

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΕΩΤΡΗΤΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΤΣΙΡΕΚΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΧΑΤΖΗΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΦΥΤΙΚΑΣ ΜΙΧΑΛΗΣ
ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5

ΜΕΡΟΣ Α

2.ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	
2.1 Ερευνητικές και παραγωγικές γεωθερμικές γεωτρήσεις.....	5
2.2 Γεωθερμικά γεωτρητικά συγκροτήματα.....	6
2.3 Παραγωγικές γεωτρήσεις χαμηλής ενθαλπίας(θερμοκρασίας).....	6
2.3.1 Διάτρηση-κατασκευή	6
2.3.2 Ανάπτυξη-άντληση γεωθερμικών γεωτρήσεων.....	8
2.3.3 Ειδικός εξοπλισμός γεωθερμικών γεωτρήσεων	9
2.4 Κόστος γεωθερμικών γεωτρήσεων	10
3.ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΤΑ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΜΗΣ ΝΟΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	
3.1 Εισαγωγή-Γενικά.....	11
3.2 Γεωλογία-Τεκτονική.....	12
3.3 Περιγραφή γεωτρητικών αποτελεσμάτων.....	15
3.4 Γεωχημεία.....	19
3.5 Δοκιμές παραγωγής	27
3.6 Θερμοδυναμική ανάλυση γεωθερμικού ρευστού.....	27

ΜΕΡΟΣ Β

4.ΠΥΡΗΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	
4.1 Γενικά.....	29
4.2 Χαλαρά και σκληρά πετρώματα.....	30
4.3 Δειγματοληπτικά γεωτρύπανα.....	30
4.4 Είδη γεωτρυπάνων.....	32
4.5 Το δειγματοληπτικό γεωτρύπανο και οι λειτουργίες του.....	34
4.6 Διατρητική στήλη.....	34
4.7 Εξοπλισμός δειγματοληπτικού γεωτρυπάνου.....	36
4.7.1 Γενικά.....	36
4.7.2 Κοπτικό άκρο και φρέζες διάτρησης.....	37
4.7.3 Καροταρίες και δειγματολήπτες.....	41
4.8 Στελέχη της διατρητικής στήλης.....	44
4.8.1 Στελέχη-Σύνδεσμοι-Συστολικά τεμάχια.....	44
4.8.2 Σωλήνες προσωρινής σωλήνωσης.....	45
4.8.3 Ειδικά εξαρτήματα.....	46
4.8.4 Αντλία νερού.....	47
4.9 Τεχνική των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων.....	48
4.10 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων.....	48
4.11 Ταξινόμηση των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων.....	49
4.12 Πυρηνοληψία.....	50
4.12.1 Τεχνική πυρηνοληψίας.....	50

5.ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ-ΠΥΡΗΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ	
5.1 Εισαγωγή.....	52
5.1.1 Αντικείμενο-σκοπός των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και της γεωτεχνικής έρευνας	52
5.1.2 Θέση έργου.....	53
5.2 Γεωμορφολογικές συνθήκες.....	53
5.3 Τεχνικογεωλογικές συνθήκες ευρύτερης κ άμεσης περιοχής.....	55
5.3.1 Γενικά.....	55
5.3.2 Λιθολογικοί τύποι.....	55
5.3.2.1 Περιγραφή των λιθολογικών τύπων.....	55
5.4 Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις.....	58
5.4.1 Εργασίες υπαίθρου.....	58
5.4.1.1 Γεωτρήσεις-οργάνωση εργοταξίου.....	58
5.4.1.2 Θέσεις γεωτρήσεων.....	58
5.4.1.3 Θέσεις και τύπος δειγματοληψίας	59
5.4.1.4 Διάκριση στρωμάτων.....	60
5.4.1.5 Δοκιμές προτύπου διεισδύσεως(S.P.T.).....	60
5.5 Συμπληρωματικές εργασίες	71
5.5.1 Υδρογεωλογικές-Υδρολιθολογικές συνθήκες.....	71
5.5.1.1 Υδρολιθολογική ταξινόμηση των σχηματισμών.....	71
5.5.1.2 Υδρογεωλογία της περιοχής.....	72
5.5.2 Δοκιμές υδροπερατότητας	72
6.ΔΟΚΙΜΕΣ	
6.1 Γενικά.....	75
6.2 Δοκιμές πεδίου.....	75
6.2.1 Πρότυπη δοκιμή διείσδυσης.....	75
6.2.2. Δοκιμές μέσα στη γεώτρηση.....	78
Παράρτημα φωτογραφιών.....	85
Μέρος Α.....	85
Μέρος Β.....	95
Βιβλιογραφία.....	101

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική έχει τίτλο <<Τεχνική Γεωτρήσεων και Παραδείγματα Γεωτρήσεων Γεωθερμίας και Γεωτεχνικών – Πυρηνοληπτικών Γεωτρήσεων>> και εκπονήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του Γεωλογικού Τμήματος, του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Για την άρτια παρουσίαση της συνέβαλαν η εταιρία <<ΓΕΩΕΡΕΥΝΑ ΟΕ>>, ο κος Αθανάσιος Τσιρέκας ανάδοχος του έργου <<Ερευνητικές-Δειγματοληπτικές Γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίοι>> καθώς και το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) .

Ευχαριστούμε την εταιρία <<ΓΕΩΕΡΕΥΝΑ ΟΕ>> για τη φιλοξενία που μας παρείχε κατά την παρακολούθηση της γεωθερμικής γεώτρησης , και ιδιαίτερα τον κ. Β. Παπαευαγγέλου για τη συμβολή του στην ερμηνεία των στοιχείων που συλλέξαμε.

Επίσης, ευχαριστούμε τον κ. Αθανάσιο Τσιρέκα ανάδοχο του έργου <<Ερευνητικές-Δειγματοληπτικές Γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίοι>> για τη φιλοξενία που μας παρείχε κατά την παρακολούθηση των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων καθώς τη βοήθεια του για την ερμηνεία των στοιχείων που συλλέξαμε.

Ευχαριστούμε το Ινστιτούτο Γεωλογικών και μεταλλευτικών ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) και ιδιαίτερα τον κ. Κολιό Νικόλαο για την παραχώρηση πολύτιμων στοιχείων σχετικά με τη γεωθερμική γεώτρηση στη Θέρμη.

Τέλος, ευχαριστούμε ιδιαίτερα τους υπεύθυνους καθηγητές κ. Φυτίκα Μιχαήλ και κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο που με την πείρα και τις γνώσεις τους μας καθοδήγησαν και έκαναν όλες τις απαραίτητες διορθώσεις.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωλογική επιστήμη ασχολείται τόσο με την επιφάνεια της γης όσο και με το εσωτερικό της. Βασικό εργαλείο για τη μελέτη του εσωτερικού της γης αποτελούν οι γεωτρήσεις. Αυτές γίνονται με διάτρηση, δηλαδή με διάνοιξη κυλινδρικών οπών στο έδαφος, ξεκινώντας από την επιφάνεια μέχρι το επιθυμητό βάθος.

2.ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Οι γεωθερμικές γεωτρήσεις αποτελούν μια ιδιαίτερη κατηγορία και απαιτούν ειδική τεχνική, η οποία διαφέρει αρκετά από εκείνη που χρησιμοποιείται σε άλλες συγγενικές γεωτρήσεις.

Οι γεωτρήσεις χαμηλής ενθαλπίας (μέχρι 100 °C) διαφοροποιούνται από τις υδρογεωτρήσεις, κυρίως εξαιτίας της μικρής ή μεγαλύτερης διαφοράς θερμοκρασίας, της χημικής σύστασης των ρευστών (που είναι συνήθως περισσότερο έως πολύ αλατούχα) και της περιεκτικότητας σε μη συμπυκνούμενα αέρια (συνήθως CO₂).

Στις γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας (180-400 °C) επικρατούν πολύ διαφορετικές και πολύ πιο δύσκολες συνθήκες, σε σχέση με τις υδρογεωτρήσεις και πλησιάζουν περισσότερο σε εκείνες των γεωτρήσεων υδρογονανθράκων. Στις γεωτρήσεις μέσης ενθαλπίας (100-180 °C) οι συνθήκες είναι ενδιάμεσες.

2.1 Ερευνητικές και παραγωγικές γεωθερμικές γεωτρήσεις

Οι γεωθερμικές γεωτρήσεις διακρίνονται σε ερευνητικές και παραγωγικές. Οι ερευνητικές είναι κυρίως στρωματογραφικές, θερμομετρικές και πιεζομετρικές ενώ οι παραγωγικές γίνονται για την αξιολόγηση του γεωθερμικού πεδίου αλλά και την εκμετάλλευσή του.

Με τις παραγωγικές γεωτρήσεις επιβεβαιώνεται η ύπαρξη των ταμειωτήρων και προσδιορίζονται οι παράμετροι τους, τα φυσικο-χημικά χαρακτηριστικά των ρευστών, οι υδροδυναμικές και θερμοδυναμικές παράμετροι του πεδίου, υπολογίζονται τα αποθέματα του <<κοιτάσματος>>, προσδιορίζεται η επιβαλλόμενη πυκνότητα των γεωτρήσεων και σχεδιάζεται και υλοποιείται η εκμετάλλευσή. Η θέση των παραγωγικών γεωτρήσεων επιλέγεται σε απόσταση 20-50 m από τις ερευνητικές γεωτρήσεις .

2.2 Γεωθερμικά γεωτρητικά συγκροτήματα

Τα ερευνητικά γεωτρύπανα γεωθερμίας είναι κοινά περιστροφικά, ελαφρού έως βαρέος τύπου, και κάνουν γεωτρήσεις μέχρι το βάθος των 800 m με τελική διάμετρο 3-4'', και σωληνώνονται με 2''.

Εκτός από τα περιστροφικά μπορεί να χρησιμοποιηθούν και κρουστικά γεωτρύπανα.

Οι πιεζομετρικές γεωτρήσεις έχουν διάμετρο 4-5'' και σωλήνες 2'', με ή χωρίς χάλικες. Οι θερμομετρήσεις γίνονται μέσα στις σωλήνες που έχουν πληρωθεί ή όχι με λάσπη. Προβλήματα δημιουργούνται στην περίπτωση αρτεσιανής ροής μεγάλων θερμοκρασιών και παρουσίας διαβρωτικών αερίων.

Τα παραγωγικά γεωτρύπανα διακρίνονται σε δυο κύριες κατηγορίες : εκείνα των ρευστών χαμηλής θερμοκρασίας (μέχρι 100 °C) και αυτά των μέσης και υψηλής (100-400 °C).

Στην κατηγορία των ρευστών χαμηλής θερμοκρασίας μπορεί να χρησιμοποιηθούν :

- κοινά γεωτρύπανα υδρογεωτρήσεων, για γεωτρήσεις βάθους μέχρι 500 m
- υδρογεωτρύπανα βαρέος τύπου, με κατάλληλες προδιαγραφές ή γεωτρύπανα υδρογονανθράκων ελαφρού τύπου για γεωτρήσεις βάθους 500-1000 m
- γεωτρύπανα πετρελαίου διαφόρων τύπων με διάφορες ανάλογες προσαρμογές για μεγαλύτερα βάθη.

Στις παραγωγικές γεωτρήσεις μέσης και υψηλής θερμοκρασίας που συνήθως ξεπερνούν τα 500 m και φθάνουν μέχρι και 3000 m απαιτούνται γεωτρύπανα πετρελαίου με ειδικές προσαρμογές στις γεωθερμικές συνθήκες .

2.3 Παραγωγικές γεωτρήσεις χαμηλής ενθαλπίας (θερμοκρασίας).

2.3.1 Διάτρηση-κατασκευή

Η ανόρυξη των γεωτρήσεων χαμηλής ενθαλπίας στους θερμούς υδροφόρους χωρίς σοβαρή πίεση ή παροχή γίνεται συνήθως με κυκλοφορία πολτού ή νερού ενώ στους υπό πίεση παραγωγικούς σχηματισμούς και με σημαντική παροχή χρησιμοποιείται ειδικός και αυξημένου ειδικού βάρους πολτός και ουδέποτε πεπιεσμένος αέρας.

Η συνεχής καταγραφή αλλά και οι θερμομετρήσεις κατά τακτά διαστήματα στο εσωτερικό της οπής, μαζί με τις μετρήσεις των χαρακτηριστικών της λάσπης και την ειδική εξέταση των τριμμάτων, είναι απαραίτητες εργασίες για όλους τους τύπους των παραγωγικών γεωθερμικών γεωτρήσεων.

Η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας της λάσπης σε συνδυασμό απώλεια κυκλοφορίας σημαίνει ότι η διάτρηση εισήλθε σε παραγωγικό γεωθερμικό σχηματισμό.

Η επιλογή των πιο καταλλήλων υλικών για τη μόνιμη σωλήνωση, εξαρτάται από το χημισμό, τη θερμοκρασία και τη συμπεριφορά των ρευστών και τις πιέσεις των θερμών παραγωγικών οριζόντων. Υπάρχουν αρκετές επιλογές σωλήνων, σε συνδυασμό με το κόστος : πλαστικοί PVC,σιδερένιοι, γαλβανισμένοι, χαλύβδινοι, (διαφόρων τύπων) με ή χωρίς ραφή, πλαστικοποιημένοι ή όχι, από ανοξείδωτο χάλυβα, από fiberglass,από τσιμέντο.

Οι γαλβανισμένοι διαβρώνονται με τον καιρό και χρειάζονται προσοχή στο πάχος και τη ραφή. Οι πλαστικοί δεν αντέχουν σε θερμοκρασίες άνω των 60 °C και σε υψηλές πιέσεις. Οι ανοξείδωτοι χαλύβδινοι (με τοιχώματα πάχους > 7 mm) έχουν τις μεγαλύτερες αντοχές στη διάβρωση και τη θερμοκρασία, αλλά και το μεγαλύτερο κόστος. Οι ειδικοί σωλήνες (πλαστικοποιημένοι, με αναστολές κλπ)προσφέρονται για προβληματικά ρευστά, κατά περίπτωση και μετά από ειδική μελέτη. Ο ανθρακούχος χάλυβας είναι τελικά το πιο κοινό και καλύτερα προσαρμοσμένο για τις γεωθερμικές γεωτρήσεις υλικό σωλήνων (ακόμα και για πολύ υψηλές θερμοκρασίες, στις οποίες όμως τα μέταλλα διαστέλλονται και γι' αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσεκτική τσιμέντωση.

