ετερογενή υλικά, τα οποία προέρχονται από πρόσφατες κατολισθητικές κινήσεις και κυρίως από αστοχίες στα τεχνητά πρανή της υφιστάμενης Ν.Ε.Ο. Συνίστανται από αργιλομαργαϊκά υλικά και περιέχουν διάσπαρτους λίθους ή/και ογκόλιθους κροκαλοπαγών στη μάζα τους. Το χρώμα τους είναι καστανό και έχουν γενικά μικρό πάχος.
- **Υλικά παλαιών κατολισθήσεων (LM).** Αποτελούν σχετικά χαλαρά έως μέτρια συνεκτικά υλικά, τα οποία προέρχονται από την εκδήλωση παλαιότερων κατολισθήσεων. Έχουν αργιλομαργαϊκή σύσταση και κατά τύπους κροκάλες, λίθους, και ογκόλιθους κροκαλοπαγών. Χαρακτηρίζονται από έντονη ανομοιομορφία και κυμαινόμενη συνεκτικότητα. Έχουν χρώμα καστανό έως

κοκκινοκάστανο. Τα υλικά αυτά δεν συναντήθηκαν κατά την φάση κατασκευής του έργου.

ΕΝΟΤΗΤΑ 2

- Κορήματα (SC)
- Αργιλικά κορήματα (SM)
- Κώνοι κορημάτων (CS)
- Ελουβιακός μανδύας (EL)

- **Κορήματα (SC).** Τα υλικά αυτά προέρχονται κυρίως από την αποσάθρωση των συνεκτικών κροκαλοπαγών. Έχουν αργιλοχαλικώδη σύσταση με άργιλο και διάσπαρτες λατύπες ή κροκάλες. Ενώ το χρώμα τους είναι καστανό έως καστανοκόκκινο. Πρόκειται για υλικά με μέτρια συνεκτικότητα και δεν συναντήθηκαν κατά την φάση κατασκευής του έργου.
- **Αργιλικά κορήματα (SM).** Τα υλικά αυτά προέρχονται κυρίως από την αποσάθρωση των μαργαϊκών σχηματισμών και έχουν αργιλική σύσταση με μικρή περιεκτικότητα σε αδρόκοκκα υλικά. Το πάχος τους κυμαίνεται από 5 – 10 m. Συναντώνται κατά θέσεις στην σήραγγα αλλά και στην είσοδό της.
- **Κώνοι κορημάτων (CS).** Αποτελούν αποθέσεις, οι οποίες καλύπτουν περιοχές με χαρακτηριστικά ήπια μορφολογία. Είναι ετερογενή υλικά και χαρακτηρίζονται από την παρουσία μικτών φάσεων. Συνίστανται από εναλλαγές αργίλων και αργιλοχαλικωδών στρώσεων. Το πάχος τους είναι της τάξης των 30 – 40 m. Έχουν σχετικά συνεκτική δομή και συναντώνται κατά την έξοδο της σήραγγας.
- **Ελουβιακός μανδύας (EL).** Πρόκειται για χαλαρό εδαφικό μανδύα αποσάθρωσης και η σύστασή του εξαρτάται από τα υποκείμενα υλικά από τα οποία προέρχεται. Στην στενότερη περιοχή η σύστασή του είναι αργιλοχαλικώδης έως αργιλική. Το πάχος του είναι της τάξης των 2 m. και απαντάται στο στόμιο της εξόδου της σήραγγας και έχει πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3

- **Αλλουβιακές αποθέσεις (AL).** Πρόκειται για πρόσφατες αποθέσεις, αργιλικής έως αργιλοχαλικώδους σύστασης καστανοκόκκινου χρώματος με διάσπαρτες κροκάλες και έχουν χαλαρή δομή ενώ δεν συναντήθηκαν κατά την προχώρηση της σήραγγας.

ΕΝΟΤΗΤΑ 4

- **Αποθέσεις κοίτης (RD).** Είναι ασύνδετα υλικά, τα οποία απαντώνται σε κοίτες χειμάρρων και ρεμάτων. Στο μεγαλύτερό τους ποσοστό αποτελούνται από κροκάλες και κατά θέσεις από φακοειδείς ενστρώσεις άμμων ή αργιλοιλύων με σχετικά μικρό πάχος ενώ δεν συναντήθηκαν κατά την προχώρηση της σήραγγας.

ΕΝΟΤΗΤΑ 5

- **Μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg).** Πρόκειται για σχηματισμό που απαντάται σχεδόν σε όλο το μήκος της σήραγγας, Συνίσταται από εναλλαγές μαργαϊκών οριζόντων, κυρίως αργιλικής σύστασης με ενστρώσεις μέτρια συνεκτικών πολύμικτων κροκαλοπαγών, καστανογκρί χρώματος. Το συνδετικό υλικό είναι μαργαϊκής σύστασης. Οι ενστρώσεις και οι ορίζοντες έχουν φακοειδή μορφή κυμαινόμενου πάχους ενώ από τεχνικογεωλογικής συμπεριφοράς πρόκεινται για ανομοιομορφους σχηματισμούς και η οποία εξαρτάται από την επικράτηση της χαλικώδους ή αργιλικής φάσης.

ΕΝΟΤΗΤΑ 6

- **Υλικά αναβαθμίδων (MT).** Πρόκειται για πολύμικτα κροκαλοπαγή με ψαμμιτικό ή ασβεστιτικό συνδετικό υλικό και κατά θέσεις περιέχουν ενστρώσεις στιφρών αργίλων και άμμων. Είναι καλά συγκολλημένα με πάχος 2 – 10 m. Καλύπτουν σχεδόν όλη την περιοχή του οικισμού της Τράπεζας και δεν συναντήθηκαν κατά την προχώρηση της σήραγγας.

ΕΝΟΤΗΤΑ 7

- **Κροκαλοπαγή (cg).** Πρόκειται για καλά συγκολλημένα πολύμικτα κροκαλοπαγή, με ψαμμιτικό ή ψαμμιτικομαργαϊκό συνδετικό υλικό. Σπανιότερα απαντώνται ενστρώσεις στιφρών αργίλων και χαλαρών ψαμμιτών. Πρόκειται για υλικά που παρουσιάζουν γενικά βραχώδη συμπεριφορά και απαντώνται κατά μήκος του κεντρικού τμήματος της σήραγγας.

1.7 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής μελέτης γίνεται προκειμένου να εντοπισθούν πιθανά αναμενόμενα προβλήματα στο υπο κατασκευή έργο λόγω δράσης του υπογείου νερού καθώς επίσης και να εντοπισθεί, εάν υπάρχει αξιόλογη υδροφορία στην περιοχή που χρήζει προστασίας.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην περιοχή του έργου παρουσιάζουν την ακόλουθη υδρολιθολογική συμπεριφορά.

Η ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών ως προς την κατηγορία του συντελεστή διαπερατότητας k έγινε με βάση την ταξινόμηση κατά Terzaghi and Peck (1967) και παρουσιάζεται στον πίνακα 4 που ακολουθεί.

Πιν. 4 Κατηγορίες Συντελεστών Διαπερατότητας κατά Terzaghi and Peck (1967).

ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ k (m / sec)	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
$10^{-3} \leq k$	ΥΨΗΛΗ
$10^{-5} \leq k < 10^{-3}$	ΜΕΤΡΙΑ
$10^{-7} \leq k < 10^{-5}$	ΧΑΜΗΛΗ
$10^{-9} \leq k < 10^{-7}$	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ
$k < 10^{-9}$	ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Η ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών στις κατηγορίες αυτές έγινε κατ' εκτίμηση σύμφωνα με υδρογεωλογικά κριτήρια, συναξιολογώντας επίσης και τα αποτελέσματα των επί τόπου δοκιμών διαπερατότητας Maag που εκτελέστηκαν στις ερευνητικές γεωτρήσεις.

Διακρίνονται τρεις βασικές κατηγορίες :

A) Διαπερατοί σχηματισμοί

Σ' αυτούς διακρίνονται :

[A1] Οι πορώδεις σχηματισμοί στους οποίους η κυκλοφορία του νερού γίνεται μέσω του πρωτογενούς πορώδους τους. Διακρίνονται :

[A1.1] Σχηματισμοί μέτριας έως χαμηλής διαπερατότητας ($10^{-7} \leq k < 10^{-3}$ m / sec).

Κατατάσσονται οι αποθέσεις κοίτης χειμάρρων (RD), οι αλλουβιακές αποθέσεις (AL), τα υλικά αναβαθμίδων (MT) και τα κροκαλοπαγή (cg).

Από τους ανωτέρω σχηματισμούς στις αλλουβιακές αποθέσεις αναμένεται να αναπτύσσονται υδροφόροι ορίζοντες, το δυναμικό των οποίων εξαρτάται από το ποσοστό συμμετοχής της αδρόκοκκης φάσης και το πάχος της. Η υδροφορία αυτή δεν απασχολεί το τεχνικό αυτό έργο καθώς δεν φιλοξενείται σε αυτούς τους σχηματισμούς

Στα υλικά αναβαθμίδων (MT) δεν διαπιστώθηκε γενικά η ανάπτυξη υδροφόρων οριζόντων, τουλάχιστον στην περιοχή, όπου αυτά επικάθονται στα αντίστοιχης διαπερατότητας κροκαλοπαγή (cg). Στην περιοχή, όπου τα υλικά αναβαθμίδων είναι υπερκείμενα παρουσιάζουν μικρότερη διαπερατότητα, είναι πιθανό, κυρίως μετά από έντονες βροχοπτώσεις να γίνεται κυκλοφορία νερού στην διεπιφάνεια και ίσως μερική εκτόνωση του νερού υπερπλήρωσης με τη μορφή μικροπηγών. Στα κροκαλοπαγή (cg) αναπτύσσεται υδροφόρος ορίζοντας μέτριας δυναμικότητας.

B) Ημιδιαπερατοί σχηματισμοί

Σ' αυτούς διακρίνονται :

[B1] Πορώδεις σχηματισμοί

[B1.1] Σχηματισμοί χαμηλής έως πολύ χαμηλής διαπερατότητας ($10^{-9} \leq k < 10^{-5}$ m/sec).

Κατατάσσονται τα υλικά πρόσφατων (LS) και παλαιών κατολισθήσεων (LM), τα κορήματα (SC), τα αργίλικα κορήματα (SM) οι κώνοι κορημάτων (SC), ο ελουβιακός μανδύας (EL) και οι μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg).

Από τους ανωτέρω σχηματισμούς στα κορηματικά υλικά αναμένεται περιορισμένη κυκλοφορία νερού λόγω της χαλαρής δομής τους και κυρίως όταν υπέρκεινται σε σχετικά μικρότερης διαπερατότητας σχηματισμούς όπως είναι οι μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών.

Στις μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών, λόγω της συχνής εναλλαγής διαπερατών και αδιαπέρατων φάσεων υπήρχε η ανάπτυξη εκλεκτικών υδροφόρων οριζόντων, μικρής έως ασήμαντης δυναμικότητας, οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο στην ευστάθεια του έργου. Οι υδροφόροι αυτοί ορίζοντες μπορεί να είναι επικρεμάμενοι ή ακόμα εγκλωβισμένοι σε φακοειδείς ενστρώσεις.

Στους πίνακες 5 και 6 που ακολουθούν δίνονται οι μετρήσεις στάθμης, που πραγματοποιήθηκαν στις ερευνητικές γεωτρήσεις πριν την κατασκευή του έργου και τα απόλυτα υψόμετρά τους καθώς και όσες μετρήσεις στάθμης ήταν διαθέσιμες από παλαιότερες μελέτες είτε σε ερευνητικές γεωτρήσεις, είτε σε υδρογεωτρήσεις.

Επίσης στα πλαίσια της εξέτασης του υδρογεωλογικού καθεστώτος στην περιοχή ενδιαφέροντος αξιολογήθηκαν, όσα στοιχεία συγκεντρώθηκαν από επί τόπου πληροφορίες σχετικά με την κατασκευή και λειτουργία υδρογεωτρήσεων.

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (m)	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΤΥΠΟΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟΥ	ΒΑΘΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟΥ		ΥΔΡΟ- ΦΟΡΕΑΣ	ΣΤΑΘΜΗ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ (m)															
					ΑΠΟ	ΕΩΣ		24/1/94	13/4/94	6/2/96	10-19/10/00	1/11/00	7/4/01	5/5/01	12/5/01	24/5/01	10/9/01	11/9/01	25/9/01	27/9/01	12/10/01	20/10/01	5/11/01
								(m)															
1	Γ19	90.00	118.01	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg	37,5	ΕΠΙΚΡΕΜΑΛΕΝΟΣ														-44.50
2	Γ20	80.00	105.33	CASAGRANDE	60.00		-																
3	Γ22	65.00	83.60	CASAGRANDE	39.50		cg	72,4	ΕΠΙΚΡΕΜΑΛΕΝΟΣ														-34.50
4	Γ23	105.00	113.71				mg									-51.00	-35.60						
5	Γ24	35.00	44.43	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg																-25.00
6	ΓΔ1	60.00	74.73	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			-																
7	ΓΔ2	45.00	72.54	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			cg												-20.50	-25.00			
8	ΓΔ3	14.00	29.00				-																
9	ΓΔ6	34.00	66.40				-																
10	ΓΓ1	22.00	49.41	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg							-21.95	-21.90	-21.92							-7.00
11	ΓΓ2	20.00	26.05	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg	6,15															-9.40
12	ΔΝ1	25.60	11.20				CS				9.50												
13	ΔΝ2	34.72	10.19	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			CS				8.00	7.95											
14	ΓΒ30	20.00	28.00	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg																
15	Γ1	50.00	151.00	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg																-35.30
16	Γ2	80.00	124.80	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			-																-65.00
17	F75	180.00	48.00				mg	-71.50	-70.00	-69.00													
18	F76	140.00	136				cg			-52.00													
19	FI	140.00	124.00				cg																

Πιν. 5 Μέτρηση στάθμης υδροφόρου ορίζοντα.

Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ	ΤΥΠΟΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟΥ	ΒΑΘΟΣ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟΥ		ΥΔΡΟΦΟΡΕΑΣ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ (m)															
					ΑΠΟ	ΕΩΣ		24/1/94	13/4/94	6/2/96	18-19/10/00	1/11/00	7/4/01	5/5/01	12/5/01	24/5/01	10/9/01	11/9/01	25/9/01	27/9/01	12/10/01	20/10/01	6/11/01
								(m)															
1	Γ19	90	118.01	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg											92.01				73.51	
2	Γ20	80	105.33	CASAGRANDE	60		-															-	
3	Γ22	65	83.6	CASAGRANDE	39.5		cg											53.10				49.10	
4	Γ23	105	113.71				mg									62.71	78.11						
5	Γ24	35	44.43	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg															19.43	
6	ΓΔ1	60	74.73	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			-																
7	ΓΔ2	45	72.54	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			cg												52.04	47.54			
8	ΓΔ3	14	29	-			-																
9	ΓΔ6	34	66.4				-																
10	ΓΓ1	22	49.41	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg							27.46	27.51	27.49						42.41	
11	ΓΓ2	20	26.05	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg															16.65	
12	ΔΝ1	25.6	11.2				CS				20.70												
13	ΔΝ2	34.72	10.19	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			CS				18.19	18.14											
14	ΓΒ30	20	28	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg																
15	Γ1	50	151	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			mg															115.70	
16	Γ2	80	124.8	ΑΝΟΙΚΤΟΥ ΤΥΠΟΥ			-															69.80	
17	F75	180	48				mg	-23.50	-22.00	-21.00													
18	F76	140	136				cg			84.00													
19	FI	140	124				cg																

Πιν. 6 Απόλυτα υψόμετρα στάθμης υδροφόρου ορίζοντα.

Από την συγκεντρωτική αξιολόγηση προκύπτουν τα εξής σχετικά με τα υπόγεια νερά κατά μήκος της σήραγγας.

X. Θ. 70 + 345 - X.Θ. 70 + 950

Στο αρχικό τμήμα σύμφωνα με τα στοιχεία της γεώτρησης ΓΣ1 παρατηρείται μεγάλη διακύμανση στις μετρηθείσες στάθμες. Οι αρχικές μετρήσεις (5/01) βρίσκονται σχεδόν στον πυθμένα της γεώτρησης και εκτιμάται ότι δεν αφορούν στάθμη υδροφόρου ορίζοντα, άλλα νερά κατακράτησης της γεώτρησης. Η επόμενη μέτρηση (10/01) βρίσκεται σχεδόν στην επαφή των χαλαρών εδαφικών υλικών και πιθανά να έχει γίνει μετά από βροχοπτώσεις.

Στη συνέχεια στο υπόλοιπο τμήμα, όπου η σήραγγα διανοίγεται στις μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών, σύμφωνα με τα στοιχεία της γεώτρησης Γ19 αλλά και από την αναμενόμενη υδρογεωλογική συμπεριφορά του σχηματισμού, εκτιμάται ότι διαμορφώνονται επικρεμάμενοι ή/και εγκλωβισμένοι υδροφόροι ορίζοντες κυρίως στις αδρόκοκκες φάσεις των μαργών με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg), οι οποίες έχουν εκλεκτική κυκλοφορία. Η τροφοδοσία των υδροφόρων αυτών οριζόντων γίνεται από τα όμβρια ύδατα και ιδιαιτέρως μετά από έντονες βροχοπτώσεις, όπως φαίνεται και από την μεγάλη διακύμανση των τιμών της στάθμης μεταξύ Σεπτεμβρίου και Οκτωβρίου.

Ιδιαίτερο ρόλο στην διακύμανση της τροφοδοσίας τους εκτιμάται ότι παίζουν οι υπερκείμενες, διαπερατές θαλάσσιες αναβαθμίδες. Η δυναμικότητα αυτών των υδροφόρων είναι μικρή της τάξης των μερικών κυβικών ανά ώρα.

X.Θ. 70+950 - X.Θ. 71+870

Στο τμήμα αυτό, στο οποίο θα συναντηθούν σχεδόν αποκλειστικά τα κροκαλοπαγή (cg), σύμφωνα με τα στοιχεία των γεωτρήσεων Γ20, ΓΔ6 (κύρια σήραγγα) και ΓΔ1 (σήραγγα διαφυγής, ΣΔ1), οι οποίες δεν παρουσιάζουν στάθμη νερού αρκετό χρόνο μετά το πέρας τους, εκτιμάται ότι ο υδροφόρος ορίζοντας των κροκαλοπαγών διαμορφώνεται κάτω από το επίπεδο της ερυθράς.

Στο τμήμα αυτό καταγράφηκαν δύο υδρογεωτρήσεις.

Η FI (ιδιωτική) ανάντη της Χ.Θ. 71+250 σε απόσταση 250 m και η F76 (κοινοτική) ανάντη της Χ.Θ. 71+500 σε απόσταση 350 m. Οι υδρογεωτρήσεις αυτές εκμεταλλεύονται τον υδροφορέα των κροκαλοπαγών αλλά και των υποκείμενων μαργών με ενστρώσεις κροκαλοπαγών.

Αξιόπιστα στοιχεία υπάρχουν για την P76 σύμφωνα με τα οποία το πάχος των κροκαλοπαγών (cg) είναι 60 m και υποκείμενα βρίσκονται οι μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg) μέχρι το βάθος των 140 m , η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα διαμορφώνεται στα 52 m (μέτρηση 2/96) δηλαδή σε απόλυτο υψόμετρο των +84 m και η παροχή της είναι της τάξης των 15 m³/h

Συνδυάζοντας τα στοιχεία της γεώτρησης ΓΔ6, η οποία μέχρι το απόλυτο υψόμετρο +65 m δεν έχει στάθμη, το γεγονός ότι δεν παρατηρούνται στα κατάντη πρανή πηγές και επομένως η εκφόρτιση των κροκαλοπαγών γίνεται στη θάλασσα, ο υδροφόρος ορίζοντας διαμορφώνεται σε βάθος της τάξης των 10 m κάτω από την ερυθρά.

Θεωρείται μικρή πιθανότητα η άνοδος της στάθμης μέχρι το επίπεδο της ερυθράς μετά από έντονες βροχοπτώσεις.

Κατά την διάνοιξη της σήραγγας στο τμήμα αυτό συναντήθηκαν κατά θέσεις περιορισμένες διηθήσεις από ασθενείς υδροφόρους ορίζοντες που διαμορφωνόντουσαν στην επαφή με αργιλικούς ορίζοντες, οι οποίοι βρίσκονταν στη μάζα των κροκαλοπαγών.

X.Θ. 71+870 - X.Θ. 72+950

Στο τμήμα αυτό, το οποίο διανοίχθηκε σε εναλλαγές μάργων με ενστρώσεις κροκαλοπαγών, σύμφωνα με τα στοιχεία των γεωτρήσεων Γ22, Γ23 (κύρια σήραγγα) και ΓΔ2 (σήραγγα διαφυγής ΣΔ2) έχουν μετρηθεί στάθμες, οι οποίες διαμορφώνονται σε απόλυτα υψόμετρα +49,10 m, +81,41 m, +47,54 m αντίστοιχα, ενώ στη ΓΔ3 (σήραγγα διαφυγής) δεν διαμορφώνεται στάθμη. Τα ανωτέρω στοιχεία δεν είναι απόλυτα συγκρίσιμα μεταξύ τους, εφόσον οι μετρήσεις αυτές αφορούν σε μικρό χρονικό διάστημα μετά το πέρας των γεωτρήσεων και πιθανά δεν έχει παρέλθει ο απαραίτητος χρόνος για την εξισορρόπηση της

στάθμης. Αυτό είναι πολύ εύλογο κυρίως σε μικρής διαπερατότητας σχηματισμούς.

Στο τμήμα αυτό δεν διαμορφώνεται ενιαίος υδροφόρος ορίζοντας και αναμένεται, όπως αντίστοιχα και στο πρώτο τμήμα, η διαμόρφωση επικρεμάμενων και εκλεκτικών υδροφόρων οριζόντων πολύ μικρής δυναμικότητας.

Στην διαμόρφωση τέτοιων υδρογεωλογικών συνθηκών συνηγορούν και τα στοιχεία των γεωτρήσεων Γ1 και Γ2 (ερευνητικές γεωτρήσεις για άλλο έργο, ανάντη της ΝΕΟ), όπου στη Γ1 διαμορφώνεται στάθμη σε μεγάλο απόλυτο υψόμετρο +111,701 m, ενώ η Γ2 είναι ξηρή.

X.Θ. 72+950 - X.Θ. 73 + 115

Στην περιοχή εξόδου της σήραγγας σύμφωνα με τα στοιχεία των γεωτρήσεων ΓΣ2, ΔΝ1 και ΔΝ2, εκτιμάται ότι διαμορφώνεται ενιαίος υδροφόρος ορίζοντας στους κώνους κορημάτων και στις αλλουβιακές αποθέσεις σε βάθος 8-10 m από την επιφάνεια του εδάφους, μικρής εκτιμώμενης δυναμικότητας.

Όσον αφορά στη γεώτρηση Γ24 δεν μπορεί να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα, εφόσον η μετρηθείσα στάθμη στα 25 m την ξηρή περίοδο (10/01) είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη της υγρής περιόδου. (29,5 m, τελευταία πρωινή, 4/01).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Λόγω της φύσης των υλικών ήταν απαραίτητη η χρήση δοκών προπορείας, αγκυρίων προπορείας και όλων των μέσων προσωρινής αντιστήριξης (πλαίσια, εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αγκύρια, πλέγμα) και όπου υπήρξε αυξημένη υδροφορία χρήση μεμβρανών και συστηματικές αποστραγγιστικές οπές.

2.2 ΜΕΤΩΠΟ ΕΙΣΟΔΟΥ

Το μέτωπο εισόδου της σήραγγας Τράπεζας διαμορφώνεται σε αργιλικά κορήματα, αργιλοχαλικώδους σύστασης (SMgc), τα οποία υπέρκειται στις μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg.), οι οποίες στη θέση αυτή χαρακτηρίζονται από συχνές εναλλαγές αργιλικών και χαλικωδών στρώσεων.

Για την διαμόρφωση του μετώπου απαιτήθηκε η χρήση δοκών προπορείας και άμεση εφαρμογή ισχυρών μέτρων προσωρινής υποστήριξης.

Το υπερκείμενο πρανές του μετώπου, το οποίο διαμορφώθηκε επίσης στα αργιλικά κορήματα σχεδιάσθηκε με ήπια κλίση 2:3 έως 1:1. Για τα μόνιμα πρανή που διανοίγονται στο σχηματισμό αυτό προβλέφθηκαν μέτρα αντιδιαβρωτικής προστασίας.

Στην περιοχή διαμόρφωσης του Cut & Cover συναντήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά τα κορηματικά υλικά. Στο αριστερό πρανές εκσκαφής κατασκευάστηκαν συστοιχίες πασσάλων. Τα προσωρινά πρανή εκσκαφής σχεδιάστηκαν με πιο απότομες κλίσεις από 1:1, ενώ απαιτήθηκαν πρόσθετα μέτρα προστασίας.

Σχετικά με τα υπόγεια νερά, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο της υδρογεωλογίας, σύμφωνα με τα στοιχεία της γεώτρησης ΓΣ1, όπου παρατηρείται μεγάλη διακύμανση στις μετρηθείσες στάθμες, υπήρχαν ορισμένα προβλήματα, τα οποία αφορούσαν σε διαμόρφωση εποχιακού υδροφόρου ορίζοντα στα κορηματικά υλικά μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Ο υδροφόρος αυτός ορίζοντας διαμορφώνει στάθμη σχεδόν στο επίπεδο εκσκαφής έτσι προβλέφθηκαν μέτρα για την αποστράγγιση του. Επίσης κατασκευάστηκε τάφος οφρύος στα μόνιμα πρηνή προκειμένου να παρεμποδίζεται η διήθηση των ομβρίων στα εδαφικά υλικά.

2.3 ΔΙΑΔΡΟΜΗ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Τμήμα από Χ.Θ. 70+375 έως Χ.Θ. 70+950

Λιθολογία: Το τμήμα αυτό διανοίγεται κυρίως σε μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg) με εναλλαγές αργιλικών και χαλικωδών στρώσεων. Με βάση την αξιολόγηση των στοιχείων των υφιστάμενων ερευνητικών γεωτρήσεων και όπου αυτό ήταν δυνατό, έγινε λιθολογική διαφοροποίηση των επί μέρους φάσεων. Στα τμήματα μεταξύ των Χ.Θ. 70+450 - Χ.Θ. 70+490, Χ.Θ. 70+630 -Χ.Θ. 70+710, Χ.Θ. 70+810 - Χ.Θ. 70+870 επικράτησε η χαλικώδης φάση (mg.g). Επίσης περί τις Χ.Θ. 70+480, Χ.Θ. 70+710 και Χ.Θ. 70+870 υπήρξε παρουσία ρηξιγενών ζωνών.

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Κατά την διάνοιξη του υπόγειου έργου και την διαμόρφωση των μετώπων εκσκαφής, υπήρξαν προβλήματα ευστάθειας στα τμήματα, όπου υπερτερούν τα αδρόκοκκα υλικά και ιδιαίτερα όταν αυτά συναντώνταν στην οροφή της σήραγγας. Κατά θέσεις ήταν υποχρεωτική η χρήση αγκυρίων προπορείας. Επίσης σ' αυτές τις περιπτώσεις υπήρξαν υπερεκσκαφές, περιορισμένης έκτασης. Γι' αυτό τον λόγο έγινε άμεση εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και των υπόλοιπων μέτρων προσωρινής αντιστήριξης.

Στις θέσεις όπου υπήρξαν ρηξιγενείς ζώνες και όπου τα υλικά αναμένεται να είναι διαταραγμένα απαιτήθηκαν αυξημένα μέτρα προσωρινής υποστήλωσης.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτήθηκε στο τμήμα αυτό με την διαμόρφωση επικρεμάμενων ή/και εγκλωβισμένων υδροφόρων οριζόντων κυρίως στις αδρόκοκκες φάσεις των μαργών με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg.g), στις οποίες γίνεται εκλεκτική κυκλοφορία και κυρίως μετά από έντονες βροχοπτώσεις. Έτσι έγιναν συστηματικές αποστραγγιστικές οπές τουλάχιστον μέχρι την Χ.Θ. 70+850. Επίσης, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι στο τμήμα αυτό η σήραγγα δεν λειτουργούσε αποστραγγιστικά, καθόσον το υψόμετρο της ερυθράς μειώνεται κατά την προχώρηση.

Τμήμα από Χ.Θ. 70+950 έως Χ.Θ. 72+070

Λιθολογία: Το τμήμα αυτό κατά το μεγαλύτερο μέρος του διανοίγεται σε κροκαλοπαγή (cg). Προς το τέλος του τμήματος από Χ.Θ. 71+890 έως Χ.Θ. 72+070 εμφανίζονται εκ νέου οι υποκείμενες μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg). Περί τις Χ.Θ. 71+300, Χ.Θ. 71+630 και Χ.Θ. 72+070 καταγράφηκε παρουσία ρηξιγενών ζωνών.

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Κατά την διάνοιξη του υπόγειου έργου και την διαμόρφωση των μετώπων εκσκαφής μέχρι την Χ.Θ. 71+890, υπήρξαν περιορισμένα προβλήματα ευστάθειας σε αμμώδεις ενστρώσεις, όταν αυτές συναντήθηκαν στην οροφή της σήραγγας. Σ' αυτή την περίπτωση υπήρξαν πολύ περιορισμένες υπερεκσκαφές με την μορφή μικροκαταπτώσεων και έτσι απαιτήθηκε η χρήση αγκυρίων προπορείας. Απαραίτητη θεωρήθηκε η άμεση εφαρμογή του εκτοξευόμενου σκυροδέματος και των υπόλοιπων μέτρων προσωρινής αντιστήριξης.

Στο αρχικό τμήμα περί την Χ.Θ. 70+950 καθώς επίσης και στο τελευταίο τμήμα από Χ.Θ. 71+870 έως Χ.Θ. 72+070, όπου η επαφή κροκαλοπαγών και μαργών με ενστρώσεις κροκαλοπαγών δεν ήταν επακριβώς καθορισμένη, υπήρξαν εντονότερα τεχνικογεωλογικά προβλήματα, λόγω της συνάντησης στην οροφή της σήραγγας των συνεκτικών κροκαλοπαγών και της αναμενόμενης κυκλοφορίας νερού στην διεπιφάνεια με τον υποκείμενο μαργαϊκό σχηματισμό, η οποία έχει συνδράμει στην απομείωση των μηχανικών χαρακτηριστικών των σχηματισμών. Σχετικά με τις ρηξιγενείς ζώνες ισχύουν όσα αναφέρθηκαν για το προηγούμενο τμήμα.

Σχετικά με τα υπόγεια νερά, όπως έχει αναφερθεί και στο κεφάλαιο της υδρογεωλογίας, στο τμήμα μέχρι την Χ.Θ. 71+870, σύμφωνα με τα υφιστάμενα στοιχεία, δεν συναντήθηκε ο υδροφόρος ορίζοντας των κροκαλοπαγών, ο οποίος διαμορφώνεται κάτω από την στάθμη της ερυθράς ενώ μικρή ήταν η πιθανότητα ανόδου της στάθμης μέχρι το επίπεδο της ερυθράς μετά από έντονες βροχοπτώσεις, κάτι που τελικά δεν διαπιστώθηκε.

Οι περιορισμένες διηθήσεις από ασθενείς υδροφόρους ορίζοντες, που διαμορφώθηκαν στην επαφή με αργιλικούς ορίζοντες, οι οποίοι βρίσκονταν μέσα στη μάζα των κροκαλοπαγών αντιμετωπίστηκαν με σποραδικές αποστραγγιστικές οπές.

Στο τμήμα από Χ.Θ. 71+870 έως Χ.Θ. 72+070 υπήρχαν αντίστοιχα προβλήματα κυρίως με επικρεμάμενους υδροφόρους ορίζοντες, όπως περιγράφηκε στο πρώτο τμήμα της σήραγγας.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτήθηκε στα τμήματα περί τις Χ.Θ. 71+470 και κυρίως περί τις Χ.Θ. 71+650 (με χαμηλά υπερκείμενα της τάξης των 10 m) και Χ.Θ. 71+970, όπου επιφανειακά διέρχονται σημαντικά ρέματα. Ήταν αναμενόμενες κατά τους χειμερινούς μήνες διηθήσεις λόγω της δράσης των ρεμάτων αυτών γι' αυτό απαιτήθηκαν ισχυρά μέτρα προσωρινής υποστύλωσης καθώς επίσης και συστηματικές αποστραγγιστικές οπές

Τμήμα από Χ.Θ. 72+070 έως Χ.Θ. 73 + 085

Λιθολογία: Το τμήμα αυτό διανοίχθηκε κυρίως σε μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg) με εναλλαγές αργιλικών και χαλικωδών στρώσεων. Με βάση την αξιολόγηση των στοιχείων των υφιστάμενων ερευνητικών γεωτρήσεων και όπου αυτό ήταν δυνατό, έγινε, λιθολογική διαφοροποίηση των επί μέρους φάσεων. Στα τμήματα μεταξύ των Χ.Θ. 72+330 - Χ.Θ. 72+450, Χ.Θ. 72+650 -Χ.Θ. 72+710, Χ.Θ. 73+025 - Χ.Θ. 73+065 επικράτησε η χαλικώδης φάση (mg.g). Επίσης περί την Χ.Θ. 72+400 υπήρξε παρουσία ρηξιγενούς ζώνης.

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα: Τα τεχνικογεωλογικά προβλήματα στο τμήμα αυτό είναι αντίστοιχα με αυτά που περιγράφηκαν στο αρχικό τμήμα από

70+375 έως Χ.Θ. 70+950. Σχετικά με τα υπόγεια νερά γενικά υπήρξαν σχετικά υψηλότερες υδροφορίες σε επικρεμάμενους ή/και εγκλωβισμένους υδροφόρους ορίζοντες, λόγω της μεγαλύτερης σχετικά συμμετοχής της αδρομερούς φάσης στο τμήμα αυτό. Θετικό στοιχείο είναι ότι η σήραγγα μπορεί να λειτουργήσει αποστραγγιστικά, καθόσον το υψόμετρο της ερυθράς μειώνεται προς το μέτωπο εξόδου.

2.4 ΜΕΤΩΠΟ ΕΞΟΔΟΥ

Το μέτωπο εξόδου της σήραγγας Τράπεζας διαμορφώθηκε κυρίως σε μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg) οι οποίες στη θέση αυτή χαρακτηρίζονται από συχνές εναλλαγές αργιλικών χαλικωδών στρώσεων. Στο ανώτερο τμήμα συναντώνται μικρού πάχους κορηματικά υλικά, χαλικώδους σύστασης (CSgc).

Για την διαμόρφωση του μετώπου απαιτήθηκε η χρήση δοκών και άμεση εφαρμογή των μέτρων προσωρινής υποστήριξης.

Το υπερκείμενο πρανές του μετώπου, το οποίο διαμορφώθηκε στα κορηματικά υλικά σχεδιάστηκε με κλίση 2:3 έως 1:1 και λήφθηκαν μέτρα αντιδιαβρωτικής προστασίας.

Στην περιοχή διαμόρφωσης του Cut & Cover συναντώνται επίσης οι ίδιοι σχηματισμοί με μεγαλύτερο σχετικά πάχος κορημάτων. Στα πρανή εκσκαφής κατασκευάστηκαν συστοιχίες πασσάλων. Τα προσωρινά πρανή εκσκαφής σχεδιάστηκαν με πιο απότομες κλίσεις από 1:1.

Σχετικά με τα υπόγεια νερά, όπως έχει ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο της υδρογεωλογίας, σύμφωνα με τα στοιχεία των γεωτρήσεων ΓΣ2, ΔΝ1 και ΔΝ2, διαμορφώθηκε ενιαίος υδροφόρος ορίζοντας στους κώνους κορημάτων και στις αλλουβιακές αποθέσεις σε βάθος 8-10 m από την επιφάνεια του εδάφους, μικρής εκτιμώμενης δυναμικότητας και χρειάστηκαν περιορισμένα αποστραγγιστικά μέτρα για την παροχέτευσή του.