Οι φιλτροσωλήνες πρέπει να έχουν ενεργό πορώδες τουλάχιστον 15% και συνήθως σχισμές (περιέλιξης, γεφυρωτές, οριζόντιες, κάθετες) διαστάσεων τουλάχιστον 1.5-3mm.

Οι διαστάσεις των οπών των φιλτροσωλήνων καθορίζεται από τη βέλτιστη ταχύτητα εισόδου των ρευστών ώστε να ελαχιστοποιείται η πτώση στάθμης λόγω απωλειών φορτίου, να μεγιστοποιείται η διάρκεια ζωής και να μειώνονται οι καθαλατώσεις.

Οι φιλτροσωλήνες πρέπει να καλύπτουν το 70-90% του παραγωγικού τμήματος της γεώτρησης, ενώ η διάμετρος τους εξαρτάται από την παροχή άντλησης και το πάχος. Η διάμετρος των <<τυφλών>> σωλήνων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της διφασικής ροής των γεωθερμικών ρευστών και μπορεί να είναι διαφορετική εκείνης των φιλτροσωλήνων .

Οι περιφραγματικές και οι υπόλοιπες τυφλές σωλήνες πρέπει να τσιμεντώνονται οπωσδήποτε. Η στήλη της σωλήνωσης που έχει και <<τυφλά>> και <<φίλτρα >> πρέπει να φθάνει μέχρι την επιφάνεια, αν η γεώτρηση χρειάζεται χαλίκωση. Αλλιώς η σωλήνωση γίνεται <<κρεμαστή>> κάτω από το τσιμεντωμένο σωληνωμένο τμήμα με απλούς φιλτροσωλήνες ή καλύτερα με φιλτροσωλήνες ενσωματωμένου άμμο-χαλικώδους μανδύα. Το παραγωγικό τμήμα της οπής, εφόσον δε δημιουργεί καταπτώσεις μπορεί να παραμείνει ασωλήνωτο οπότε αυξάνεται και η παροχή της γεώτρησης.

Συνιστάται η τοποθέτηση έως το κατάλληλο βάθος διπλού πιεζομετρικού σωλήνα 1'', ο ένας εκ των οποίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εισαγωγή ειδικού αντικαθαλωτικού υγρού.

Στους ιζηματογενείς κυρίως γεωθερμικούς παραγωγικούς ορίζοντες τοποθετείται κατάλληλο χαλικόφιλτρο ή ενσωματωμένος μανδύας, σε επιλεγμένα τμήματα. Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει να εξετασθεί η αντοχή της κόλλας στις θερμοκρασίες των σχηματισμών.

Η τσιμέντωση θεωρείται σε όλες τις γεωθερμικές γεωτρήσεις : α)για τη σίγουρη αντιμετώπιση του πολύ πιθανού αρτεσιανισμού, της αυξημένης μερικές φορές πίεσης και της αξιόλογης ή αυξημένης συνήθως θερμοκρασίας και β)για την απομόνωση των ενδεχομένων επιφανειακών κρύων ή υπόθερμων υδροφόρων . Γίνεται με ομοιόμορφη εισπίεση πολτού αναλογίας 1200 kg για κάθε m³ νερού από συγκεκριμένο κατά περίπτωση βάθος προς την κεφαλή. Όταν αυτό είναι δύσκολο θα πρέπει να σχεδιαστεί η πολυσταδιακή τσιμέντωση, να προετοιμασθεί – καθαριστεί η γεώτρηση και να απομακρυνθούν οι παχείς πλακούντες ώστε να υπάρχει στενή επαφή τσιμέντου με τους σωλήνες και τους γεωλογικούς σχηματισμούς.

2.3.2 Ανάπτυξη-άντληση γεωθερμικών γεωτρήσεων

Η ανάπτυξη των γεωθερμικών γεωτρήσεων χαμηλής ενθαλπίας γίνεται με εκτοξεύσεως νερού ή αέρα, που λειτουργεί με αυξομειούμενη παροχή και συνεχή μετατόπιση του εκτοξευτήρα σε όλο το μήκος των φιλτροσωλήνων. Υπάρχουν βέβαια και άλλες μέθοδοι, όπως ο εμβολιασμός, το διπλό packer, κ.λ.π.

Ο κίνδυνος να ενεργοποιηθεί αυτόματα η παραγωγή των γεωθερμικών γεωτρήσεων, όταν έχουν ορίζοντες υπό πίεση, αντιμετωπίζεται με τον ειδικό αντiekρηκτικό μηχανισμό ασφαλείας

(B.O.P/στην κεφαλή. Η πρόβλεψη τοποθέτησης κεφαλής σε σχήμα <<T>> και βανών ασφαλείας, για ελεγχόμενη πλευρική έξοδο των ρευστών, είναι απαραίτητη.

Η άντληση των γεωθερμικών γεωτρήσεων γίνεται με ειδικό συγκρότημα, ικανό να αντιμετωπίσει τις σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι, χρησιμοποιούνται ελαιολιπαντές (για την ψύξη) στροβιλοφόρες ή υποβρύχιες ηλεκτρικές αντλίες ειδικών προδιαγραφών. Κατά την άντληση των αρτεσιανών γεωτρήσεων, το βάθος τοποθέτησης του αντλιακού συγκροτήματος πρέπει να είναι κάτω από το επίπεδο της φουσαλίδας, στο οποίο απελευθερώνονται τα διαλυμένα στο νερό αέρια (κυρίως το CO₂).

Για αντλήσεις γεωτρήσεων με έντονο αρτεσιανό, δε χρειάζονται αντλίες αλλά ειδικοί σωλήνες (τυφλοί η μετά την κεφαλή).

Κατά την κατασκευή, αλλά κυρίως μετά την ολοκλήρωση των γεωτρήσεων, πρέπει να γίνονται μετρήσεις θερμοκρασίας, πίεσης και παροχής ως και δειγματοληψία και ποσοτική ανάλυση των δυο φάσεων ρευστού, των υδραυλικών χαρακτηριστικών του ταμιευτήρα, κ.λ.π.

Οι θερμομετρήσεις γίνονται κατά τη διάτρηση (σε ορισμένες φάσεις), μέσα στη γεώτρηση αλλά και στον πολτό κυκλοφορίας (θερμοκρασία εισόδου – εξόδου) και κυρίως μετά την αποπεράτωση, με τη γεώτρηση κλειστή αλλά σε λειτουργία. Σε αρτεσιανές γεωτρήσεις, χρειάζεται ειδικό εξάρτημα για τις θερμομετρήσεις, ώστε να εξασφαλιστούν μετρήσεις σε συνθήκες <<μη κίνησης>> των ρευστών.

Οι πιέσεις μετρούνται στον ταμιευτήρα αλλά και στην κεφαλή (κατά τη λειτουργία η όχι της γεώτρησης). Χρειάζονται επίσης δοκιμές εισπίεσης.

Οι παροχές, όταν έχουμε μόνο νερό, μετρούνται όπως στις υδρογεωτρήσεις. Στις διφασικές ροές χρειάζεται και διαχωρισμός φάσεων, οπότε μετρούνται ποσοτικά και ποιοτικά οι δυο φάσεις, πράγμα απαραίτητο για τη σωστή αξιοποίηση τους, αλλά και το σχεδιασμό των συστημάτων μεταφοράς, εναλλαγής, αποφυγής καθαλατώσεων, διάβρωσης κ.λ.π.

2.3.3. Ειδικός εξοπλισμός γεωθερμικών γεωτρήσεων

Για τις γεωθερμικές γεωτρήσεις χρειάζεται ειδικός εξοπλισμός, εξ' αιτίας κυρίως των πιέσεων, της διφασικότητας των ρευστών (νερά και αέρια, συνήθως CO₂ αλλά και H₂S, CH₄, N₂, που απελευθερώνονται) και των θερμοκρασιών. Το προσωπικό που υπηρετεί τα γεωτρήματα, πρέπει να προστατεύεται και να λαμβάνονται προληπτικά, κατάλληλα μέτρα.

Χρειάζεται συνήθως αντiekρηκτικός μηχανισμός ασφαλείας (B.O.P. ή B.O.P.E.) που τοποθετείται στη κεφαλή της γεώτρησης και αποτελείται από σύστημα βαλβίδων, εμβόλων, packers, περιστρεφόμενων κεφαλών κ.λ.π.

Η κεφαλή των γεωτρήσεων χαμηλής ενθαλπίας μπορεί να έχει ένα απλοποιημένο σύστημα B.O.P. σαν αυτό που σχεδιάστηκε από το ΙΓΜΕ.

Σε γεωτρήσεις με αυξημένο H_2S , χρειάζεται να τοποθετηθεί και ανιχνευτής υδρόθειου, που συνδέεται με σύστημα συναγερμού. Επίσης, χρειάζονται ανεμοδείκτης και προστατευτικές συσκευές – ενδύματα για το προσωπικό, και φυσικά κατάλληλη εκπαίδευση. Η κεφαλή της γεώτρησης χρειάζεται μια σειρά από βάνες, μανόμετρα, θερμόμετρα, σημεία δειγματοληψίας κ.λ.π.

Κατά τη διάτρηση, θα πρέπει να υπάρχει βαλβίδα αντεπιστροφής και στο τέλος της διατρητικής στήλης και λίγο πριν το κοπτικό άκρο, για να αποφευχθεί η διαφύγει γεωθερμικών ρευστών κατά την αλλαγή των στελεχών, αλλά και για ενδεχόμενα βουλώματα κ.λ.π.

Απαραίτητη επίσης, για την ασφάλεια του χειριστή κατά τη διάτρηση, είναι η κατασκευή εξέδρας ύψους 1-2m, πάνω στην οποία θα εργάζεται.

2.4. Κόστος γεωθερμικών γεωτρήσεων

Το κόστος των γεωτρήσεων εξαρτάται κυρίως από το βάθος, αλλά και από ένα πλήθος άλλων παραγόντων : διάμετρο, σωληνώσεις, πετρώματα, φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ρευστών, διαβρωτικότητα τους, κ.λ.π..

Με τιμές 1990, οι παραγωγικές γεωτρήσεις (με τις σωληνώσεις τους), βάθους μέχρι 500m, κοστίζουν από 30 έως 100 ευρώ/μέτρο (για τα τελευταία 150m).

Οι παραγωγικές γεωτρήσεις γεωθερμίας είναι γενικά ακριβότερες από εκείνες των υδρογονανθράκων. Το κόστος ανά μέτρο φτάνει τη μέγιστη τιμή του μέχρι το βάθος του παραγωγικού ορίζοντα, και μετά ελαττώνεται, γιατί η διάτρηση, από εκεί και κάτω, γίνεται πιο γρήγορα και δε χρειάζεται τσιμέντωση και πλήρη σωλήνωση.

Το κόστος επηρεάζεται φυσικά και από το χρόνο που διατίθεται για τη διάτρηση, τις συμπληρωματικές εργασίες, την εισκόμιση – αποκόμιση του γεωτρητικού συγκροτήματος κ.λ.π. Ο μέσος όρος του χρόνου είναι $t = \alpha + \beta D$, όπου t = χρόνος (σε ημέρες), D = βάθος (σε m), α = χρόνος εισκόμισης – αποκόμισης + δοκιμές παραγωγής (σε ημέρες) και β = μέσος όρος της προχώρησης (σε

ημέρες/μέτρα). Κατά μέσο όρο το 85% του χρόνου διατίθεται για τη διάτρηση κ.λ.π., 6% για τις αλιεύσεις, 4% για τις μετρήσεις και 4% για τη συντήρηση. Στη διάτρηση περιλαμβάνεται και η συναρμολόγηση και αποσυναρμολόγηση του γεωτρύπανου, οι διάφορες διακοπές και οι δοκιμές παραγωγής.

Η κατανομή των δαπανών ενός ερευνητικού γεωθερμικού γεωτρητικού συνεργείου του ΙΓΜΕ, για γεωτρήσεις βάθους μέχρι 600m, τελικής διαμέτρου 4'', με τυφλή σωλήνωση 2'', δειγματοληψία με τρίμματα και ελάχιστες πυρηνοληψίες, πολύ κυκλοφορίας με μπετονίτη, με μέση απόδοση 13.50 μέτρα/ημέρα, κατανεμήθηκε κατά είδος δαπάνης ως εξής: μισθοδοσία προσωπικού 58.2%, υλικά αναλώσιμα 15.8%, ανταλλακτικά 2.0%, μεταφορικά 1.0%, παροχή υπηρεσιών 3.8%, αποσβέσεις 10.1% και γενικά έξοδα 9.1%.

Ο χρόνος κατανεμήθηκε ως εξής: διάτρηση 62%, σωλήνωση 10%, συντήρηση-επισκευή 6%, εισκόμηση-αποκόμιση 9%, προβλήματα γεωτρήσεων 10%, διάφορα 3%.

3.ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΤΑ ΟΡΙΑ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΜΗΣ ΝΟΜΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

3.1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΓΕΝΙΚΑ

Το τμήμα γεωθερμίας του ΙΓΜΕ ανέλαβε την επίβλεψη κατασκευής γεωθερμικής γεώτρησης έρευνας παραγωγής του Δήμου Θέρμης.

Το σημείο ανόρυξης της συγκεκριμένης γεώτρησης υποδείχθηκε από ιδιώτη μελετητή, ύστερα από περιβαλλοντική μελέτη εγκεκριμένη από τη ΔΙ.ΠΕ.ΧΩ.Κ.Μ.

Η θέση της γεώτρησης βρίσκεται στο υπ' αριθμ. 2 αγροτεμάχιο του αγροκτήματος Ταγαράδων του Δήμου Θέρμης (βλ. τοπογραφικό χάρτη).

Η κατασκευή της γεώτρησης ξεκίνησε στις 7-5-07 και αποπερατώθηκε στις 21-7-07 με την ολοκλήρωση των δοκιμών παραγωγής.