2.5 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ Σ.Α. 1

Η σήραγγα διαφυγής ΣΔ1 προβλέπεται στη Χ.Θ. 71+271 της κύριας σήραγγας και έχει μήκος 200 m περίπου. Η σήραγγα διανοίγεται αποκλειστικά σε κροκαλοπαγή (cg) με καλή μηχανική συμπεριφορά. Το μέτωπο εξόδου της σήραγγας διαμορφώνεται επίσης στα κροκαλοπαγή. Για την υπόγεια διάνοιξη ισχύουν, όσα έχουν αναφερθεί σχετικά, για το τμήμα από Χ.Θ. 70+950 έως Χ.Θ. 71+890 της κύριας σήραγγας. Τα μόνιμα πρηνή στο μέτωπο εισόδου διαμορφώθηκαν με κλίση 3:2 έως 2:1. Σημειώνεται ότι τα τεχνητά πρηνή της επαρχιακής οδού που οδηγεί στην Τράπεζα γενικά δεν παρουσιάζουν προβλήματα αστοχιών. Δεν συναντήθηκε υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας μέσα στη σήραγγα. Σύμφωνα με τα στοιχεία της γεώτρησης ΓΔ1 δεν διαμορφώνεται στάθμη (μέτρηση 09/2001).

2.6 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ ΣΔ2

Η σήραγγα διαφυγής ΣΔ2 προβλέπεται στη Χ.Θ. 72+190 της κύριας σήραγγας και έχει μήκος 200 m περίπου.

Η σήραγγα διανοίχθηκε κατά το μεγαλύτερο μέρος της στις μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg), οι οποίες στη θέση αυτή χαρακτηρίζονται από εναλλαγές αργιλικών, αμμωδών και χαλικοδών στρώσεων. Στο τμήμα από Χ.Θ. 0+100 μέχρι σχεδόν την έξοδο αναμένεται να συναντηθούν τα κροκαλοπαγή (cg) στο ανώτερο τμήμα της εκσκαφής. Το μέτωπο εξόδου της σήραγγας διαμορφώνεται κυρίως σε κορηματικά υλικά αργιλοχαλικώδους σύστασης. Περί την Χ.Θ. 0+156 υπήρξε παρουσία ρηξιγενούς ζώνης.

Η διαμόρφωση του μετώπου εξόδου έγινε με την χρήση δοκών προπορείας και άμεση εφαρμογή των μέτρων προσωρινής υποστήλωσης. Για την υπόγεια διάνοιξη ισχύουν, όσα έχουν αναφερθεί σχετικά, για το τμήμα από Χ.Θ. 72+070 έως Χ.Θ. 73+085 της κύριας σήραγγας.

Τεχνικογεωλογικά προβλήματα υπήρξαν στην επαφή των κροκαλοπαγών με τις μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών, λόγω αναμενόμενης περιορισμένης

κυκλοφορίας νερού στην διεπιφάνεια τους, η οποία είχε συνδράμει στην απομείωση των μηχανικών χαρακτηριστικών των σχηματισμών.

Σχετικά με τα υπόγεια νερά ο υδροφόρος ορίζοντας ήταν κάτω από την ερυθρά, σύμφωνα με τα στοιχεία των γεωτρήσεων ΓΔ3 αλλά και της πρόσφατης ΓΒ30. Η στάθμη που μετρήθηκε στην γεώτρηση ΓΔ2 στα 25 m (10/2001) δεν αφορά στάθμη υδροφόρου ορίζοντα. Πάντως απαραίτητη θεωρήθηκε η διάνοιξη σποραδικών αποστραγγιστικών οπών.

2.7 ΓΕΝΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ

Προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι προβλεπόμενες δυσχέρειες κατά τη διάρκεια κατασκευής του έργου επιβάλλεται η υιοθέτηση κατάλληλης τεχνικής εκσκαφής η οποία θα πρέπει να διακρίνεται από τα ακόλουθα στοιχεία:

- Να προλαμβάνει εκτεταμένες παραμορφώσεις και κατά μείζονα λόγο αστοχία του εδάφους και να επιτρέπει στην ορυσσόμενη εδαφική μάζα να παραλαμβάνει επιτυχώς και σε σημαντικό ποσοστό μέσω του μηχανισμού αυτοϋποστήριξης τα ανακατανεμημένα λόγω της εκσκαφής τασικά φορτία περιορίζοντας έτσι τις απαιτήσεις σε υποστήριξη.
- Να παρέχει τον απαιτούμενο χρόνο για την εφαρμογή των ενδεδειγμένων κατά περίπτωση μέτρων προσωρινής αντιστήριξης της εδαφικής μάζας.
- Να επιτρέπει την αποκατάσταση του νέου εντατικού πεδίου πριν από την επιβολή πρόσθετων καταπονήσεων στην εδαφική μάζα.
- Να προκαλεί την ελάχιστη δυνατή διατάραξη στο περιβάλλον.
- Να επιτρέπει την κατάλληλη προσαρμογή των εργασιών εκσκαφής αλλά και υποστήριξης ανάλογα με τις εκάστοτε επί τόπου αντιμετωπιζόμενες συνθήκες.

Τα ανωτέρω βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να πληρεί η τεχνική εκσκαφής που υιοθετείται, αποτελούν θεμελιώδεις αρχές της Νέας Αυστριακής Μεθόδου Όρυξης Σηράγγων (NATM). Ένα από τα κύρια γνωρίσματα της NATM είναι η θεώρηση και η επιδίωξη για μετατροπή της εδαφικής μάζας που

περιβάλλει το όρυγμα από μέσο φόρτισης σε μέσο ανάληψης φορτίων. Η εδαφική μάζα στο άμεσο περιβάλλον της εκσκαφής ενεργοποιείται με τη χρήση μέσων σταθεροποίησης και συμμετέχει στην αντιστήριξη του ορύγματος. Πέραν τούτου, η NATM αξιοποιεί το φαινόμενο κατά το οποίο οι συχνά υψηλές ενδογενείς πιέσεις του πετρώματος ανακουφίζονται σημαντικά με την ελεγχόμενη παραμόρφωση της εδαφικής μάζας προς το εσωτερικό της εκσκαφής. Κεντρικός της στόχος (και το στοιχείο που κατ' ουσία διαφοροποιεί τη NATM από τις παραδοσιακές τεχνικές διάνοιξης / αντιστήριξης), είναι να επηρεάσει τη μηχανική συμπεριφορά του εδαφικού υλικού, διαμορφώνοντας αμέσως μετά την όρυξη έναν ημι-άκαμπτο δακτύλιο σε επαφή με τη περίμετρο της δημιουργούμενης εκσκαφής. Ο δακτύλιος επιτρέπει ως ένα βαθμό την παραμόρφωση της εδαφικής μάζας και την αναδιανομή των τάσεων, αλλά απαιτεί την ολοκληρωτική χαλάρωση της, την εκτεταμένη ρωγμάτωση και καταστροφή του ιστού της και συνεπώς τη συνολική απώλεια της ευστάθειας της. Η δημιουργία ενός τέτοιου δακτυλίου επιβάλλει αφενός τη συμπλήρωση της εκσκαφής σε ορισμένη, εύλογη, απόσταση από το μέτωπο, και αφετέρου την όρυξη και αντιστήριξη ανεστραμμένου τόξου (αψίδας) στον πυθμένα της σήραγγας, στην περίπτωση που η εδαφική μάζα δεν είναι επαρκώς ανθεκτική ώστε να σχηματίσει αυτό το δακτύλιο. Αυτή η ελεγχόμενη μετάβαση σε μια νέα ισορροπία επιτυγχάνεται κατά κανόνα μόνο από τον εξωτερικό αυτό δακτύλιο, ενώ συνήθως ακολουθεί ένας δεύτερος, περισσότερο άκαμπτος, εσωτερικός δακτύλιος τελικής προστασίας της εκσκαφής. Ο πρώτος δακτύλιος συχνά μνημονεύεται ως προσωρινή αντιστήριξη, χωρίς ο όρος να είναι κατ' ανάγκη δόκιμος. Σε αρκετές περιπτώσεις, η αντιστήριξη που παρέχει είναι μόνιμη και επαρκής, ενώ ο δεύτερος δακτύλιος (συχνά αναφερόμενος ως τελική επένδυση) είτε παραλείπεται, είτε υπηρετεί λειτουργικούς σκοπούς του υπογείου έργου.

Η καλή γνώση της συσχέτισης των τάσεων και των εκδηλούμενων παραμορφώσεων της εδαφικής μάζας είναι αναγκαία προϋπόθεση για την ορθή επιλογή και διαστασιολόγηση του συστήματος αντιστήριξης, όπως εξίσου σημαντική είναι και η γνώση της χρονικής μεταβολής των μετατοπίσεων στη διανοιγόμενη εκσκαφή αφού πρακτικά αποτελεί σημαντικό παράγοντα για το σωστό χρονισμό της εφαρμογής του. Λανθασμένη εκτίμηση της μιας ή της άλλης συσχέτισης μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια της ευκαιρίας να ενεργοποιηθεί ο

μηχανισμός αυτοϋποστήριξης του εδάφους και σε αναίρεση των τεχνικών και οικονομικών πλεονεκτημάτων που παρέχει, η NATM. Η προσέγγιση των ανωτέρω συσχετίσεων επιτυγχάνεται με έμμεσες μεθόδους, η αξιοπιστία των οποίων σχετίζεται άμεσα με το πλήθος και την αξιοπιστία των γεωτεχνικών παραμέτρων που προσδιορίστηκαν πριν από την κατασκευή του έργου. Γίνεται αντιληπτό ότι ο προσδιορισμός των γεωτεχνικών παραμέτρων με βάση τα αποτελέσματα κατάλληλων ερευνών και μελετών που διενεργήθηκαν πριν από την κατασκευή του έργου αποτελεί μια κατ' αρχήν προσέγγιση της πραγματικής κατάστασης, η οποία όμως είναι δυνατόν να αποτυπωθεί μόνο με μετρήσεις κατά τη φάση κατασκευής. Συνεπώς, καθίσταται αναγκαία η εκτέλεση μετρήσεων καταγραφής των παραμέτρων συμπεριφοράς της εκσκαφής κατά τη διάρκεια της κατασκευής και, εάν απαιτείται, αντίστοιχη προσαρμογή του συστήματος αντιστήριξης.

Οι βασικές αρχές σχεδιασμού και εφαρμογής που πρέπει να ακολουθηθούν κατά την κατασκευή της σήραγγας με τις αρχές της μεθόδου NATM είναι οι ακόλουθες :

α) Αξιολόγηση των γεωτεχνικών συνθηκών και καθορισμός μέτρων προσωρινής υποστήριξης και προστασίας.

Κατά την παρούσα φάση της μελέτης, με βάση τα ερευνητικά γεωλογικά και γεωτεχνικά στοιχεία που αναφέρονται στην περιοχή της διάνοιξης, διακρίνονται τα μήκη των τμημάτων της σήραγγας που κατατάσσονται σε ειδικές κατηγορίες εκσκαφής και αντιστήριξης. Κάθε κατηγορία απαιτεί διαφορετική αντιστήριξη και εφαρμογή της σε διαφορετικό χρόνο. Κατά τη διάνοιξη της σήραγγας με την εξέταση των εδαφών που συναντώνται, θα πρέπει να γίνεται εκ νέου κατάταξη σε κατηγορίες και να αποφασίζεται η εφαρμογή των αντίστοιχων μέτρων υποστήριξης και προστασίας των υπογείων εκσκαφών σύμφωνα με τα αντίστοιχα για κατασκευή σχέδια, πριν από κάθε προχώρηση και για το επόμενο τμήμα που πρόκειται να διανοιχτεί.

β) Μετρήσεις

Η μέθοδος απαιτεί την εγκατάσταση ολοκληρωμένου συστήματος οργάνων γεωτεχνικών μετρήσεων που θα πραγματοποιείται ανά τακτές προχωρήσεις, για την παρακολούθηση της εξέλιξης των παραμορφώσεων του εδάφους και του φορτίου που μεταβιβάζεται στο σύστημα υποστήριξης. Οι μετρήσεις αυτές, σε συνδυασμό με τη γεωλογική και τεχνικογεωλογική χαρτογράφηση της σήραγγας, παρέχουν πληροφορίες για την ευστάθεια της υπόγειας εκσκαφής και καθιστούν δυνατή τη βελτιστοποίηση του συστήματος υποστήριξης και τη δημιουργία του πλέον κατάλληλου από πλευράς ακαμψίας και μηχανικών χαρακτηριστικών ισχυροποιημένου δακτυλίου του εδάφους.

Κατ' ελάχιστον απαιτείται η διενέργεια:

- Μετρήσεων σύγκλισης : Εκτιμήσεις της ευστάθειας του εδάφους και της επάρκειας των μέτρων υποστήριξης.
- Δοκιμών εξόλκευσης αγκυρίων : Εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας των αγκυρίων.
- Μετρήσεων εκτασιομέτρων : Προσδιορισμός του βάθους της διαταραγμένης ή πλαστικοποιημένης ζώνης εδάφους του απαιτούμενου μήκους αγκυρίων και της αποτελεσματικότητας των μέτρων υποστήριξης και έλεγχος των αποτελεσμάτων της ανάλυσης κατά τη φάση σχεδιασμού.
- Μετρήσεων κυττάρων (κελιών) μέτρησης φορτίων : Κελιά μέτρησης φορτίου στα αγκύρια, στο εκτοξευόμενο σκυρόδεμα και/ή στα χαλύβδινα πλαίσια. Εκτίμηση της επάρκειας των προσωρινών αντιστηρίξεων από πλευράς μήκους, διατομής, φέρουσας ικανότητας κ.λ.π.

γ) Ενεργοποίηση της αντοχής της μάζας του εδάφους

Η NATM βασίζεται στη διατήρηση και εσωτερική ισχυροποίηση της αντοχής της περιβάλλουσας μάζας του εδάφους, η οποία ως ένα βαθμό υποβοηθείται για να αποτελέσει την κύρια συνιστώσα υποστήριξης της υπόγειας εκσκαφής. Το σύστημα προσωρινής υποστήριξης, που τοποθετείται αμέσως μετά την ολοκλήρωση του κύκλου προχώρησης, έχει σκοπό να καταστήσει δυνατή την αυτοϋποστήριξη της μάζας του εδάφους. Γι' αυτό, πρέπει

να έχει την κατάλληλη μηχανική ακαμψία και να τοποθετείται στον κατάλληλο χρόνο μετά από κάθε προχώρηση

δ) Άμεση προστασία

Για τη διατήρηση της ικανότητας ανάληψης φορτίου από τη μάζα του πετρώματος θα πρέπει τα φαινόμενα χαλάρωσης και σημαντικής παραμόρφωσης της εδαφικής μάζας να ελαχιστοποιούνται. Αυτό επιτυγχάνεται με την εφαρμογή κατάλληλου πάχους στρώσεων εκτοξευόμενου σκυροδέματος συνήθως σε συνδυασμό με κατάλληλο σύστημα αγκυρίων ή χαλύβδινων πλαισίων ή δικτυωτών πλαισίων και εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή και συνδυασμών των προηγούμενων ανάλογα με τη φύση του εδάφους, αμέσως μετά την προχώρηση. Βεβαίως, προκειμένου να επιτυγχάνονται τα επιθυμητά αποτελέσματα και να αξιοποιούνται περισσότερο αποτελεσματικά τα εγκατεστημένα μέτρα αντιστήριξης είναι απαραίτητο το σύστημα υποστήριξης να βρίσκεται σε πλήρη επαφή με το έδαφος και να έχει τη δυνατότητα ανταπόκρισης στις εκδηλούμενες παραμορφώσεις.

ε) Κλείσιμο της διατομής στο δάπεδο

Η εφαρμογή των μέτρων υποστήριξης της διατομής στο δάπεδο των σηράγγων, ώστε να σχηματιστεί ολοκληρωμένος, κλειστός, δακτύλιος παραλαβής φορτίου από τη μάζα του εδάφους, είναι βασική προϋπόθεση επιτυχίας της μεθόδου, σε περιπτώσεις ασταθών, αποσαθρωμένων και χαμηλών μηχανικών χαρακτηριστικών γεωλογικών σχηματισμών. Μετά την προχώρηση της εκσκαφής κατά το προβλεπόμενο σε κάθε περίπτωση βήμα, ο δακτύλιος των μέτρων υποστήριξης που διαμορφώνεται στην περίμετρο της διατομής της εκσκαφής θα πρέπει να ολοκληρώνεται γρήγορα και με κλείσιμο του δαπέδου, ενώ σημειώνεται ότι κανένα τμήμα της διατομής της εκσκαφής δεν πρέπει να μείνει ανυποστήρικτο έστω και προσωρινά.

Ένα σημαντικό ποσοστό των αναγκών υποστήριξης της σήραγγας παρέχεται από τη μάζα του εδάφους που περιβάλλει άμεσα το δημιουργηθέν υπόγειο άνοιγμα. Συνεπώς, είναι αναγκαία η διατήρηση ή ισχυροποίηση, της ικανότητας ανάληψης φορτίων της μάζας του εδάφους με την τοποθέτηση

μέτρων υποστήριξης κατά τη διάρκεια της εκσκαφής. Παράλληλα θα πρέπει να αποτρέπεται η ανεξέλεγκτη χαλάρωση και η υπερβολική παραμόρφωση της μάζας του εδάφους που είναι άμεσο αποτέλεσμα της μείωσης της αντοχής της. Οι παραμορφώσεις του εδάφους πρέπει να ελέγχονται με τέτοιο τρόπο ώστε, από τη μια πλευρά με την αναδιανομή των τάσεων περί την εκσκαφή να σχηματιστεί ένας θόλος υποστήριξης μέσα στο άνοιγμα, αλλά από την άλλη η μείωση της αντοχής να κρατηθεί σε χαμηλό ποσοστό.

Ακόμη η προσωρινή υποστήριξη πρέπει να εφαρμοστεί την κατάλληλη χρονική στιγμή, ούτε πολύ νωρίς αλλά ούτε και πολύ αργά, και η ασκούμενη πίεση πρέπει να παραλαμβάνεται κυρίως από την προσωρινή υποστήριξη υπό συνθήκες σχετικά υψηλής και οπωσδήποτε ικανοποιητικής ευκαμψίας. Πρέπει να προσδιορίζεται ο χρόνος σύγκλισης και αυτοϋποστήριξης του υπόγειου ανοίγματος με επιστημονικά τεκμηριωμένες μεθόδους παρακολούθησης της εκσκαφής, με επί τόπου μετρήσεις και με συνεχή έλεγχο και ενδεχόμενη αναθεώρηση της γεωμηχανικών χαρακτηριστικών της μάζας του εδάφους. Σε περίπτωση αντιμετώπισης μεγάλων παραμορφώσεων ή απώλειας (μερικής ή ολικής) της μηχανικής αντοχής της περιβάλλουσας εδαφικής μάζας, απαιτείται η εφαρμογή πιο άκαμπτης προσωρινής υποστήριξης η οποία πρέπει να εφαρμόζεται κατά τέτοιον τρόπο ώστε να δρα σε όλη την επιφάνεια του εδάφους αναπτύσσοντας μια ισχυρή μηχανική αλληλεπίδραση με το έδαφος. Για την αντιμετώπιση υψηλών φορτίων, η απαιτούμενη ενίσχυση της προσωρινής υποστήριξης θα γίνεται όχι με αύξηση του πάχους της, αλλά με πρόβλεψη για τοποθέτηση μεταλλικού πλέγματος, μεταλλικών δακτυλίων και αγκυρίων. Η εφαρμογή της μεθόδου μπορεί να δράσει αποφασιστικά στην ασφάλεια της κατασκευής γιατί επηρεάζει το χρόνο σύγκλισης της μάζας του εδάφους. Η διακύμανση του βάθους της εκσκαφής, ο χρόνος τοποθέτησης της προσωρινής υποστήριξης, το μήκος της προχώρησης και η δράση της υποστήριξης, αποτελούν σημαντικές παραμέτρους για τον έλεγχο της διαδικασίας εξισορρόπησης του συστήματος περιβάλλοντος σχηματισμού – προσωρινή / τελική υποστήριξη. Το σύστημα περιβάλλοντος σχηματισμού - επένδυση πρέπει να είναι σταθερό ακόμα και αν η υποστήριξη δεν είναι μόνιμη. Η εσωτερική (τελική) επένδυση αποτελεί επιπλέον ασφάλεια. Η μελέτη της σήραγγας Τράπεζας και οι απαιτούμενες αριθμητικές προσομοιώσεις έγιναν

έχοντας υπόψη τις παραπάνω αρχές κατασκευής της σήραγγας, οι οποίες τηρήθηκαν και ελέγχονταν συστηματικά κατά τη διάνοιξη της σήραγγας.

2.8 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΝΟΙΞΗΣ ΝΕΟΥ ΜΕΤΩΠΟΥ ΣΤΗΝ ΣΗΡΑΓΓΑ

Με βάση τις μηχανικές ιδιότητες του υπεδάφους, την υφιστάμενη τεχνική εμπειρία και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της σήραγγας, διαφαίνεται ως πλέον ορθή η επιλογή της μηχανικής εκσκαφής η οποία είναι δυνατόν να διεξαχθεί με χρήση κοινής αυτοκινούμενης υδραυλικής σφύρας ή τσάπας. Ακόμη, η μηχανική εκσκαφή προκύπτει εύλογα ως τεχνική επιλογή με βάση τις χαμηλές αντοχές των εδαφικών σχηματισμών και συνεπάγεται μειωμένες διαταραχές του περιβάλλοντος εδάφους.



Εικ. 2 Διάνοιξη νέου μετώπου στην σήραγγα με χρήση τσάπας

2.9 ΜΕΤΡΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

- **Δοκοί προπορείας :** Η τοποθέτηση δοκών προπορείας (forepoling) γίνεται σε περιπτώσεις ασταθών συνθηκών της βραχομάζας όπως σε περιπτώσεις χαμηλών υπερκείμενων, δυσμενών γεωλογικών συνθηκών κλπ. Κατά την τεχνική αυτή τοποθετούνται σωλήνες μήκους 12 m περίπου στην περιφέρεια διατομής (σαν ομπρέλα) που πληρώνονται με τσιμεντένεμα. Η τοποθέτηση των διαδοχικών ομπρελών γίνεται με αλληλοεπικάλυψη της τάξης των 4 m. Η διάταξη, η αλληλοεπικάλυψη και τα γεωμετρικά στοιχεία των δοκών προπορείας (μήκος, διάμετρος) εξαρτώνται από την ποιότητα της βραχομάζας και τις γενικότερες γεωλογικές συνθήκες.



Εικ. 3 Διαδικασία τοποθέτησης Ομπρέλας Spiles



Εικ.4 Τελικό στάδιο ομπρέλας Spiles

- **Μεταλλικά πλαίσια υποστήριξης :** Στην συνέχεια τοποθετούνται τα μεταλλικά πλαίσια τα οποία υπάγονται στα παθητικά μέτρα υποστήριξης δηλαδή στα μέτρα που αναλαμβάνουν φορτία μετά την εκδήλωση μετακινήσεων. Τα μεταλλικά πλαίσια διαιρούνται σε εύκαμπτα και άκαμπτα ενώ θεωρούνται αποτελεσματικά σε συνθήκες υψηλών τάσεων και έντονα παραμορφωμένων πετρωμάτων. Αποτελούνται από πέντε τμήματα και τοποθετούνται με την βοήθεια ανυψωτικού μηχανήματος. Και μεταξύ των πλαισίων στο κενό χώρο τοποθετήθηκε εκτοξευμένο σκυρόδεμα.



Εικ. 5 Τοποθέτηση μεταλλικών πλαισίων

- **Αυτοδιατρούμενα αγκύρια εδάφους (self- drilling bolts):** Λόγω της φύσης του εδάφους, η οποία καθιστά δυσχερή τη δημιουργία ανοικτών διατρημάτων, θα χρησιμοποιηθούν για τις προβλεπόμενες αγκυρώσεις στις κατηγορίες C και D αυτοδιατρούμενα αγκύρια, επιτρεπόμενου φορτίου 300KN, και μήκους 6,00m. Η ποιότητα του χάλυβα και η διάμετρος των αγκυρίων για το παραπάνω επιτρεπόμενο φορτίο θα είναι σύμφωνες προς τις οδηγίες και τα πιστοποιητικά του προμηθευτή. Οι ακριβείς τύποι και οι θέσεις εφαρμογής των εν λόγω ηλώσεων παρουσιάζονται λεπτομερώς στα σχέδια των τυπικών διατομών εκσκαφής και άμεσης υποστήριξης της σήραγγας ανά κατηγορία εδάφους που συνοδεύουν τη μελέτη. Η διάτρηση θα γίνει με κλασσικά υδραυλικά διατρητικά φορεία κατακόρυφης ή κεκλιμένης διάτρησης. Η ενεμάτωση των αγκυρίων θα γίνει μέσω της κεντρικής διαμήκους οπής του στελέχους.



Εικ.6 Τοποθέτηση αγκυρίων και διαδικασία διάτρησης



Εικ.7 Διατρητικό Jumbo

- **Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (shotcrete) :** χρησιμοποιείται για σκυροδέματα που συνίστανται από τσιμέντο, νερό και λεπτόκοκκα αδρανή (συνήθως έως 10 mm) τα οποία εφαρμόζονται με εκτόξευση (με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα). Στόχος της χρήσης του εκτοξευμένου σκυροδέματος είναι η άμεση συγκράτηση μικρών τεμαχίων που μπορεί να αποκολληθούν από τα τοιχώματα κατά την διάνοιξη, αλλά και η συμβολή του μαζί με τα υπόλοιπα μέτρα υποστήριξης στην ολική ευστάθεια των τοιχωμάτων. Το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα παρασκευάζεται είτε ως ξηρό μίγμα (dry mix) με προσθήκη νερού στο στόμιο εκτοξεύσεως είτε ως υγρό μίγμα (wet mix) όπου η ανάμιξη με νερό γίνεται στον αναδευτήρα κατά την παρασκευή του μίγματος. Το υγρό μίγμα χρησιμοποιείται συχνότερα στις περιπτώσεις κατανάλωσης εκτοξευόμενου σκυροδέματος σε μεγάλες ποσότητες. Κατά την παρασκευή εκτοξευόμενου σκυροδέματος η αναλογία ανάμιξης είναι η εξής (για την παραγωγή ενός κυβικού μέτρου βάρους 2250-2350 kg):

- Τσιμέντο: 400-450 kg
- Αδρανή (διάσταση κόκκου έως 10 mm): 1600-1700 kg
- Παιπάλη πυριτίου (micro-silica): 30-50 kg
- Επιταχυντής πήξεως: 10-15 kg
- Νερό: 200-250 kg



Εικ. 6 Διαδικασία εκτόξευσης σκυροδέματος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

3.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ. 70+345 ΕΩΣ Χ.Θ. 72+070

Στο παρόν Κεφάλαιο αξιολογούνται τα αποτελέσματα των γεωτεχνικών ερευνών κατά μήκος της σήραγγας Τράπεζας, λαμβανομένων υπόψη και των πρόσφατων γεωλογικών παρατηρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της Οριστικής Μελέτης της σήραγγας. Η αξιολόγηση αυτή έχει στόχο την επιβεβαίωση ή/και αναθεώρηση των παραμέτρων σχεδιασμού που ελήφθησαν στη φάση Προμελέτης και επομένως διαρθρώνεται κατά τμήματα ως εξής:

- Παράμετροι σχεδιασμού για την μελέτη των τεχνικών έργων στα στόμια εισόδου και εξόδου της σήραγγας (προσωρινές αντιστηρίξεις, σήραγγα σε εκσκαφή και επανεπίχωση κ.λ.π.)
- Παράμετροι σχεδιασμού για την μελέτη του υπόγειου έργου κοντά στην είσοδο και στην έξοδο της σήραγγας αντίστοιχα.
- Παράμετροι σχεδιασμού για την μελέτη του υπόγειου έργου στο κέντρο της χάραξης
- Παράμετροι σχεδιασμού για την μελέτη των δύο σιράγγων διαφυγής ΣΔ1 και ΣΔ2

Η εν λόγω αξιολόγηση βασίζεται στις εξής αρχές

- Οι παράμετροι σχεδιασμού κάθε σχηματισμού παρουσιάζουν μικρές διαφοροποιήσεις ανάλογα με το ύψος των υπερκειμένων γαιών. Έτσι για τον ίδιο σχηματισμό, οι παράμετροι σχεδιασμού προτείνονται ανάλογα με το βάθος διέλευσης της χάραξης (μεγαλύτερες στα μεγάλα υπερκείμενα και μικρότερες στα χαμηλότερα υπερκείμενα). Σημειώνεται ότι η

παράμετρος που κυρίως επηρεάζεται από το ύψος των υπερκειμένων γαιών είναι το μέτρο συμπιεστότητας E_s .

- Τα μέτρα συμπιεστότητας που μετρήθηκαν στο εργαστήριο δεν ελήφθησαν υπόψη στην αξιολόγηση διότι, κατά την άποψη μας, ήσαν πολύ μικρά για τους σχηματισμούς της περιοχής. Προτιμήθηκε ο προσδιορισμός τους έμμεσα, από ημιεμπειρικές μεθόδους αλλά και την εμπειρία από ανάλογους σχηματισμούς.

Στη συνέχεια θα δοθούν οι παράμετροι σχεδιασμού για κάθε μία από τις παραπάνω περιοχές χωριστά.

3.2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 70+345 ΕΩΣ Χ.Θ 70+375 (Τεχνικά Έργα στην είσοδο)

3.2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στο τμήμα αυτό κατασκευάζονται διάφορα τεχνικά έργα στην είσοδο της σήραγγας (cut & cover, αντιστηρίξεις κ.λ.π.). Για την μελέτη των έργων εισόδου εκτελέστηκε η γεώτρηση ΓΣ1 στη θέση ΧΘ 70+360 περίπου.

Σύμφωνα με την γεωλογική μηκοτομή στη θέση του στομίου εισόδου, η περιοχή επιφανειακά καλύπτεται από αργιλικά κορήματα χαλικώδους σύστασης σε σημαντικό πάχος της τάξης των 10 m περίπου (SMgc). Κάτω από τα αργιλικά κορήματα συναντώνται μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών που παρουσιάζουν κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων (Mg - Mc).

3.2.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Με βάση τα αποτελέσματα της γεώτρησης ΓΣ1 αλλά και της Γεωλογικής Μελέτης στην περιοχή των έργων της εισόδου, συναντώνται οι εξής σχηματισμοί:

(α) Επιφανειακά αργιλικά κορήματα (CSgc) που συνίστανται από αμμόδεις αργίλους και αμμοχάλικα, χαμηλής πλαστικότητας, καλής διαβάθμισης ασβεστολιθικής κυρίως προέλευσης, πάχους έως και 10 m. Στη στρώση εκτελέστηκαν τέσσερις Δοκιμές Πρότυπης Διείσδυσης (46/80 /95 / 59) οι οποίες

έδωσαν μέσο αριθμό $N_{SPT} = 70$. Το μέσο ποσοστό λεπτοκόκκων είναι 60% και ο μέσος δείκτης πλαστικότητας $PI=8,5\%$.

(β) Μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών με κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων ($Mg - Mc$). Συναντώνται κάτω από τα 10 m. Η διακύμανση των χαρακτηριστικών του σχηματισμού δίνεται στον πίνακα 7.

Πιν. 7 Διακύμανση χαρακτηριστικών ιδιοτήτων μαργών με ενστρώσεις κροκαλοπαγών με κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων ($Mg - Mc$).

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
Ποσοστό χαλίκων (%)	0 ÷ 2	1
Ποσοστό άμμου (%)	25 ÷ 53	49
Ποσοστό λεπτοκόκκων (%)	26 ÷ 75	50
Δείκτης πλαστικότητας PI	3,2 ÷ 8,6	5,9
Υγρό φαινόμενο βάρος γ_u (MN /m ³)	0,0226	0,0226
Ειδικό βάρος (KN/ m ³)	27,4	27,4
Αριθμός κρούσεων N_{SPT}	19 ÷ 100	69
Αντοχή σε διάτμηση c' (Mpa) Φ' (°)	0,00814 42,9	0,00814 42,9
Συντελεστής στερεοποίησης (cm ² /sec) * 10 ⁻⁴	6-18	18
Δείκτης στερεοποίησης	0,04	0,04

3.2.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

(α.) Αργιλικά κορήματα (SMgc). Οι παράμετροι σχεδιασμού της στρώσης εκτιμώνται έμμεσα από ημιεμπειρικές σχέσεις και από τις εργαστηριακές δοκιμές

- Φαινόμενο βάρος στρώσης $\gamma = 22,5 \text{ KN/ m}^3$
- Το μέτρο συμπιεστότητας κατά Schultze – Menzebach για $N=70$ και άμμο με χαλίκια από την σχέση:
- $E_s = C_1 + C_2 N$ Για $C_1 = 38$ και $C_2 = 10,5 \rightarrow E_s = 75 \text{ MPa}$

- Κατά Stroud – Butler ($E_s / N \approx f$)
- Για $PI \approx 8,5\% \rightarrow E_s = 9,00 \times 70 \approx 60 \text{ MPa}$
- Προτείνεται $E_s \approx 50 \text{ MPa}$
- Η γωνία φ' εκτιμάται κατά Kenney 1959 για κανονικά προφορτισμένα υλικά και δείκτη πλαστικότητας $PI \approx 8,5\% \rightarrow \sin \varphi' \approx 0,58 \rightarrow \varphi' \approx 35^\circ$
- Η στρώση έχει και συνοχή (ποσοστό λεπτόκοκκων 60%). Εκτιμάται $c'=20 - 25 \text{ KPa}$.
- Τελικώς προτείνεται $\varphi' \approx 30' - 33^\circ$ $c'= 20-30 \text{ KPa}$.

(β) Μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών με κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων (Mg-Mc).

- Φαινόμενο βάρος $\gamma = 22,6 \text{ KN/ m}^3$
- Το μέτρο συμπίεστότητας εκτιμάται έμμεσα.
- Κατά Stroud – Butler ($E_s/N \approx f$)
- Για $PI \approx 5,9\% \rightarrow E_s = 1000 \times 70 = 70 \text{ MPa} -$
- Κατά Butler για σκληρές αργίλους.
- $E_u = N(1,0 - 1,2) \text{ MPa} = 77 \text{ MPa}$
- $E_s = 1,17, E_u = 1,17 \times 77 \approx 90 \text{ MPa}$
- Επιλέγεται $E_s \approx 80 \text{ MPa}$
- Μία δοκιμή διάτμησης CD στη στρώση έδωσε:
- $c'=81,4 \text{ KPa}$

- $\phi' = 42,9^\circ$
- Προτείνονται $c' = 30-40 \text{ KPa}$, $\phi' = 30^\circ - 33^\circ$

Παρακάτω δίδεται ενδεικτική γεωτεχνική τομή για τα έργα εισόδου :

<u>Ενδεικτική Γεωτεχνική Τομή για τα έργα εισόδου</u>				0,0
Επιφανειακά αργιλικά Κορήματα χαλικώδους σύστασης με				
	$c' = 20-30 \text{ KPa}$	$\gamma = 22.5 \text{ KN/m}^3$		
αργιλικό συνδετικό υλικό (α) (SMgc)	$\phi' = 30^\circ - 33^\circ$	$E_s = 50 \text{ Mpa}$		
				-10,0
Μαργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (β) (Mg/Mc)				
	$c' = 30-40 \text{ KPa}$	$\gamma = 22.6 \text{ KN/m}^3$		
	$\phi' = 30^\circ - 33^\circ$	$E_s = 80 \text{ Mpa}$		
				-22,0

3.3 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 70+375 ΕΩΣ Χ.Θ. 70+470 (Υπόγειο Έργο στο στόμιο εισόδου)

Από την γεωλογική μηκοτομή στο στόμιο εισόδου φαίνεται ότι το πρώτο τμήμα της σήραγγας διανοίγεται σε στρώση μάργας με ενστρώσεις κροκαλοπαγών με κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων. Γεώτρηση στο τμήμα αυτό δεν έχει εκτελεσθεί. Επομένως η τομή σχεδιασμού μπορεί να βασισθεί στα αποτελέσματα της γεώτρησης ΓΣ1 λαμβάνοντας υπόψη ότι το έργο διέρχεται σε μεγαλύτερο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους και επομένως τουλάχιστον το μέτρο παραμορφωσιμότητας αναμένεται να είναι μεγαλύτερο από αυτό που δίδεται για τα τεχνικά έργα εισόδου ($>80 \text{ MPa}$).