Σε γενικές γραμμές η γεώτρηση κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές που ετέθησαν με βάση τη μελέτη 274/2006 που υπογράφει ο Μ.Η. Αθαν. ΜΕΛΑΣ.

Το ΙΓΜΕ σ' αυτή τη φάση είχε την επίβλεψη στην κατασκευή και την καθοδήγηση του γεωτρητικού συνεργείου, έτσι ώστε να αποφευχθούν τυχόν λάθη ή παραλείψεις, να αποκτηθούν όλα τα γεωλογικά δεδομένα κατά την διάτρηση των γεωλογικών σχηματισμών, να παρακολουθείται η μεταβολή της θερμοκρασίας με το βάθος, να εντοπισθούν οι υδροφορείς, να αποφασισθεί το

βάθος της πρώτης σωλήνωσης καθώς και η αξιολόγηση των διατριθέντων σχηματισμών και η επιλογή της δεύτερης σωλήνωσης.

Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση της γεώτρησης πραγματοποιήθηκε η πλήση, ανάπτυξη, προάντληση και συστηματική άντληση της γεώτρησης και το σύνολο των εργασιών υπαίθρου ολοκληρώθηκε στις 21-7-07.

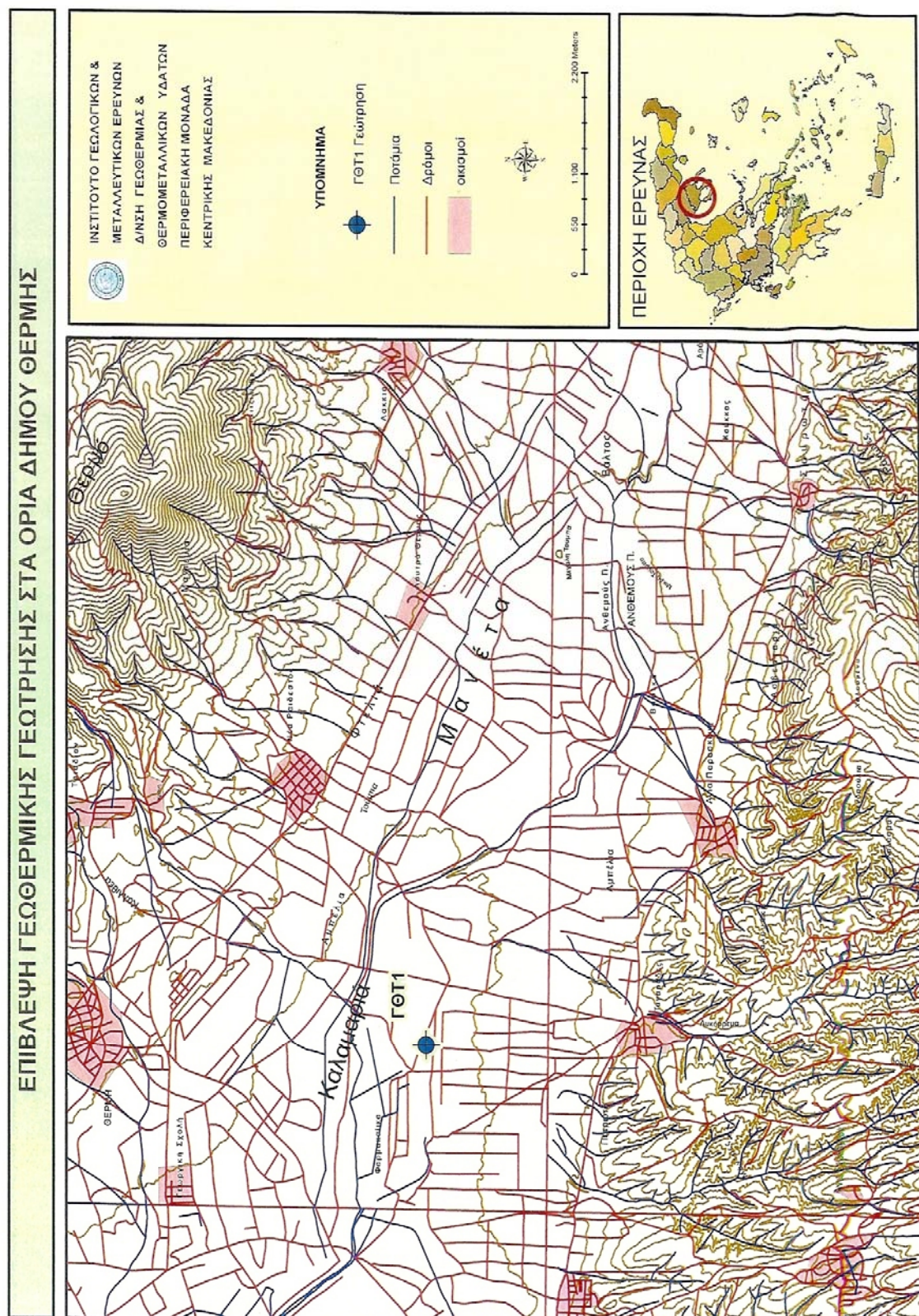
3.2.ΓΕΩΛΟΓΙΑ – ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η λεκάνη Ανθεμούντα αποτελεί προέκταση της ευρύτερης λεκάνης της Θεσσαλονίκης. Γεωτεκτονικά το ΝΔ της τμήμα ανήκει στη ζώνη του Αξιού (Παιονία) και το ΒΑ στην Περιροδοπική Ζώνη (ενότητα Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη).

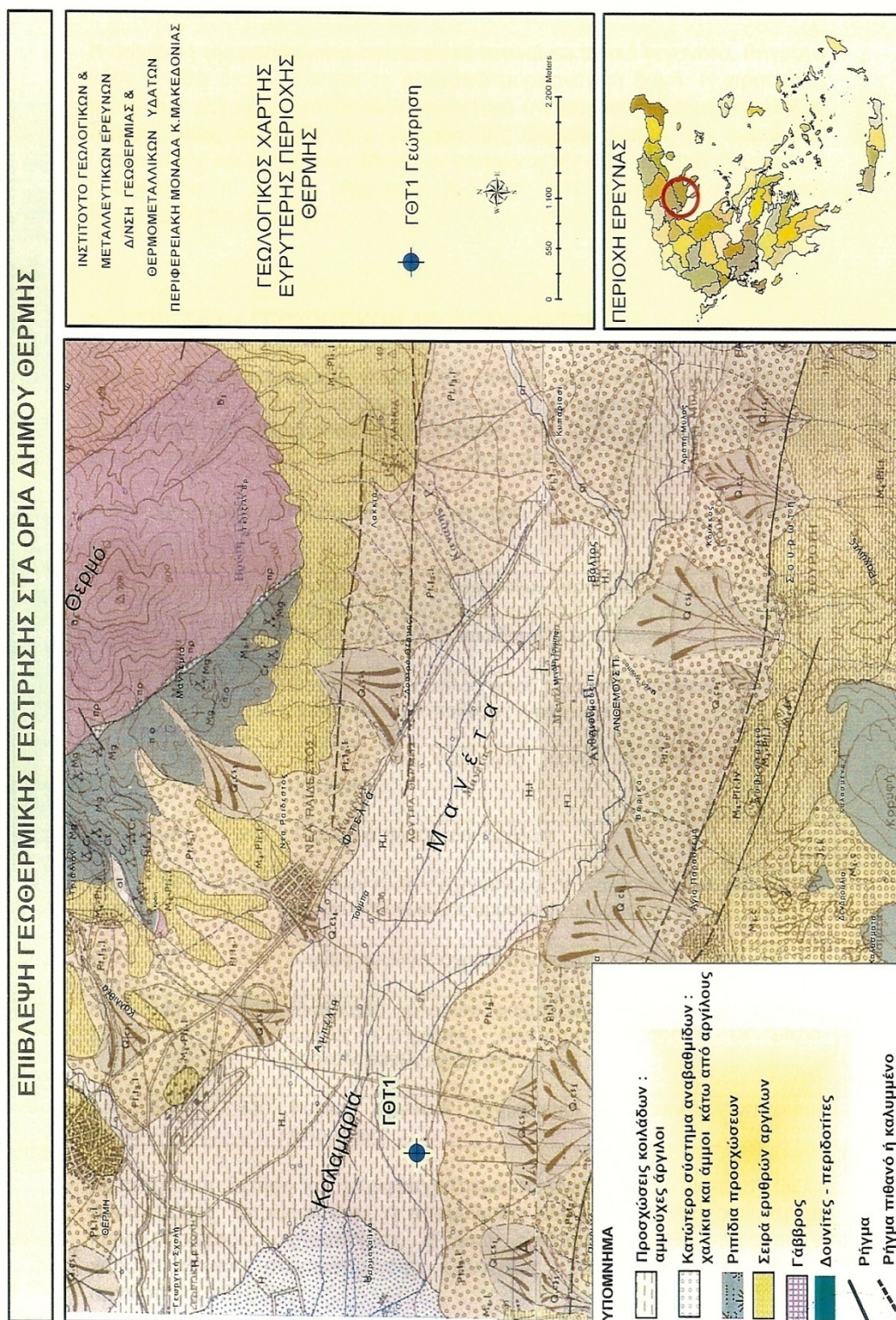
Η λεκάνη του Ανθεμούντα αποτελεί ένα σχετικά πρόσφατο τεκτονικό βύθισμα (Ολιγόκαινο).

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που παρατηρούνται στην περιοχή (βλ. γεωλογικό χάρτη) διακρίνονται σε προ-τριτογενείς και κατέχουν τα πρηνή και το υπόβαθρο της λεκάνης και τους μετά-τριτογενείς (νεογενείς – τεταρτογενείς) και καλύπτουν το πεδινό τμήμα της λεκάνης.

Η σημερινή της μορφολογία οφείλεται σε τοπικά τεκτονικά γεγονότα. Ρήγματα ΑΝΑ-ΔΒΔ διαμορφώνουν τη σημερινή μορφολογική δομή. Η πρόσφατη ηλικία των ρηγμάτων υποδηλώνεται και από την παρουσία θερμομεταλλικών πηγών, όπως οι πηγές των λουτρών της Θέρμης, καθώς και της Αγίας Παρασκευής και Σουρωτής. Μετά την πλήρωση της λεκάνης από ιζήματα του Πλειόκαινου η δράση ρηγμάτων Α-Δ και Β-Ν συνέβαλε στην τελική μορφολογία της λεκάνης.



Σχήμα 1. Θέση ανόρυξης της γεωθερμικής γεώτρησης (από ΙΓΜΕ, 2007)



Σχήμα 2. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής (Από ΙΓΜΕ, 2007)

3.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΕΩΤΡΗΤΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στόχος της συγκεκριμένης γεώτρησης είναι η διερεύνηση των βαθύτερων υδροφορέων που παρουσιάζουν υψηλότερες θερμοκρασίες, για το λόγο αυτό η γεώτρηση θα έπρεπε να κατασκευαστεί έτσι ώστε να απομονωθούν οι επιφανειακές κρύοι ως επί το πλείστον υδροφορείς.

Η στρωματογραφική στήλη αναλύεται ως εξής:

Από 0-72 μέτρα	Εναλλαγές ποταμοχερσαίων προσχώσεων αποτελούμενες κυρίως από άμμους και αργίλους, τοπικά στο διάστημα 45- 51 μέτρων εντοπίζεται υδροφόρος ορίζοντας
Από 72-91 μέτρα	Οργανογενής άργιλος φαιού χρώματος, πρόκειται για λιμναίο περιβάλλον με αποθέσεις τυρφοχωμάτων.
Από 91-138 μέτρα	Παρατηρούνται εναλλαγές μάργων και γκρίζων αργιλικών οριζόντων
Από 138-204 μέτρα	Κυριαρχία πλαστικών αργίλων
Από 204-270 μέτρα	Αργιτικοί κυρίως σχηματισμοί σε εναλλαγές με αμμούχους και τοπικά αδρόκοκκους άμμους με υδροφορία
Από 270-340 μέτρα	Κυρίως αργιτικοί σχηματισμοί με ασβεστιτικά συγκρίματα
Από 340-544 μέτρα	Εναλλαγές χαλαρών ψαμμιτικών οριζόντων με αργιλικές κυρίως ενστρώσεις, διάσπαρτη υδροφορία σε μικρο- κροκαλοπαγείς ορίζοντες
Από 544-610 μέτρα	Κυρίως αργιτικοί σχηματισμοί με τοπικές ενστρώσεις ψαμμιτών

Πρίν από τη διαδικασία της διάτρησης είναι απαραίτητο να γίνουν κάποιες εργασίες γύρω από το χώρο της γεώτρησης οι οποίες θα εξασφαλίζουν τις κατάλληλες συνθήκες για την γρήγορη και ομαλή ολοκλήρωση της υδρογεώτρησης.

Ένα σκέλος αυτών των εργασιών είναι η διάνοιξη δυο λάκκων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και κυκλοφορία του πολτού κυκλοφορίας. Έγινε επίσης διάνοιξη ενός αυλακιού που συνδέει το σημείο που θα γίνει η διάτρηση με τον πλησιέστερο με αυτή λάκκο καθώς και η διάνοιξη ενός αυλακιού που συνδέει τους δύο λάκκους. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε κατάλληλο σκαπτικό μηχάνημα το οποίο διάνοιξε τους δυο λάκκους.

Η κυκλοφορία είναι κανονική, δηλαδή ο πολτός κατεβαίνει με πίεση στη διατρητική στήλη και ψύχει το κοπτικό άκρο. Στη συνέχεια ανέρχεται ανάμεσα από τα στελέχη και τα τοιχώματα της γεώτρησης παρασύροντας τα τρίμματα που προκύπτουν από το θρυμματισμό των πετρωμάτων. Όταν ο πολτός φτάνει στην

επιφάνεια οδηγείται και πάλι στο λάκκο μέσω του αυλακιού που συνδέει την οπή της γεώτρησης με αυτόν. Κατά την εξέλιξη της διάτρησης συνεχίζεται η ίδια κυκλική κυκλοφορία της λάσπης, η οποία σχηματίζει μια λεπτή κρούστα που επικαλύπτει τα τοιχώματα της γεώτρησης και δεν επιτρέπει τη διαφυγή του πολτού μέσα από τους υδροφόρους σχηματισμούς ή από ρηξιγενείς επιφάνειες. Παρ' όλα αυτά υπάρχουν απώλειες πολτού μέσα στους υδροφόρους σχηματισμούς.

Μετά την τοποθέτηση των περιφραγματικών σωλήνων και την διάτρηση ως το τελικό βάθος, αποφασίστηκε η απομόνωση των επιφανειακών και με κρύα υδροφορία σχηματισμών, σ'έναν ορίζοντα που θα παρουσιάζει χαρακτηριστικά στεγανοποίησης, συνήθως επιλέγουμε μια ισχυρά αργιλοποιημένη ζώνη.

Έτσι η σωλήνωση των 10 ¾" τοποθετήθηκε στα 336 m σ'έναν σχηματισμό που παρουσιάζει αυτό το χαρακτηριστικό. Η τελική σωλήνωση των 6 5/8" φίλτρων και τυφλών σωλήνων, έφτασε στο τελικό βάθος των 610 m, ενώ οι φιλτροσωλήνες τοποθετηθήκαν στα διαστήματα 360-366, 390-402, 421-427, 445-470, 494-506 και 530-542 m.

Η επιλογή τοποθέτησης των φιλτροσωλήνων έγινε με βάση στρωματογραφικά στοιχεία από την ανάλυση της λιθολογικής στήλης, αλλά και με την αξιολόγηση των διαγραφιών logging που προηγήθηκαν.

Οι σωλήνες των 6 5/8" (τυφλές και φίλτρα) τοποθετηθήκαν τηλεσκοπικά και φτάνουν ως τα 329,40 m, μέσα στην διάμετρο των 10 ¾" όπου και απελευθερωθήκαν. Για τον πλήρη καθαρισμό και ανάπτυξη της γεώτρησης και για τη χαλίκωση αυτής, χρησιμοποιήθηκε μια αρκετά πρωτοποριακή μέθοδος κατά την οποία, στη διάρκεια της σωλήνωσης τοποθετηθήκαν εσωτερικά των σωλήνων 6 5/8" στελέχη των 3 ½" με εσωτερική οπή 50mm ικανή για Air lift από το βάθος της γεώτρησης.

Πλύση της γεώτρησης: Μετά τη σωλήνωση, έγινε πλύση της γεώτρησης με καθαρό νερό. Σταδιακά γινόταν αραίωση του πολτού με προσθήκη νερού μέσα στο λάκκο. Η διαδικασία αυτή είχε διάρκεια περίπου 3 ώρες. Ο σκοπός της ήταν να απομακρυνθούν τα περισσότερα τρίμματα από τη γεώτρηση, καθώς επίσης και να αραιώσει ο πολτός κυκλοφορίας από τα τοιχώματα ώστε να επιτραπεί η ευκολότερη είσοδος του νερού στη γεώτρηση μέσω των φίλτρων και να γίνει καλύτερα η χαλίκωση

Χαλίκωση: Στον ενδιάμεσο χώρο διάτρησης με 9 ½" και σωλήνωσης με 6 5/8" έγινε χαλίκωση με 12 m³ χαλίκι 6mm που τοποθετήθηκε στη διάρκεια καθαρισμού και ανάπτυξης με ταυτόχρονη τροφοδοσία με νερό από την επιφάνεια. Η εργασία αυτή συνεχίστηκε ως την πλήρη τοποθέτηση του χαλικόφιλτρου

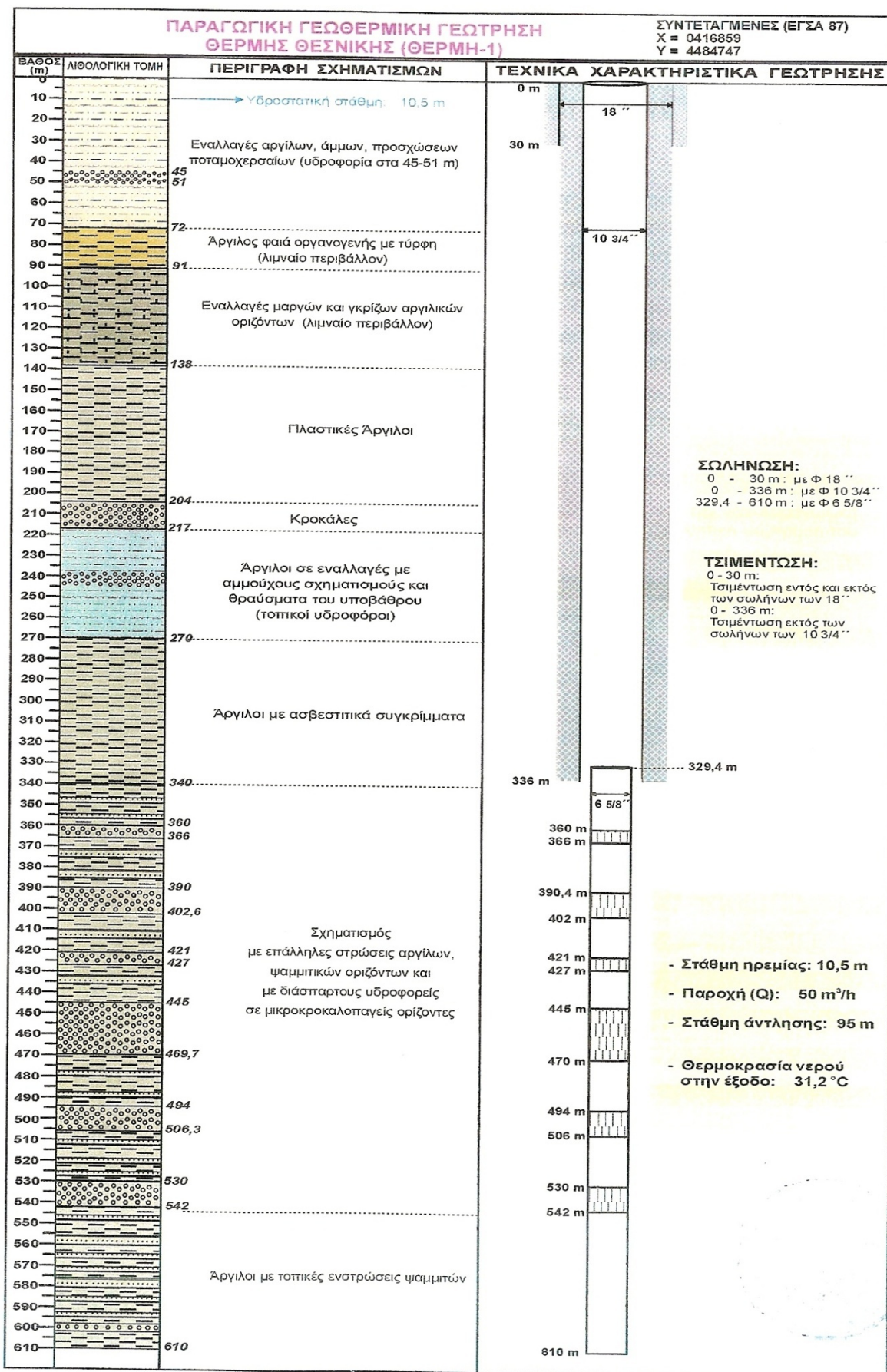
και την βεβαίωση ότι το υλικό κατέβηκε κάτω από τα 330 μέτρα. Αυτό διαπιστώθηκε με μέτρηση στον εσωτερικό χώρο και όταν λύσαμε τον σύνδεσμο δεξί-αριστερό η στήλη των στελεχών και των στελεχών 3 ½'' που έφτασαν στο βάθος ελευθερώθηκαν.

Μετά την χαλίκωση έγινε ανάπτυξη της γεώτρησης με αέρα. Αρχικά τοποθετήθηκαν οι σωλήνες του Air lift στο εσωτερικό των φιλτροσωλήνων. Οι σωλήνες αυτοί έχουν διάμετρο 3 ιντσών και μήκος 6 m. Μετά τοποθετήθηκαν οι σωλήνες που σχηματίζουν τη στήλη εμφύσησης. Αυτοί οι σωλήνες έχουν διάμετρο 1 ίντσας και τοποθετούνται μέσα στους σωλήνες του Air lift. Η παροχή αέρα έγινε από αεροσυμπιεστή με πίεση 7 ατμόσφαιρες. Ο αέρας αναμιγνύεται με το νερό της γεώτρησης και σχηματίζεται μέσα στη γεώτρηση ένα ελαφρύτερο μίγμα αέρα-νερού και έτσι ανέρχεται με πίεση στην επιφάνεια μέσα από τους σωλήνες. Το μίγμα αυτό συμπαρασύρει τα τρίμματα, τη λάσπη και όλες τις ακαθαρσίες που βρίσκονται μέσα στη γεώτρηση.

Επειδή έχει προηγηθεί χαλίκωση, τα υλικά αυτά φιλτράρονται από τα χαλίκια. Το νερό της γεώτρησης που βγαίνει στην επιφάνεια αναπληρώνεται από εκείνο των παραγωγικών σχηματισμών, το οποίο εισέρχεται απότομα μέσα στη γεώτρηση. Έτσι ανοίγουν και οι δίοδοι μέσα στους υδροφόρους.

Η στήλη ανάπτυξης τοποθετήθηκε σχεδόν μέχρι τον πυθμένα της γεώτρησης, ενώ η στήλη εμφύσησης κατέβηκε κάτω από τη στάθμη του νερού, όσο βέβαια το επέτρεψε η ισχύς του αεροσυμπιεστή. Σ' όλη τη διάρκεια του καθαρισμού της γεώτρησης λαμβάνονται δείγματα νερού μέχρις ότου διαπιστωθεί η καθαρότητα του νερού που επιθυμούμε. Όλη αυτή η διαδικασία είχε διάρκεια 7-8 ώρες.

Η ανάπτυξη της γεώτρησης με Air lift συνεχίστηκε μέχρι που το νερό έφτασε στην επιφάνεια καθαρό. Στη φάση αυτή πήραμε δείγμα νερού για χημική ανάλυση.



Σχήμα 3. Λιθολογική τομή της γεώτρησης (στοιχεία ΙΓΜΕ, 2007)

3.4.ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΜΗΣ

Από την παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ελήφθησαν δείγματα νερού σε διάφορα στάδια της κατασκευής της και κυρίως κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών αντλήσεων σ' αυτήν. Στον Πίνακα 1 δίνονται τα αποτελέσματα της χημικής ανάλυσης του πιο αντιπροσωπευτικού δείγματος της γεώτρησης αυτής καθώς επίσης και δείγματος νερού από την παλαιότερη ερευνητική γεώτρηση του ΙΓΜΕ Νρ-Γ1, βάθους 647m, η οποία κατασκευάστηκε το 1996 στην περιοχή του Ν. Ρυσίου και ειδικότερα σε απόσταση 1,7 km Β του Ν. Ρυσίου.

Πίν.1. Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων αντιπροσωπευτικών νερών από την νέα παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση του Δ. Θέρμης και από την παλιότερη ερευνητική γεώτρηση του Ι.Γ.Μ.Ε, ΝΡ-Γ1.

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΝΡ-Γ1	Θέρμη
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		-----	-----
Τ(°C)		40,00	31,2
Τ/νερού στο εργαστήριο(°C)		-----	32,0
Αγωγιμότητα (μS/cm) (εργ.)		824,0	563,0
ΡΗ (εργαστηρίου)		7,99	8,15
Σ.Δ.Α. (mg/L)		517,0	344,9
Αλκαλικότητα (Ρ)		0,00	0,00
Ολική Σκληρότητα (°f)		4,40	5,22
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		4,40	5,22
Μη Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		0,00	0,00
Αλκαλικότητα Μ		5,84	4,98
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ			
ΚΑΤΙΟΝΤΑ			
Na ⁺	mg/l	170,00	111,000
	meq/l	7,395	4,829
	%meq/l	82,990	80,658
K ⁺	mg/l	3,000	4,000
	meq/l	0,077	0,102
	%meq/l	0,864	1,704
Ca ²⁺	mg/l	10,420	16,190
	meq/l	0,520	0,808
	%meq/l	5,836	13,496
Mg ²⁺	mg/l	4,370	2,870
	meq/l	0,360	0,236
	%meq/l	4,040	3,942
Mn ²⁺	mg/l	0,014	0,027
	meq/l	0,0002	0,001
	%meq/l	0,002	0,017
Cu ²⁺	mg/l	0,005	-----
	meq/l	0,0002	-----
	%meq/l	0,002	-----

Zn ²⁺	mg/l meq/l %meq/l	1,700 0,052 0,584	----- ----- -----
Al ³⁺	mg/l meq/l %meq/l	4,550 0,506 5,679	----- ----- -----
NH ₄	mg/l meq/l %meq/l		0,205 0,011 0,184
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ	meq/l %meq/l	8,9107 100,00	5,987 100,00

ΑΝΙΟΝΤΑ			
Cl ⁻	mg/l meq/l %meq/l	85.100 2.401 27.280	31.910 0.900 13.762
HCO ₃ ⁻	mg/l meq/l %meq/l	356.240 5.839 66.343	303.780 4.979 76.132
CO ₃ ²⁻	mg/l meq/l %meq/l	0.000 0.000 0.000	0.000 0.000 0.000
SO ₄ ²⁻	mg/l meq/l %meq/l	25.600 0.533 6.056	23.400 0.487 7.447
F ⁻	mg/l meq/l %meq/l	0.540 0.028 0.313	1.980 0.104 1.590
Br ⁻	mg/l meq/l %meq/l	0.020 0.0003 0.003	----- ----- -----
NO ₃ ⁻	mg/l meq/l %meq/l	0.000 0.000 0.000	4.200 0.068 1.040
NO ₂ ⁻	mg/l meq/l %meq/l	----- ----- -----	0.086 0.002 0.031
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ	meq/l %meq/l	8.8013 100.00	6.540 100.00
SiO ₂	mg/l	36.38	----
B	mg/l	0.70	----
Fe (ολικό)	mg/l	0.020	0.218
Cr	mg/l	0.020	----
As	μg/l	----	<1.0
Οξ/τα Ο ₂	mg/l	----	0.48
Αναλυτικό Σφάλμα	%	+0.62	-4.42

Στον Πίνακα 2 παρατίθενται αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερών που προέρχονται από κοινές υδρογεωτρήσεις, μικρού σχετικά βάθους (152-400m) της ευρύτερης περιοχής.