Κατόπιν αυτού παρακάτω δίδεται ενδεικτική γεωτεχνική τομή για το υπόγειο έργο στο στόμιο εισόδου.

Ενδεικτική Γεωτεχνική Τομή για για το υπόγειο έργο στην είσοδο

			0,0
Μάργες με ενστρώσεις Κροκαλοπαγών	$c' = 30-40 \text{ KPa}$	$\gamma = 22.6 \text{ KN/m}^3$	
με κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων	$\varphi' = 30^\circ-33^\circ$	$E_s = 100 \text{ Mpa}$	
(Mg/Mc)			
			-60,0

3.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 70+470 ΕΩΣ Χ.Θ. 72+070 (Υπόγειο Έργο)

3.4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων όλων των ερευνών για το υπόγειο έργο γίνεται κατά τμήματα, λόγω των διαφόρων σχηματισμών που συναντήθηκαν κατά μήκος της διάνοιξης. Στη συνέχεια δίδονται τα τμήματα κατά μήκος των οποίων διαφοροποιούνται οι συναντώμενοι σχηματισμοί.

(α) Από Χ.Θ 70+470 έως Χ.Θ 70+950 περίπου

Από την γεωλογική μηκοτομή φαίνεται ότι η σήραγγα διέρχεται μέσα από μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών με κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων (Mg / Mc). Στη περιοχή εκτελέστηκαν δυο γεωτρήσεις οι: Γ9 και Γ20

(β) Από Χ.Θ 70+950 έως Χ.Θ 72+070 περίπου

Από την γεωλογική μηκοτομή φαίνεται ότι η σήραγγα διέρχεται από σχηματισμό κροκαλοπαγών (cg.g). Στη περιοχή εκτελέστηκαν δύο γεωτρήσεις οι: ΓΔ6 και Γ22

3.4.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

(α) Περιοχή από Χ.Θ. 70+470 έως Χ.Θ 70+950

Με βάση τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων Γ19 και Γ20 αλλά και της γεωλογικής μελέτης στην περιοχή του τμήματος αυτού, η σήραγγα κατά τη

διάνοιξη της συναντά μάργες (Mc) με ενστρώσεις κροκαλοπαγών με κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων (Mg). Επειδή οι στρώσεις εναλλάσσονται κατά μήκος της χάραξης και δεν είναι εύκολη η ακριβής οριοθέτηση τους, και επειδή η τεχνική τους συμπεριφορά δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές, οι παραπάνω στρώσεις θα αξιολογηθούν ως ενιαίος σχηματισμός.

Η διακύμανση των χαρακτηριστικών του ενιαίου σχηματισμού δίνεται στον Πίνακα 8. Σημειώνεται ότι διακύμανση ποσοστών άμμου, χαλίκων και λεπτοκόκκων αποφεύγεται να δοθεί επειδή όλες οι κατατάξεις έγιναν σε στρώσεις με υψηλά ποσοστά λεπτοκόκκων και έτσι θα προέκυπτε αλλοίωση στην εικόνα του ενιαίου σχηματισμού.

Πιν.8 Διακύμανση χαρακτηριστικών ιδιοτήτων του σχηματισμού.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	ΜΕΣΟΣ ΟΡΟΣ
Δείκτης πλαστικότητας PI (%)	NP ÷ 12,3	9,3
Υγρό φαινόμενο βάρος γ_u (MN /m ³)	0,02251	0,02251
Ειδικό βάρος (KN/ m ³)	26,2 ÷ 27,3	26,7
Αριθμός κρούσεων N_{SPT}	33 ÷ 100	95
Αντοχή σε ανεμπόδιση θλίψη q_u (Mpa)	. 0,064 ÷ 3,20	1,59
Τριαξονική δοκιμή (CUPP) c' (Mpa) Φ' (°)	0,176 33	:0,176 33
Αντοχή σε διάτμηση CD c' (Mpa) Φ' (°)	0,005 ÷ 0,097 31,4 ÷ 48,3	0,036 37
Συντελεστής στερεοποίησης. (cm ² /sec) * 10 ⁻⁴	6 ÷ 54	30
Δείκτης στερεοποίησης	0,04 ÷ 0,10	0,07

(β) Περιοχή από X.Θ 70 + 950 έως X.Θ 72+070

Με βάση τα αποτελέσματα των γεωτρήσεων ΓΔ6 και Γ22 αλλά και της Γεωλογικής Μελέτης στην περιοχή του τμήματος αυτού, η σήραγγα κατά τη διάνοιξη της συναντά κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης (cg.g). Στον

σχηματισμό εκτελέστηκαν μόνον επί τόπου δοκιμές SPT και εργαστηριακές δοκιμές κατάταξης. Οι δοκιμές SPT έδωσαν πρακτικά αρνήσεις ($N > 100$) ενώ τα ποσοστά των λεπτόκοκκων κυμαίνονται από 8 - 31% με μέση τιμή 21% περίπου. Ο μέσος δείκτης πλαστικότητας δεν υπερβαίνει το 5%

3.4.3 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

(α) Περιοχή από Χ.Θ 70.+470 έως Χ.Θ 70+950

Μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών με κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων (Mg-Mc). Οι παράμετροι σχεδιασμού του σχηματισμού εκτιμώνται έμμεσα από ημιεμπειρικές σχέσεις καθώς και από τις εργαστηριακές δοκιμές όπου υπήρχαν.

- Φαινόμενο βάρος $\gamma \approx 22,5 \text{ KN/m}^3$
- Το μέτρο συμπίεστότητας εκτιμάται έμμεσα.
- - Κατά Stroud – Butler ($E_s/N \approx f$)
- Για $PI \approx 9,3\% \rightarrow E_s = 800 \times 95 = 76 \text{ MPa}$
- -Κατά Butler για σκληρές αργίλους.
- $E_u = N (1,0 - 1,2) \text{ MPa} = 105 \text{ MPa}$
- $E_s = 1,17$, $E_u = 1,17 \times 105 = 123 \text{ MPa}$

Από δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης q_u / ϵ στο ελαστικό τμήμα της καμπύλης

Τα μέτρα ελαστικότητας που προκύπτουν ως λόγος $\sigma / \epsilon\% = E$ κυμαίνονται από 70 έως 270 MPa. Ας σημειωθεί ότι οι δοκιμές q_u έγιναν κυρίως σε στρώσεις με μεγάλα ποσοστά λεπτοκόκκων. Τούτο σημαίνει ότι, εάν ληφθούν υπόψη και οι ενστρώσεις των κροκαλοπαγών, οι οποίες ενισχύουν τον σχηματισμό και βελτιώνουν σημαντικά την συμπεριφορά του, τότε τα μέτρα ελαστικότητας θα είναι ακόμα μεγαλύτερα.

Προτείνεται να ληφθούν τιμές $E_s \approx 80$ έως-150 MPa (συντηρητική θεώρηση). Η διακύμανση αφορά κυρίως τη διακύμανση των υπερκειμένων.

Από τις δοκιμές CD και CUPP προέκυψε:

- $c'=36- 176$ KPa
- $\phi' = 37^0 . - 33^0$

Προτείνονται $c'= 40- 80$ KPa , $\phi' = 25^\circ - 33^\circ$. Σημειώνεται ότι η χαμηλότερη συνοχή αντιστοιχεί στην υψηλότερη γωνία.

(β) Περιοχή από X.Θ 70+950 έως X.Θ 72+070

Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης (cg.g)

Οι παράμετροι αντοχής και παραμορφωσιμότητας εκτιμώνται έμμεσα και εμπειρικά. Κατ' αρχή θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο σχηματισμός αυτός, που συναντάται στο κέντρο της σήραγγας, είναι ο ισχυρότερος σε σύγκριση με τους υπολοίπους που συναντώνται κατά μήκος της χάραξης. Επομένως τα μέτρα παραμορφωσιμότητας του εν λόγω σχηματισμού θα πρέπει να είναι μεγαλύτερα από αυτά που δίδονται για το προηγούμενο τμήμα και να κυμαίνονται (συντηρητικά) από $E_s = 115$ έως 150 MPa. Η διακύμανση αφορά κυρίως τη διακύμανση των υπερκειμένων.

Ως ενεργές παράμετροι αντοχής προτείνονται για τον σχηματισμό: $c'= 20 - 40$ KPa , $\phi' = 33^\circ - 40^\circ$. Το φαινόμενο βάρος του σχηματισμού προτείνεται να ληφθεί $\gamma = 22,5$ KN/ m³

ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 70+470 έως Χ.Θ 70+950			0,0
Μάργες με ενστρώσεις	$c' = 40 - 80 \text{ KPa}$	$\gamma = 22,5 \text{ KN/m}^3$	
κροκαλοπαγών με	$\varphi' = 25^\circ - 33^\circ$		
κυμαινόμενα ποσοστά χαλίκων (Mc/Mg)	$E_s = 80 - 150 \text{ Mpa}$		
			-90,0
ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 70+950 έως Χ.Θ 71+850			0,0
Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης (Cg.g)	$c' = 20-40 \text{ KPa}$	$\gamma = 22,5 \text{ KN/m}^3$	
	$\varphi' = 33^\circ - 40^\circ$		
	$E_s = 115-150 \text{ Mpa}$		
			-100,0
ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΠΟ Χ.Θ 71+850 έως Χ.Θ 72+070			
Η περιοχή διακρίνεται σε δύο υποπεριοχές			
(α) ΑΠΟ Χ.Θ 71+850 έως Χ.Θ 72+070			
			0,0
Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης (Cg.g)	$c' = 20-40 \text{ KPa}$	$\gamma = 22,5 \text{ KN/m}^3$	
	$\varphi' = 33^\circ - 40^\circ$		
	$E_s = 115-150 \text{ Mpa}$		
			-40,0
Μάργες με ενστρώσεις	$c' = 40 - 80 \text{ KPa}$	$\gamma = 22,5 \text{ KN/m}^3$	
κροκαλοπαγών (Mc/Mg)	$\varphi' = 25^\circ - 33^\circ$		
	$E_s = 80 - 150 \text{ Mpa}$		
			-100,0

3.5 ΣΗΡΑΓΓΑ ΔΙΑΦΥΓΗΣ

3.5.1 ΣΗΡΑΓΓΑ ΣΔ1

3.5.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Από την γεωλογική μηκοτομή φαίνεται ότι η σήραγγα διέρχεται από σχηματισμό κροκαλοπαγών χαλικώδους σύστασης (cg.g). Στην περιοχή εκτελέστηκε μία γεώτρηση η ΓΔ1.

3.5.1.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ – ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Ο σχηματισμός είναι ο ίδιος με αυτόν που συναντήθηκε στο κέντρο της σήραγγας. Επομένως οι παράμετροι του εν λόγω τμήματος "δανείζονται" από το κεντρικό τμήμα της σήραγγας. Άρα:

$$E_s = 115 \text{ έως } 150 \text{ MPa.}$$

$$c' = 20 - 40 \text{ KPa} , \varphi' = 33^\circ - 40^\circ$$

$$\text{Το φαινόμενο βάρος του σχηματισμού είναι } \gamma = 22,5 \text{ KN/ m}^3$$

Ειδικότερα για το υπόγειο έργο στο στόμιο λόγω των χαμηλών υπερκειμένων το μέτρο παραμορφωσιμότητας είναι $E_s = 80 \text{ MPa}$.

Για τα έργα εξόδου (Cut & Cover, τοίχοι αντιστήριξης κ.λ.π.) λήφθηκε μειωμένη συνοχή και χαμηλότερο μέτρο ελαστικότητας λόγω ελάχιστου ύψους υπερκειμένων δηλαδή :

$$c' = 20 \text{ KPa} , \varphi' = 35^\circ , \gamma = 22,5 \text{ KN/ m}^3 , E_s = 80 \text{ MPa}$$

Ακολουθούν ενδεικτικές γεωλογικές τομές στις χαρακτηριστικές θέσεις του έργου.

Τομή σχεδιασμού για το υπόγειο έργο		
		0,0
Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης (Cg.g)	$c' = 20-40 \text{ KPa}$	$\gamma = 22,5 \text{ KN/m}^3$
	$\varphi' = 33-40^\circ$	
	$E_s = 115-150 \text{ MPa}$	(στο κέντρο)
	$E_s = 80 \text{ MPa}$	(στο στόμιο)
		- 60,0
Τομή σχεδιασμού για τη μελέτη των έργων στο στόμιο		
		0,0
Κροκαλοπαγή χαλικώδους σύστασης (Cg.g)	$c' = 20 \text{ KPa}$	$\gamma = 22,5 \text{ KN/m}^3$
	$\varphi' = 35^\circ$	
	$E_s = 80 \text{ MPa}$	
		-60,0

3.6 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ - ΣΥΝΟΨΗ

Στο παρόν κεφάλαιο συνοψίζονται τα αποτελέσματα της γεωλογικής γεωτεχνικής αξιολόγησης κατά μήκος της σήραγγας στα κυριότερα σημεία:

(α) Η σήραγγα διανοίγεται μέσα σε κροκαλοπαγή (cg) με σημαντικό βαθμό συμπαγοποίησης καθώς και σε μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών (mg) στα οποία άλλοτε επικρατεί η χαλικώδης (Mg.g) και άλλοτε η αργιλική φάση (Mg.c). Στα στόμια της σήραγγας επικρατούν συνεκτικά κορηματικά υλικά χαλικώδους σύστασης (SMgc / CSgc)

(β) Η σήραγγα διαφυγής ΣΔ1 καθόλο το μήκος της διανοίγεται σε ισχυρά συμπαγοποιημένα κροκαλοπαγή (cg).

Για τους παραπάνω σχηματισμούς πρέπει να γίνουν οι εξής επισημάνσεις:

(i) Όλοι οι σχηματισμοί εμφανίζουν σημαντικά ποσοστά λεπτοκόκκων και επομένως είναι κατά κανόνα συνεκτικοί.

(ii) Ο σχηματισμός των κροκαλοπαγών (cg) είναι συμπαγοποιημένος και ως εκ τούτου είναι ο ισχυρότερος που συναντήθηκε κατά τη διάνοιξη.

(iii) Ο σχηματισμός της μάργας με ενστρώσεις κροκαλοπαγών στις θέσεις με μεγάλα υπερκείμενα εμφανίζεται συχνά σε μορφή ημιβραχώδη ιδιαίτερα στις θέσεις στις οποίες επικρατεί η αργιλική φάση.

(iv) Οι ενεργές παράμετροι αντοχής και οι παράμετροι παραμορφωσιμότητας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το ύψος των υπερκειμένων γαιών. Έτσι, ο ίδιος σχηματισμός σε θέσεις με μεγάλα υπερκείμενα παρουσιάζει μεγαλύτερα μέτρα παραμορφωσιμότητας από εκείνα σε θέσεις με χαμηλότερα υπερκείμενα. Για τον λόγο αυτό δίδεται διακύμανση των παραμέτρων έτσι ώστε να συνυπολογίζεται η ανομοιογένεια των σχηματισμών (κυριαρχία της χαλικώδους ή της αργιλικής φάσης) αλλά και το διαφορετικό ύψος των υπερκειμένων γαιών, το οποίο, στο μεγαλύτερο μήκος της σήραγγας, κυμαίνεται από 50 έως 95 m.

(ν) Τα φυσικά πρηνή στη περιοχή της σήραγγας, τα οποία διαμορφώνονται κυρίως σε μάργες με ενστρώσεις κροκαλοπαγών αργιλικής ή χαλικώδους φάσης εμφανίζονται κατά θέσεις εμφανώς ευσταθή τόσο με απότομες όσο και με πολύ ηπιότερες κλίσεις. Για τον λόγο αυτό δίδεται η διακύμανση των τιμών των παραμέτρων αντοχής.

Κατά τη διάνοιξη, ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε :

- στις επαφές των σχηματισμών
- στις ρηξιγενείς ζώνες / ρήγματα
- Σε τυχόν αμμώδεις ενστρώσεις ή / και-φακούς ιδιαίτερα εάν είναι παράλληλες και υδροφορείς ή / και εάν συναντώνται στην οροφή της σήραγγας.
- Στη διαμόρφωση του μετώπου εισόδου (στις θέσεις με πολύ χαμηλά υπερκείμενα) κυρίως λόγω των επικρατούντων κορηματικών υλικών.

Ανακεφαλαιωτικός πίνακας παραμέτρων σχεδιασμού του έργου.

Περιοχή Έργων Εισόδου		
Από Χ.Θ. 70+375 έως Χ.Θ. 70+470 - Υπόγειο Έργο κοντά στην είσοδο		
c' (KPa)	ϕ' (°)	E (MPa)
30-40	30-33	100
Χ.Θ. 70+470 έως Χ.Θ. 70+950		
c' (KPa)	ϕ' (°)	E (MPa)
40-80	25-33	80-150
Από Χ.Θ. 70+950 έως Χ.Θ. 72+070		
c' (KPa)	ϕ' (°)	E (MPa)
20-40	33-40	115-150
Σήραγγα Διαφυγής ΣΔ1 - Υπόγειο Έργο		
c' (KPa)	ϕ' (°)	E (MPa)
20-40	33-40	115-150
Σήραγγα Διαφυγής ΣΔ1 - Έργα στο στόμιο		
c' (KPa)	ϕ' (°)	E (MPa)
20	35	80

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

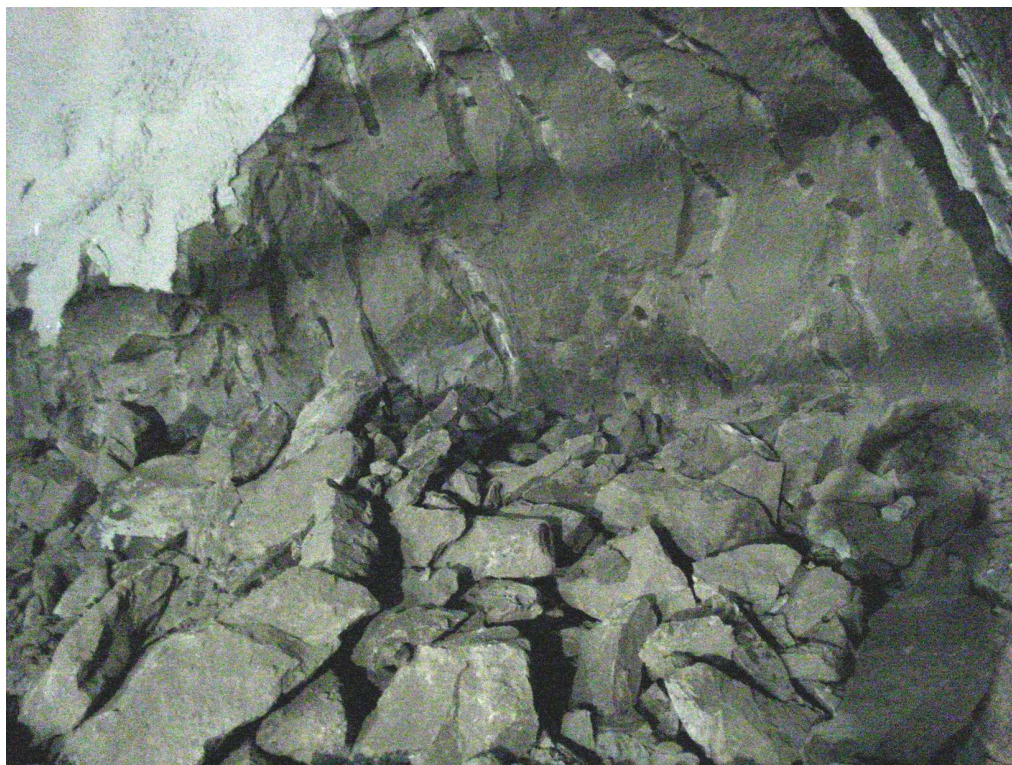
4. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΕΣΤΗΚΑΝ – ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

4.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΟΚΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΓΙΝΑΝ

Στα **10 δείγματα** που συλλέχθηκαν έγιναν **7 δοκιμές** προσδιορισμού των φυσικών παραμέτρων και συγκεκριμένα έγιναν οι παρακάτω δοκιμές : δοκιμές φυσικής υγρασίας, προσδιορισμός των ορίων συνεκτικότητας (όρια Atterberg), δοκιμή ελεύθερης διόγκωσης, προσδιορισμός του ειδικού βάρους υλικού λεπτότερου υλικού των 2mm, κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα αλλά και με αραιόμετρο (μέθοδος Stoke's), προσδιορισμός φαινόμενου βάρους συνεκτικών υλικών. Επίσης έγιναν και δοκιμές προσδιορισμού των μηχανικών παραμέτρων : προσδιορισμός του δείκτη χαλάρωσης πετρώματος σε όλα τα δείγματα

4.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία έγινε στην περιοχή της Τράπεζας μέσα από την σήραγγα Τράπεζας της Σ.Γ.Υ.Τ Κιάτου-Κορίνθου σε μεταλικά ιζήματα του νεογενούς και συγκεκριμένα μέσα σε στιφρές μάργες με τοπικές ενστρώσεις χαλαρών κροκαλοπαγών στο σχηματισμό του κατώτερου ορίζοντα των Νεογενών στους σχηματισμούς των μαργολίθων – ιλυολίθων οι οποίοι παρουσιάζουν συμπεριφορά σκληρών εδαφών – μαλακών βράχων και φιλοξενούν το μεγαλύτερο τμήμα της σήραγγας. Έγινε με βάση την αποκόλληση τεμαχίων (block) διαστάσεων τουλάχιστον 30x30x30cm για τον προσδιορισμό των φυσικών ιδιοτήτων του εδάφους.



Στάδιο συλλογής δειγμάτων

Τρόπος δειγματοληψίας:

Σε κάθε θέση αποκολούνταν το / τα τεμάχια των δειγμάτων με τη βοήθεια κατάλληλων εργαλείων (όπως το γεωλογικό σφυρί ή τα εργαλεία εκσκαφής χειρός) και μηχανημάτων (τσάπες εργοταξίου). Στη συνέχεια επιλεγόταν τμήμα του στο οποίο απουσίαζαν δευτερογενείς ρωγματώσεις (τόσο λόγω γεωλογικών παραγόντων όσο και λόγω τρόπου αποκόλλησης τους με την βοήθεια των μηχανημάτων του εργοταξίου), σημεία ροής υπεδαφικού νερού και άλλοι παράγοντες ανισοτροπίας και το τέμαχος ή τεμάχια, τυλίγονταν με πλαστική μεμβράνη και μεταφέρονταν άμεσα στο χώρο του εργαστηρίου όπου και μετατρέπονταν σε δοκίμια ή κοσκινοποιούνταν για να γίνουν οι δοκιμές για τις φυσικές ιδιότητες. Επίσης κατά την φάση της κατασκευής του έργου, γινόταν καθημερινή γεωλογική χαρτογράφηση του μετώπου οι αποτυπώσεις των οποίων παρατίθενται στο **Παράρτημα 2**.

4.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Προδιαγραφές Εργαστηριακών Δοκιμών.

4.3.1. Φυσικές Ιδιότητες.

4.3.1.1. Ιδιότητες Αναγνώρισης.

- **Προσδιορισμός Περιεχόμενης Υγρασίας.**

Εισαγωγή.

Η υγρασία μιας εδαφικής μάζας καθορίζεται σαν ο λόγος (συνήθως εκφρασμένος επί τοις εκατό) του βάρους του νερού προς το βάρος των ξηρών κόκκων του εδάφους.

Εξοπλισμός :

- Κατάλληλοι υποδοχείς (π.χ. ύαλοι ωρολογίου) τέτοιοι ώστε να προλαμβάνεται απώλεια υγρασίας κατά τη διάρκεια της ζυγίσεως.
- Μεταλλικά κουτιά.
- Κλίβανος θερμοκρασίας 110°C.
- Ζυγός ευαισθησίας 0,01 gr.

Τρόπος Εργασίας.

Κατά την επιλογή ενός δείγματος για τον προσδιορισμό της υγρασίας πρέπει να προσέξουμε να λάβουμε ένα αντιπροσωπευτικό δοκίμιο. Επίσης πολλά εδαφικά δείγματα είναι πιθανό να έχουν ξηρανθεί επιφανειακά. Έτσι, όταν πρόκειται να προσδιορισθεί η υγρασία, αντιπροσωπευτική του δοκιμίου, το έδαφος για τη δοκιμή πρέπει να ληφθεί από περισσότερες της μιας στρώσεις από υλικό που δεν έχει υποστεί επιφανειακή ξήρανση.

Το ποσό του εδάφους που λαμβάνεται για ένα προσδιορισμό υγρασίας εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και τη διατιθέμενη ποσότητα. Γενικά όσο μεγαλύτερο είναι το δοκίμιο τόσο ακριβέστερος είναι ο προσδιορισμός, γιατί τα βάρη είναι μεγαλύτερα. Ένα δοκίμιο για τον προσδιορισμό της φυσικής

υγρασίας πρέπει να ζυγίζεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα μετά την έναρξη της δοκιμής, ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι επιδράσεις από την επιφανειακή ξήρανση. Μετά την προσεκτική ζύγιση το δοκίμιο ξηραίνεται σε φούρνο θερμοκρασίας 105-110°C (για υλικά που περιέχουν οργανικές ύλες σε 60°C μέγιστη) μέχρι σταθερού βάρους. Ο χρόνος ξηράνσεως εξαρτάται από τον τύπο, την ποσότητα και το σχήμα του δοκιμίου. Μετά την απομάκρυνση του από το φούρνο, το δοκίμιο ψύχεται και μετά ζυγίζεται. Η φυσική υγρασία εκφράζεται επί τοις %. Αριθμός με ακρίβεια δεκάτου.

- **Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας με την συσκευή Casagrande (AASHTO T89/60 – ASTM D 4318-83)**

Η συσκευή που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας (συσκευή Casagrande) δίνεται στις φωτογραφίες που ακολουθούν. Για την εκτέλεση της δοκιμής λαμβάνεται διαταραγμένο δείγμα βάρους 100 gr περίπου έπειτα από καλή ανάμειξη, από το κλάσμα του υλικού που είναι διερχόμενο από το κόσκινο No 40 (0.425 mm) και έχει ξηραθεί στον αέρα ή σε κλίβανο στους 60°C. Τοποθετείται στη συνέχεια σε κάψα και προστίθεται σταδιακά απεσταγμένο νερό. Ανακατεύεται πολύ καλά έτσι ώστε να προκύψει μία εδαφική παχύρρευστη μάζα.

Η κάψα με την εδαφική μάζα τοποθετείται στον υγραντήρα 30 min τουλάχιστον για ωρίμανση. Κατόπιν λαμβάνεται μέρος της εδαφικής μάζας και γεμίζεται το κύπελλο της συσκευής, μετά δε την επιπέδωση, το μέγιστο πάχος του πλακούντα που δημιουργήθηκε πρέπει να είναι 1 cm.

Ο πλακούντας διαιρείται με σταθερή διαδρομή του οργάνου χάραξης κατά μήκος της διαμέτρου που διέρχεται από το μέσο του στηρίγματος του κυπέλλου, έτσι ώστε να σχηματιστεί καθαρή και απότομη χαραγή κατάλληλων διαστάσεων.

Με ειδικό μηχανισμό υψώνεται και αφήνεται το κύπελλο να πέσει με χτύπο από ύψος 1 cm. Σαν όριο υδαρότητας ορίζεται το ποσοστό της περιεχόμενης υγρασίας που απαιτείται για να κλείσει η χαραγή στο μέσο του πυθμένα της κατά 12.7 mm μετά από 25 χτύπους.

Εκτελούμε τουλάχιστον 3 δοκιμές στο ίδιο δείγμα με διαφορετικές περιεκτικότητες σε υγρασία, με αποδεκτό αριθμό κτύπων από 15 έως 35 (συγκεκριμένα στις περιοχές 25-35, 20-30, 15-25), δεδομένου ότι με την παραπάνω διαδικασία είναι δύσκολο στους 25 κτύπους να κλείσει η χαραγή κατά 12,7 mm στον πυθμένα διότι δεν μπορεί να προσδιορισθεί επακριβώς η υγρασία. Το ποσοστό περιεχόμενης υγρασίας και ο αντίστοιχος αριθμός κτύπων απεικονίζονται σε ημιλογαριθμικό διάγραμμα με τα ποσοστά υγρασίας γραμμική κλίμακα (τετμημένη) και τον αριθμό των χτύπων στην ημιλογαριθμική. Τα σημεία που προκύπτουν βρίσκονται κατά μεγάλη προσέγγιση πάνω σε ευθεία γραμμή, η οποία ονομάζεται καμπύλη ροής. Η υγρασία που αντιστοιχεί στους 25 κτύπους μέσω της καμπύλης ροής αποτελεί το όριο υδαρότητας. Στο πλαίσιο των εργαστηριακών δοκιμών της παρούσας εργασίας εφαρμόστηκε η μέθοδος του "ενός σημείου" (ASTM D-4318) (δοκιμές ρουτίνας), όπου εκτελείται μία μόνο δοκιμή με αποδεκτό αριθμό κτύπων από 20 έως 30, ενώ το όριο υδαρότητας υπολογίζεται από την παρακάτω εμπειρική σχέση:

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

όπου:

W_N : περιεχόμενη υγρασία (%),

N : αριθμός κτύπων

Η εκτέλεση της συγκεκριμένης δοκιμής απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στην ποσότητα απεσταγμένου νερού που προστίθεται στο δείγμα, καθώς είναι πολύ εύκολο να ξεπεραστεί η περιεχόμενη υγρασία που απαιτείται για τον προσδιορισμό του ορίου υδαρότητας. Είναι απαραίτητο λοιπόν να προστίθεται νερό στο δείγμα με πολύ αργό ρυθμό.

- **Προσδιορισμός ορίου Πλαστικότητας (AASHTO T90/61 – ASTM D 4318-83)**

Για τον προσδιορισμό του ορίου πλαστικότητας, PL ή W_p , λαμβάνεται ποσότητα εδάφους 20 gr περίπου από το ίδιο όπως παραπάνω υλικό (αεροξηραμένο), τοποθετείται μέσα σε κάψα από πορσελάνη και αναμιγνύεται καλά με απεσταγμένο νερό μέχρι που η μάζα του καταστεί αρκετά πλαστική ώστε να μορφώνεται εύκολα. Το δείγμα παραμένει σε υγραντήρα για ωρίμανση τουλάχιστον 30', ενώ για τη δοκιμή λαμβάνεται ένα μέρος του δείγματος βάρους 8 gr περίπου.

Στη συνέχεια το δείγμα συμπιέζεται και μορφώνεται σε μάζα ελλειψοειδούς σχήματος η οποία κυλινδρώνεται μεταξύ των δακτύλων και μιας συμυριδωμένης γυάλινης πλάκας ή χαρτιού που βρίσκεται πάνω σε ομαλή οριζόντια επιφάνεια, με την απαιτούμενη πίεση ώστε να σχηματίσει ραβδίσκο ομοιόμορφης διαμέτρου σε όλο το μήκος του. Όταν η διάμετρος του ραβδίσκου γίνει περίπου 3 mm χωρίς να ρωγματώνεται, θραύεται σε έξι ή οκτώ τεμάχια τα οποία συμπιέζονται πάλι μεταξύ των δακτύλων σε ομοιόμορφη μάζα, χονδρικά ελλειψοειδούς σχήματος και επαναλαμβάνεται η κυλίνδρωση σε ραβδίσκο διαμέτρου 3 mm. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται μέχρις ότου ο ραβδίσκος αρχίζει να ρωγματώνεται όταν η διάμετρος του είναι ίση με 3 mm.

Στο εδαφικό υλικό που αρχίζει να ρωγματώνεται μετρίεται η υγρασία του. Η δοκιμή επαναλαμβάνεται άλλες δύο φορές με συνεχή μείωση της περιεχόμενης υγρασίας. Ο μέσος όρος των τριών δοκιμών, αποτελεί το όριο πλαστικότητας του υλικού το οποίο συνήθως δίνεται στο ίδιο με την προηγούμενη δοκιμή έντυπο.

Η ρωγμάτωση εμφανίζεται διαφορετικά στους διάφορους τύπους εδαφών. Στα εδάφη με υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο απαιτείται μεγάλη πίεση για την κυλίνδρωση του ραβδίσκου, ιδίως όταν πλησιάζουν το όριο πλαστικότητας και τελικά ο ραβδίσκος θραύεται σε σειρά τεμαχίων βαρελοειδούς σχήματος. Στα εδάφη χαμηλής πλαστικότητας είναι επιτρεπτό να μειωθεί η ολική παραμόρφωση, προσδίδοντας στην ελλειψοειδούς σχήματος μάζα αρχική διάμετρο πλησιέστερη προς την τελικά απαιτούμενη των 3 mm.

Έπειτα τα θραύσματα τοποθετούνται σε υποδοχέα που έχει προηγουμένως ζυγιστεί και θερμαίνονται για 24 ώρες περίπου. Η ζύγιση του ξηρού δείγματος και του υποδοχέα ολοκληρώνει την δοκιμή, χρησιμεύοντας στον υπολογισμό της περιεχόμενης υγρασίας του δείγματος κατά την θράυση του.

- **Προσδιορισμός ειδικού βάρους εδαφικού υλικού λεπτότερου των 2mm.**

Χρησιμοποιείται το πυκνόμετρο, που μπορεί να είναι είτε ογκομετρική φιάλη χωρητικότητας τουλάχιστον 100 ml είτε λήκυθος χωρητικότητας τουλάχιστον 50 ml. Στην συγκεκριμένη δοκιμή χρησιμοποιήθηκαν ογκομετρικές φιάλες των 200 ή των 250 ml. Το πυκνόμετρο καθαρίζεται, ξηραίνεται, ζυγίζεται και στη συνέχεια πληρούται μέχρι τη χαραγή με απεσταγμένο νερό πραγματικής θερμοκρασίας δωματίου. Ο εγκλωβισμένος αέρας απομακρύνεται με εφαρμογή μερικού κενού ή με ελαφρύ βρασμό για 10 min και περιστροφή, τοποθετείται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 20°C, επαναφέρεται η στάθμη του νερού μέχρι τη χαραγή και ζυγίζεται. Το εδαφικό υλικό μπορεί ή να ξηραθεί στον αέρα ή να έχει ξηραθεί σε κλίβανο στους 60°C και κατόπιν ψυχθεί σε ξηραντήρα, ενώ πριν τη χρησιμοποίησή του για τη δοκιμή, είναι απαραίτητο να κονιοποιηθεί πολύ καλά σε γουδί με ράβδο (γουδοχέρι) καλυμμένη με ελαστικό, για την αποσύνδεση των κόκκων από τυχόν συσσωματώματα.

Για την εξασφάλιση αντιπροσωπευτικού δείγματος στην απαραίτητη ποσότητα μπορεί να γίνει απλός τετραμερισμός του αρχικού δείγματος ή να χρησιμοποιηθεί συσκευή διαχωρισμού δειγμάτων.

Το βάρος του ξηραμένου σε κλίβανο δείγματος πρέπει να είναι τουλάχιστον 25 gr όταν χρησιμοποιείται ογκομετρική φιάλη και 10 gr για τη λήκυθο, ενώ για τα πιο αμμούχα υλικά πρέπει να ληφθεί μεγαλύτερη ποσότητα δείγματος, ήτοι 50 gr περίπου. Λόγω της φύσης του υλικού και των φιαλών που χρησιμοποιήθηκαν στις δοκιμές χρησιμοποιήσαμε 25 gr για κάθε φιάλη.

Το δείγμα τοποθετείται στο πυκνόμετρο χωρίς απώλεια εδάφους στην περίπτωση που έχει ζυγιστεί και στη συνέχεια το πυκνόμετρο πληρούται με απεσταγμένο νερό (μέχρι τη χαραγή). Ο αέρας που έχει τυχόν παγιδευτεί,

απομακρύνεται με εφαρμογή στο περιεχόμενο μερικού κενού ή με ελαφρύ βρασμό για τουλάχιστον 10 min και περιστροφή του πυκνόμετρου έτσι ώστε ο αέρας να ανέλθει. Τοποθετείται μετά σε υδατόλουτρο σταθερής θερμοκρασίας 20°C και γίνεται επαναφορά της στάθμης. Στη συνέχεια καθαρίζεται και ξηραίνεται εξωτερικά με καθαρό στεγνό ύφασμα και ζυγίζεται.

$$\text{Ειδικό βάρος (σε 20°C)} = W_o / W_o + (W_a - W_b)$$

όπου:

W_o: βάρος ξηρού δείγματος εδάφους, σε gr,

W_a: βάρος πυκνόμετρου με νερό μέχρι τη χαραγή, θερμοκρασίας 20°C, σε gr,

W_b: βάρος πυκνόμετρου ξηρού δείγματος και νερού, μέχρι τη χαραγή, θερμοκρασίας 20°C, σε gr.

Αν οι τιμές W_a και W_b έχουν ληφθεί σε θερμοκρασία T_x, διαφορετική από 20°C τότε η τιμή του ειδικού βάρους στους 20°C προκύπτει από τη σχέση:

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

όπου:

K: συντελεστής διόρθωσης που προκύπτει από τη διαίρεση της σχετικής πυκνότητας του νερού θερμοκρασίας T_x με τη σχετική πυκνότητα του νερού στους 20°C. Εναλλακτικά το δείγμα μπορεί να θερμανθεί σε συσκευή υπερήχων.

Για την αναφορά της τιμής του ειδικού βάρους ως προς το νερό θερμοκρασίας 4°C πολλαπλασιάζεται η τιμή του ειδικού βάρους σε θερμοκρασία 20°C με τη σχετική πυκνότητα του νερού σε θερμοκρασία 20°C.

Η δοκιμή εκτελείται σε 2 δοκίμια από το ίδιο δείγμα, τα αποτελέσματα εκφράζονται με ακρίβεια 0.01 και εάν διαφέρουν μεταξύ τους περισσότερο από 0.03 η δοκιμή επαναλαμβάνεται.

Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης αυτής της δοκιμής αντιμετωπίστηκαν διάφορα προβλήματα, όπως ο χρόνος ο οποίος απαιτείται για την δοκιμή και η δυσκολία που παρουσιάζεται κατά την προσπάθεια να αφαιρεθεί ο αέρας από τον

εδαφικό σχηματισμό. Ακόμα, απαιτείται μεγάλη ακρίβεια στην θερμοκρασία στην οποία γίνονται οι ζυγίσεις.

- **Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα (AASHTO T27, T11, ASTM D 1140-71, OD422)**

Το εδαφικό δείγμα για κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα είναι διαταραγμένο και για να είναι αντιπροσωπευτικό του εδαφικού σχηματισμού που εξετάζεται λαμβάνεται με τετραμερισμό. Το κοσκίνισμα γίνεται σε σειρά από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο άνοιγμα οπής. Τα κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της δοκιμής ήταν τα εξής:

Αριθμός κόσκινου	Άνοιγμα Οπής (mm)
3\8 in	9.5
4	4.750
10	2.000
40	0.425
200	0.075

Το βάρος των δειγμάτων για δοκιμή μετά την ξήρανση αυτών έχει ως εξής:

- Υλικό με 95 % τουλάχιστον διερχόμενο από το κόσκινο No 8 (2.36 mm): 500 gr.
- Υλικό με 90 % τουλάχιστον διερχόμενο από το κόσκινο No 4 (4.75 mm) και περισσότερο του 5 % συγκρατούμενο στο κόσκινο No 8: 500 gr.

Όταν το υλικό για κοκκομετρική ανάλυση είναι πλέον αδρόκοκκο από αυτά που αναφέρθηκαν παραπάνω, τότε τα βάρη μετά από ξήρανση διαφοροποιούνται, όπως φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Ονομαστικό μέγεθος κόκκου σε cm	Άνοιγμα οπής (mm)
0.965	1000
1.270	2500
1.930	5000
2.540	10000
3.810	15000
5.080	20000
6.350	25000
7.620	30000
8.890	35000

Στην περίπτωση εδαφών που συνίστανται από μίγματα διαφόρων κλασμάτων, το υλικό πρέπει να διαχωρίζεται με το κόσκινο Νο 4 (4.75 mm) σε δύο κλάσματα και αυτά να προετοιμάζονται σύμφωνα με τα προηγούμενα. Εάν το βάρος του διερχόμενου υλικού από το Νο 4 υπερβαίνει αυτό των 500 gr που δόθηκε παραπάνω τότε λαμβάνεται μέρος αυτού με τετραμερισμό και τα αποτελέσματα ανάγονται στο ολικό ποσό του δείγματος πολλαπλασιάζοντας τα ποσοστά (%) των διερχόμενων από τα διάφορα κόσκινα με την ποσότητα:

100 – συγκρατούμενο ποσοστό στο Νο 4

100

Ο παραπάνω τύπος ισχύει γιατί η αναλογία μεταξύ συγκρατούμενου και διερχόμενου είναι η ίδια στα κλάσματα και του μέρους και του συνόλου.

Η εκτέλεση της δοκιμής μπορεί να γίνει με τη ξηρή ή την υγρή μέθοδο. Στην περίπτωση των δειγμάτων που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η ξηρή μέθοδος, κατά την οποία τα δείγματα ξηραίνονται σε φούρνο για 12 ως 24 ώρες στους 105-110°C και στη συνέχεια θραύονται τα συσσωματώματα πολύ προσεκτικά σε γουδί, με γουδοχέρι καλυμμένο με ελαστικό. Το δείγμα ζυγίζεται για κοσκίνισμα και μετά τη συμπλήρωση του χρόνου δόνησης, τουλάχιστον 10 min, προσδιορίζεται το υλικό (με ακρίβεια 0.1 του gr) που συγκρατείται σε κάθε κόσκινο.

Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα εκφράζονται:

- σε ποσοστά (%) των διερχόμενων από κάθε κόσκινο στο ολικό βάρος του δείγματος,

- σε ποσοστά (%) συγκρατούμενων στο ολικό βάρος του δείγματος.

Συνήθως χρησιμοποιείται ο πρώτος τρόπος έκφρασης των αποτελεσμάτων (% διερχόμενα).

Η ιλύς και η άργιλος αποτελούν υλικό λεπτότερο του κόσκινου Νο 200 και τα ποσοστά τους προσδιορίζονται με τη μέθοδο του αραιομέτρου (υδρομέτρου) του αναλύεται παρακάτω.

- **Κοκκομετρική ανάλυση με αραιόμετρο (AASHTO T88 - ASTM P422-72)**

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή της διασποράς και καθίζησης των εδαφικών κόκκων στο νερό με διαφορετικές ταχύτητες, που εξαρτώνται από το σχήμα, το μέγεθος και το βάρος τους. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιείται αραιόμετρο. Σύμφωνα με τον νόμο του Stokes τα εδαφικά τεμαχίδια είναι σφαιρικά και ταχύτητα καθίζησης είναι συνάρτηση της διαμέτρου τους. Η σχέση που περιγράφει το νόμο είναι:

$$d_0 = \sqrt{\frac{30nL}{980(G_s - 1)t}}$$

όπου :

d_0 : Η μέγιστη διάμετρος σε mm,

n : συντελεστής ιξώδους, σε poises, του μέσου διασποράς (στη συγκεκριμένη περίπτωση του νερού)

L : διαδρομή κόκκων που καθιζάνουν

t : χρόνος σε min

G_s : ειδικό βάρος κόκκων εδάφους

Ο νόμος του Stokes εφαρμόζεται σε εδαφικά υλικά που έχουν ισοδύναμη διάμετρο μικρότερη από 0.2 mm και μεγαλύτερη από 0.0002 mm. Εδαφικοί κόκκοι μεγαλύτεροι από 0.2 mm καθιζάνουν με μεγάλη ταχύτητα και προκαλούν ανατάραξη του αιωρήματος. Εδαφικοί κόκκοι μικρότεροι από 0.0002 mm δεν μετριοούνται λόγω της κίνησης Brown.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι μέγιστες διάμετροι των κόκκων σε αιώρηση για διάφορους χρόνους κάτω από δεδομένες συνθήκες. Οι συνθήκες σύμφωνα με τις οποίες υπολογίστηκαν οι μέγιστες διάμετροι είναι:

- Η απόσταση, L , που διατρέχουν οι κόκκοι, σταθερή και ίση προς 17.5 cm.
- Ο συντελεστής ιξώδους, η , ίσος προς αυτόν του νερού στους 20°C, δηλαδή 0.01005 poises.
- Το ειδικό βάρος των κόκκων του εδάφους, G_s , λαμβάνεται σταθερό και ίσο προς 2.65.

Αυτές οι διάμετροι διορθώνονται σύμφωνα με τον τύπο: $d' = d_0 K_L K_G K_n$ για συνθήκες διαφορετικές από τις παραπάνω. Οι συντελεστές K_L , K_G , K_n δίνονται σε αντίστοιχους πίνακες.

Χρόνος (min)	Μέγιστη διάμετρος κόκκου (mm)
2	0.041
5	0.026
15	0.015
30	0.011
60	0.0074
250	0.0037
1440	0.0015

Η ανάλυση με το αραιόμετρο πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο σε ογκομετρικό κύλινδρο των 1000 ml. Το δείγμα, που πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό, αποτελείται από 50 gr ξηραμένου σε κλίβανο στους 60°C για 24 h ή αεροξηραμένου εδάφους και διερχόμενου από το κόσκινο No 10 (2 mm). Λειτουργείται σε γουδί με γουδοχέρι καλυμμένο με ελαστικό, προσεκτικά έτσι ώστε να απομονωθούν οι κόκκοι χωρίς να μειωθεί το μέγεθος τους. Κατόπιν παραμένει για 12 h σε ποτήρι των 250 mL καλυπτόμενο με 125 mL από το έτοιμο διάλυμα του παράγοντα διασποράς που έχει επιλεγεί και παρασκευάζεται σύμφωνα με πίνακες που συνδέουν την χημική ένωση με τα γραμμάρια που απαιτούνται για την κατασκευή του διαλύματος. Στις δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν για την παρούσα εργασία ως παράγοντας διασποράς χρησιμοποιήθηκε το εξαμεταφωσφορικό νάτριο. Μετά τη συμπλήρωση του χρόνου αυτού, το δείγμα από το ποτήρι μεταφέρεται σε σωλήνα των 1000 ml και προστίθεται απεσταγμένο νερό μέχρι τα 1000 ml. Στην συνέχεια το περιεχόμενό του αναταράσσεται για 1 min (60 περίπου κινήσεις αναστροφής του κυλίνδρου). Σαν πώμα του στομίου του κυλίνδρου χρησιμοποιείται ειδικό πλαστικό πώμα. Σημειώνεται ο χρόνος περάτωσης της ανατάραξης, τοποθετείται ο ογκομετρικός κύλινδρος στον πάγκο του εργαστηρίου, βυθίζεται το αραιόμετρο στο αιώρημα και διαβάζονται οι ενδείξεις αυτού στα χρονικά διαστήματα 30 sec, 45 sec και 2 min.

Οι μετέπειτα ενδείξεις λαμβάνονται κατά χρονικά διαστήματα 5, 15, 30, 60, 250 και 1440 min, από την έναρξη της κατακρήμνισης. Ο κύλινδρος δεν πρέπει να διαταράσσεται ανάμεσα στις μετρήσεις, καθώς αυτό μπορεί να επηρεάσει το αποτέλεσμα.

Αμέσως μετά από κάθε ανάγνωση του αραιόμετρου μετριέται και σημειώνεται η θερμοκρασία του εδαφικού αιωρήματος, με τη χρήση υδραργυρικού θερμομέτρου. Στην περίπτωση που η θερμοκρασία είναι διαφορετική από 20°C τότε η ανάγνωση R του αραιομέτρου διορθώνεται ανάλογα με τη θερμοκρασία.

Όταν το αραιόμετρο τοποθετείται στον κύλινδρο με το εδαφικό αιώρημα, σε χρόνο t από την αρχή της κατακρήμνισης, μετριέται η ποσότητα σε gr του εδάφους που βρίσκεται ακόμη σε αιώρηση, δηλαδή το διερχόμενο σε gr.

Το ποσοστό του διερχόμενου (W%) στο δείγμα των 50 δίνεται από τον τύπο:

$$W\% = \frac{\alpha R'}{W_s} * 100$$

Όπου:

R': διορθωμένη ένδειξη του αραιόμετρου

W_s: βάρος σε gr του δείγματος των 50 ή 100 gr που χρησιμοποιήθηκε, διορθωμένο ως προς την υγροσκοπική του υγρασία

α: συντελεστής διόρθωσης που εξαρτάται από το ειδικό βάρος του δείγματος

$$\alpha = \frac{2.65 - 1}{2.65} \frac{G_s}{G_s - 1}$$

G_s : Ειδικό βάρος κόκκων, λαμβάνοντας υπόψη ότι τα αραιόμετρα είναι βαθμονομημένα για G_s = 2.65.

Για το αραιόμετρο 151 H ο τύπος είναι:

$$W(\%) = \frac{1606(R'-1)\alpha}{W_s} * 100$$

Για τη μετατροπή των ποσοστών W (%) του εδάφους "εν αιωρήσει" σε ποσοστό (%) του ολικού προς εξέταση δείγματος, που περιλαμβάνει και το συγκρατούμενο κλάσμα στο κόσκινο No 10, το W% πολλαπλασιάζεται με το συντελεστή W₁₀/ 100, όπου W₁₀ είναι το ποσοστό % του ολικού δείγματος διερχόμενου από το No 10.

Έτσι έχουμε: α) για το αραιόμετρο 152 H:

$$W(\%) = \frac{W_{10}\alpha R'}{100W_s} * 100 \Rightarrow W(\%) = \frac{W_{10}\alpha R'}{W_s}$$

β) για το αραιόμετρο 151 H:

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

Με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης με αραιόμετρο κατασκευάζεται η κοκκομετρική καμπύλη στο αντίστοιχο διάγραμμα και καλύπτει την περιοχή μέχρι τα 0.075 mm (κόσκινο No 200) ενώ το υπόλοιπο συμπληρώνεται από την ανάλυση με τα κόσκινα.

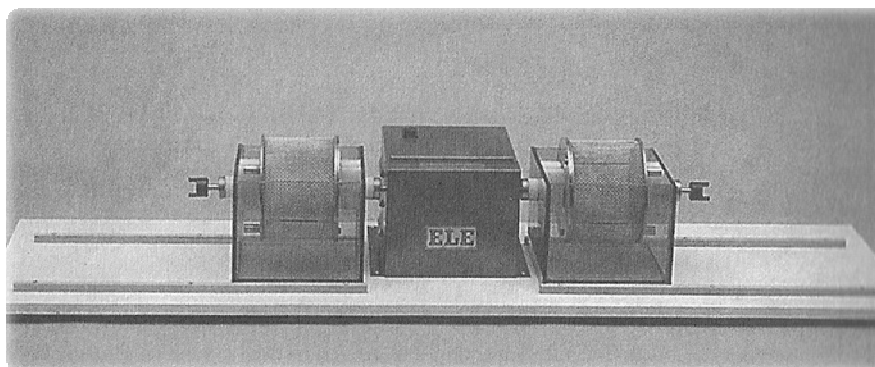
Όταν συνδυάζονται τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα, με αυτά της ανάλυσης με αραιόμετρο, παρουσιάζεται πολλές φορές κάποια ασυνέχεια στην κοκκομετρική καμπύλη, που οφείλεται στο γεγονός ότι οι εδαφικοί κόκκοι έχουν ακανόνιστο σχήμα.

4.3.2 Φυσική παράμετρος βραχέδους υλικού

ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ

Με τη δοκιμή αυτή εκτιμάται η ανθεκτικότητα του πετρώματος στις διεργασίες της γρήγορης αποσάθρωσης. Η μέθοδος περιλαμβάνει διαδοχικούς κύκλους ξήρανσης και ύγρανσης των δειγμάτων, με την τοποθέτησή τους σε φούρνο και μέσα σε περιστρεφόμενους, μισοβυθισμένους σε νερό συρμάτινους

μύλους, οι οποίοι περιλαμβάνονται στην ειδική συσκευή που έχει σχεδιαστεί για τη δοκιμή αυτή από τους FRANKLIN και CHANDRA 1972).



Συσκευή χαλάρωσης.

Η δοκιμή χαλάρωσης συνιστάται κυρίως για αργίλικα – μαργαϊκά πετρώματα (αργιλόλιθους, μαργόλιθους, ιλυόλιθους κ.λπ) αλλά μπορεί περιστασιακά να εκτελεστεί και σε βραχώδη υλικά που παρουσιάζουν εμφανή αποσάθρωση.

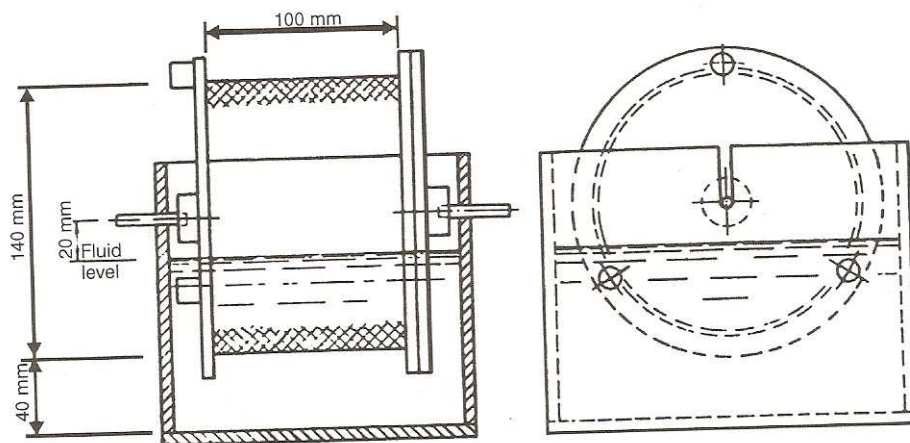
Εκτέλεση δοκιμής – Υπολογισμοί

Κατά τη μέθοδο αυτή διαμορφώνονται δέκα (10) δείγματα του πετρώματος σε σφαιρικό σχήμα που το καθένα έχει μάζα 40 – 60 gr και συνολική μάζα 450 – 550 gr.

1. Τα δείγματα τοποθετούνται σε φούρνο θερμοκρασίας $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ για 2–6 ώρες.
2. Στη συνέχεια τοποθετούνται στο συρμάτινο μύλο της ειδικής συσκευής του οποίου το βάρος είναι D (μόνο του συρμάτινου μύλου), ζυγίζονται και σημειώνεται το αρχικό βάρος (A) το οποίο είναι το βάρος του δείγματος μαζί με το βάρος του συρμάτινου μύλου.
3. Τοποθετείται ο μύλος που περιέχει το δείγμα στη συσκευή και παράλληλα νερό θερμοκρασίας 20°C μέχρι το σημάδι της στάθμης στο δοχείο της συσκευής. Ο μύλος αυτός περιστρέφεται για 10 min με ταχύτητα 20 rpm

ενώ τα θραύσματα του δείγματος μικρότερα των 2 mm απομακρύνονται δια μέσου των κοσκίνων.

4. Ο συρμάτινος μύλος τοποθετείται μαζί με τα δείγματα στο φούρνο, σε θερμοκρασία 105 ± 5 °C για 24 ώρες, μετά ζυγίζεται και λαμβάνεται έτσι το τελικό βάρος B (βάρος μύλου + εναπομείνοντος δείγματος).
5. Οι εργασίες (3) και (4) επαναλαμβάνονται και καταγράφεται το βάρος C (βάρος μύλου + εναπομείνοντος δείγματος).



Διαγραμματική απεικόνιση συσκευής χαλάρωσης (ISRM, 1981).

Ο δείκτης χαλάρωσης I_{d2} (slake durability index), που αναφέρεται στο δεύτερο κύκλο δοκιμής υπολογίζεται ως ο λόγος των τελικών προς τα αρχικά ξηρά βάρη του δείγματος, εκφράζεται (%) και δίνεται από τη σχέση:

$$I_{d2} = \frac{(C - D)}{(A - D)} * 100\%$$

Για την ταξινόμηση του πετρώματος με βάση την ανθεκτικότητά του χρησιμοποιείται ο δείκτης χαλάρωσης του δεύτερου κύκλου της δοκιμής I_{d2} όπως φαίνεται στον πίνακα 1. Στην περίπτωση που ο δείκτης I_{d2} είναι πολύ μικρός (0-10 %), χρησιμοποιείται ο δείκτης που αναφέρεται στον πρώτο κύκλο της δοκιμής (I_{d1}) ο οποίος δίνεται από την αντίστοιχη σχέση :

$$I_{d1} = \frac{(B - D)}{(A - D)} * 100\%$$

Πίνακας 1: Ταξινόμηση ακέραιου πετρώματος με βάση τον δείκτη χαλάρωσης (GAMBLE,1971)

Δείκτης Χαλάρωσης I_{d2} (%)	Περιγραφή πετρώματος
100-98	Πολύ υψηλής ανθεκτικότητας
95-98	Υψηλής ανθεκτικότητας
85-95	Μέτριας υψηλής ανθεκτικότητας
60-85	Μέτριας ανθεκτικότητας
30-60	Χαμηλής ανθεκτικότητας
< 30	Πολύ χαμηλής ανθεκτικότητας

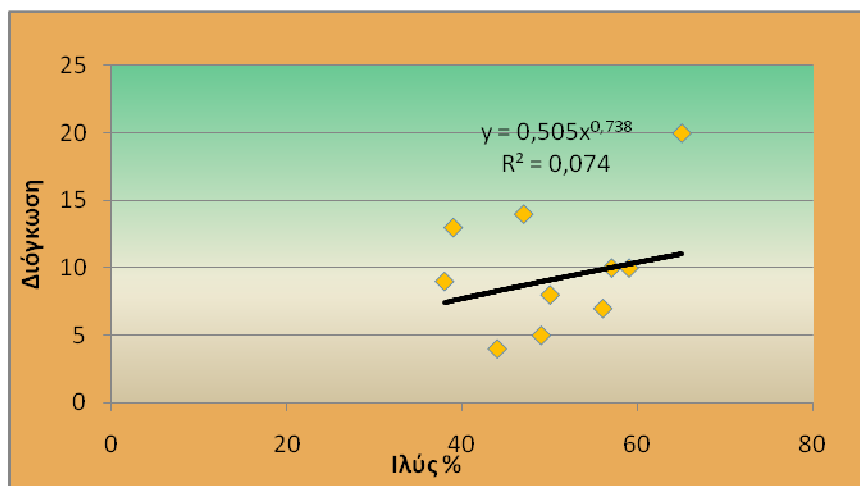
Για πετρώματα που παρουσιάζουν χαμηλές ανθεκτικότητες, ο δείκτης χαλάρωσης θα πρέπει να συνδιάζεται με δοκιμές ταξινόμησης εδαφών (κοκκομέτρηση και πλαστικότητα) Το δείγμα που υποβάλλεται στις δοκιμές αυτές είναι αυτό που συγκεντρώνεται στο δοχείο της συσκευής μετά τη φθορά. Η ταξινόμηση στην περίπτωση αυτή γίνεται με βάση το δείκτη χαλάρωσης I_{d2} και το δείκτη πλαστικότητας PI.

4.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	X.Θ.70+669,60	X.Θ.70+682,85	X.Θ.70+728,05	X.Θ.70+770,55	X.Θ.70+780,55
ΥΓΡΑΣΙΑ	13,86	11,32	14,22	19,28	7,03
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	2,15	2,19	2,09	2,15	2,19
ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	2,63	2,26	2,64	2,65	2,81
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PI)	5,13	6,96	2,35	4,02	4,19
ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ (Id ₂)	36,18	55,21	20,03	36,13	56,20
ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ (Id ₅)	14,26	13,52	3,32	10,33	28,52
ΔΙΟΓΚΩΣΗ (%)	10	20	14	10	5
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΡΓ%,ΙΛΥΣ%,ΑΜ%	2-59-21	12-65-5	9-47-15	7-57-8	8-49-31
ΑΜΜΟΣ% + ΙΛΥΣ	80	70	62	65	80

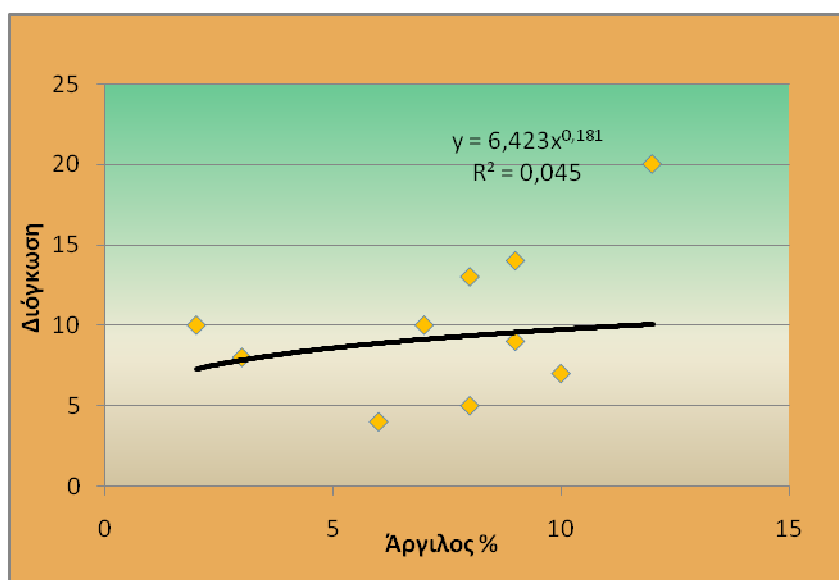
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	X.Θ.70+829,55	X.Θ.70+851,05	X.Θ.70+938,55	X.Θ.70+950	X.Θ.71+850
ΥΓΡΑΣΙΑ	22,72	12,16	18,63	18,62	12,09
ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ	2,18	2,07	2,22	2,24	2,21
ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ	2,64	2,60	2,65	2,66	2,72
ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (PI)	5,07	2,87	4,96	2,27	6,28
ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ (Id₂)	61,06	36,11	56,13	54,65	35,26
ΔΕΙΚΤΗΣ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ (Id₅)	25,42	6,73	33,01	25,83	9,31
ΔΙΟΓΚΩΣΗ (%)	7	13	8	9	4
ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΡΓ%,ΙΛΥΣ%,ΑΜ%	10-56-19	8-39-35	3-50-29	9-38-31	6-44-31
ΑΜΜΟΣ% + ΙΛΥΣ	75	74	79	69	75

4.4.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ –ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΙ



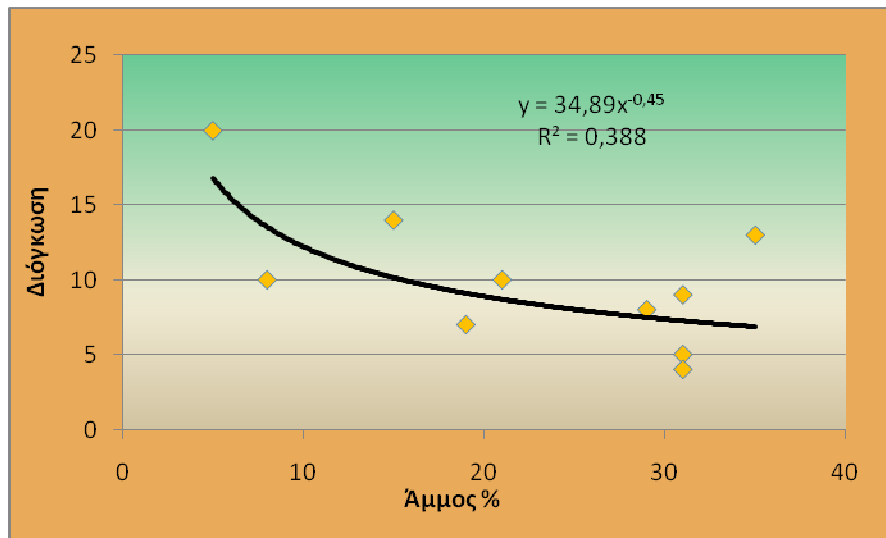
Η διόγκωση σε σχέση με το % ποσοστό της ιλύς.

Στο διάγραμμα της διόγκωσης με το % ποσοστό ιλύος βλέπουμε ότι υπάρχει ένας πολύ χαμηλός συντελεστής συσχέτισης $R^2 = 0,07$, άρα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η διόγκωση δεν εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από το ποσοστό ιλύος που περιέχεται στο δείγμα.



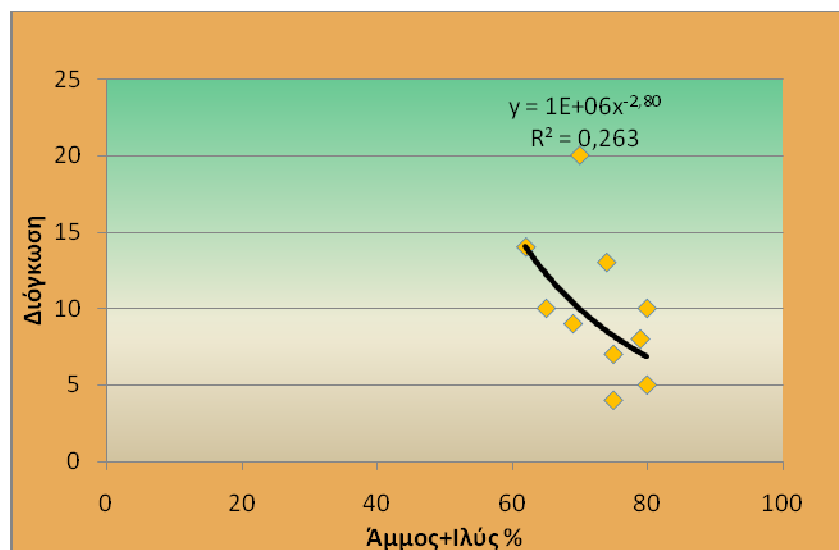
Η διόγκωση σε σχέση με το % ποσοστό της αργίλου.

Στο διάγραμμα της διόγκωσης με το % ποσοστό αργίλου βλέπουμε ότι υπάρχει ένας πολύ χαμηλός συντελεστής συσχέτισης $R^2 = 0,04$ άρα για τα συγκεκριμένα δείγματα παρατηρείτε ότι η διόγκωση δεν εξαρτάται από το ποσοστό αργίλου που περιέχεται στο δείγμα.



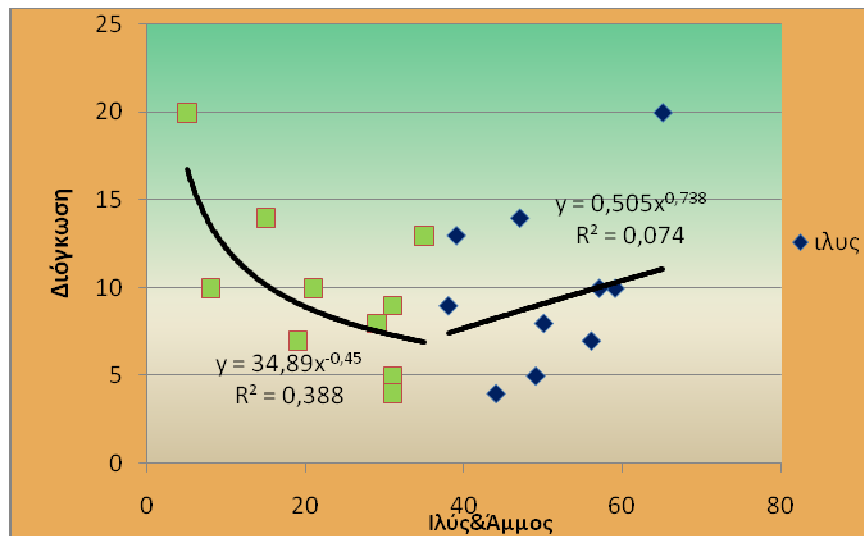
Η διόγκωση σε σχέση με το % ποσοστό της άμμου.

Στο διάγραμμα της διόγκωσης με το % ποσοστό άμμου παρατηρούμε μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,4$. Παρατηρείτε ότι αυξάνοντας το % ποσοστό της άμμου βλέπουμε πτώση της διόγκωσης. Άρα μπορούμε να πούμε ότι η διόγκωση εξαρτάται από την περιεκτικότητα της άμμου στο δείγμα.



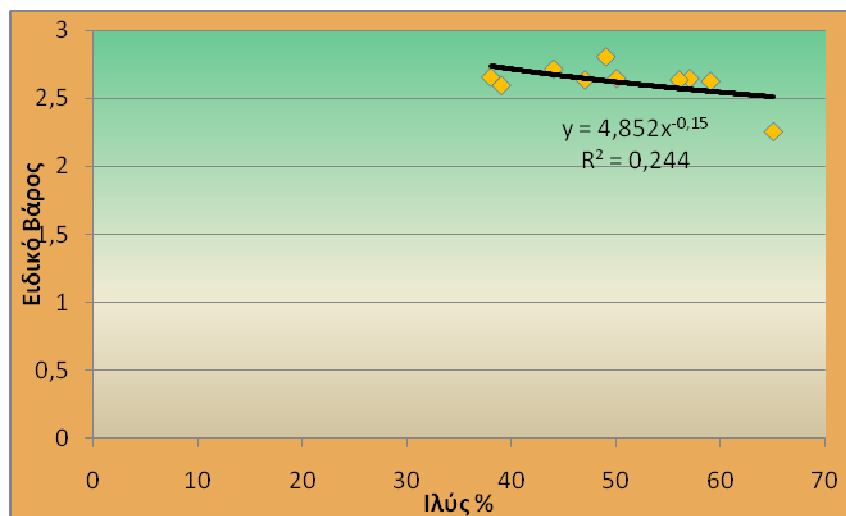
Η διόγκωση σε σχέση με το % ποσοστό της άμμου & ιλύος.

Από την συσχέτιση της διόγκωσης με το % ποσοστό της άμμου & ιλύος παρατηρείτε ότι δεν υπάρχει συσχετισμός μεταξύ των δύο αυτών μεγεθών.



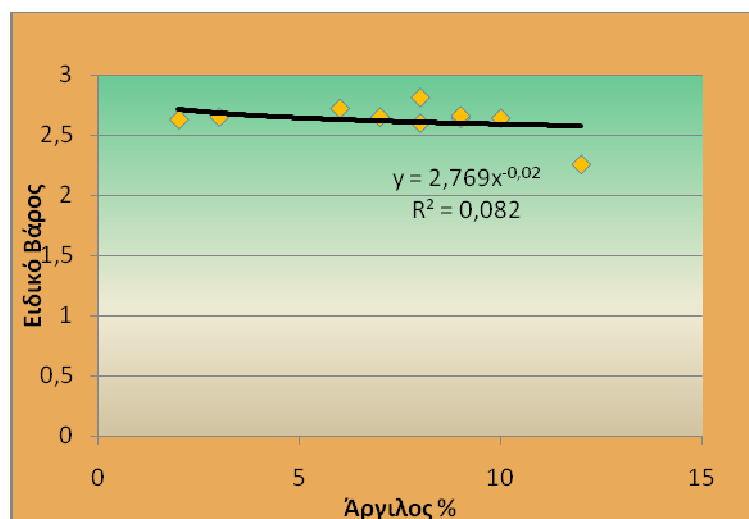
Η διόγκωση σε σχέση με το % ποσοστό της άμμου & ιλύος.

Από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρούμε ότι το % της άμμου επηρεάζουν την διόγκωση ενώ αντίθετα το % της ιλύος δεν δείχνει ξεκάθαρα τον συσχετισμό για το συγκεκριμένο δείγμα.