Πίν. 2. Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων ψυχρών και υπόθερμων νερών κοινών υδρογεωτρήσεων, μικρού σχετικά βάθους, της ευρύτερης περιοχής.

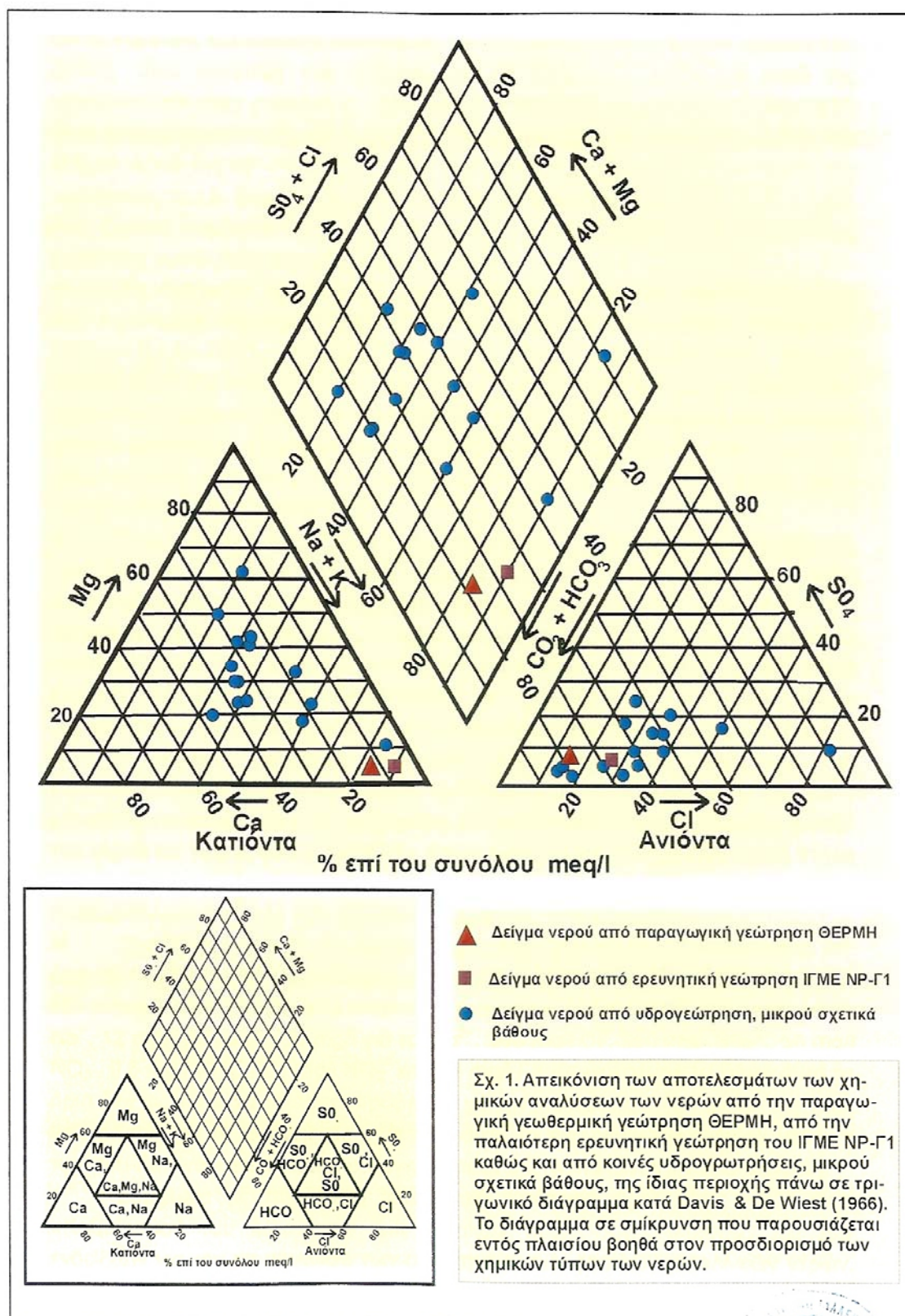
ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΤΧ-3	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΤΧ-4	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΤΧ-5	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΤΧ-6	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΤΧ-7	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΤΧ-8
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤ.							
Τ(°C)		21,0	19,5	18,2	17,2	17,5	20,0
Τ/νερού στο εργαστήριο(°C)		----	----	----	----	----	----
Αγωγιμότητα (μS/cm) (εργ.)		543,0	1180,0	577,0	1248,0	828,0	549,0
ΡΗ (εργαστηρίου)		7,77	7,45	7,62	7,58	7,59	7,86
Σ.Δ.Α. (mg/L)		362,9	771,4	380,9	832,4	574,0	367,5
Αλκαλικότητα (P)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολική Σκληρότητα (°f)		27,81	27,78	22,40	44,70	32,28	22,70
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		27,81	27,78	22,40	34,91	32,28	22,70
Μη Ανθρακική Σκληρότητα		0,00	0,00	0,00	9,79	0,00	0,00
Αλκαλικότητα Μ		5,64	9,49	5,67	6,98	7,67	5,49
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ							
ΚΑΤΙΟΝΤΑ							
Na ⁺	mg/l	32,430	190,000	52,700	131,100	83,900	51,000
	meq/l	1,411	8,265	2,292	5,703	3,650	2,219
	%meq/l	20,151	59,589	33,701	38,425	36,010	32,642
K ⁺	mg/l	1,170	1,950	1,170	7,800	1,170	1,560
	meq/l	0,030	0,050	0,030	0,199	0,030	0,040
	%meq/l	0,428	0,360	0,441	1,341	0,296	0,588
Ca ²⁺	mg/l	41,700	61,700	63,300	111,400	69,700	34,400
	meq/l	2,081	3,079	3,159	5,559	3,478	1,717
	%meq/l	29,720	22,199	46,449	37,454	34,313	25,257
Mg ²⁺	mg/l	42,300	30,100	16,050	41,100	36,200	34,300
	meq/l	3,480	2,476	1,320	3,381	2,978	2,822
	%meq/l	49,700	17,852	19,409	22,780	29,380	41,512
Mn ²⁺	mg/l	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----
NH ₄	mg/l	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ	meq/l	7,002	13,870	6,801	14,842	10,136	6,798
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ΑΝΙΟΝΤΑ							
Cl ⁻	mg/l	31,900	157,800	46,100	177,300	95,700	33,700
	meq/l	0,900	4,452	1,301	5,002	2,700	0,951
	%meq/l	13,220	31,085	18,293	34,463	24,499	13,920
HCO ₃ ⁻	mg/l	344,000	579,000	346,00	426,000	468,000	335,000
	meq/l	5,638	9,490	5,671	6,982	7,671	5,491
	%meq/l	82,814	66,262	79,739	48,105	69,604	80,372
CO ₃ ²⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	%meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SO ₄ ²⁻	mg/l	10,090	16,810	5,760	89,800	27,860	15,850
	meq/l	0,210	0,350	0,120	1,870	0,580	0,330
	%meq/l	3,085	2,444	1,687	12,884	5,263	4,830
F ⁻	mg/l	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----
Br ⁻	mg/l	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----
NO ₃ ⁻	mg/l	3,720	1,860	1,240	40,900	4,340	3,720
	meq/l	0,060	0,030	0,020	0,660	0,070	0,060
	%meq/l	0,881	0,210	0,281	4,547	0,635	0,878
NO ₂ ⁻	mg/l	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ	meq/l	6,808	14,322	7,112	14,514	11,021	6,832
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SiO ₂	mg/l	31,0	27,5	25,0	24,30	25,8	28,8
Fe(ολικό)	mg/l	----	----	----	----	----	----
I ₂	mg/l	----	----	----	----	----	----
Οξ/τα Ο ₂	mg/l	----	----	----	----	----	----
Αναλυτικό σφάλμα	%	+1,40	-1,60	-2,24	+1,12	-4,18	-0,25

Συνέχεια πίνακα 2

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΛ-1	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΕ-2	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΕ-3	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΕ-4	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΕ-5	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΘΕ-1
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤ.							
Τ(°C)		21,3	20,0	21,6	24,8	22,3	20,9
Τ/νερού στο εργαστήριο(°C)		----	----	----	----	----	----
Αγωγιμότητα (μS/cm) (εργ.)		1434,0	9240,0	773,0	1036,0	917,0	1290,0
ΡΗ (εργαστηρίου)		7,00	7,39	7,54	7,73	7,49	7,35
Σ.Δ.Α. (mg/L)		761,0	7359,8	532,8	701,1	583,1	782,3
Αλκαλικότητα (Ρ)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολική Σκληρότητα (°f)		42,81	101,82	34,81	26,21	38,41	41,31
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		30,30	55,04	28,75	26,21	33,85	22,30
Μη Ανθρακική Σκληρότητα		12,51	46,78	6,06	0,00	4,56	19,01
Αλκαλικότητα Μ		6,06	11,01	5,75	6,46	6,77	4,46
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ							
KATIONTA							
Na ⁺	mg/l	103,960	2440,070	70,610	175,720	75,440	132,940
	meq/l	4,522	106,143	3,072	7,644	3,282	5,783
	%meq/l	34,354	83,559	30,437	59,050	29,665	41,090
K ⁺	mg/l	3,130	20,330	2,350	2,350	3,910	1,170
	meq/l	0,080	0,520	0,060	0,060	0,100	0,030
	%meq/l	0,608	0,409	0,594	0,464	0,904	0,213
Ca ²⁺	mg/l	92,180	117,030	67,330	47,290	63,330	97,390
	meq/l	4,600	5,840	3,360	2,360	3,160	4,860
	%meq/l	34,946	4,597	33,290	18,231	28,564	34,532
Mg ²⁺	mg/l	48,150	176,560	43,780	35,020	54,960	41,340
	meq/l	3,961	14,524	3,601	2,881	4,521	3,401
	%meq/l	30,092	11,434	35,678	22,256	40868	24,165
Mn ²⁺	mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	%meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
NH ₄	mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	%meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
ΣΥΝΟΛΟ KATIONTΩΝ	meq/l	13,163	127,027	10,093	12,945	11,063	14,074
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ANIONTA							
Cl ⁻	mg/l	166,660	3652,380	101,060	168,440	131,200	237,580
	meq/l	4,702	103,034	2,851	4,752	3,701	6,702
	%meq/l	34,470	81,371	29,667	37,681	33,584	49,023
HCO ₃ ⁻	mg/l	369,660	671,610	350,750	394,060	412,970	272,060
	meq/l	6,059	11,008	5,749	6,459	6,769	4,459
	%meq/l	44,418	8,694	59,823	51,217	61,425	32,616
CO ₃ ²⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	%meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SO ₄ ²⁻	mg/l	124,880	599,900	40,830	57,160	23,050	105,190
	meq/l	2,600	12,460	0,850	1,190	0,480	2,190
	%meq/l	19,060	9,864	8,845	9,436	4,356	16,019
F ⁻	mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	%meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Br ⁻	mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	%meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
NO ₃ ⁻	mg/l	17,360	5,580	9,920	13,020	4,340	19,840
	meq/l	0,280	0,090	0,160	0,210	0,070	0,320
	%meq/l	2,053	0,071	1,665	1,665	0,635	2,341
NO ₂ ⁻	mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
	%meq/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
ΣΥΝΟΛΟ ANIONTΩΝ	meq/l	13,641	126,622	9,610	12,611	11,020	13,671
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SiO ₂	mg/l	23,50	18,88	25,00	9,00	24,50	13,50
Fe(ολικό)	mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
I ₂	mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
O ₂ /τα O ₂	mg/l	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Αναλυτικό σφάλμα	%	-1,78	+0,15	+2,45	+1,31	+0,19	+1,44

Συνέχεια πίνακα 2

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΘΕ-2	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΘΕ-3	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΘΕ-4
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤ.				
Τ(°C)		25,5	28,0	23,0
Τ/νερού στο εργαστήριο(°C)		----	----	----
Αγωγιμότητα (μS/cm) (εργ.)		779,0	863,0	514,0
ΡΗ (εργαστηρίου)		7,55	7,48	7,78
Σ.Δ.Α. (mg/L)		483,4	484,4	343,6
Αλκαλικότητα (Ρ)		0,00	0,00	0,00
Ολική Σκληρότητα (°f)		26,81	19,21	22,61
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		21,25	19,21	17,90
Μη Ανθρακική Σκληρότητα		5,56	0,00	4,71
Αλκαλικότητα Μ		4,25	4,27	3,58
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ				
ΚΑΤΙΟΝΤΑ				
Na ⁺	mg/l	59.110	88.090	27.600
	meq/l	2.571	3.832	1.201
	%meq/l	32.230	49.644	20.854
K ⁺	mg/l	1.170	1.170	1.170
	meq/l	0.030	0.030	0.030
	%meq/l	0.376	0.389	0.521
Ca ²⁺	mg/l	38.480	27.250	19.240
	meq/l	1.920	1.360	0.960
	%meq/l	24.069	17.619	16.670
Mg ²⁺	mg/l	41.830	30.160	43.290
	meq/l	3.441	2.481	3.561
	%meq/l	43.137	32.142	61.834
Li ⁺	mg/l	<0.010	0.010	0.010
	meq/l		0.001	0.001
	%meq/l		0.013	0.017
Sr ²⁺	mg/l	0.650	0.650	0.250
	meq/l	0.015	0.015	0.006
	%meq/l	0.188	0.194	0.104
NH ₄	mg/l	-----	-----	-----
	meq/l	-----	-----	-----
	%meq/l	-----	-----	-----
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ		meq/l	7.719	5.759
		%meq/l	100.00	100.00
ΑΝΙΟΝΤΑ				
Cl ⁻	mg/l	97.520	69.150	49.640
	meq/l	2.751	1.951	1.400
	%meq/l	33.137	23.475	22.842
HCO ₃ ⁻	mg/l	259.250	260.470	218.380
	meq/l	4.249	4.269	3.579
	%meq/l	51.180	51.366	58.395
CO ₃ ²⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000
	%meq/l	0,000	0,000	0,000
SO ₄ ²⁻	mg/l	53.310	94.620	50.910
	meq/l	1.110	1.970	1.060
	%meq/l	13.370	23.704	17.295
F ⁻	mg/l	1.150	0.740	0.940
	meq/l	0.061	0.039	0.050
	%meq/l	0.735	0.469	0.816
Br ⁻	mg/l	0.070	0.120	<0.010
	meq/l	0.001	0.002	
	%meq/l	0.012	0.024	
NO ₃ ⁻	mg/l	8.060	4.960	2.480
	meq/l	0.130	0.080	0.040
	%meq/l	1.566	0.963	0.653
NO ₂ ⁻	mg/l	-----	-----	-----
	meq/l	-----	-----	-----
	%meq/l	-----	-----	-----
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ		meq/l	8.311	6.129
		%meq/l	100.00	100.00
SiO ₂		mg/l	21.40	12.84
B		mg/l	16.20	28.00
Fe(ολικό)		mg/l	0.10	0.260
Οξ/τα Ο2		mg/l	----	----
Αναλυτικό σφάλμα		%	-2.0	-3.11