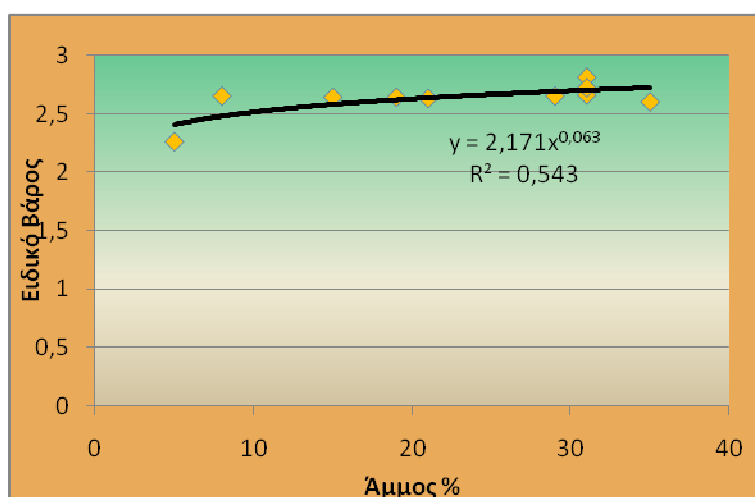
Το ειδικό βάρος σε σχέση με το % ποσοστό της ιλύος.

Στο διάγραμμα μεταξύ του ειδικού βάρους και ποσοστού ιλύος παρατηρούμε ότι όσο αυξάνονται οι τιμές της ιλύος τόσο μειώνεται το ειδικό βάρος. Άρα τα δύο μεγέθη συσχετίζονται μεταξύ τους.



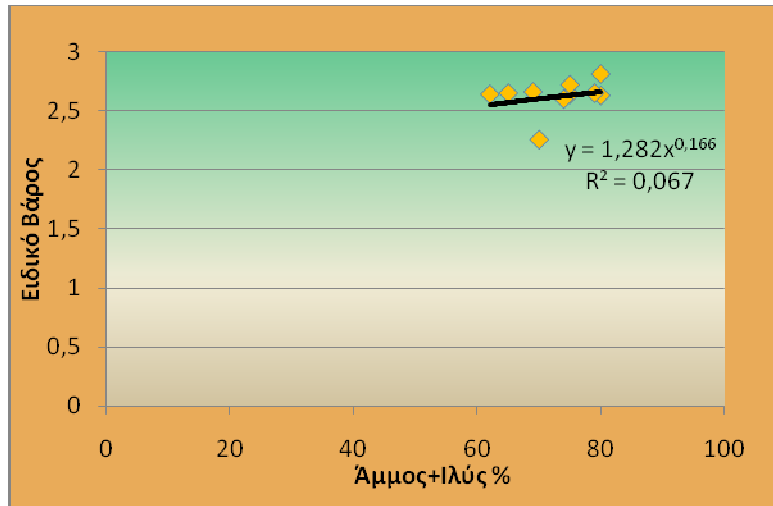
Το ειδικό βάρος σε σχέση με το % ποσοστό της αργίλου.

Από την συσχέτιση του ειδικού βάρους με το % της αργίλου παρατηρούμε ότι η περιεκτικότητα της αργίλου δεν επηρεάζει το ειδικό βάρος.



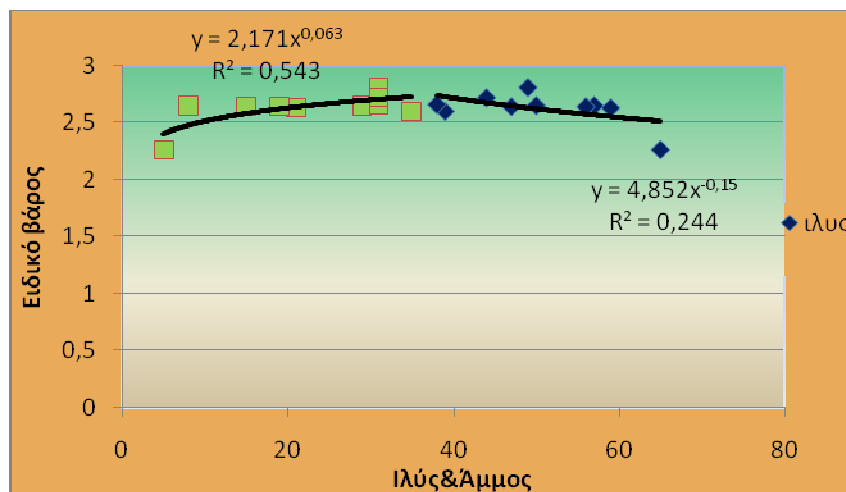
Το ειδικό βάρος σε σχέση με το % ποσοστό της άμμου.

Στο διάγραμμα μεταξύ του ειδικού βάρους και της άμμου βλέπουμε ότι υπάρχει ο μεγαλύτερος συντελεστής συσχέτισης $R^2 = 0,5$, άρα υπάρχει μεγάλη εξάρτηση μεταξύ των δύο αυτών παραγόντων.



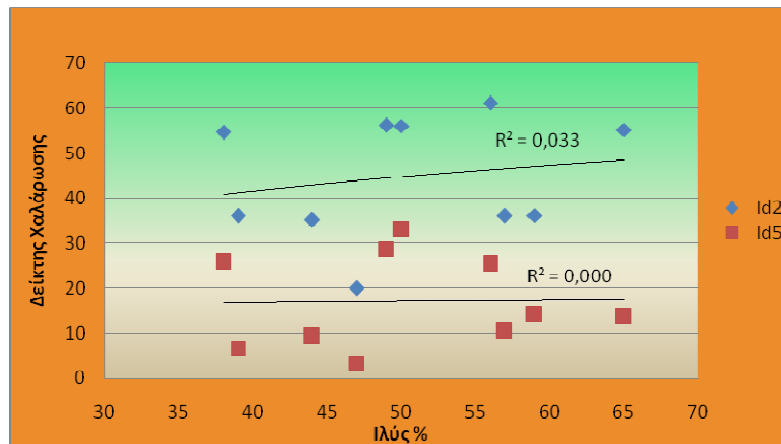
Το ειδικό βάρος σε σχέση με το % ποσοστό της άμμου & της ιλύος.

Από την συσχέτιση του ειδικού βάρους με το % ποσοστό του αθροίσματος της άμμου και της ιλύος παρατηρούμε ότι τα μεγέθη συσχετίζονται μεταξύ του.



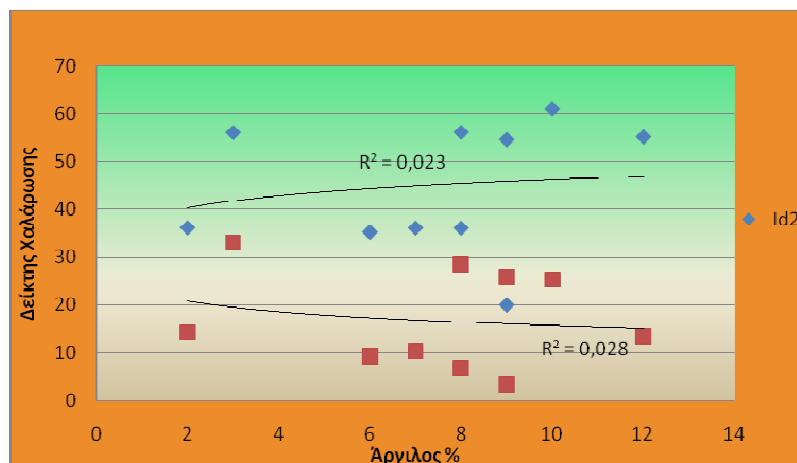
Το ειδικό βάρος σε σχέση με το % ποσοστό της άμμου & της ιλύος.

Το συγκεντρωτικό διάγραμμα του ειδικού βάρους με τα % ποσοστά άμμου και ιλύος μας δείχνει ότι έχουμε μεγαλύτερο συντελεστή συσχέτισης στην άμμο $R^2 = 0,5$ και μικρότερο συντελεστή συσχέτισης στην ιλύ $R^2 = 0,2$. Παρατηρούμε μικρότερο εύρος τιμών στα % ποσοστά της άμμου άρα και μεγαλύτερη εξάρτηση του ειδικού βάρους από την άμμο.



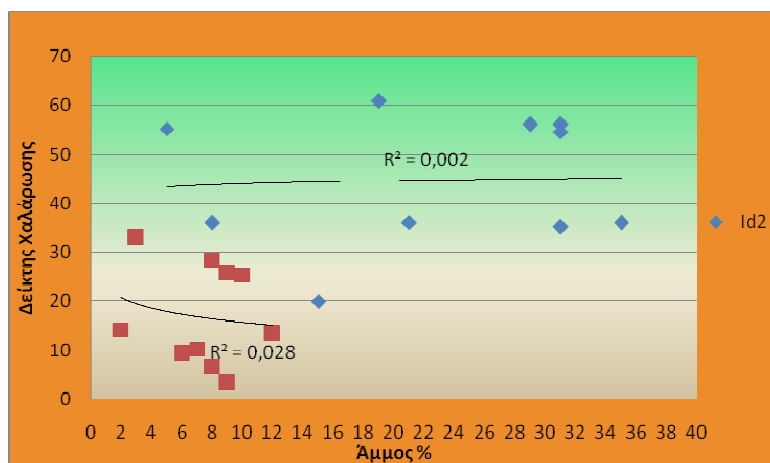
Ο δείκτης χαλάρωσης σε σχέση με το % ποσοστό της ιλύος.

Ο δείκτης χαλάρωσης από το παραπάνω διάγραμμα παρατηρείτε ότι επηρεάζεται από το ποσοστό της ιλύος περισσότερο στο δεύτερο κύκλο ξήρανσης - ύγρυνσης παρά για τον πέμπτο. Αυτό συμβαίνει γιατί το ποσοστό της ιλύος έχει μειωθεί στο δεύτερο κύκλο με αποτέλεσμα να μην επηρεάζει καθόλου τον πέμπτο κύκλο.



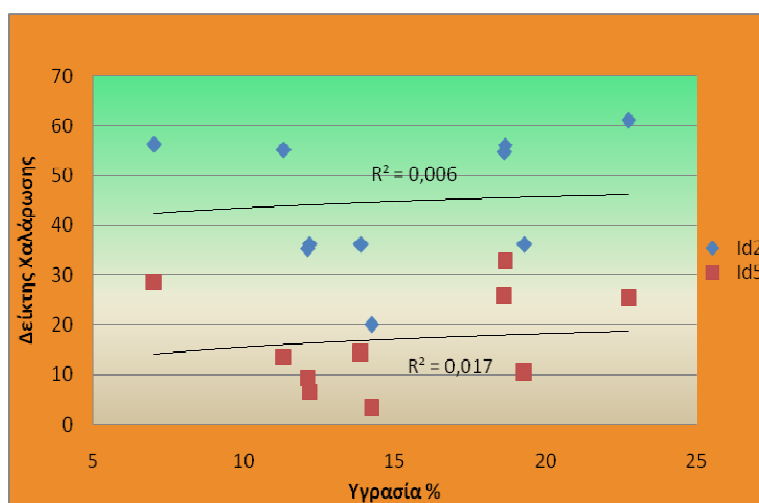
Ο δείκτης χαλάρωσης σε σχέση με το % ποσοστό της αργίλου.

Το % ποσοστό της αργίλου για το δεύτερο κύκλο ξήρανσης- ύγρυνσης δεν δείχνει ξεκάθαρα την επιρροή όμως αντίθετα για το πέμπτο κύκλο βλέπουμε ξεκάθαρα την συσχέτιση των δύο μεγεθών μεταξύ τους.



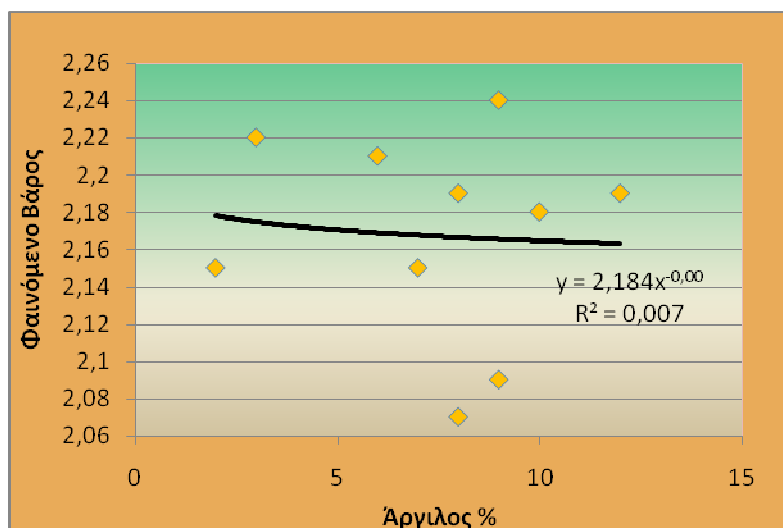
Ο δείκτης χαλάρωσης σε σχέση με το % ποσοστό της άμμου.

Το % ποσοστό της άμμου για το δεύτερο κύκλο ξήρανσης ύγρανσης δεν δείχνει ξεκάθαρα την επιρροή όμως αντίθετα για το πέμπτο κύκλο βλέπουμε ξεκάθαρα την συσχέτιση των δύο μεγεθών μεταξύ τους.



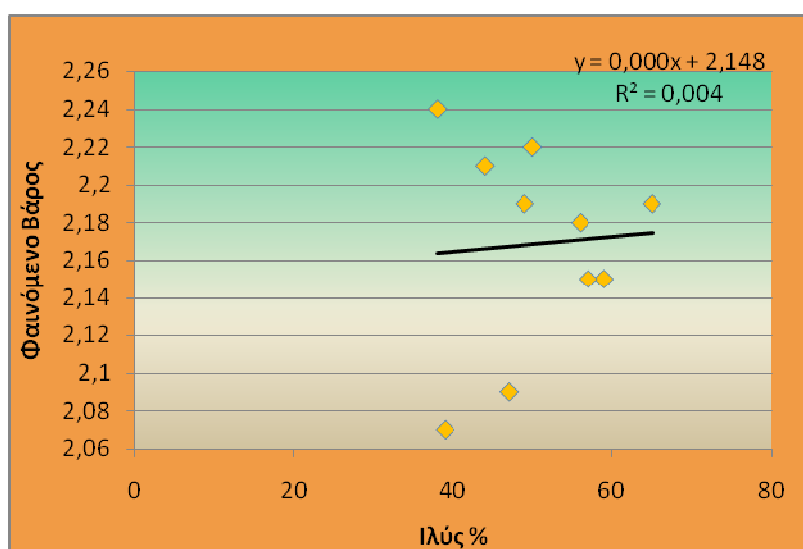
Ο δείκτης χαλάρωσης σε σχέση με την περιεχόμενη υγρασία.

Ο δείκτης χαλάρωσης απ ότι φαίνεται και από το παραπάνω συσχετισμό δείχνει να επηρεάζεται από το περιεχόμενο ποσοστό της υγρασίας και για τους δύο κύκλου ξήρανσης - ύγρανσης.



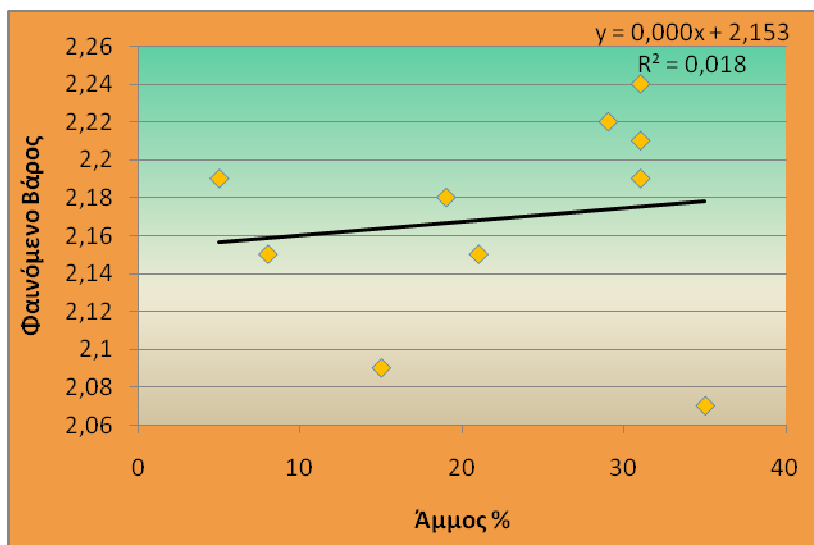
Το φαινόμενο βάρος σε σχέση με το % ποσοστό της αργίλου.

Το διάγραμμα του φαινόμενου βάρους με το % ποσοστό αργίλου παρουσιάζει μεγάλη διασπορά των τιμών από τη γραμμή τάσης με έναν πολύ μικρό συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,007$. Άρα δεν υπάρχει κάποια σχέση εξάρτησης μεταξύ των τιμών αυτών.



Το φαινόμενο βάρος σε σχέση με το % ποσοστό της ιλύος .

Το διάγραμμα του φαινόμενου βάρους με το % ποσοστό ιλύος παρουσιάζει μεγάλη διασπορά των τιμών από τη γραμμή τάσης με έναν πολύ μικρό συντελεστή συσχέτισης $R^2 = 0,004$. Άρα δεν υπάρχει κάποια σχέση εξάρτησης μεταξύ των τιμών αυτών.



Το φαινόμενο βάρος σε σχέση με το % ποσοστό της άμμου.

Το διάγραμμα του φαινόμενου βάρους με το % ποσοστό της άμμου δείχνει να υπάρχει συσχέτιση και συγκεκριμένα όσο αυξάνεται το % ποσοστό της άμμου, αυξάνεται και το φαινόμενο βάρος.

Με βάση την εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών στα δείγματα που συλλέχθηκαν και τους αντίστοιχους υπολογισμούς, προσδιορίστηκαν οι τιμές των παραμέτρων των φυσικών ιδιοτήτων αναγνώρισης και ταξινόμησης με την αντίστοιχη ονομασία τους οι οποίες παρουσιάζονται στους παραπάνω πίνακες . Οι εργαστηριακές δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο έδειξαν ότι οι φυσικές ιδιότητες των δειγμάτων διαφαίνεται να έχουν παρόμοια συμπεριφορά.

Ο προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας έδωσε αποτελέσματα που κυμαίνονται από 7,03 έως 22,72 %. Το υγρό φαινόμενο βάρος των δειγμάτων που εξετάστηκαν έδωσε τιμές που κυμάνθηκαν από 2,07 έως 2,24 gr/cm³. Το ειδικό βάρος των κόκκων των δειγμάτων κυμάνθηκε από 2,26 έως 2,81.

Η κοκκομετρική διαβάθμιση έδειξε ότι πρόκειται για λεπτόκοκκους σχηματισμούς όπου υπερισχύει το κλάσμα της ιλύος με ποσοστά που κυμαίνονται από 44 % έως 65 %.

Η δοκιμή προσδιορισμού του ορίου πλαστικότητας έδειξε ότι ο Δείκτης Πλαστικότητας PI κυμάνθηκε από 2,27 % έως 6,96 % . Η κατάταξη των

δειγμάτων σύμφωνα με το ενοποιημένο σύστημα (U.S.C.S.) έδειξε ότι 9 από αυτά τα δείγματα είναι ML (ιλύες χαμηλής πλαστικότητας) και 1 χαρακτηρίζεται ως CL (άργιοι χαμηλής πλαστικότητας) δηλαδή έχουμε μια επικράτηση των ιλύων χαμηλής πλαστικότητας (ML).

Η δοκιμή του προσδιορισμού του δείκτη χαλάρωσης που πραγματοποιήθηκε στα δείγματα, έδωσε τιμές του δείκτη Id_2 από 20,03 % έως 61,06 %. Η ταξινόμησή τους κατά GAMBLE δείχνει ότι πρόκειται για σχηματισμούς χαμηλής ανθεκτικότητας στην διεργασία της γρήγορης αποσάθρωσης.

Τέλος να σημειωθεί ότι στο **Παράρτημα 1** δίνονται ενδεικτικά τα δελτία εκτέλεσης των εργαστηριακών δοκιμών από 5 δείγματα.

4.5 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κούκης Γ. - Σαμπατακάκης Ν. Τεχνική Γεωλογία, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα ,2002.
- Κούκης Γ. – Χριστοδουλοπούλου Τ., (1997). Εδαφικοί και βραχώδεις σχηματισμοί. Φυσικά και μηχανικά χαρακτηριστικά και εργαστηριακοί προσδιορισμοί. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Πατρών.
- Κουλούρης Σ., (2005). Παράμετροι διατμητικής αντοχής στους ανώτερους Μαργαϊκούς ορίζοντες του Νομού Αχαΐας. Διατριβή διπλώματος ειδίκευσης. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Γεωλογίας.
- Μ. Καββαδάς, 3/5/2004. ‘Διάνοιξη σιράγγων με τη μέθοδο NATM.’
- Οριστική Μελέτη Σήραγγας Τράπεζας τμήμα : Χ.Θ.70+055,67 – 73+103,79
- Πουλημένος Γ., (1991): Τεκτονική ανάλυση και ιζηματολογία του δυτικού τμήματος της Κορινθιακής τάφρου, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Τσελέντης Α., (1997) Σύγχρονη Σεισμολογία. Τόμος Β. Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΔΕΛΤΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΔΟΚΙΜΩΝ

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ. 70+669,60 ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ

Νο κάψας: 23

A:	Βάρος υγρού δείγματος και κάψας (gr)	<u>408,09</u>
B:	Βάρος ξηρού δείγματος και κάψας (gr)	<u>378,18</u>
Γ:	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	<u>29,91</u>
Δ:	Βάρος ξηρού δείγματος ($\Delta = B - E$) (gr)	<u>215,75</u>
E:	Βάρος κάψας (gr)	<u>162,43</u>
Z:	Υγρασία (%) ($\Gamma / \Delta \times 100$)	<u>13,86</u>

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

.....
.....
.....

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ
ΣΥΝΕΚΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**
(με τη μέθοδο της ανάρτησης του δείγματος)

Στοιχεία δείγματος: ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+669,60

A: Βάρος εδάφους + παραφίνης (gr)	193,49
B: Βάρος εδάφους (gr)	189,26
Γ: Βάρος παραφίνης (gr)	4,23
Δ: Ειδικό βάρος παραφίνης (gr/cm^3)	0,89
E: Ογκος παραφίνης (cm^3)	4,75
Z: Ογκος εδάφους + παραφίνης = ένδειξη ζυγαριάς*	92,88
H: Ογκος εδάφους (cm^3)	88,13
Θ: Φαινόμενο βάρος (gr/cm^3)	2,15

- * Η ένδειξη της ζυγαριάς δίνει τον όγκο του δείγματος σε βάρος νερού που εκτοπίζεται.
Αυτό συμβαίνει επειδή το ειδικό βάρος (πυκνότητα) του νερού είναι $1\text{gr}/\text{cm}^3$ και έτσι η ένδειξη δίνει κατ'ευθείαν τον όγκο του νερού που εκτοπίζεται άρα και τον όγκο του δείγματος

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ ΛΕΠΤΟΤΕΡΟΥ ΤΩΝ 2.00 mm

Στοιχεία Δείγματος:

ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+669,60

Βάρος του πυκνόμετρου κενού (B_1) (gr) Αριθμός πυκνόμετρου		80,59	129,4
		A	B
		Αριθμός Δοκιμής	
		1	2
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος	(B_2) (gr)	104	152,2
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος και νερού στους 20°C	(B_3) (gr)	293,53	393,51
Βάρος του πυκνόμετρου γεμάτου νερού στους 20°C	(B_4) (gr)	279	379,4
$B_2 - B_1$	(gr)	23,41	22,8
Βάρος νερού στους 20°C	($B_4 - B_1$) (gr)	198,41	250
$B_3 - B_2$	(gr)	189,53	241,31
($B_4 - B_1$) - ($B_3 - B_2$)	(gr)	8,88	8,69
Ειδικό βάρος κόκκων δείγματος = ($B_2 - B_1$) / ($B_4 - B_1$) - ($B_3 - B_2$)	-	2,64	2,62

**Ειδικό βάρος κόκκων
Δείγματος G_s : 2,63**

Παρατηρήσεις: _____



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΩΝ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

(ΟΡΙΑ ATTERBERG)

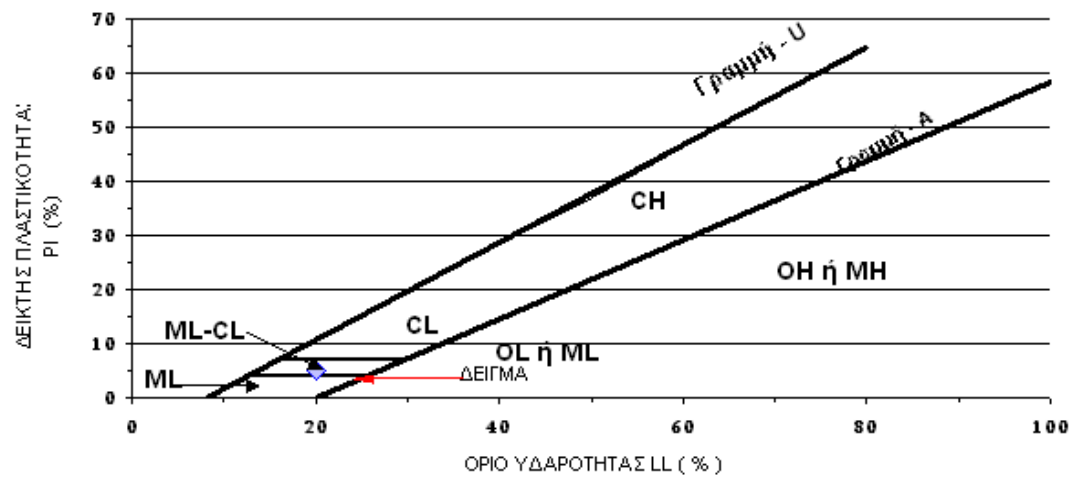
Στοιχεία δείγματος: **ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+669,60**

ΔΟΚΙΜΗ		Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας			Προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας		
	Αριθμός δοκιμής	1	2	3	1	2	3
	Αριθμός υποδοχέα	3	4	6	1	2	
	Αριθμός κτύπων	18	22	28	—	—	—
A	Βάρος υγρού δείγμ. + υποδοχέα (gr)	38,73	34,24	37,78	17,17	23,00	
B	Βάρος ξηρού δείγ. + υποδοχέα (gr)	35,14	30,72	33,86	16,67	21,86	
Γ	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	3,59	3,52	3,92	0,50	1,14	
Δ	Βάρος υποδοχέα (gr)	14,55	13,88	14,30	13,50	13,81	
E	Βάρος ξηρού δείγματος ($E = B - \Delta$) (gr)	20,59	16,84	19,56	3,17	8,05	
Z	Περιεχόμενη υγρασία (%) ($Z = \Gamma \times 100 / E$)	17,44	20,90	20,04	15,77	14,16	
		Οριο υδαρότητας			LL = 20,10		
		Οριο πλαστικότητας			PL = 14,97		
		Δείκτης πλαστικότητας			PI = 5,13		

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

Το όριο υδαρότητας προκύπτει από την καμπύλη ροής (αριθμός κτύπων - περιεχόμενη υγρασία (%))

ΕΙΝΑΙ ML





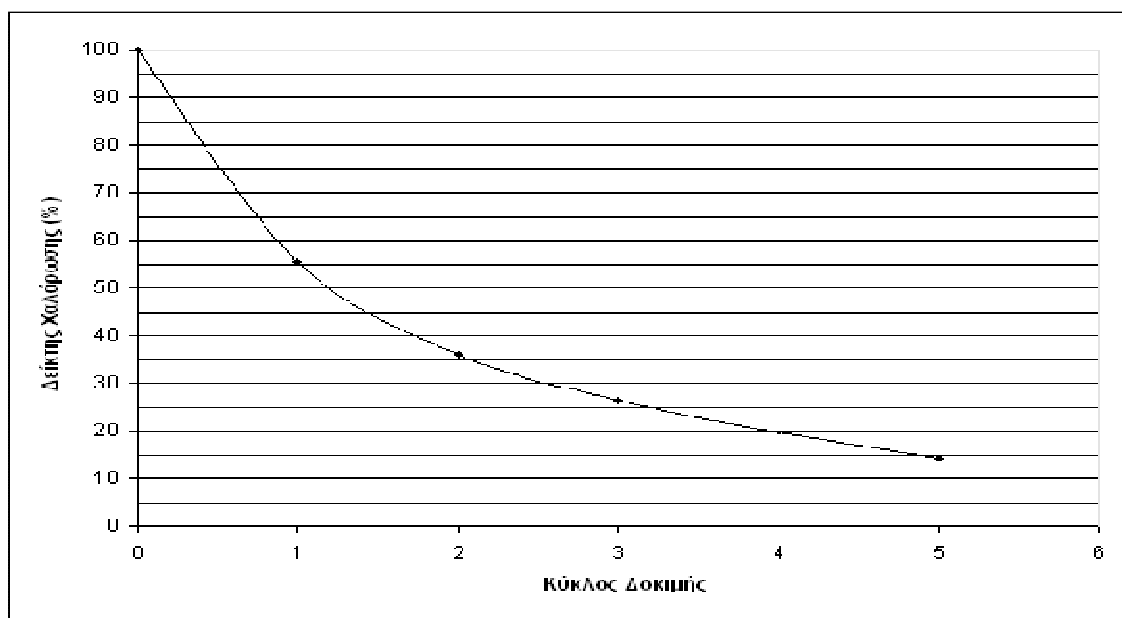
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ SLAKE DURABILITY INDEX $I_{d(x)}$

Στοιχεία Δειγματος: Χ.Θ.70+669,60 ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ

Περιγραφή: _____

	$I_{d(1)}$	$I_{d(2)}$	$I_{d(3)}$	$I_{d(4)}$	$I_{d(5)}$
Βάρος Αρχικό + Βάρος Μύλου A (gr)	2208,44				
Βάρος Τελικό + Βάρος Μύλου B (gr)	1974,5 3	1872,3 2	1820,9 0	1784,9 6	175 6,90
Βάρος Μύλου D (gr)	1681,80				
Δείκτης Χαλάρωσης $I_{d(x)}$ (%)	55,58	36,18	26,41	19,59	14,2 6



Παρατηρήσεις:

ΧΑΜΗΛΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

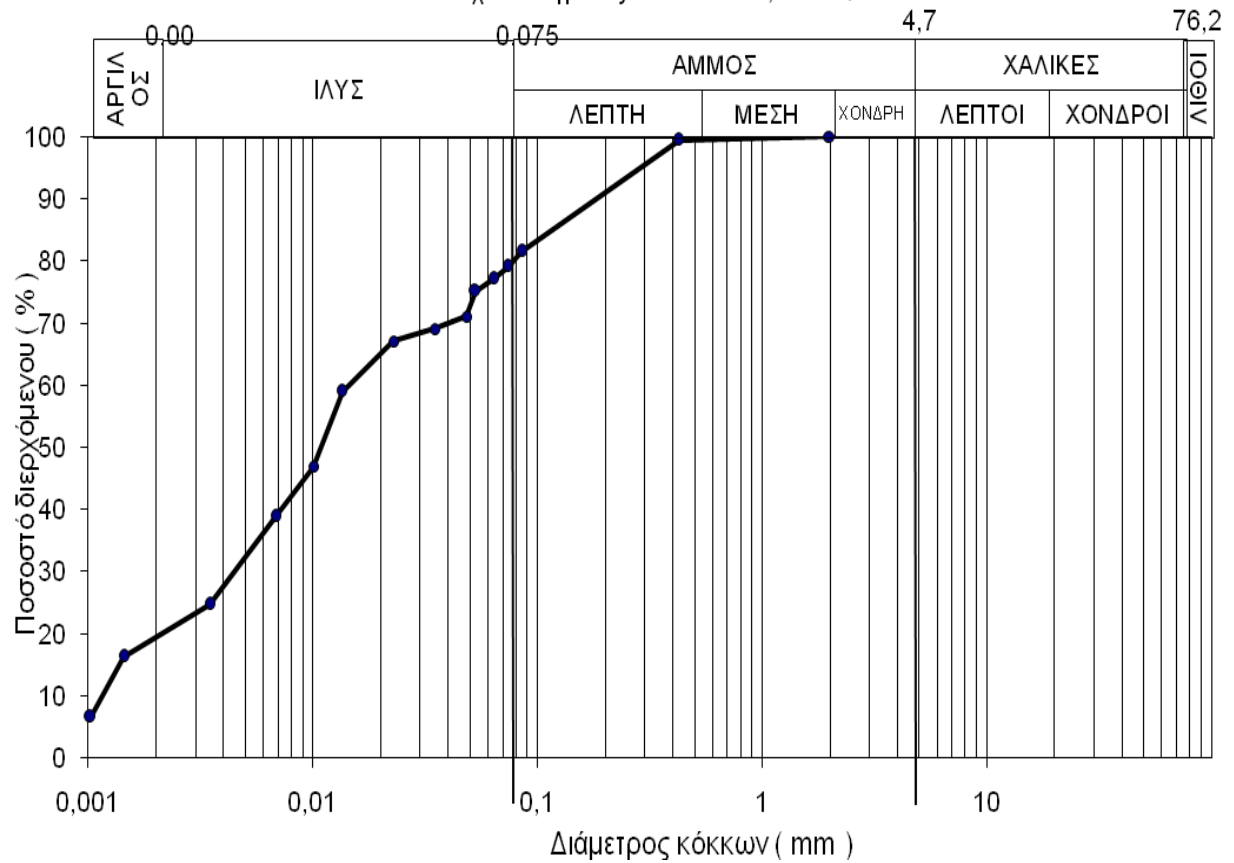
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ

Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ.70+669,60 ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ



ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ. 70+728,05 ΚΑΣΤΑΝΟΚΙΤΡΙΝΗ ΜΑΡΓΑ

No : κάψας 18
.....

A:	Βάρος υγρού δείγματος και κάψας (gr)	265,23
B:	Βάρος ξηρού δείγματος και κάψας (gr)	245,11
Γ:	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	20,12
Δ:	Βάρος ξηρού δείγματος ($\Delta = B - E$) (gr)	141,46
E:	Βάρος κάψας (gr)	103,65
Z:	Υγρασία (%) ($\Gamma / \Delta \times 100$)	14,22

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

.....
.....
.....

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ
ΣΥΝΕΚΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

(με τη μέθοδο της ανάρτησης του δείγματος)

Στοιχεία δείγματος: ΚΑΣΤΑΝΟΚΙΤΡΙΝΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ.
70+728,05

A: Βάρος εδάφους + παραφίνης (gr)	172,87
B: Βάρος εδάφους (gr)	168,82
Γ: Βάρος παραφίνης (gr)	4,05
Δ: Ειδικό βάρος παραφίνης (gr/cm ³)	0,89
Ε: Ογκος παραφίνης (cm ³)	4,55
Z: Ογκος εδάφους + παραφίνης = ένδειξη ζυγαριάς*	85,48
H: Ογκος εδάφους (cm ³)	80,93
Θ: Φαινόμενο βάρος (gr/cm ³)	2,09

- * Η ένδειξη της ζυγαριάς δίνει τον όγκο του δείγματος σε βάρος νερού που εκτοπίζεται. Αυτό συμβαίνει επειδή το ειδικό βάρος (πυκνότητα) του νερού είναι 1gr/cm³ και έτσι η ένδειξη δίνει κατ'ευθείαν τον όγκο του νερού που εκτοπίζεται άρα και τον όγκο του δείγματος

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ
ΥΛΙΚΟΥ ΛΕΠΤΟΤΕΡΟΥ ΤΩΝ 2.00 mm**

Στοιχεία Δείγματος: **ΚΑΣΤΑΝΟΚΙΤΡΙΝΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+728,05**

Βάρος του πυκνόμετρου κενού (B_1) (gr)	102	103,58
Αριθμός πυκνόμετρου	A	B

		Αριθμός Δοκιμής	
		1	2
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος	(B_2) (gr)	127	128,58
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος και νερού στους 20°C	(B_3) (gr)	366,79	368,42
Βάρος του πυκνόμετρου γεμάτου νερού στους 20°C	(B_4) (gr)	351,22	352,9
$B_2 - B_1$	(gr)	25	25
Βάρος νερού στους 20°C	($B_4 - B_1$) (gr)	249,22	249,32
$B_3 - B_2$	(gr)	239,79	239,84
($B_4 - B_1$) - ($B_3 - B_2$)	(gr)	9,43	9,48
Ειδικό βάρος κόκκων δειγμάτων = ($B_2 - B_1$) / ($B_4 - B_1$) - ($B_3 - B_2$)	-	2,65	2,64

Ειδικό βάρος κόκκων Δείγματος G_s : 2,64

Παρατηρήσεις: _____



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΩΝ
ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ
(ΟΡΙΑ ATTERBERG)**

Στοιχεία δείγματος: **ΚΑΣΤΑΝΟΚΙΤΡΙΝΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+728,05**

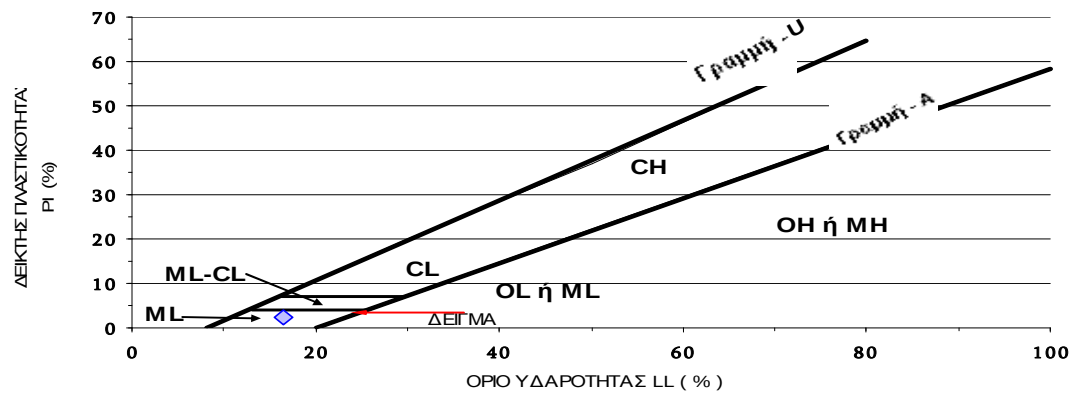
ΔΟΚΙΜΗ		Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας			Προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας		
	Αριθμός δοκιμής	1	2	3	1	2	3
	Αριθμός υποδοχεία	8	5	2	1	2	
	Αριθμός κύτπων	24	25	28	—	—	—
A	Βάρος υγρού δείγμ. + υποδοχεία (gr)	45,9 0	46,70	41,23	17,48	20,60	
B	Βάρος ξηρού δείγ. + υποδοχεία (gr)	40,7 9	42,20	38,90	16,92	19,88	
Γ	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	5,11	4,50	2,33	0,56	0,72	
Δ	Βάρος υποδοχεία (gr)	14,5 5	13,88	14,30	13,50	13,81	
E	Βάρος ξηρού δείγματος ($E = B - \Delta$) (gr)	26,2 4	28,32	24,60	3,42	6,07	
Z	Περιεχόμενη υγρασία (%) ($Z = \Gamma \times 100 / E$)	19,4 7	15,89	9,47	16,37	11,86	
		Οριο υδαρότητας LL = 16,47					
		Οριο πλαστικότητας PL = 14,12					
		Δείκτης πλαστικότητας PI = 2,35					

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

Το όριο υδαρότητας προκύπτει από την καμπύλη ροής (αριθμός κύτπων - περιεχόμενη υγρασία (%))

ΕΙΝΑΙ ML

ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΟ
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ CASAGRANDE





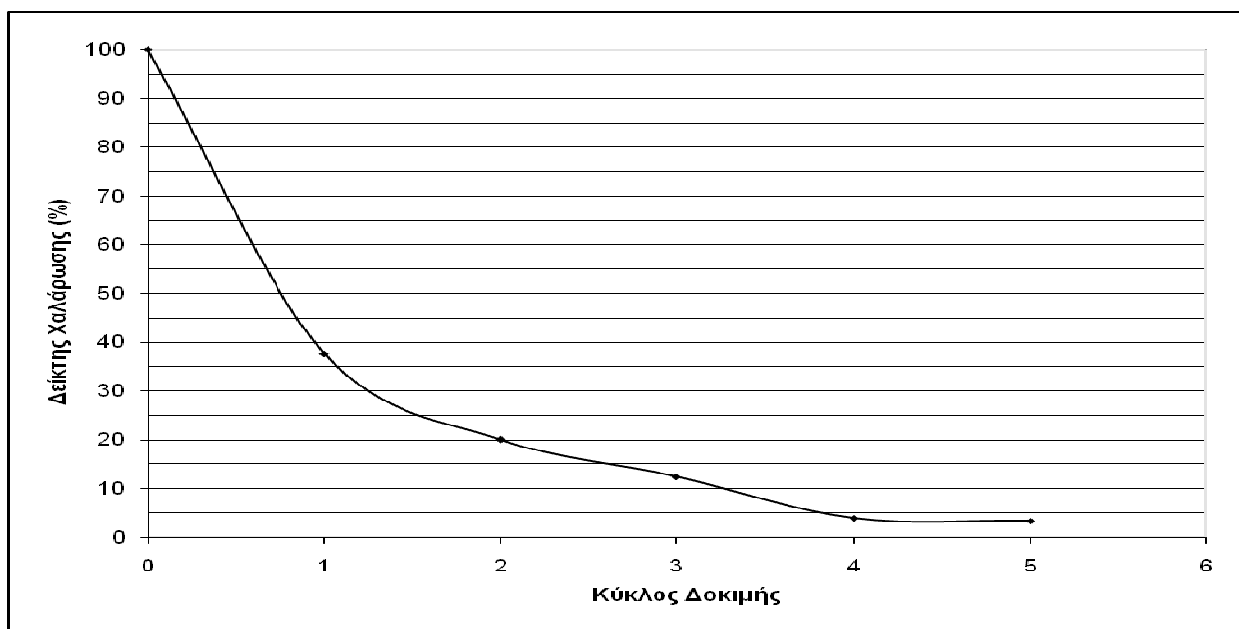
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ SLAKE DURABILITY INDEX $I_{d(x)}$

Στοιχεία Δειγματος: Χ.Θ.70+728,05 ΚΑΣΤΑΝΟΚΙΤΡΙΝΗ ΜΑΡΓΑ

Περιγραφή: _____

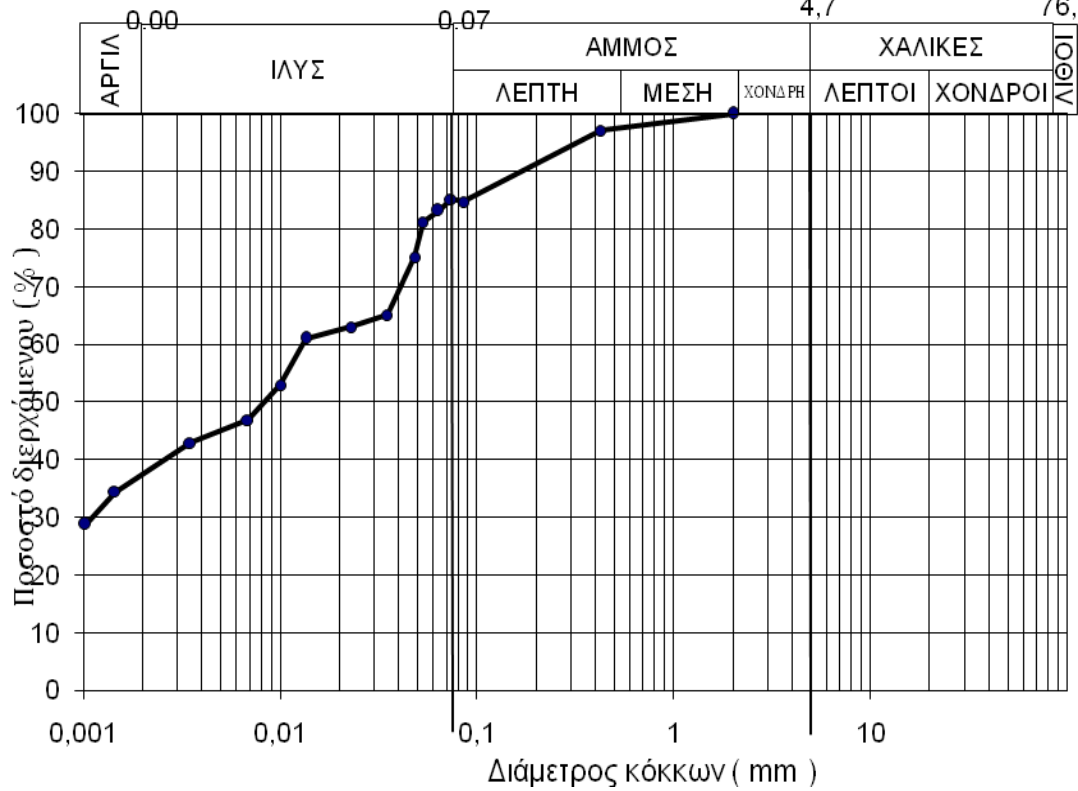
	$I_{d(1)}$	$I_{d(2)}$	$I_{d(3)}$	$I_{d(4)}$	$I_{d(5)}$
Βάρος Αρχικό + Βάρος Μύλου A (gr)	2169,12				
Βάρος Τελικό + Βάρος Μύλου B (gr)	1865,17	1779,42	1742,30	1700,60	1698,00
Βάρος Μύλου D (gr)	1681,80				
Δείκτης Χαλάρωσης $I_{d(x)}$ (%)	37,63	20,03	12,41	3,86	3,32



Παρατηρήσεις:

ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ
Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ.70+728,05 ΚΑΣΤΑΝΟΚΙΤΡΙΝΗ ΜΑΡΓΑ



ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ. 70+780,55 ΚΑΣΤΑΝΟΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ

No : κάψας 8

A:	Βάρος υγρού δείγματος και κάψας (gr)	312,05
B:	Βάρος ξηρού δείγματος και κάψας (gr)	298,36
Γ:	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	13,69
Δ:	Βάρος ξηρού δείγματος ($\Delta = B - E$) (gr)	194,71
E:	Βάρος κάψας (gr)	103,65
Z:	Υγρασία (%) ($\Gamma / \Delta \times 100$)	7,03

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

.....

.....

.....

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ
ΣΥΝΕΚΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

(με τη μέθοδο της ανάρτησης του δείγματος)

Στοιχεία δείγματος: ΚΑΣΤΑΝΟΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+780,55

A:	Βάρος εδάφους + παραφίνης (gr)	186,31
B:	Βάρος εδάφους (gr)	181,18
Γ:	Βάρος παραφίνης (gr)	5,13
Δ:	Ειδικό βάρος παραφίνης (gr/cm^3)	0,89
E:	Ογκος παραφίνης (cm^3)	5,76
Z:	Ογκος εδάφους + παραφίνης = ένδειξη ζυγαριάς*	88,33
H:	Ογκος εδάφους (cm^3)	82,57
Θ:	Φαινόμενο βάρος (gr/cm^3)	2,19

* Η ένδειξη της ζυγαριάς δίνει τον όγκο του δείγματος σε βάρος νερού που εκτοπίζεται. Αυτό συμβαίνει επειδή το ειδικό βάρος (πυκνότητα) του νερού είναι $1\text{gr}/\text{cm}^3$ και έτσι η ένδειξη δίνει κατ' ευθείαν τον όγκο του νερού που εκτοπίζεται άρα και τον όγκο του δείγματος

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ ΛΕΠΤΟΤΕΡΟΥ ΤΩΝ 2.00 mm

Στοιχεία Δείγματος: ΚΑΣΤΑΝΟΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+780,55

Βάρος του πυκνόμετρου κενού (B_1) (gr)	102	103,58
Αριθμός πυκνόμετρου	A	B

		Αριθμός Δοκιμής	
		1	2
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος	(B_2) (gr)	126	127,58
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος και νερού στους 20°C	(B_3) (gr)	367,7	366,37
Βάρος του πυκνόμετρου γεμάτου νερού στους 20°C	(B_4) (gr)	352,26	350,89
$B_2 - B_1$	(gr)	24	24
Βάρος νερού στους 20°C	($B_4 - B_1$) (gr)	250,26	247,31
$B_3 - B_2$	(gr)	241,7	238,79
$(B_4 - B_1) - (B_3 - B_2)$	(gr)	8,56	8,52
Ειδικό βάρος κόκκων δειγμάτων $= (B_2 - B_1) / (B_4 - B_1) - (B_3 - B_2)$	-	2,80	2,82

Ειδικό βάρος κόκκων Δείγματος G_s : 2,81

Παρατηρήσεις:



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΩΝ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

(ΟΡΙΑ ATTERBERG)

Στοιχεία δείγματος: **ΚΑΣΤΑΝΟΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+780,55**

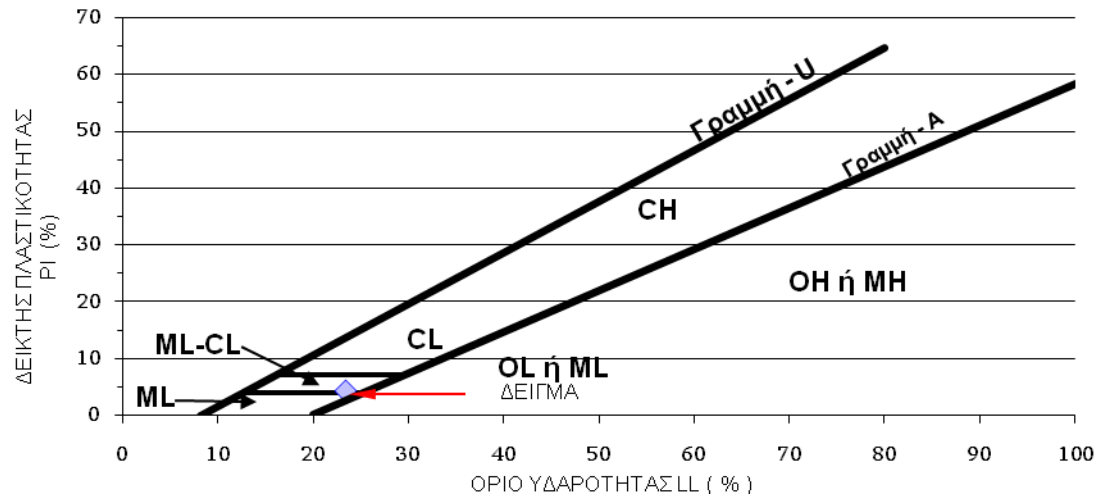
ΔΟΚΙΜΗ		Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας			Προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας		
Αριθμός δοκιμής		1	2	3	1	2	3
Αριθμός υποδοχέα		8	5	2	1	2	
Αριθμός κύττων		19	26	28	—	—	—
A	Βάρος υγρού δείγμ. + υποδοχέα (gr)	39,45	35,21	35,10	22,98	23,60	
B	Βάρος ξηρού δείγ. + υποδοχέα (gr)	34,39	30,69	31,74	21,06	22,46	
Γ	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	5,06	4,52	3,36	1,92	1,14	
Δ	Βάρος υποδοχέα (gr)	14,55	13,88	14,30	13,50	13,81	
E	Βάρος ξηρού δείγματος ($E = B - \Delta$) (gr)	19,84	16,81	17,44	7,56	8,65	
Z	Περιεχόμενη υγρασία (%) ($Z = \Gamma \times 100 / E$)	25,50	26,89	19,27	25,40	13,18	

Οριο υδαρότητας	LL =	23,48
Οριο πλαστικότητας	PL =	19,29
Δείκτης πλαστικότητας	PI =	4,19

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

Το όριο υδαρότητας προκύπτει από την καμπύλη ροής (αριθμός κύττων - περιεχόμενη υγρασία (%))

ΕΙΝΑΙ ML





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ SLAKE DURABILITY INDEX $I_{d(x)}$

Στοιχεία Δειγματος: Χ.Θ.70+780,55 ΚΑΣΤΑΝΟΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ

Περιγραφή: _____

$I_{d(1)}$

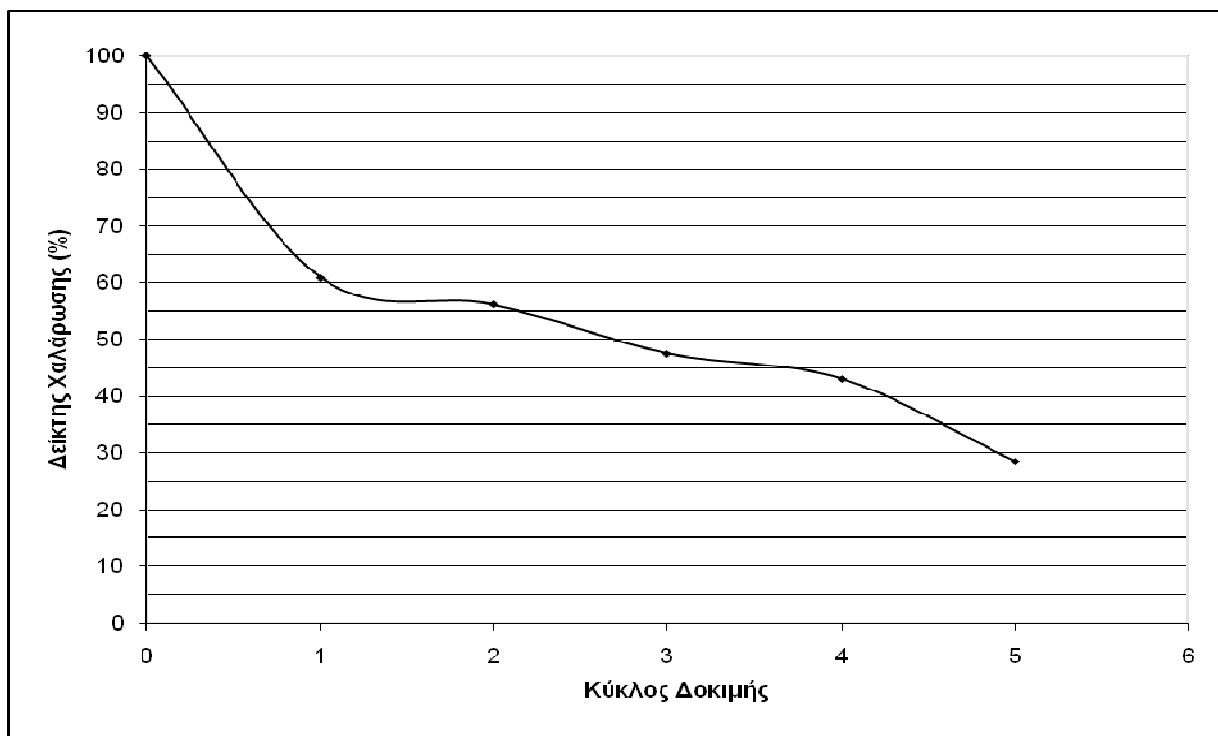
$I_{d(2)}$

$I_{d(3)}$

$I_{d(4)}$

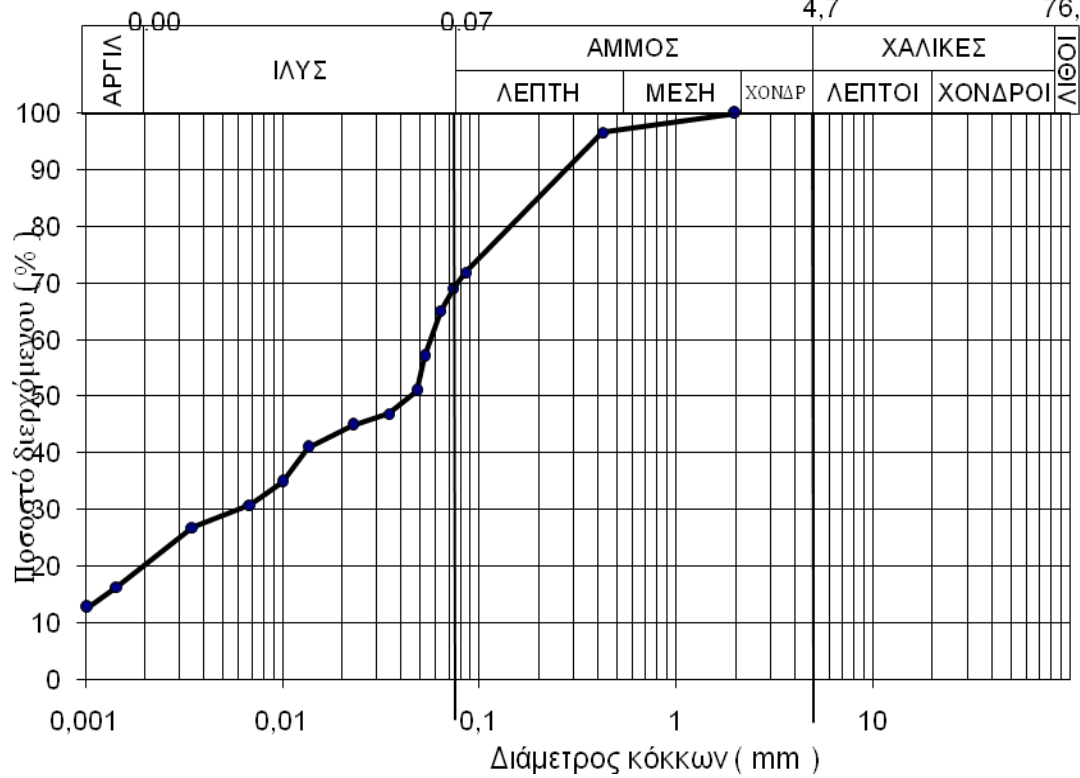
$I_{d(5)}$

Βάρος Αρχικό + Βάρος Μύλου A (gr)	2186,07				
Βάρος Τελικό + Βάρος Μύλου B (gr)	1989,00	1965,20	1921,30	1899,10	1825,60
Βάρος Μύλου D (gr)	1681,80				
Δείκτης Χαλάρωσης $I_{d(x)}$ (%)	60,92	56,20	47,49	43,09	28,52



Παρατηρήσεις: ΧΑΜΗΛΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ
Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ.70+780,55 ΚΑΣΤΑΝΟΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ



ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ. 70+950 ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ

No : κάψας 26

A:	Βάρος υγρού δείγματος και κάψας (gr)	<u>245,89</u>
B:	Βάρος ξηρού δείγματος και κάψας (gr)	<u>223,56</u>
Γ:	Βάρος νερού ($\Gamma=A-B$) (gr)	<u>22,33</u>
Δ:	Βάρος ξηρού δείγματος ($\Delta=B-E$) (gr)	<u>119,91</u>
E:	Βάρος κάψας (gr)	<u>103,65</u>
Z:	Υγρασία (%) ($\Gamma/\Delta \times 100$)	<u>18,62</u>

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

.....
.....

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ
ΣΥΝΕΚΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**

(με τη μέθοδο της ανάρτησης του δείγματος)

Στοιχεία δείγματος: ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+950

A: Βάρος εδάφους + παραφίνης (gr)	155,12
B: Βάρος εδάφους (gr)	145,1
Γ: Βάρος παραφίνης (gr)	10,02
Δ: Ειδικό βάρος παραφίνης (gr/cm^3)	0,89
E: Ογκος παραφίνης (cm^3)	11,26
Z: Ογκος εδάφους + παραφίνης = ένδειξη ζυγαριάς*	76,1
H: Ογκος εδάφους (cm^3)	64,84
Θ: Φαινόμενο βάρος (gr/cm^3)	2,24

- * Η ένδειξη της ζυγαριάς δίνει τον όγκο του δείγματος σε βάρος νερού που εκτοπίζεται. Αυτό συμβαίνει επειδή το ειδικό βάρος (πυκνότητα) του νερού είναι $1\text{gr}/\text{cm}^3$ και έτσι η ένδειξη δίνει κατ' ευθείαν τον όγκο του νερού που εκτοπίζεται άρα και τον όγκο του δείγματος

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ ΛΕΠΤΟΤΕΡΟΥ ΤΩΝ 2.00 mm

Στοιχεία Δείγματος: **ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+950**

Βάρος του πυκνόμετρου κενού (B ₁) (gr)	102	103,58
Αριθμός πυκνόμετρου	A	B

		Αριθμός Δοκιμής	
		1	2
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος	(B ₂) (gr)	127,2	128,56
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος και νερού στους 20°C	(B ₃) (gr)	366,93	368,42
Βάρος του πυκνόμετρου γεμάτου νερού στους 20°C	(B ₄) (gr)	351,25	352,8
B ₂ - B ₁	(gr)	25,2	24,98
Βάρος νερού στους 20°C	(B ₄ - B ₁) (gr)	249,25	249,22
B ₃ - B ₂	(gr)	239,73	239,86
(B ₄ - B ₁) - (B ₃ - B ₂)	(gr)	9,52	9,36
Ειδικό βάρος κόκκων δείγματος $= (B_2 - B_1) / (B_4 - B_1) - (B_3 - B_2)$	-	2,65	2,67

**Ειδικό βάρος
κόκκων Δείγματος G_s: 2,66**

Παρατηρήσεις: _____



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΩΝ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΡΙΑ ATTERBERG)

Στοιχεία δείγματος: **ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 70+950**

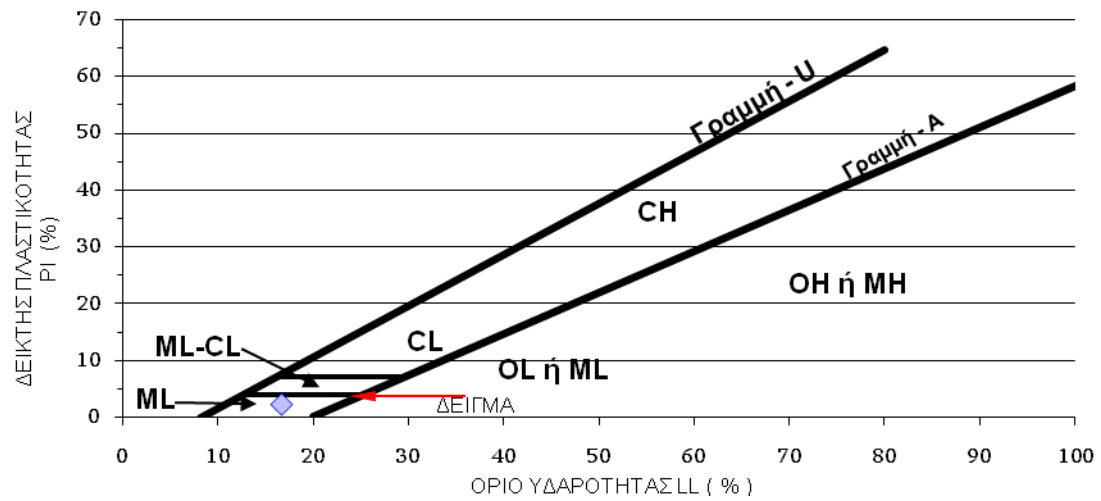
ΔΟΚΙΜΗ		Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας			Προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας		
Αριθμός δοκιμής		1	2	3	1	2	3
Αριθμός υποδοχεία		8	5	2	1	2	
Αριθμός κύττων		23	24	21	—	—	—
A	Βάρος υγρού δείγμ. + υποδοχεία (gr)	37,55	29,88	29,76	22,26	21,71	
B	Βάρος ξηρού δείγ. + υποδοχεία (gr)	33,97	27,57	27,30	21,17	20,70	
Γ	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	3,58	2,31	2,46	1,09	1,01	
Δ	Βάρος υποδοχεία (gr)	14,55	13,88	14,30	13,50	13,81	
E	Βάρος ξηρού δείγματος ($E = B - \Delta$) (gr)	19,42	13,69	13,00	7,67	6,89	
Z	Περιεχόμενη υγρασία (%) ($Z = \Gamma \times 100 / E$)	18,43	16,87	18,92	14,21	14,66	

Οριο υδαρότητας	LL =	16,71
Οριο πλαστικότητας	PL =	14,44
Δείκτης πλαστικότητας	PI =	2,27

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

Το όριο υδαρότητας προκύπτει από την καμπύλη ροής (αριθμός κύττων - περιεχόμενη υγρασία (%))

ΕΙΝΑΙ ML





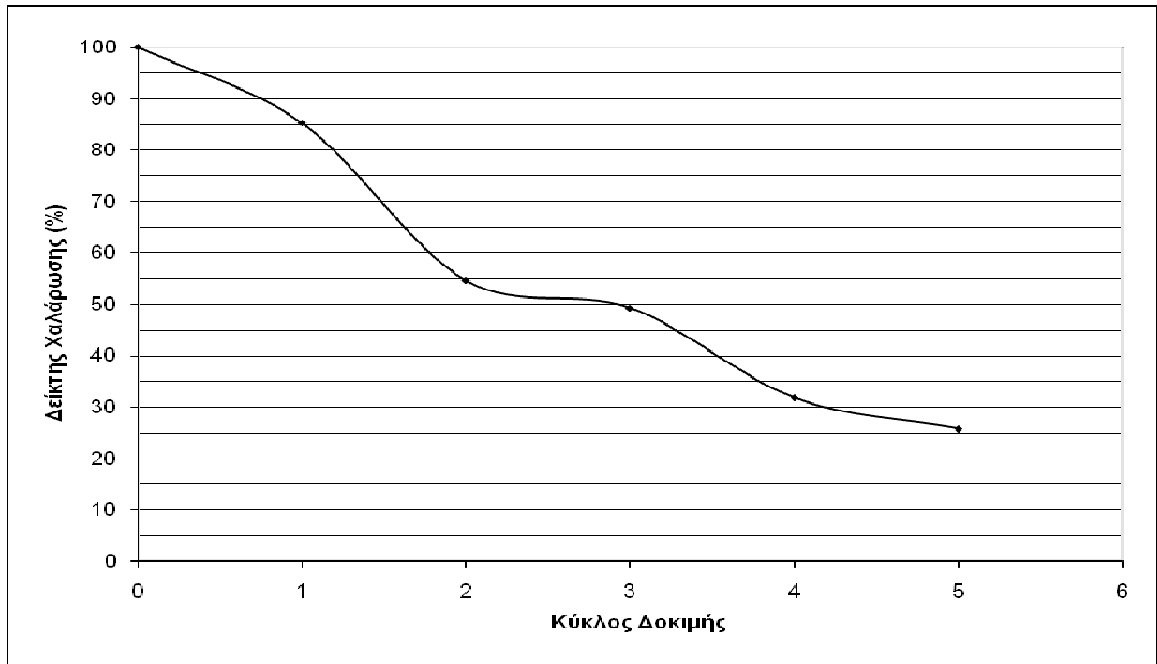
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ SLAKE DURABILITY INDEX $I_{d(x)}$

Στοιχεία Δειγματος: **Χ.Θ.70+950 ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ**

Περιγραφή:

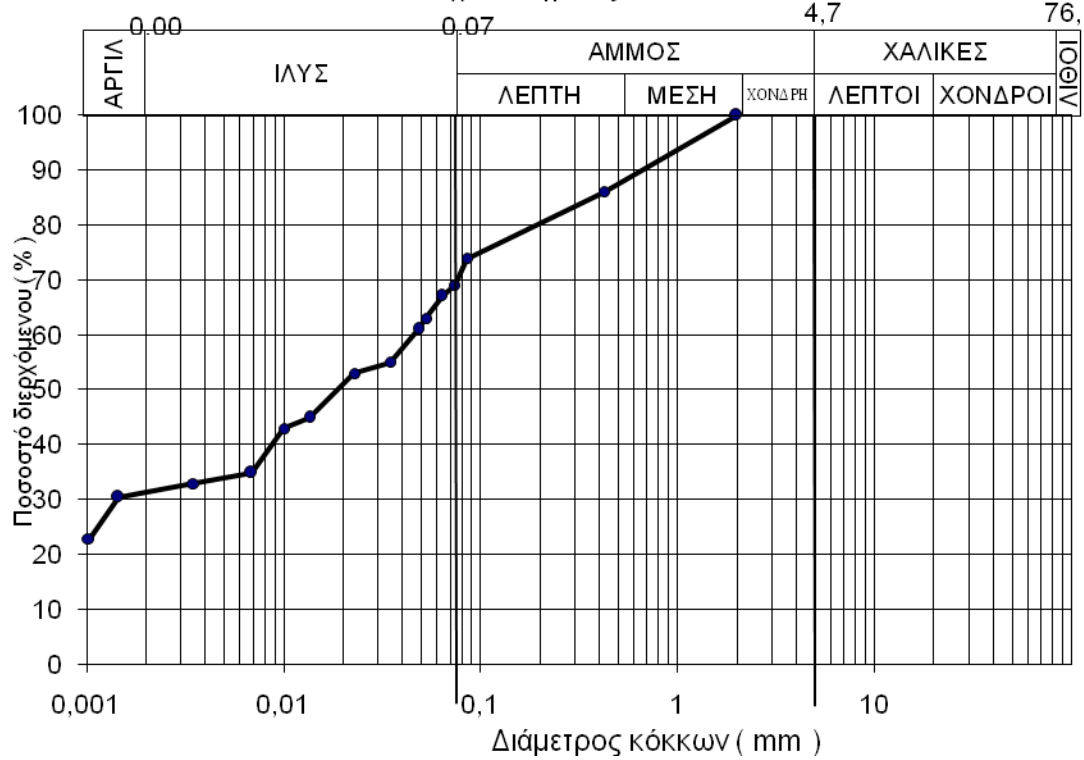
	$I_{d(1)}$	$I_{d(2)}$	$I_{d(3)}$	$I_{d(4)}$	$I_{d(5)}$
Βάρος Αρχικό + Βάρος Μύλου Α (gr)	2197,80				
Βάρος Τελικό + Βάρος Μύλου Β (gr)	2121,69	1963,80	1936,12	1845,96	1815,09
Βάρος Μύλου Δ (gr)	1681,80				
Δείκτης Χαλάρωσης $I_{d(x)}$ (%)	85,25	54,65	49,29	31,81	25,83



Παρατηρήσεις:

ΧΑΜΗΛΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΚΑΜΠΥΛΗΣ
 Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ.70+950 ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ



ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΗΣ ΥΓΡΑΣΙΑΣ

Στοιχεία δείγματος: Χ.Θ. 71+850

No : κάψας 19

A:	Βάρος υγρού δείγματος και κάψας (gr)	368,56
B:	Βάρος ξηρού δείγματος και κάψας (gr)	339,99
Γ:	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	28,57
Δ:	Βάρος ξηρού δείγματος ($\Delta = B - E$) (gr)	236,34
E:	Βάρος κάψας (gr)	103,65
Z:	Υγρασία (%) ($\Gamma / \Delta \times 100$)	12,09

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

.....
.....

**ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΒΑΡΟΥΣ
ΣΥΝΕΚΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ**
(με τη μέθοδο της ανάρτησης του δείγματος)

Στοιχεία δείγματος: ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 71+850

A: Βάρος εδάφους + παραφίνης (gr)	145,15
B: Βάρος εδάφους (gr)	137,55
Γ: Βάρος παραφίνης (gr)	7,6
Δ: Ειδικό βάρος παραφίνης (gr/cm ³)	0,89
Ε: Ογκος παραφίνης (cm ³)	8,54
Z: Ογκος εδάφους + παραφίνης = ένδειξη ζυγαριάς*	70,9
H: Ογκος εδάφους (cm ³)	62,36
Θ: Φαινόμενο βάρος (gr/cm ³)	2,21

* Η ένδειξη της ζυγαριάς δίνει τον όγκο του δείγματος σε βάρος νερού που εκτοπίζεται.
Αυτό συμβαίνει επειδή το ειδικό βάρος (πυκνότητα) του νερού είναι 1gr/cm³ και έτσι η ένδειξη
δίνει κατ' ευθείαν τον όγκο του νερού που εκτοπίζεται άρα και τον όγκο του δείγματος

ΕΝΤΥΠΟ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΙΔΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ
ΥΛΙΚΟΥ ΛΕΠΤΟΤΕΡΟΥ ΤΩΝ 2.00 mm

Στοιχεία Δείγματος: **ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 71+850**

Αριθμός πυκνόμετρου

A	B
---	---

		Αριθμός Δοκιμής	
		1	2
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος	(B ₂) (gr)	127,6	126,2
Βάρος του πυκνόμετρου και δείγματος και νερού στους 20°C	(B ₃) (gr)	367,83	366,43
Βάρος του πυκνόμετρου γεμάτου νερού στους 20°C	(B ₄) (gr)	352,26	350,9
B ₂ - B ₁	(gr)	24,62	24,51
Βάρος νερού στους 20°C	(B ₄ - B ₁) (gr)	249,28	249,21
B ₃ - B ₂	(gr)	240,23	240,23
(B ₄ - B ₁) - (B ₃ - B ₂)	(gr)	9,05	8,98
Ειδικό βάρος κόκκων δειγμάτων = (B ₂ - B ₁) / (B ₄ - B ₁) - (B ₃ - B ₂)	-	2,72	2,73

Ειδικό βάρος κόκκων
Δείγματος G_s: 2,72

Παρατηρήσεις: _____



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΟΡΙΩΝ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (ΟΡΙΑ ATTERBERG)

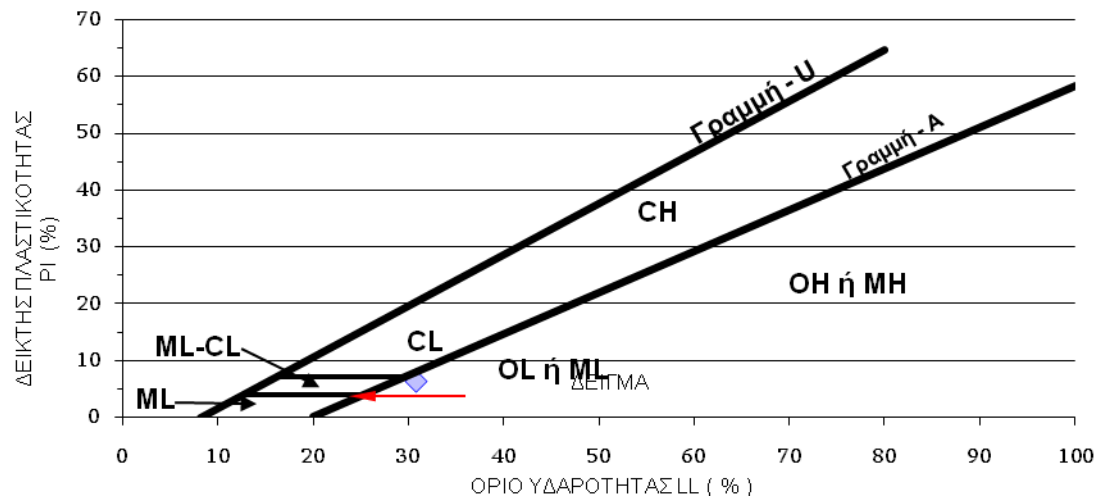
Στοιχεία δείγματος: **ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ Χ.Θ. 71+850**

ΔΟΚΙΜΗ		Προσδιορισμός ορίου υδαρότητας			Προσδιορισμός ορίου πλαστικότητας		
Αριθμός δοκιμής		1	2	3	1	2	3
Αριθμός υποδοχεία		8	5	2	1	2	
Αριθμός κύττων		25	20	21	—	—	—
A	Βάρος υγρού δείγμ. + υποδοχεία (gr)	35,63	35,12	37,59	22,99	22,45	
B	Βάρος ξηρού δείγμ. + υποδοχεία (gr)	30,57	30,20	32,96	21,17	20,70	
Γ	Βάρος νερού ($\Gamma = A - B$) (gr)	5,06	4,92	4,63	1,82	1,75	
Δ	Βάρος υποδοχεία (gr)	14,55	13,88	14,30	13,50	13,81	
E	Βάρος ξηρού δείγματος ($E = B - \Delta$) (gr)	16,02	16,32	18,66	7,67	6,89	
Z	Περιεχόμενη υγρασία (%) ($Z = \Gamma \times 100 / E$)	31,59	30,15	24,81	23,73	25,40	

Οριο υδαρότητας	LL =	30,84
Οριο πλαστικότητας	PL =	24,56
Δείκτης πλαστικότητας	PI =	6,28

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:

Το όριο υδαρότητας προκύπτει από την καμπύλη ροής (αριθμός κύττων - περιεχόμενη υγρασία (%))
ΕΙΝΑΙ ML





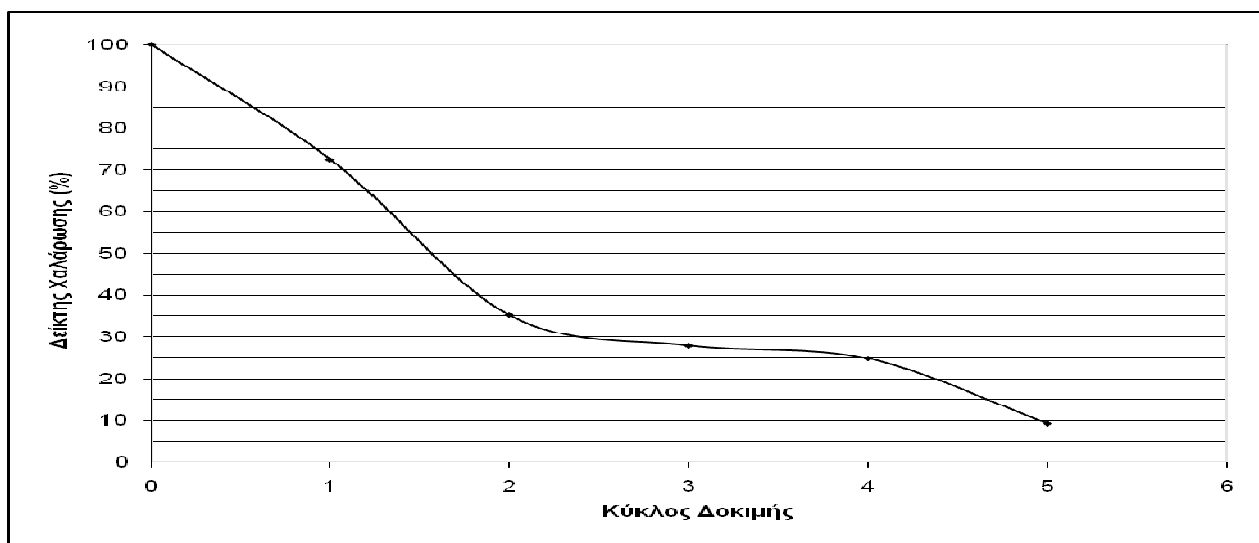
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΗΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΧΑΛΑΡΩΣΗΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ SLAKE DURABILITY INDEX $I_{d(x)}$

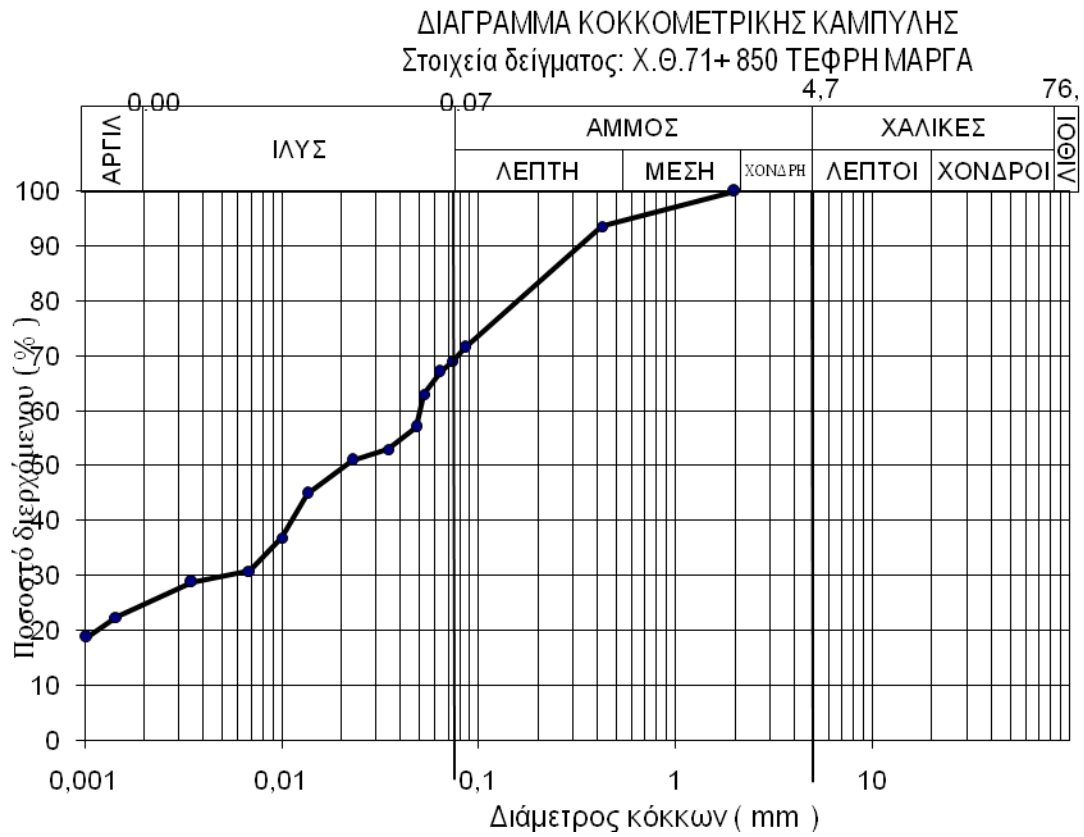
Στοιχεία Δείγματος: **Χ.Θ.71+850 ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ**

Περιγραφή:

	$I_{d(1)}$	$I_{d(2)}$	$I_{d(3)}$	$I_{d(4)}$	$I_{d(5)}$
Βάρος Αρχικό + Βάρος Μύλου A (gr)	2152,30				
Βάρος Τελικό + Βάρος Μύλου B (gr)	2023,10	1847,69	1813,43	1798,60	1725,60
Βάρος Μύλου D (gr)	1681,80				
Δείκτης Χαλάρωσης $I_{d(x)}$ (%)	72,54	35,26	27,98	24,82	9,31

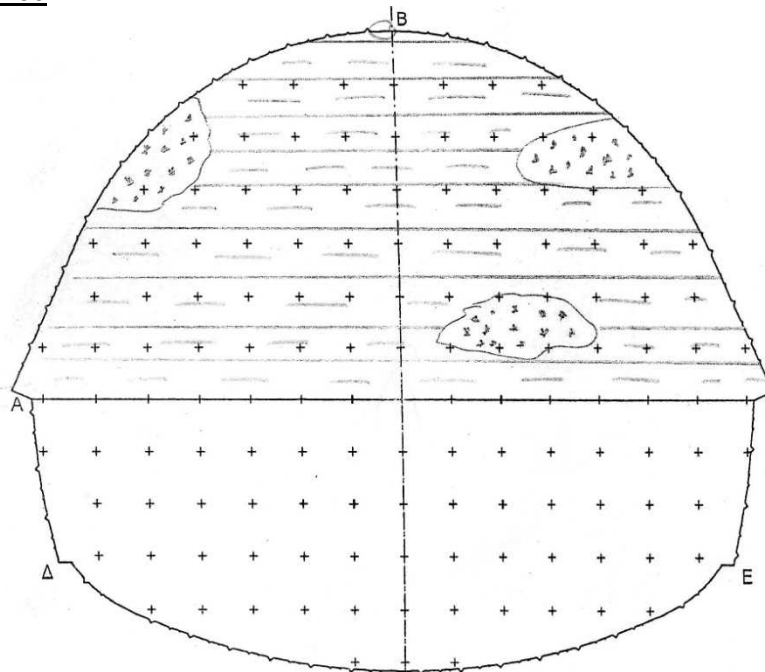


Παρατηρήσεις: **ΧΑΜΗΛΗΣ ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ**



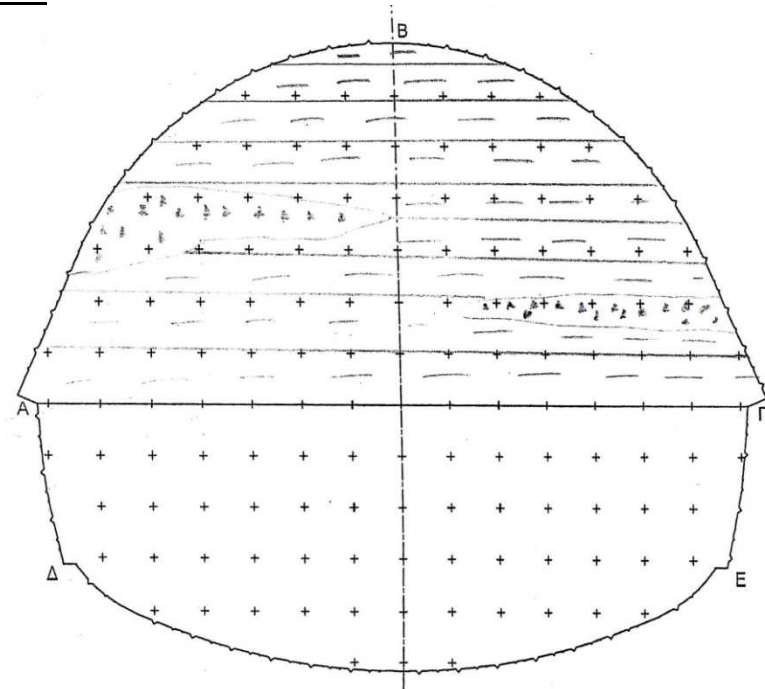
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2
ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΜΕΤΩΠΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ
ΜΗΚΟΤΟΜΗ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ ΑΠΟ ΧΘ:70+670 -70+938

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



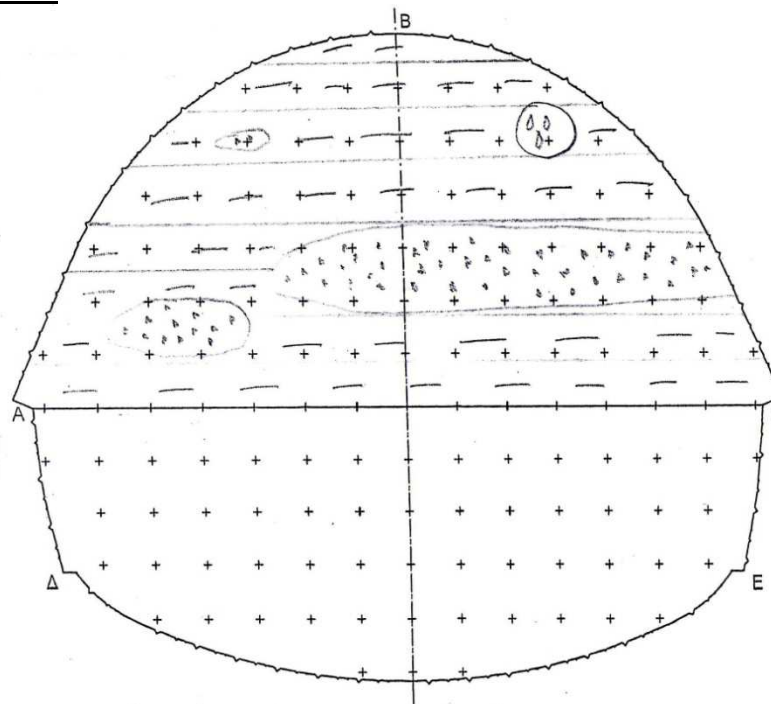
Μέτωπο Χ.Θ. 70+669,60. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Κατά τόπους εμφάνιση χάλικος με μαργαϊκό συνδετικό υλικό τεφρού χρώματος.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



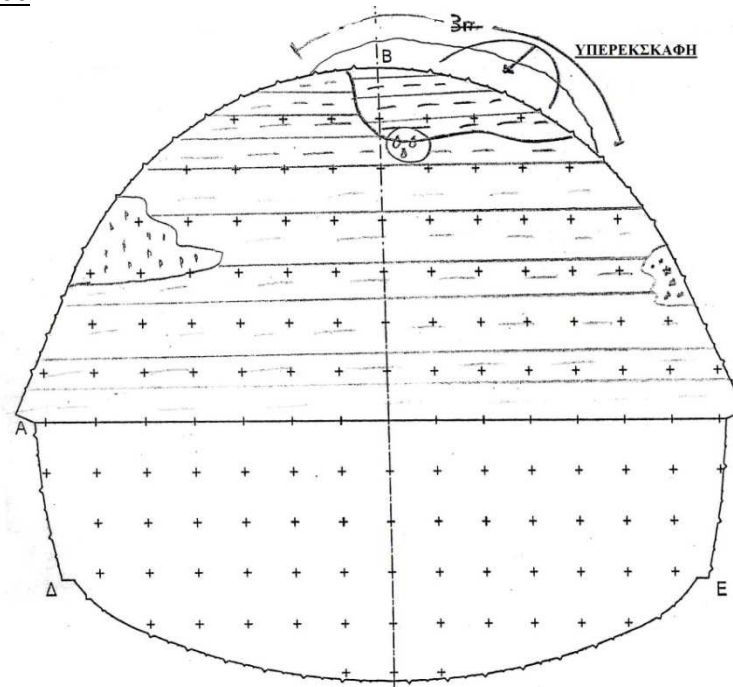
Μέτωπο Χ.Θ. 70+682,85. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Κατά τόπους εμφάνιση χάλικος με μαργαϊκό συνδετικό υλικό τεφρού χρώματος.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



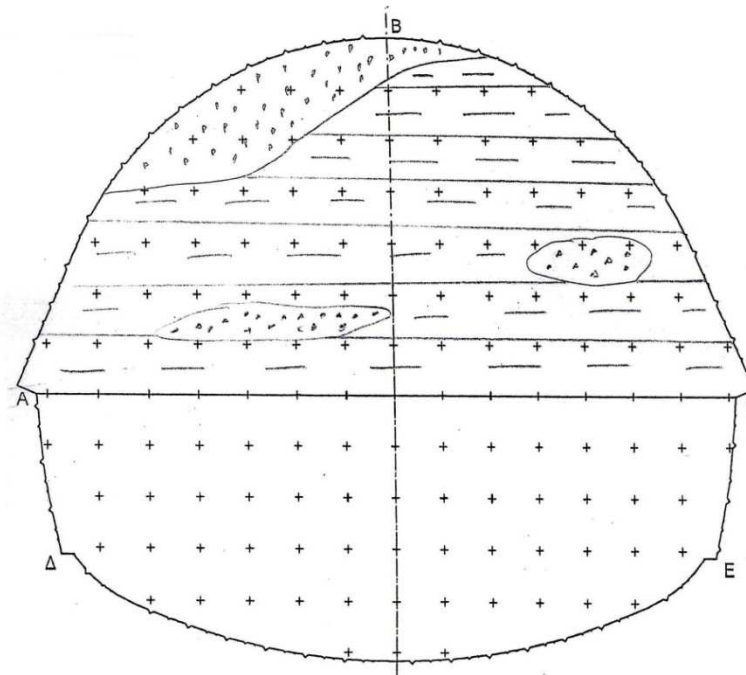
Μέτωπο Χ.Θ. 70+699,10. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Κατά τόπους εμφάνιση χάλικος με μαργαϊκό συνδετικό υλικό τεφρού χρώματος.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



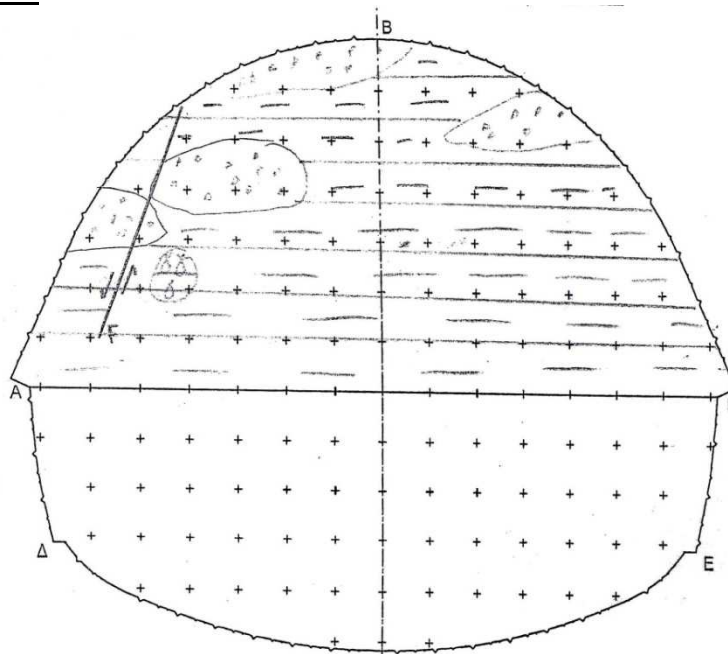
Μέτωπο Χ.Θ. 70+709,10. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Κατά τόπους εμφάνιση χάλικος με μαργαϊκό συνδετικό υλικό .Στον θόλο εμφάνιση καστανής μάργας με χαλικώδεις προσμίξεις και υπερεκσκαφή 60cm .

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ
1:100



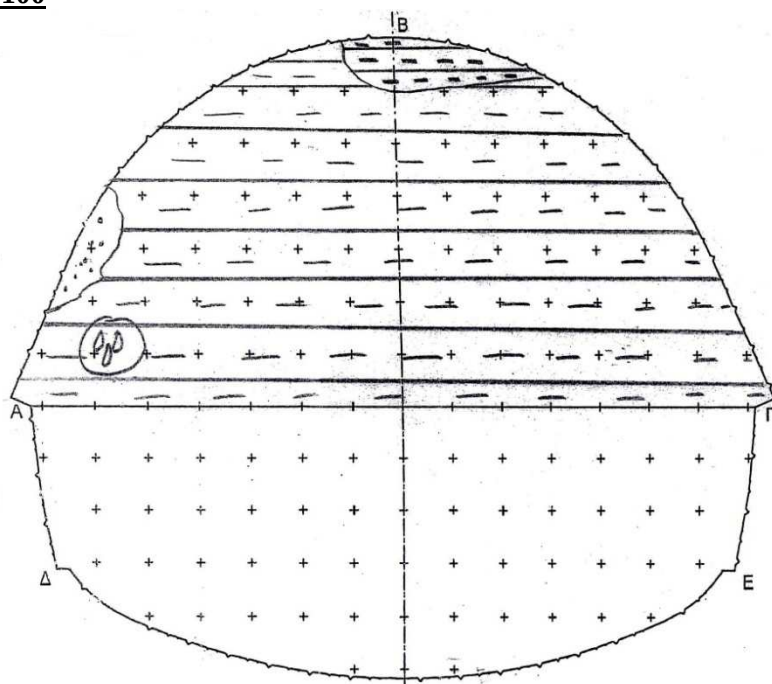
Μέτωπο Χ.Θ.70+715,35. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τερφή μάργα. Κατά τόπους εμφάνιση χάλικος με μαργαϊκό συνδετικό υλικό τερρού χρώματος .Στον θόλο εμφάνιση φακού χάλικος με συνδετικό μαργαϊκό κίτρινοκάστανου χρώματος.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



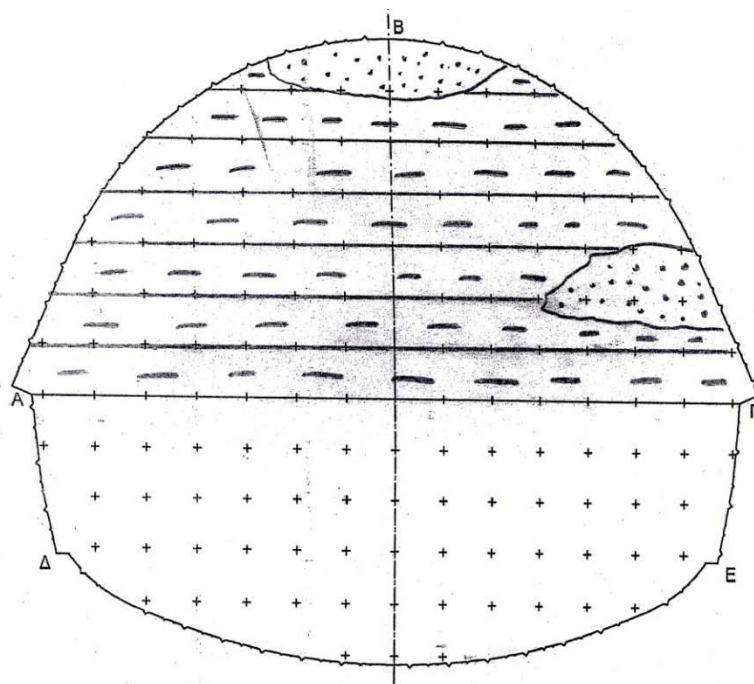
Μέτωπο Χ.Θ.70+728,05. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τερφή μάργα. Κατά τόπους εμφάνιση χάλικος με μαργαϊκό συνδετικό υλικό κίτρινοκάστανου χρώματος.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



Μέτωπο Χ.Θ.70+736,60. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Κατά τόπους εμφάνιση χάλικος στη δεξιά παρειά και καστανής μάργας στον θόλο.

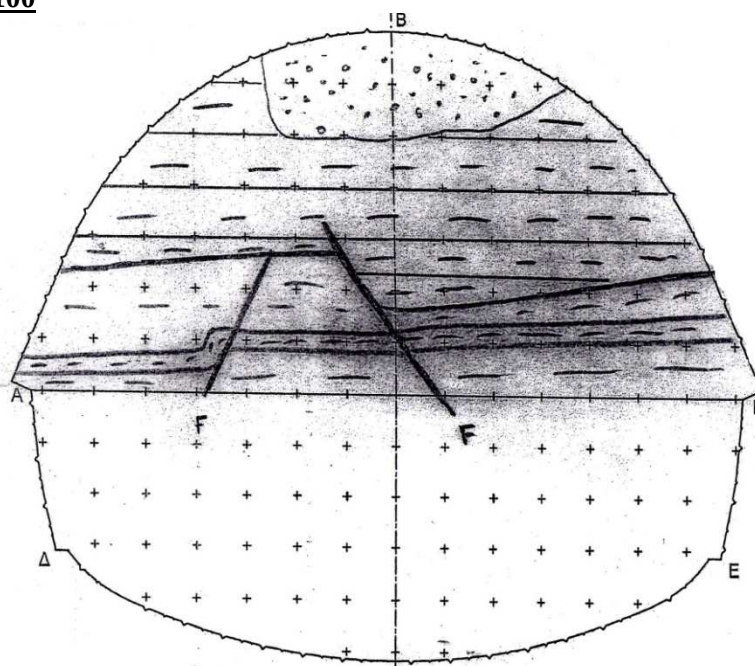
Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



Μέτωπο Χ.Θ.70+746,14. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Κατά τόπους εμφάνιση φακών χάλικος μέσα σε μαργαϊκό συνδετικό υλικό καστανής απόχρωσης.

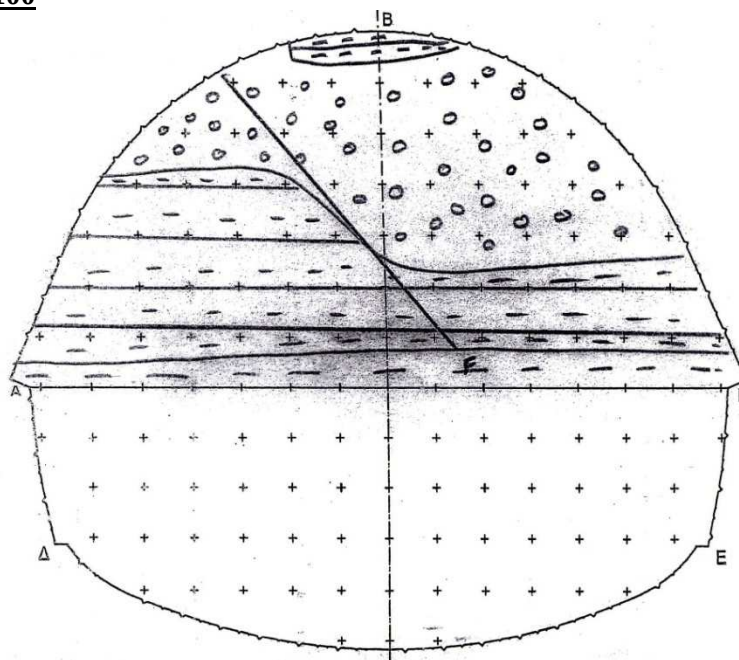
Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



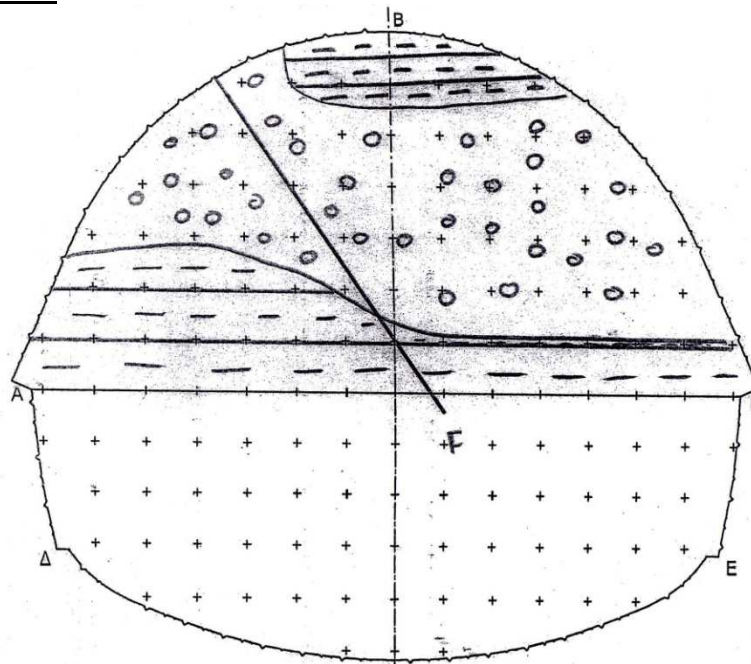
Μέτωπο Χ.Θ.70+759,30. Ο καθρέφτης καλύπτεται από εναλλαγές μαργαϊκών σχηματισμών τεφρής-καστανής αποχρώσεως. Ο θόλος καλύπτεται από ένα φακό αποστογγυμένου χάλικα.(ΠΑΛΑΙΟΚΟΙΤΗ)

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



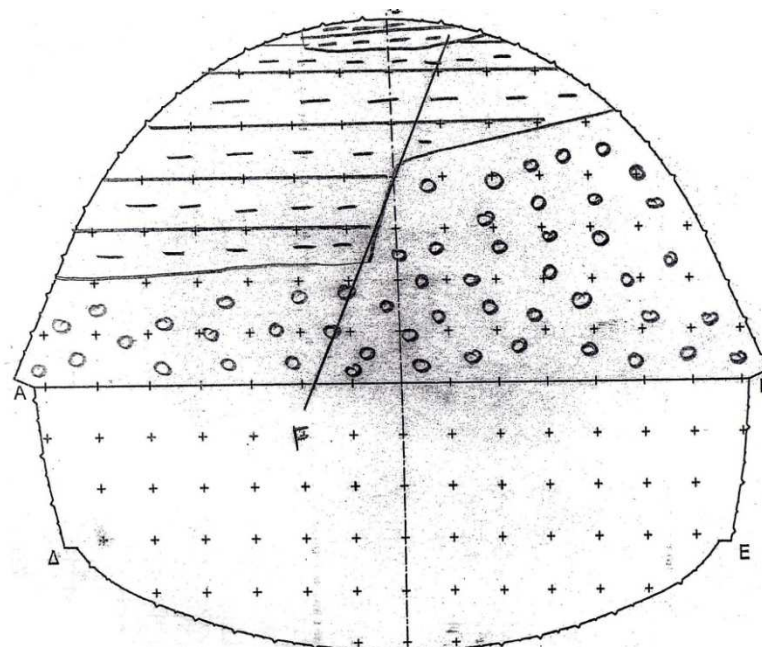
Μέτωπο Χ.Θ.70+770,55. Ο καθρέφτης καλύπτεται από ένα χαλαρό ασύνδετο κροκαλοπαγές ποτάμιας προέλευσης. Η βάση αποτελείται από εναλλαγές μαργαϊκών σχηματισμών τεφρής-καστανής απόχρωσης.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



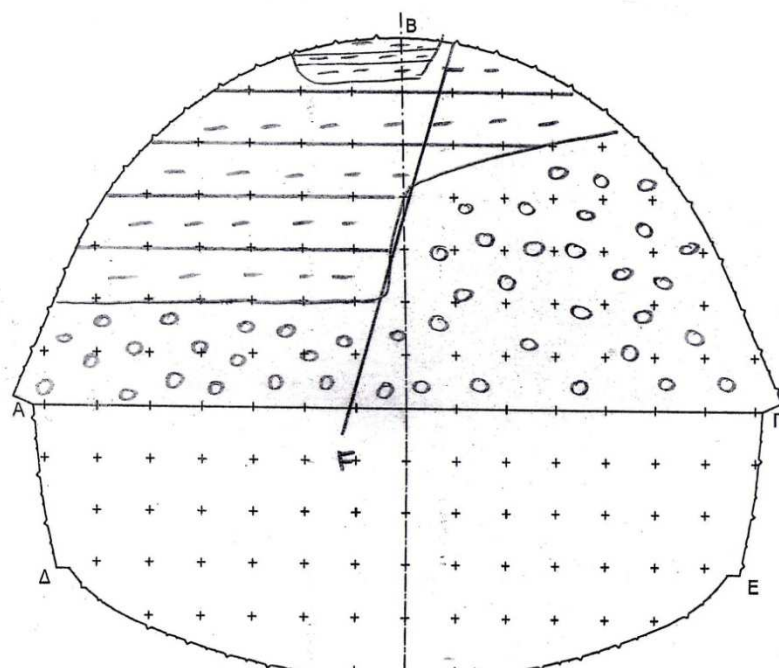
Μέτωπο Χ.Θ.70+780,55. Ο καθρέφτης καλύπτεται από ένα χαλαρό κροκαλοπαγές ποτάμιας προέλευσης. Η βάση αποτελείται από εναλλαγές μαργαϊκών σχηματισμών τεφρής-καστανής απόχρωσης. Στον θόλο φακός καστανής μάργας.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



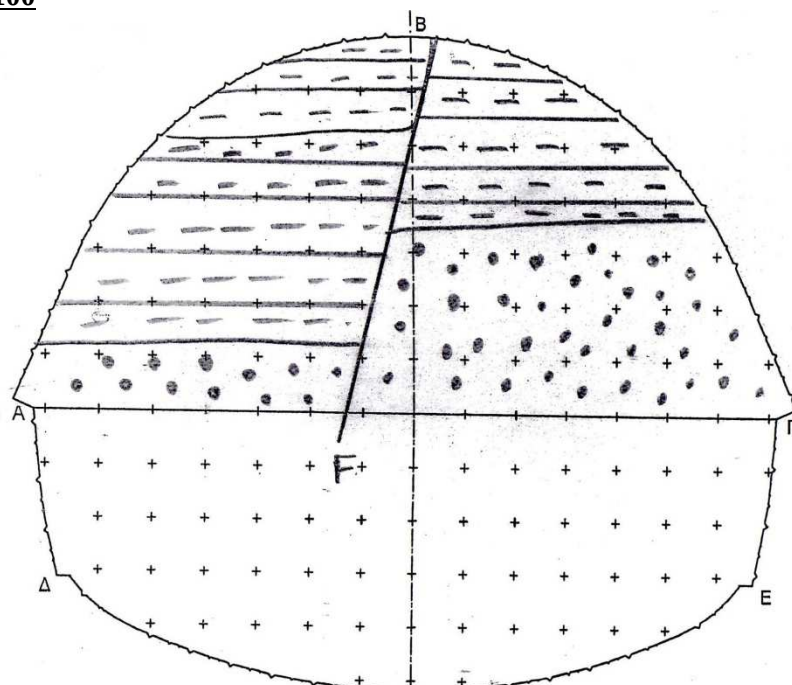
Μέτωπο Χ.Θ.70+793,05. Ο θόλος αποτελείται από ένα χαλαρό κροκαλοπαγές στην βάση πάνω στο οποίο εδράζονται εναλλαγές μαργαϊκών σχηματισμών τεφρής- καστανής απόχρωσης.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