Από τη μεταφορά των τιμών των πινάκων 1 και 2 πάνω σε τριγωνικό διάγραμμα Piper και χρησιμοποιώντας την ταξινόμηση κατά Davis & De Wiest (1966), όπως φαίνεται και στο Σχ. 1, προκύπτει ότι:

- **Το νερό της γεωθερμικής γεώτρησης του Δ. Θέρμης ανήκει στην κατηγορία των Na-HCO_3 νερών.** Πρόκειται για <<γλυκό>> νερό αγωγιμότητας 563 $\mu\text{S/cm}$ και κατά συνέπεια χαμηλής αλατοτητας, αφού το Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (Σ.Δ.Α. ή T.D.S.) αυτού είναι μόλις 0,35 g/l. Παρουσιάζει ελαφρώς αλκαλικό χαρακτήρα με $\text{pH}=8,15$. Το κατιονικό φορτίο εκφράζεται σε ποσοστό 80.7% από το Na^+ ενώ μεταξύ των ανιόντων κυριαρχούν τα HCO_3^- σε ποσοστό 76,1%. Οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις των ιόντων αυτών είναι 111mg/l Na^+ και 303,8mg/l HCO_3^- .
- **Το νερό της ερευνητικής γεωθερμικής γεώτρησης του ΙΓΜΕ NP-Γ1 ανήκει επίσης στην κατηγορία των Na-HCO_3 νερών.** Η αγωγιμότητά του είναι επίσης χαμηλή (824 $\mu\text{S/cm}$). Ομοίως και η αλατότητα του αφού το Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων αυτού είναι μόλις 0,52 g/l. Παρουσιάζει ελαφρώς αλκαλικό χαρακτήρα με $\text{pH}=7,99$. Το κατιονικό φορτίο εκφράζεται σε ποσοστό 83% από το Na^+ ενώ μεταξύ των ανιόντων κυριαρχούν τα HCO_3^- σε ποσοστό 66.3%. Οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις των ιόντων αυτών είναι 170mg/l Na^+ και 356,2mg/l HCO_3^- .
- Από τη σύγκριση των νερών των δυο ανωτέρω γεωτρήσεων προκύπτει ότι το νερό της ερευνητικής γεώτρησης NP-Γ1, που προέρχεται από μεγαλύτερο βάθος, είναι ελαφρώς πιο επιβαρυνμένο σε άλατα σε σχέση με αυτό της κατασκευασθείσας γεώτρησης. Επιπλέον, η συμμετοχή των χλωριώντων (Cl^-) είναι επίσης μεγαλύτερη. Έτσι τα ιόντα Cl^- συμμετέχουν σε ποσοστό 27,3% στο δείγμα νερού της NP-Γ1 έναντι του 31,8% του αντίστοιχου ποσοστού της γεώτρησης του Δ. Θέρμης. Οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις είναι 85.1 και 31,9 mg/l. Η αυξημένη παρουσία του Cl^- στο δείγμα της NP-Γ1 μπορεί να αποδοθεί στην βαθύτερη προέλευση του γεωθερμικού χώρου.
- Τα δείγματα νερών που προέρχονται από κοινές υδρογεωτρήσεις της ευρύτερης περιοχής ανήκουν σε διάφορους τύπους – όπως Ca,Mg,Na-HCO_3 , Ca, Na-HCO_3 , $\text{Ca,Mg,Na-HCO}_3\text{Cl}$, Na-Cl , $(\text{Mg})\text{Na-HCO}_3\text{Cl}$, $(\text{Mg})\text{Na-HCO}_3\text{SO}_4\text{Cl}$, $\text{Mg-HCO}_3\text{Cl}$ – ως προϊόντα ανάμειξης, ανάλογα με την ποσοστιαία συμμετοχή των κατιόντων και των ανιόντων στο συνολικό κατιονικό και ανιονικό φορτίο αντίστοιχα. Ο χημισμός τους εξαρτάται κυρίως από την

λιθολογική και ορυκτολογική σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών, από όπου αυτά διέρχονται ή φιλοξενούνται.

- Στην περιοχή του Αεροδρομίου Θεσ/νίκης οι αυξημένες συγκεντρώσεις σε Ca^{2+} και HCO_3^- σε νερά των υδρογεωτρήσεων πιθανότατα επηρεάζονται από ανθρακικά πετρώματα της Πλειοκαινικής λιμναίας φάσης ιζηματογένεσης. Ελάχιστα δείγματα, όπως το δείγμα νερού ΠΕ-2 (Na-Cl νερό), δείχνουν επηρεασμό από τη θάλασσα. Τα βαθύτερα νερά, που εμφανίζονται στα ψαμμιτικά ιζήματα της βάσης του Πλειόκαινου και Μειοκαινικών ταμιευτήρων, παρουσιάζουν μια σαφή αυξημένη παρουσία ιόντων Na^+ , Cl^- κ.α.
- Η σχετικά αυξημένη παρουσία των ιόντων Na^+ στο νερό της κατασκευασθείσας γεώτρησης και ταυτόχρονα η μικρή συγκέντρωση του Ca^{2+} , μπορούν να αποδοθούν σε φαινόμενα ιοντοανταλλαγής ιόντων Na-Ca μεταξύ του νερού και των αργίλων. Εξάλλου, όπως φαίνεται από την λιθολογική στήλη της γεώτρησης η υδροφορία εντοπίζεται σε πιο αδροκοκκα υλικά, που παρεμβάλλονται μεταξύ των αργιλικών ιζημάτων.
- Ποσιμότητα του νερού της κατασκευασθείσας γεώτρησης: Λαμβάνοντας υπόψη τα σταθερότυπα του πόσιμου νερού (Οδηγία 80/778 ΕΟΚ, ΦΕΚ 53Α/20-2-86) σύμφωνα με τα οποία τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια είναι: 150 mg/l για το Na^+ , 12 mg/l για το K^+ , 50 mg/l για το Mg^{2+} , 200 mg/l για το Cl^- , 250 mg/l για το SO_4^{2-} , 50 mg/l για το NO_3^- , 0,5, 26mg/l για το NH_4^+ , 0,1 mg/l για το NO_2^- και 0,2 mg/l για το Fe προκύπτει ότι με βάση αυτά τα όρια δε φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα με την ποσιμότητα του νερού της νέας γεώτρησης του Δ. Θέρμης σε σχέση με αυτά τα ανόργανα συστατικά (μόνο η τιμή του Fe είναι οριακή και πιο συγκεκριμένα 0,218 mg/l έναντι 0,2 mg/l του ορίου).

Σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική απόφαση αριθ. Οικ. 56561 περί <<Καθαρισμού του καταλόγου των οριακών τιμών συγκεντρώσεων και των ενδείξεων για την επισήμανση των συστατικών των φυσικών μεταλλικών νερών, καθώς και των όρων χρήσης του εμπλουτισμένου με όζον αέρα στην κατεργασία ορισμένων φυσικών μεταλλικών νερών και νερών πηγής>> (ΦΕΚ 887/τ.Β'/15-6-2004), η ανώτατη οριακή τιμή για το As καθορίζεται στα 0,010 mg/l (η 10 $\mu\text{g/l}$ και για το Mn στα 0,50 mg/l (Οδηγία 40/2003 της ΕΕ της 16^{ης} Μαΐου 2003), και συνεπώς στο νερό της γεώτρησης δεν υπάρχει πρόβλημα ως προς το As και το Mn. Σύμφωνα με την ίδια απόφαση η ανώτατη οριακή τιμή για τα φθοριούχα είναι τα 0,5 mg/l (http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/el/oj/2003/L_126/

I_12620030522el00340039.pdf), ενώ σύμφωνα με τα στεθερότυπα του πόσιμου νερού (Οδηγία 80/778 ΕΟΚ, ΦΕΚ 53^A/20-2-86) η τιμή αυτή ήταν στα 0,7-1,5 mg/l. Πάντως σύμφωνα με ανακοίνωση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 26^{ης} Μαΐου 2004 η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή 1,5 mg/l, σύμφωνα με την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας αντικατοπτρίζει τη χρυσή τομή μεταξύ των θετικών και αρνητικών επιπτώσεων του φθορίου, αντικατοπτρίζει τις σημερινές επιστημονικές γνώσεις. (http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/cm/528/528760/528760el.pdf)

Τέλος, η εκτέλεση πρόσθετων αναλύσεων για τον προσδιορισμό κάποιων ιχνοστοιχείων και οργανικών ενώσεων αλλά και μικροβιολογικών αναλύσεων για τον καθορισμό της συγκέντρωσης κολοβακτηριδίων θα οδηγήσει στην ασφαλή και με βεβαιότητα απόφαση για την ποσιμότητα ή όχι του νερού της γεώτρησης. Πάντως με τα μέχρι τώρα δεδομένα χημικών αναλύσεων ανόργανων συστατικών, δεν προκύπτει κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα.

3.5.ΔΟΚΙΜΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Για τις δοκιμές παραγωγής τοποθετήθηκε αντλητικό συγκρότημα κατακόρυφου άξονα, ικανού να αντλήσει 80 – 100 m³/h από βάθος άνω των 100 m.

Έγιναν αντλήσεις κατά βαθμίδες με 10 – 30 και 50 m³/h για την παρακολούθηση της μεταβολής της στάθμης σε σχέση με την αντλούμενη ποσότητα και μέτρηση στάθμης στα 30, 44 και 85 m αντίστοιχα.

Με σταθερή παροχή 50 m³/h για 70 ώρες η στάθμη σταθεροποιήθηκε στα 85 m και δίδεται σαν στάθμη συνεχούς άντλησης για την παροχή αυτή. Η θερμοκρασία του αντλούμενου νερού είναι 31.2°C και η χημική σύσταση δίδεται στον Πίνακα 1. Για σταθερή άντληση προτείνουμε το αντλητικό συγκρότημα να τοποθετηθεί στα 120-130 m και με ιπποδύναμη 30Hp για πίεση στην κεφαλή 2 Air.

3.6.ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΡΕΥΣΤΟΥ

Τα αποτελέσματα της προσπάθειας εντοπισμού γεωθερμικών ρευστών στη λεκάνη Ανθεμούντα, είναι περίπου τα αναμενόμενα, δεδομένου ότι και στην ευρύτερη περιοχή το θερμοκρασιακό εύρος είναι 30 °C -35 °C.

Το αντλούμενο γεωθερμικό ρευστό έχει θερμοκρασία 31,2 °C στην κεφαλή. Η παροχή Q έχει προσδιοριστεί σ' αυτή τη φάση στα 50 m³/h.

Η ποιότητα του αντλούμενου ρευστού είναι ικανοποιητική και δεν παρουσιάζει τάσεις απόθεσης αλάτων αλλά είναι ικανοποιητική για να θεωρηθεί πόσιμο.

Λόγοι τακτικής στη γεωθερμική νομοθεσία (3175/03) επιβάλουν την επανεισαγωγή των γεωθερμικών ρευστών στον αρχικό ταμιευτήρα, τόσο για περιβαλλοντικούς λόγους υδραυλικής ισορροπίας του ταμιευτήρα.

Στη δεύτερη αυτή περίπτωση ασφαλή συμπεράσματα εξάγονται μετά από λεπτομερή μελέτη των υδροδυναμικών χαρακτηριστικών και τη γεωμετρία του ταμιευτήρα καθώς και την προσέγγιση και συμπεριφορά του στον χρόνο λειτουργίας. Δεδομένου ότι στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχει μόνο μια γεώτρηση σε τέτοια βάθη και η αντλούμενη ποσότητα είναι μικρή, δεν θεωρούμε απαραίτητη την επανεισαγωγή, ούτε για θερμο-υδροδυναμικούς.

Συνήθως η χρήση του γεωθερμικού ρευστού γίνεται έμμεσα με τη μεταφορά της θερμότητας στο δευτερεύον κύκλωμα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η χαμηλή σχετικά θερμοκρασία και το είδος της χρήσης για το οποίο έγινε η γεώτρηση (κολυμβητήριο – θέρμανση του χώρου) κατά την άποψη μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας δίχως να δημιουργηθούν προβλήματα στον γεωθερμικό ταμιευτήρα.

Σίγουρα όμως θα πρέπει να εφαρμοσθεί ένα πρόγραμμα εποχιακής παρακολούθησης μεταβλητών παραμέτρων (παροχή, πίεση, θερμοκρασία και χημισμός) του γεωθερμικού ρευστού.

Το ενεργειακό φορτίο ανέρχεται σε 1160 KW με Δt 20 °C. Το φορτίο αυτό μπορεί να ανακτήσει άμεσα 10 °C και με τη χρήση αντλιών θερμότητας Δt 10 °C σε θέρμανση και ψύξη.

Με τον τρόπο αυτό μπορούν να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες των σχεδιαζόμενων έργων.

ΜΕΡΟΣ Β

4.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

4.1 Γενικά

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε σε ορισμένα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και γενικά τα γεωτρήματα που εκτελούν αυτού του είδους τις διατρήσεις.

Δειγματοληπτικές γεωτρήσεις λέγονται αυτές που εκτελούνται με ειδική διατρητική τεχνική κατά την οποία λαμβάνεται δείγμα κυλινδρικής μορφής των πετρωμάτων που τρυπάμε, που είναι γνωστό ως πυρήνας (καρότο). Έτσι έχουμε στα χέρια μας κυλινδρικά κομμάτια του πετρώματος και μπορούμε να εξετάσουμε τη λιθολογία, την υφή και γενικά τη φυσική τους κατάσταση.

Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις είναι ευρύτατα διαδεδομένες σε μελέτες και κατασκευές τεχνικών έργων γιατί βοηθούν στην εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων και για τη φύση και κατάσταση των πετρωμάτων και για τις γεωλογικές, υδρογεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες που επικρατούν σε συγκεκριμένα βάθη κάτω από την επιφάνεια του εδάφους. Επίσης τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις μπορούμε να τις χρησιμοποιήσουμε και για μεταλλευτικές έρευνες αφού βοηθούν τόσο στη φάση αναζήτησης των μεταλλευμάτων όσο και στη φάση της διερεύνησης ενός κοιτάσματος.

Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις γίνονται με περιστροφικά γεωτρήματα. Η δειγματοληπτική διάτρηση των πετρωμάτων γίνεται με την περιστροφή κατάλληλου κοπτικού άκρου και τη χρήση ειδικού δειγματοσυλλέκτη. Η διάμετρος των γεωτρήσεων αυτών κυμαίνεται από 1.5-4'', ενώ το βάθος τους από μερικές δεκάδες έως εκατοντάδες μέτρων ανάλογα την περίπτωση.

Οι πυρήνες που λαμβάνονται με τις γεωτρήσεις αυτές παρέχουν με άμεσο ή έμμεσο τρόπο πολλά στοιχεία των πετρωμάτων και γι αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται στα πιο πάνω πεδία ερευνών.

4.2 Χαλαρά και σκληρά πετρώματα

Τα πετρώματα ανάλογα με την αντοχή τους στις πιέσεις και ειδικότερα στη μοναξονική θλίψη, διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τα χαλαρά και τα σκληρά πετρώματα. Αυτά που έχουν αντοχή μικρότερη από 50 Μpa ονομάζονται χαλαρά ενώ μεγαλύτερη από 50 Μpa ονομάζονται σκληρά.

Η διάκριση αυτών των πετρωμάτων γίνεται για τη διευκόλυνση της εκτέλεσης των γεωτεχνικών μελετών. Στις μελέτες αυτές δεν μας ενδιαφέρει ο ακριβής προσδιορισμός του είδους των πετρωμάτων παραδείγματος χάριν αν είναι γρανίτης ή γρανοδιορίτης αφού και τα δυο έχουν παραπλήσια αντοχή (σκληρά πετρώματα). Το συμπέρασμα που θα προκύψει από την εργαστηριακή έρευνα θα είναι το ίδιο για κάποιο τεχνικό έργο, και για τα δυο πετρώματα επειδή είναι σκληρά.

Ενδεικτικά αναφέρουμε ως χαλαρά πετρώματα τα αργιλικά ιζήματα, τις μάργες την άμμο και ως σκληρά τον ασβεστόλιθο, τα πυριγενή και άλλα.

4.3. Δειγματοληπτικά γεωτρύπανα

Η παλαιότερη χρήση της δειγματοληψίας αναφέρεται ότι έγινε από τους αρχαίους Αιγυπτίους, για την κατασκευή των πυραμίδων, με ράβδους που είχαν στα άκρα τους πολύτιμους λίθους μικρού μεγέθους, περιστρέφονταν χειρωνακτικά και άνοιγαν μικρές τρύπες στα πετρώματα για τη μεταξύ τους στήριξη.

Το πρώτο σύγχρονο δειγματοληπτικό γεωτρύπανο κατασκευάστηκε το 1863 από τον Ελβετό μηχανικό R.T. Leschot, (με τη βοήθεια του μηχανουργού του), που σκέφτηκε να προσαρμόσει χονδρόκοκκο βιομηχανικά διαμάντια πάνω σε χαλύβδινη στεφάνη και να κάνει διάτρηση του εδάφους. Ένα χρόνο μετά, το γεωτρύπανο αυτό χρησιμοποιήθηκε για να ανοίξει διατρήματα υπονόμευσης στη σήραγγα του Mont Cenis, μεταξύ Γαλλίας και Ιταλίας. Το γεωτρύπανο ήταν ατμοκίνητο και ανέπτυξε ταχύτητα προχώρησης 25-30 cm/h, διατρύοντας γρανίτη με 30 στροφές το λεπτό και διάμετρο οπής και πυρήνα 43 και 31 mm αντίστοιχα. Το 1872, η ταχύτητα αυξήθηκε σε 60 cm/h και το μέγιστο βάθος διάτρησης τα 70m.

Κατά το 1885 ο Σουηδός P.A. Craelius κατασκεύασε το πρώτο ελαφρό και απλό σε χειρισμό δειγματοληπτικό γεωτρύπανο. Οι πετρελαιοκινητήρες και οι εξελίξεις στα κράματα, τα υδραυλικά συστήματα κ.λ.π. βελτίωσαν γρήγορα την τεχνολογία και τις αποδόσεις.

Τα δειγματοληπτικά γεωτρύπανα είναι περιστροφικά και χρησιμοποιούνται κυρίως στη μεταλλευτική έρευνα, αλλά και σε πολλά τεχνικά έργα και όπου αλλού χρειάζεται, για τη συλλογή περισσότερων στοιχείων πάνω στο διατρυόμενο σχηματισμό. Είναι διαφόρων τύπων, μεγεθών, ισχύων, ανάλογα με τον σκοπό που καλούνται να επιτελέσουν. Χρησιμοποιούν συνήθως μικρή διάμετρο, όπως και βάθος διάτρησης, μπορεί όμως να φθάσουν μέχρι 200 έως 400m, ή και ακόμα περισσότερο. Τα γεωτρύπανα στηρίζονται σε χαλύβδινο πλαίσιο (ελεύθερο) ή είναι αναρτημένα σε αυτοκίνητο.

Τα κυριότερα μέρη τους είναι: α) πλαίσιο στήριξης, β) σύστημα παραγωγής μετάδοσης και μετατροπής των κινήσεων, γ) διατρητική κεφαλή με την άτρακτο, που εξασφαλίζει την περιστροφή και προώθηση της στήλης, δ) βαρούλκο και πύργος, για την καθέλκυση και ανέλκυση της στήλης.

Το σύστημα παραγωγής, μετάδοσης και μετατροπής της κίνησης αποτελείται από: α) πετρελαιοκινητήρα, β) σύστημα γωνιακής μετάδοσης με εμπλεκόμενους γωνιακούς τροχούς (γρανάζια) και άξονα, γ) σύστημα μετατροπής κίνησης με άτρακτο υδραυλικού και μηχανικού συστήματος, τύπου κοχλία.

Το κύριο βαρούλκο, όπως και ο άξονας έχουν συνήθως δύο ταχύτητες. Υπάρχουν και βοηθητικά βαρούλκα. Η προώθηση της ατράκτου και στη συνέχεια της διατρητικής στήλης, γίνεται με υδραυλικό και μηχανικό σύστημα που συνήθως χρησιμοποιούνται συγχρόνως, για να επιτευχθεί μεγαλύτερη προχώρηση (ανάλογα βέβαια και με τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τον επιδιωκόμενο σκοπό).

Η διατρητική στήλη έχει ένα ειδικό άκρο, που συνδυάζεται με τον καροτοσυλλέκτη.

Η προώθηση με υδραυλικό τρόπο είναι πιο ασφαλής, γιατί έτσι δεν κινδυνεύει πολύ το γεωτρύπανο από απότομες μεταβολές της σκληρότητας των σχηματισμών. Επίσης, αυτός ο τρόπος επιτρέπει τις αντιστροφές (προς τα πάνω) κινήσεις. Η προώθηση με μηχανικό τρόπο χρειάζεται συνεχή ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής από το χειριστή, για να αποφευχθούν τα προβλήματα από τυχόν απότομες μεταβολές της σκληρότητας των σχηματισμών. Έτσι χρειάζεται πολύ προσεκτική και συνεχής παρακολούθηση από τον τεχνικό, αλλιώς δημιουργούνται κίνδυνοι για το γεωτρύπανο και τη σωστή εκτέλεση της γεώτρησης και της δειγματοληψίας.

Η διάτρηση γίνεται συνήθως με χρήση νερού ή πολτού, που διοχετεύονται στην κεφαλή της στήλης με την παρελκόμενη αντλία.

Τα βαρούλκα και ο χειρισμός τους, που γίνεται με χειροκίνητο τρόπο από το γεωτρυπανιστή, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ταχεία εκτέλεση των διαφόρων επιχειρήσεων καθέλκυσης και ανέλκυσης της διατρητικής στήλης, των σωλήνων αλλά και στην ενίσχυση της προσπάθειας ανύψωσης της στήλης, όταν ενδεχομένως παγιδευτεί, και τέλος στις βοηθητικές εργασίες.

Ο πύργος του γεωτρύπανου έχει συνήθως ύψος μεγαλύτερο των 6 m, για να παίρνει δυο τουλάχιστον στελέχη της διατρητικής στήλης. Κατασκευάζεται για να αντέχει σε μεγάλες τάσεις, παίζει σημαντικό πόλο, κυρίως στις δύσκολες καταστάσεις, και εξασφαλίζει άνεση στους χειρισμούς.

Η ισχύς (ιπποδύναμη) ενός δειγματοληπτικού γεωτρύπανου είναι ανάλογη του βάθους των γεωτρήσεων, για τις οποίες προορίζεται [π.χ. 70 ίπποι για γεωτρήσεις βάθους μέχρι 1000m και μικρής διαμέτρου (4'')].

4.4 Είδη γεωτρύπανων

Τα δειγματοληπτικά γεωτρύπανα χρησιμοποιούν μικρή διάμετρο και μπορούν να φτάσουν σε βάθος 400m. Η διατρητική στήλη στο κάτω άκρο της συνδυάζεται με τον καροτοσυλλέκτη και η προώθηση της γίνεται με υδραυλικό τρόπο.

Η υδραυλική προώθηση παρέχει ασφάλεια στις απότομες μεταβολές της σκληρότητας των πετρωμάτων και επιτρέπει κινήσεις προς τα πάνω. Αντίθετα η μηχανική προώθηση απαιτεί συνεχή ρύθμιση της ταχύτητας περιστροφής από το χειριστή.

Κατά τη διάρκεια της διάτρησης διοχετεύεται νερό ή πολτός από την κεφαλή της διατρητικής στήλης με τη χρήση αντλίας.

Παρακάτω αναφέρονται μερικά γεωτρητικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται κυρίως στις υποθαλάσσιες διατρήσεις .

A)Περιστροφικό δειγματοληπτικό γεωτρητικό σύστημα τύπου RCB

Πρόκειται για περιστροφικό γεωτρύπανο που χρησιμοποιείται για δειγματοληψία τόσο σε ιζήματα όσο και σε σκληρά πετρώματα. Η περιστροφική κίνηση δίνεται από την επιφάνεια σε κοπτικό άκρο τεσσάρων περιστρεφόμενων κώνων με δόντια από καρβίδια βολφραμίου.

Ο δειγματολήπτης παραμένει ακίνητος ως προς το πέτρωμα ώστε να μην γίνεται διατάραξη του πυρήνα. Το μήκος του δειγματολήπτη είναι 9.5 m και η εσωτερική του διάμετρος 2,6 inches. Το καθαρό μήκος δειγματοληψίας είναι 9.3m και τα υπόλοιπα 0.2m στο κάτω άκρο του δειγματολήπτη, τα καταλαμβάνει η παγίδα συγκράτησης του πυρήνα.

Ο πυρήνας ανελκύεται μέσα από τα στελέχη της γεώτρησης με τη βοήθεια πλαστικού εσωτερικού <<πουκαμίσου>> χωρίς την ανέλκυση της διατρητικής στήλης .

Η ταχύτητα διάτρησης σε σκληρά πετρώματα είναι 1-2m ανά ώρα ενώ στην περίπτωση μαλακών αργίλων χρησιμοποιείται ειδικό κοπτικό άκρο που εισέρχεται μέσα στο ίζημα χωρίς περιστροφή και διοχέτευση νερού.

Β) Δειγματοληπτικό γεωτρητικό σύστημα με υδραυλικό έμβολο τύπου APC

Χρησιμοποιείται σε μαλακά λεπτόκοκκα ιζήματα και ο δειγματολήπτης εκτοξεύεται με υδραυλική δύναμη 28000 rounds μέσα στο ίζημα χωρίς περιστροφή. Έτσι παίρνεται αδιατάρακτο υψηλής αποληψιμότητας δείγμα το οποίο είναι προσανατολισμένο ως προς το μαγνητικό βορρά. Το σύστημα χρησιμοποιείται σε βάθη μέχρι 300m.

Ο δειγματολήπτης προεξέχει του διατρητικού συστήματος και του κοπτικού άκρου ενώ το κοπτικό του πέλμα είναι μαχαιρωτό. Το σύστημα αυτό έχει υψηλή αντοχή σε διάτμηση και στρέψη.

Γ) Γεωτρητικό σύστημα με προεξέχοντα δειγματολήπτη τύπου XCB

Πρόκειται για σύστημα πυρηνοληψίας αντίστοιχο του APC στο οποίο η διείσδυση του δειγματολήπτη γίνεται με την εκτόνωση ενός ελατηρίου. Ο δειγματολήπτης προεξέχει του κοπτικού άκρου ώστε να λαμβάνεται αδιατάρακτο δείγμα αποφεύγοντας έτσι τη διατάραξη που δημιουργούν το κοπτικό άκρο (από σκληρό μέταλλο με περιστρεφόμενους κώνους) και το νερό ψύξης του γεωτρώπανου.