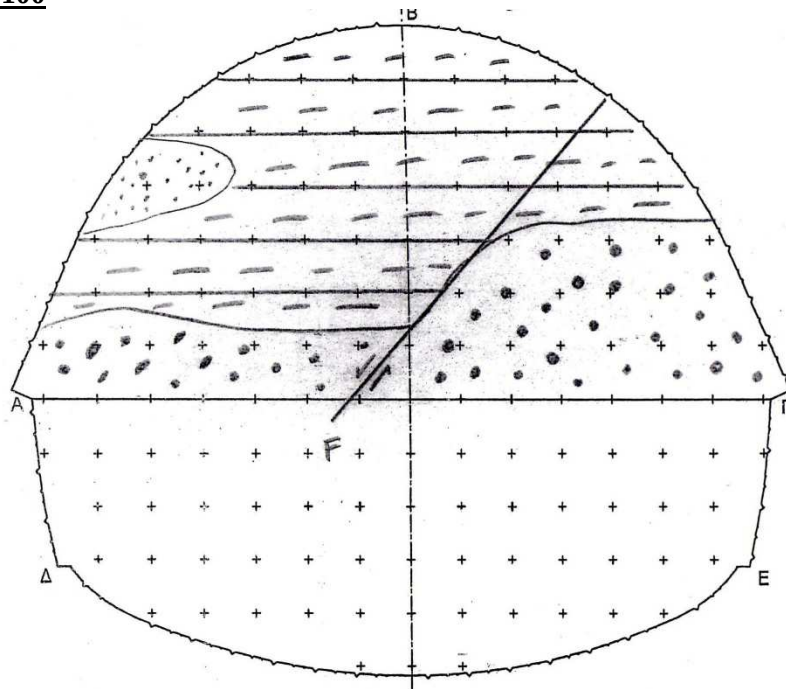
Μέτωπο Χ.Θ.70+800,55. Ο καθρέφτης αποτελείται από ένα χαλαρό κροκαλοπαγές, ποτάμιες αποθέσεις πάνω στα οποία επικάθονται ασύμφωνα εναλλαγές μαργαϊκών σχηματισμών τεφρής-καστανής απόχρωσης με τα τεφρά να είναι πιο πάνω.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



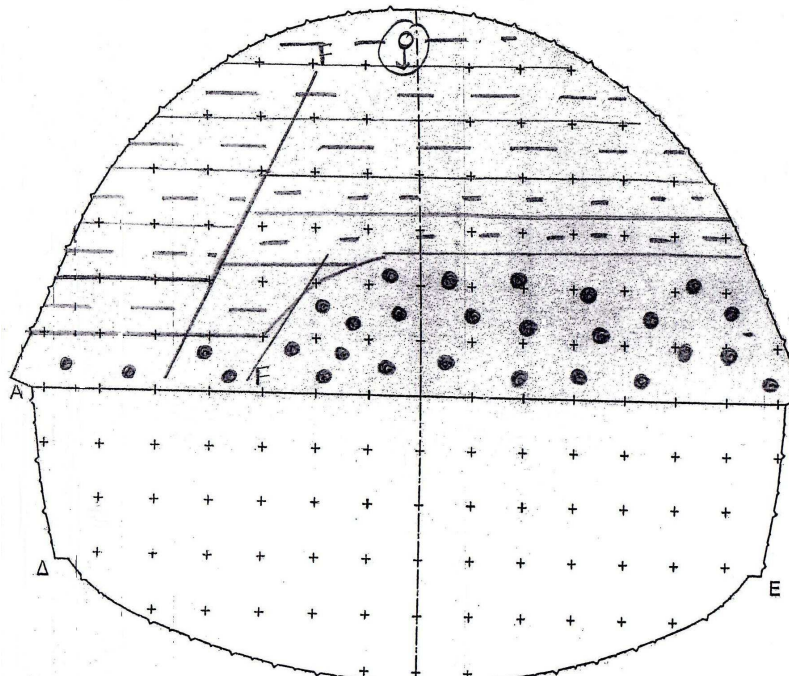
Μέτωπο Χ.Θ.70+808,05. Ο καθρέφτης αποτελείται από εναλλαγές μαργαϊκών σχηματισμών τεφρής-καστανής απόχρωσης κάτω από τους οποίους υπάρχει ένα συνεκτικό κροκαλοπαγές.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



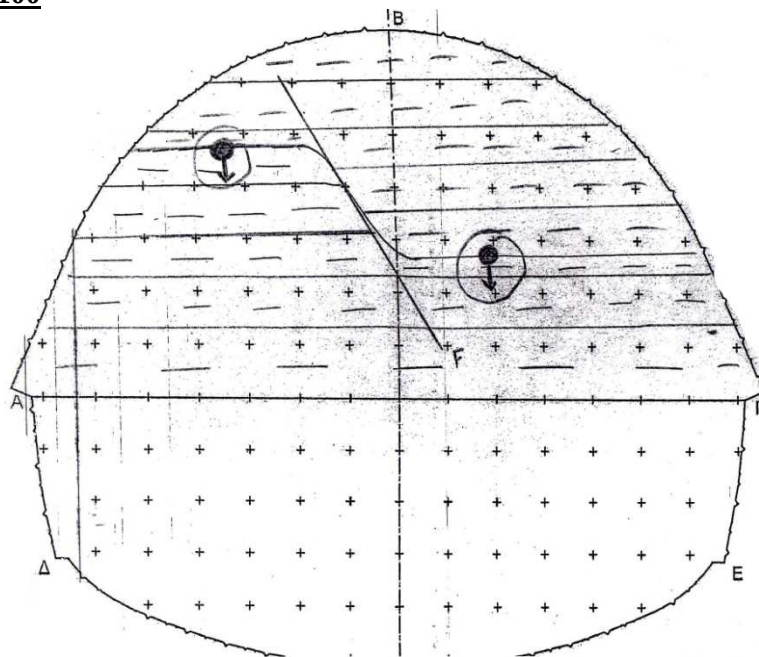
Μέτωπο Χ.Θ.70+810,60. Ο καθρέφτης αποτελείται από εναλλαγές μαργαϊκών σχηματισμών τεφρής-καστανής απόχρωσης κάτω από τους οποίους υπάρχει ένα συνεκτικό κροκαλοπαγές.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



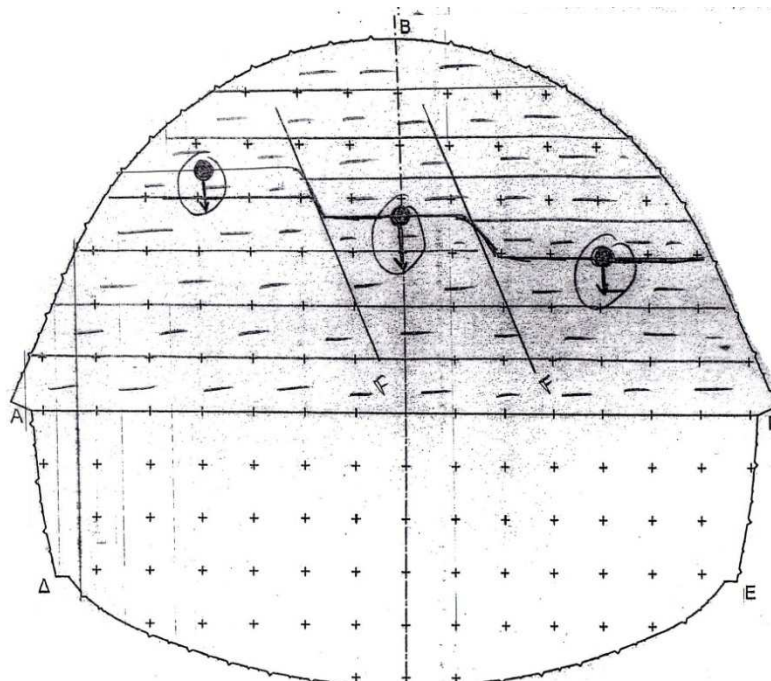
Μέτωπο Χ.Θ.70+824,30. Ο καθρέφτης καλύπτεται από εναλλαγές τεφρής-καστανής μάργας. Χαμηλά στρωματογραφικά έχουμε την εμφάνιση ενός συνεκτικού κροκαλοπαγους.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



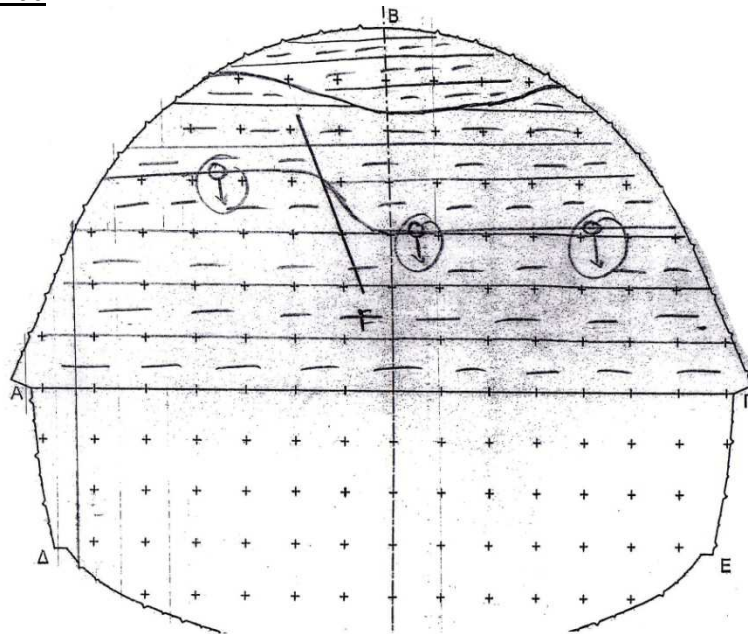
Μέτωπο Χ.Θ.70+829,55. Ο καθρέφτης καλύπτεται στα ανώτερα στρώματα από καστανή μάργα με χαλικώδεις προσμίξεις, ενώ στα κατώτερα στρώματα από συμπαγής τεφρή μάργα.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



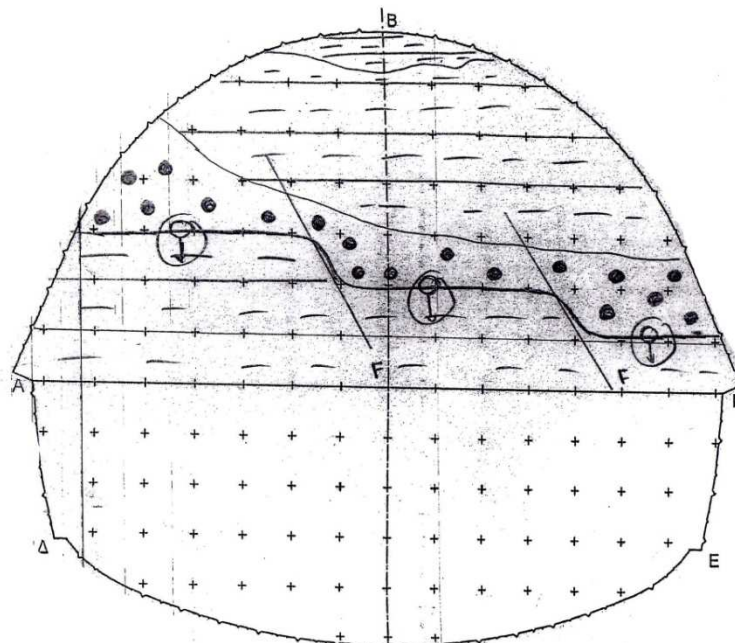
Μέτωπο Χ.Θ.70+831,55. Ο καθρέφτης καλύπτεται από εναλλαγές μαργαϊκών στρωμάτων. Στα ανώτερα στρώματα έχουμε καστανή μάργα με χαλικώδεις προσμίξεις, ενώ στα κατώτερα συμπαγής τεφρή μάργα.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



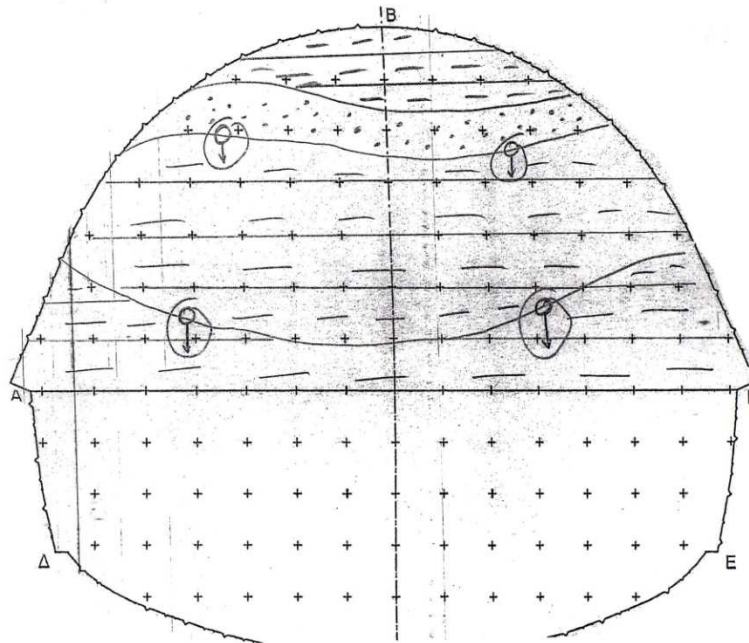
Μέτωπο Χ.Θ.70+831,55. Ο καθρέφτης καλύπτεται στα χαμηλά από συμπαγή τεφρή μάργα, ενώ στα ανώτερα στρώματα από εναλλαγές τεφρής-καστανής μάργας με χαλικώδεις προσμίξεις.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



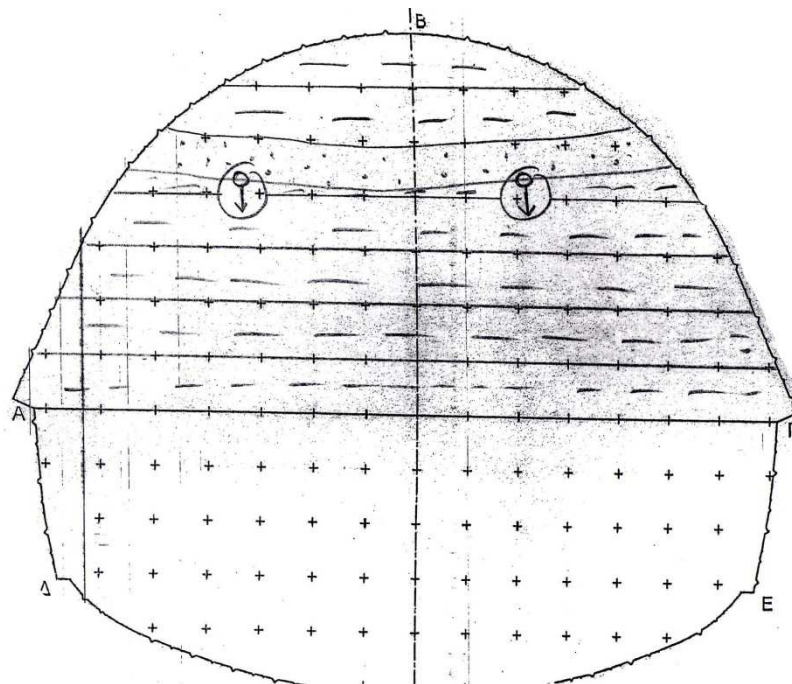
Μέτωπο Χ.Θ.70+839,55. Ο καθρέφτης καλύπτεται από εναλλαγές τεφρής-καστανής μάργας με χαλικώδεις προσμίξεις. Στην μέση παρεμβάλλεται μια στρώση συνεκτικού κροκαλοπαγούς.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



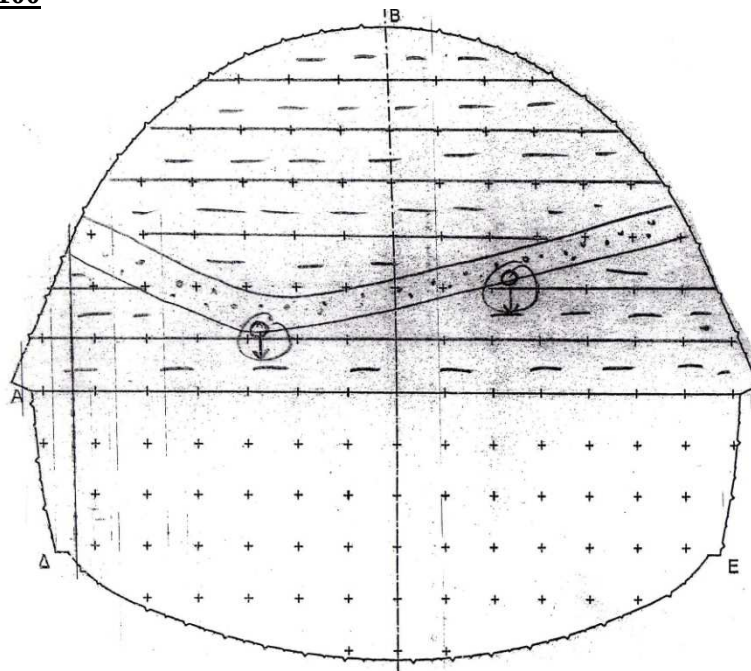
Μέτωπο Χ.Θ.70+842,55. Ο καθρέφτης καλύπτεται από εναλλαγές τεφρής-καστανής μάργας. Στα ανώτερα στρώματα παρεμβάλλεται μια στρώση χαλίκος.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



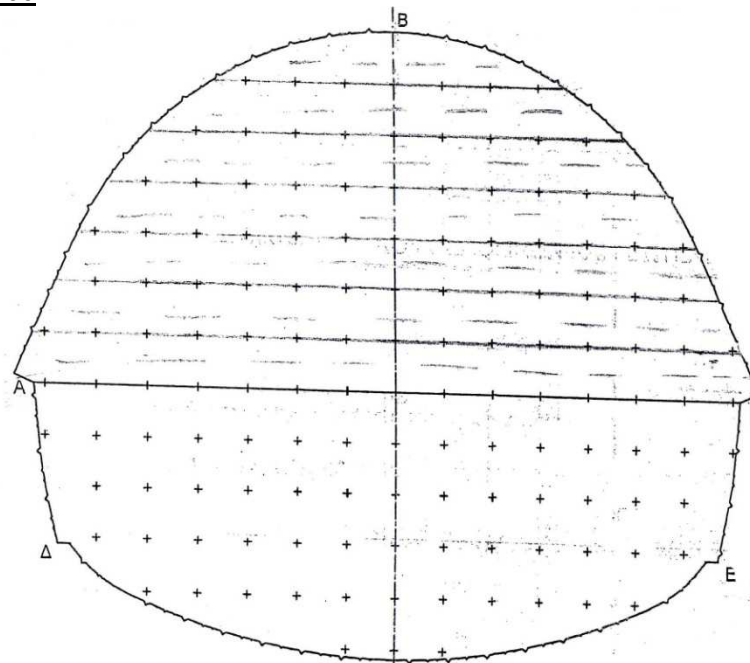
Μέτωπο Χ.Θ.70+851,05. Ο καθρέφτης καλύπτεται από μαργαϊκές εναλλαγές τεφρής-καστανής απόχρωσης. Εμφάνιση ενός στρώματος χαλίκος ανάμεσα στις εναλλαγές.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



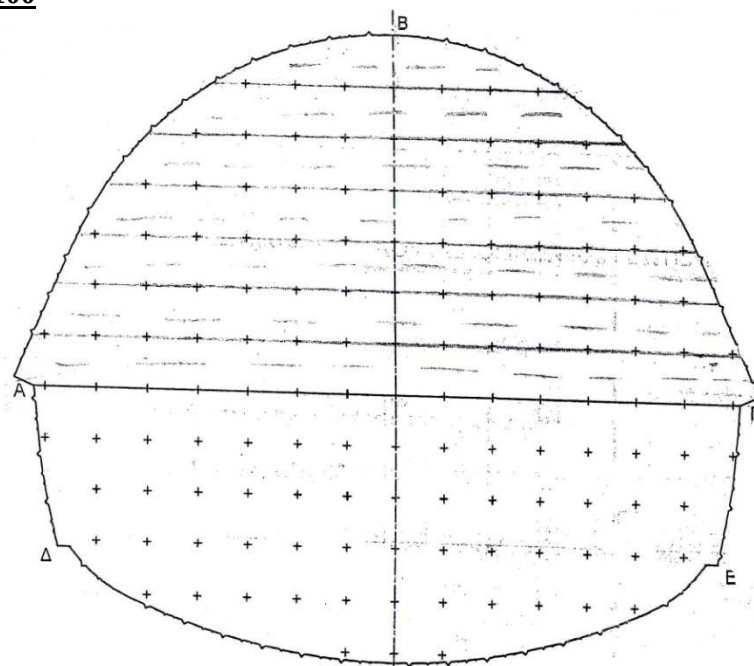
Μέτωπο Χ.Θ.70+859,80.Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Στρωματογραφικά παρεμβάλλεται μια στρώση χάλικος .

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



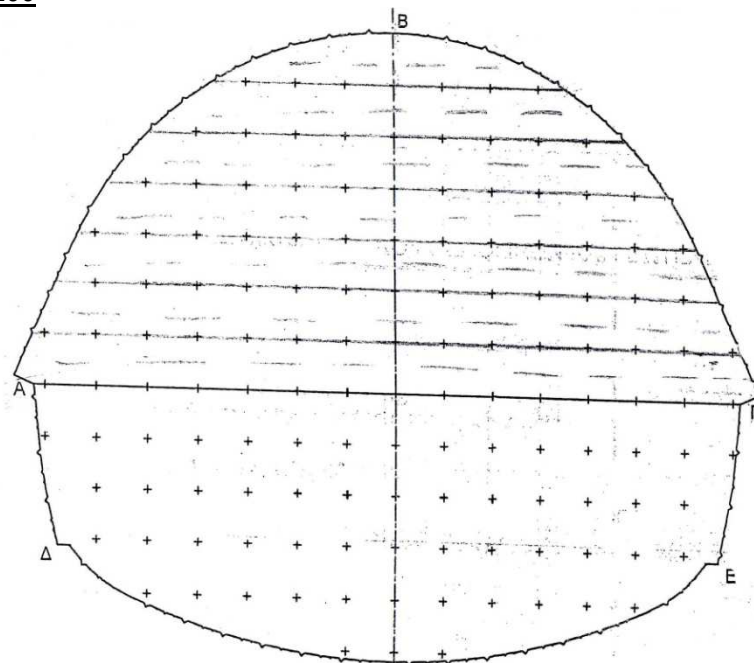
Μέτωπο Χ.Θ.70+878,55.Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Κατά τόπους προσμίξεις χάλικος.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



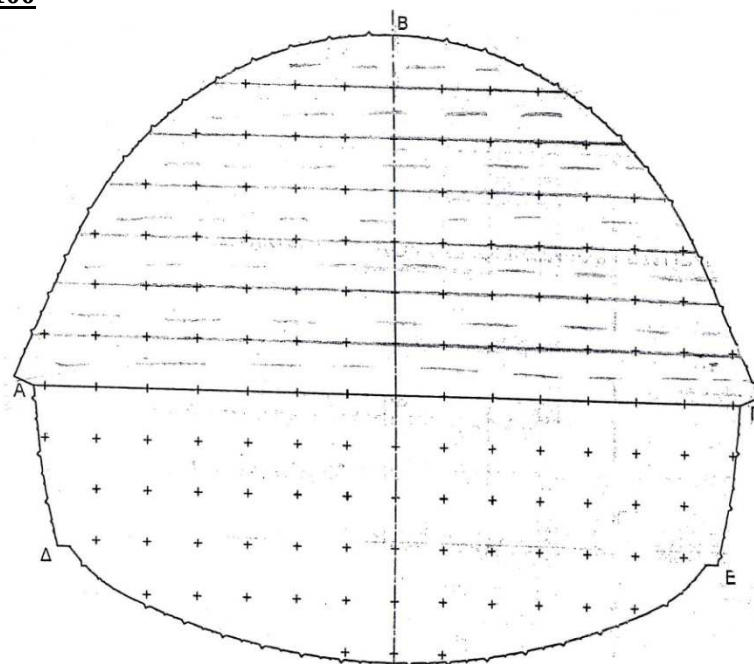
Μέτωπο Χ.Θ.70+889,80.Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Κατά τόπους προσμίξεις χάλικος.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



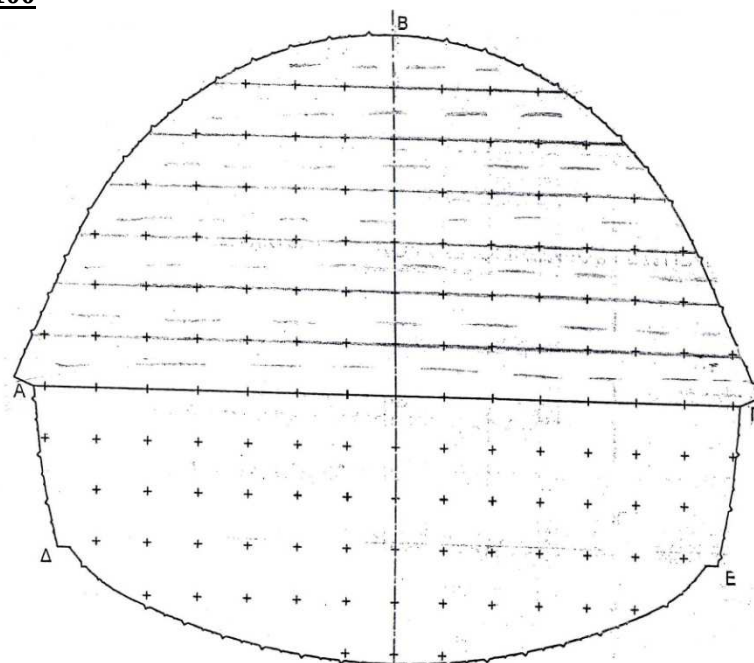
Μέτωπο Χ.Θ.70+901,05.Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



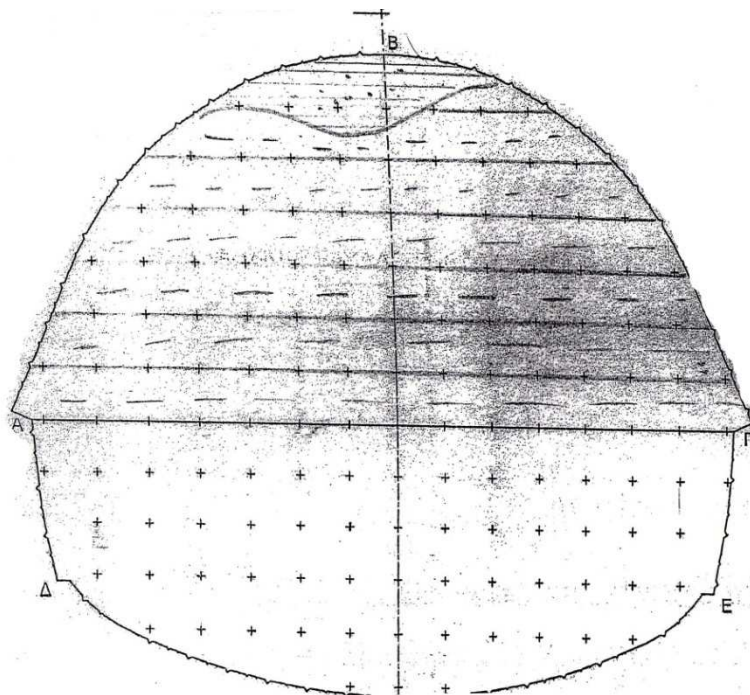
Μέτωπο Χ.Θ.70+912,30.Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα.

Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100

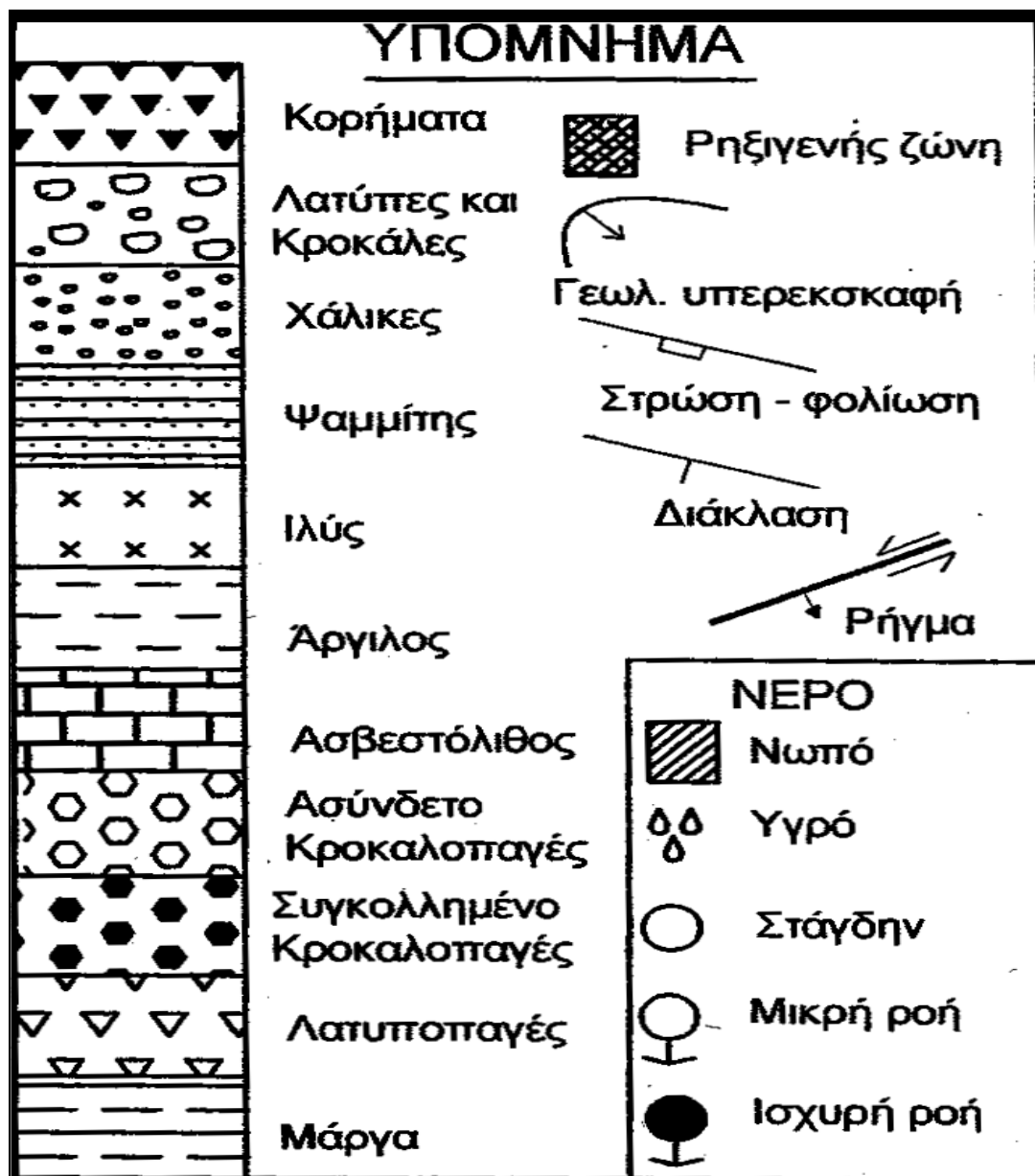


Μέτωπο Χ.Θ.70+926,05.Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα.

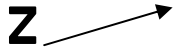
Α.ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ
ΚΛΙΜΑΚΑ 1:100



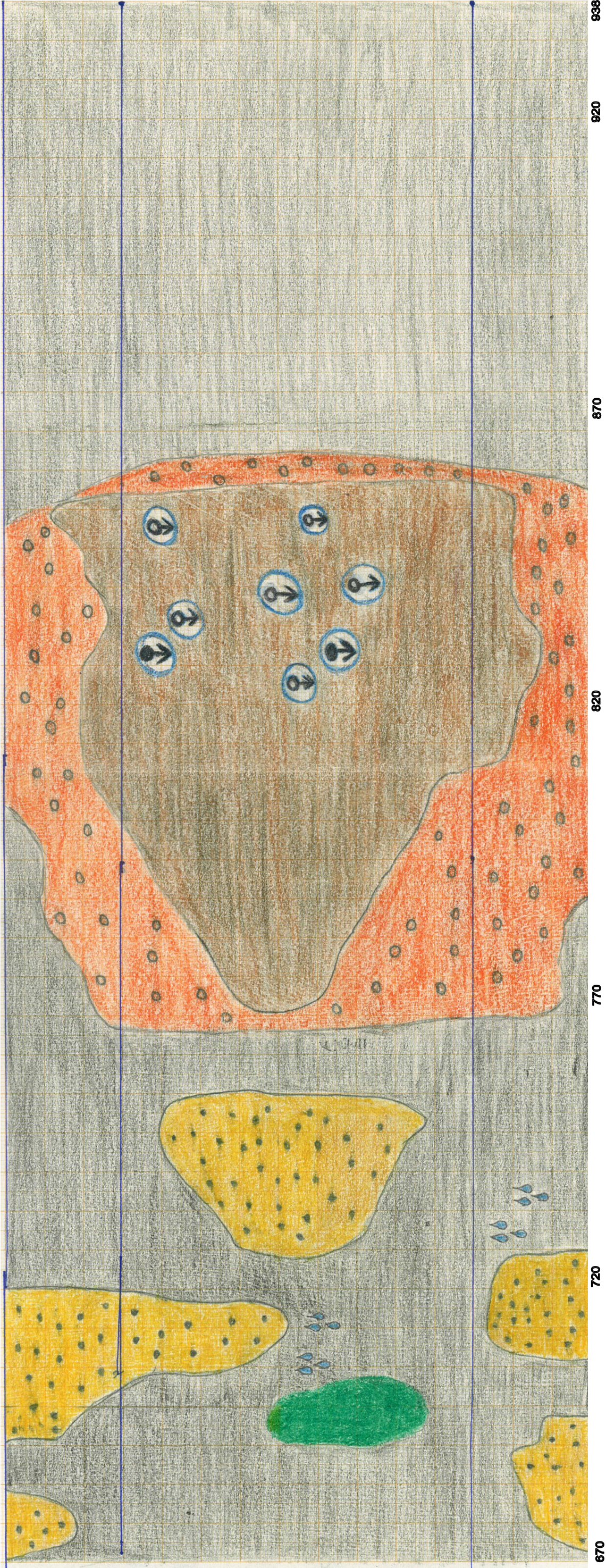
Μέτωπο Χ.Θ.70+938,55. Ο καθρέφτης καλύπτεται από τεφρή μάργα. Στον θόλο έχουμε εμφάνιση φακού καστανής μάργας με χαλικώδεις προσμίξεις



Υπόμνημα επεξήγησης συμβόλων που χρησιμοποιήθηκαν κατά την χαρτογράφηση των μετώπων εκσκαφής.



ΚΑΙΜΑΚΑ 1:675



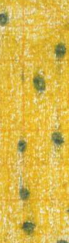
ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΤΕΦΡΗΣ-ΚΑΣΤΑΝΗΣ ΜΑΡΓΑΣ



ΣΥΝΕΚΤΙΚΟ ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΕΣ



ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ ΧΑΛΙΚΟΣ



ΤΕΦΡΗ ΜΑΡΓΑ



ΥΓΡΟ



ΙΣΧΥΡΗ ΡΟΗ



ΜΙΚΡΗ ΡΟΗ



ΖΩΝΗ ΑΠΟΣΘΡΩΣΗΣ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΣΗΡΑΓΓΑΣ



Χ.Θ 70+529,60 Καστανότεφρη Μάργα



Χ.Θ 70+849,60 Υδροφορία στην παρειά της σήραγγας



Χ.Θ 70+892,10 Τεφρή Μάργα



Χ.Θ 70+939,60 Εναλλαγές τεφρής με καστανής Μάργας



Χ.Θ 71+123,50 Καστανή μάργα με ενστρώσεις κροκαλοπαγών



Χ.Θ 71+361 Καστανή μάργα με παρουσία χαλίκων