Ο δειγματολήπτης φέρει οδοντωτό κοπτικό πέλμα που αποτελείται από αδαμαντοκορώνα με δόντια από καρβίδια βολφραμίου. Ο δειγματολήπτης μπορεί να περιστρέφεται μαζί με το διατρητικό σύστημα χωρίς όμως το πλαστικό πουκάμισο που συγκρατεί το πυρήνα να ακολουθεί την περιστροφή.

4.5 Το δειγματοληπτικό γεωτρύπανο και οι λειτουργίες του

Ένα πλήρες γεωτρητικό συγκρότημα αποτελείται από το δειγματοληπτικό γεωτρύπανο και το βοηθητικό του εξοπλισμό όπως είναι τα στελέχη, οι δειγματοσυλλέκτες, οι κορώνες, διάτρησης, οι δειγματολήπτες αδιατάρακτων δειγμάτων, τα εργαλεία αλίευσης, οι σωλήνες επένδυσης, η αντλία νερού και τα διάφορα συστήματα εκτέλεσης δοκιμών μέσα στη γεώτρηση (εισπιέσεων νερού, διείσδυσης, πενετρομέτρησης κ.ά.)

Ανάλογα με το μέγιστο βάθος διάτρησης τα δειγματοληπτικά γεωτρύπανα διακρίνονται σε:

- Μικρού μεγέθους γεωτρύπανα με διάτρηση μέχρι τα 200m.
- Μεσαίου μεγέθους γεωτρύπανα με διάτρηση μέχρι τα 400m.
- Μεγάλου μεγέθους γεωτρύπανα με διάτρηση για πάνω από τα 400m.

Το δειγματοληπτικό γεωτρύπανο μπορεί να διαχωρισθεί στα παρακάτω τέσσερα κύρια μέρη (κατά Τσουτρέλη, 1971) :

A) Το πλαίσιο στήριξης – στερέωσης του

B) Τη διατρητική στήλη

Γ) Το σύστημα παραγωγής και μετάδοσης της περιστροφικής κίνησης

Δ) Το σύστημα πύργου – βαρούλκου για το γρήγορο κατέβασμα και ανέβασμα της διατρητικής στήλης

4.5.1 Το πλαίσιο στήριξης – στερέωσης του γεωτρυπάνου

Το πλαίσιο στήριξης – στερέωσης του γεωτρυπανού είναι μία σιδερένια κατασκευή από ράβδους ή δοκούς. Η πιο συνηθισμένη μορφή πλαισίου είναι αυτή του τύπου ελκήθρου.

Υπάρχουν όμως και δειγματοληπτικά γεωτρύπανα που είναι στερεωμένα πάνω σε αυτοκινούμενα οχήματα. Στην περίπτωση αυτή το όχημα ακινητοποιείται στη θέση της γεώτρησης στηριζόμενο είτε πάνω σε τάκους είτε με γρύλλους.

4.6 Η διατρητική στήλη

Η διατρητική στήλη αποτελείται από:

- Το κοπτικό εργαλείο που βρίσκεται στο κατώτερο άκρο της στήλης

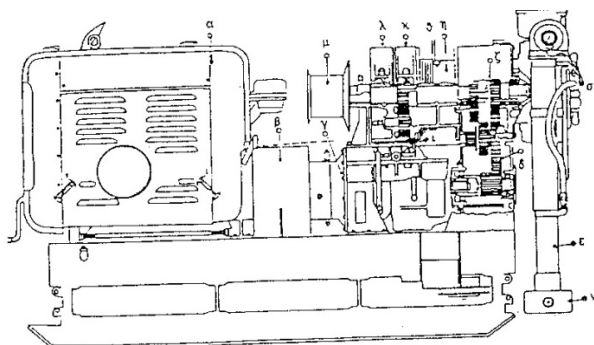
- Το ελατήριο συγκράτησης πυρήνα (κοινώς σπαστήρας)
- Το διευρυντήρα (κοινώς φρέζα)
- Τον πυρηνосуλλέκτη (κοινώς καροταρία) που δέχεται τους πυρήνες των διατρυόμενων πετρωμάτων.
- Τα στελέχη του γεωτρυπάνου που συνδέουν την καροταρία με το σύστημα μετάδοσης της περιστροφικής κίνησης.
- Τον τροφοδότη του νερού μέσω του οποίου το νερό εισέρχεται στη διατρητική στήλη.

4.6.1 Μηχανισμοί μετάδοσης της περιστροφικής κίνησης και προώθησης της διατρητικής στήλης

Ο κινητήρας του γεωτρυπάνου

Η ενέργεια που χρειάζεται για την κίνηση των διαφόρων μηχανισμών του γεωτρυπάνου προέρχεται από έναν κινητήρα που είναι στερεωμένος πάνω στο πλαίσιο του γεωτρυπάνου (σχήμα 1). Σήμερα τα περισσότερα γεωτρύπανα έχουν πετρελαιοκινητήρα. Βενζινοκινητήρα έχουν μόνο κάποια μικρά γεωτρύπανα ελαφρού τύπου για ευκολότερη μεταφορά σε ανώμαλα εδάφη.

Η ισχύς του κινητήρα ενός δειγματοληπτικού γεωτρυπάνου πρέπει να είναι ανάλογη του βάθους και της διαμέτρου των γεωτρήσεων. Π.χ. για γεώτρηση βάθους 1000m και διαμέτρου 4 inches απαιτείται ισχύς κινητήρα τουλάχιστον 70 ίππων.



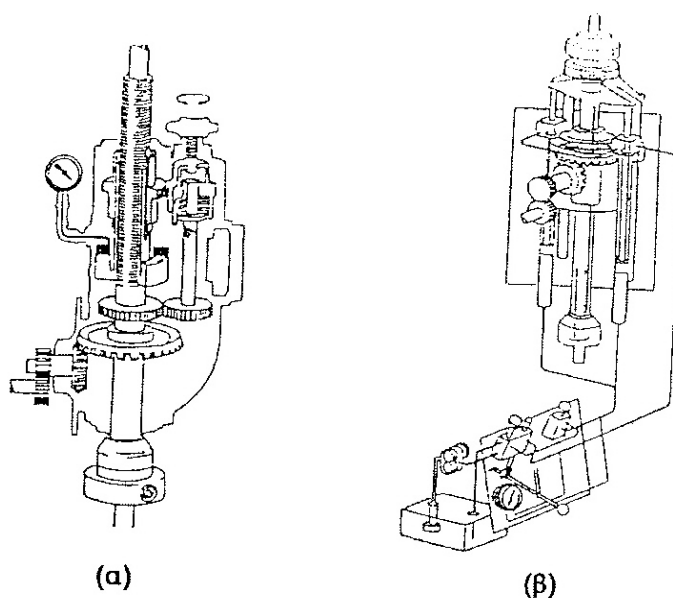
Σχήμα 1, Μηχανολογικός εξοπλισμός δειγματοληπτικού γεωτρυπάνου από Τσουτρέλη 1971

Μηχανισμός μετάδοσης της περιστροφικής κίνησης στη διατρητική στήλη

Η περιστροφική κίνηση της διατρητικής στήλης γίνεται μέσω της ατράκτου (Kelly) η οποία βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του γεωτρυπάνου. Ο μηχανισμός μετάδοσης της περιστροφικής κίνησης γίνεται από την περιστρεφόμενη τράπεζα. Αυτή μεταδίδει την περιστροφική κίνηση στην άτρακτο με τη βοήθεια συστήματος γωνιακής μετάδοσης.

Μηχανισμός προώθησης της διατρητικής στήλης κατά την διάτρηση

Ο μηχανισμός αυτός μπορεί να είναι είτε μηχανικός είτε υδραυλικός (σχήμα 2). Ο μηχανικός τρόπος προώθησης εφαρμόζονταν παλιότερα. Σήμερα το σύνολο σχεδόν όλων των γεωτρυπάνων κατασκευάζονται με τον υδραυλικό τρόπο γιατί έναντι του μηχανικού παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα όπως ευκολότεροι χειρισμοί, εκτελούν επιπλέον διάφορες ειδικές εργασίες όπως λήψη δείγματος από μαλακά εδάφη δίχως περιστροφή αλλά μόνο με πίεση κ.ά. Τέλος μόνο αυτά διαθέτουν σύστημα οπισθολίσθησης που βοηθάει και αυτό ιδιαίτερα κατά την εκτέλεση της δειγματοληπτικής γεώτρησης.



Σχήμα 2, Συστήματα προώθησης της ατράκτου α) μηχανικό β) υδραυλικό

(από Παπαγεωργίου 1965)

4.7 Εξοπλισμός δειγματοληπτικού γεωτρυπάνου

4.7.1 Γενικά

Γενικά στον εξοπλισμό του γεωτρυπάνου συμπεριλαμβάνονται τα εξής:

- Οι κορώνες διάτρησης και οι φρέζες.
- Οι δειγματοσυλλέκτες (καροταρίες).
- Οι δειγματοσυλλέκτες αδιατάρακτων δειγμάτων.

- Τα στελέχη, οι σύνδεσμοι, οι συστολές.
- Οι σωλήνες για προσωρινές σωληνώσεις.
- Η αντλία νερού.
- Διάφορα εξαρτήματα όπως ο περιστρεπτός τροφοδότης νερού, ο περιστρεπτός ανυψωτήρας (κοτσαδόρος) κ.ά.
- Ειδικά εργαλεία όπως η φρέζα διεύρυνσης, ο σωληνοκόφτης, τα κολαούζα, το αντίβαρο για κρούσεις κ.ά.

4.7.2 Κοπτικό άκρο και φρέζες διάτρησης

Το κοπτικό άκρο, που βρίσκεται πάντα στην αρχή της διατρητικής στήλης της γεώτρησης, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη διάτρηση και χρειάζεται για την κάθε περίπτωση (είδος γεώτρησης και τύπος σχηματισμού) προσεκτική επιλογή των χαρακτηριστικών του. Είναι το πιο εξειδικευμένο στοιχείο του γεωτρώπανου και διατίθεται σε διάφορους τύπους, με ποικιλία τεχνικών χαρακτηριστικών, αντοχής και κόστους.

Τα κοπτικά άκρα των περιστροφικών γεωτρώπανων είναι τριών κύριων τύπων: τρίφτερα-τετράφτερα ή κυλινδρικά με βίντια, τρίκωνα με αιχμηρά μεταλλικά γρανάζια και τρίκωνα με στρογγυλά καρβίδια. Η λάσπη κατέρχεται στο κεντρικό, συνήθως εσωτερικό τμήμα των κοπτικών επιφανειών του <<κοπιδίου>>, για να ψύξει και να παρασύρει στη συνέχεια τα τρίμματα του διατρυόμενου πετρώματος.

Υπάρχουν βέβαια και τα πιο ειδικά κοπτικά άκρα, με ρινίσματα διαμαντιών, τα οποία είναι <<κολλημένα>> στα χείλη του κυλινδρικού άκρου και προορίζονται για πολύ σκληρά πετρώματα. Υπάρχουν και κοπτικά άκρα ενσωματωμένα στο τμήμα ειδικών πυρηνосуλλέκτων, για τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις. Ακόμη, υπάρχουν κυλινδρικά “σωληνωτά” κοπτικά (<<πέδιλα>>), που προσαρμόζονται στο κάτω άκρο των προσωρινών σωλήνων για την <<προχώρηση>> τους στις δειγματοληπτικές ή ερευνητικές γεωτρήσεις.

Τα κοπτικά άκρα παίρνουν κίνηση από τη μηχανή του γεωτρώπανου, δια μέσου της περιστρεφόμενης τράπεζας ή και ενός γραναζωτού μηχανισμού και της διατρητικής στήλης. Τρίβουν και θρυμματίζουν τα πετρώματα του πυθμένα, θερμαίνονται σημαντικά και γι'αυτό ψύχονται με τη χρήση διαφόρων ρευστών (νερού, αργιλικού πολτού ή αέρα).

Η αποτελεσματικότητα θραύσης του κάθε πετρώματος είναι συνάρτηση του σχήματος του κοπτικού άκρου και των προεξεχόντων σκληρών τμημάτων του, της σκληρότητας των υλικών αυτών, του τρόπου κυκλοφορίας και του είδους του πολτού, των χαρακτηριστικών του γεωλογικού σχηματισμού

(συνεκτικότητα, σκληρότητα, πλαστικότητα κ.λ.π.), της ταχύτητας περιστροφής της κρούσης και της πίεσης που ασκείται στη στήλη.

Η επιλογή του καταλληλότερου κοπτικού ως προς το σχήμα, υλικό κατασκευής, μέγεθος κ.λ.π., ως και των καλύτερων χαρακτηριστικών κίνησης του, που προσδιορίζονται ανά πάσα στιγμή από τον υπεύθυνο χειριστή και τους τεχνικούς παρακολούθησης της γεώτρησης, ανάλογα με τις συνθήκες και τον επιδιωκόμενο σκοπό, αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για μια επιτυχημένη και κατά το δυνατόν βέλτιστη διάτρηση.

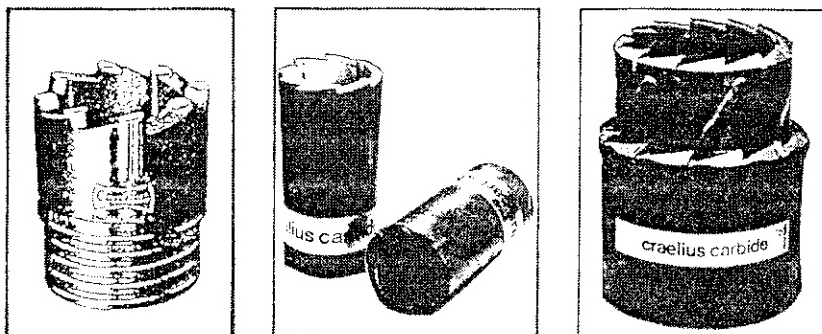
Το κοπτικό άκρο φθείρεται αργά η γρήγορα (ανάλογα με το πέτρωμα αλλά και τον τρόπο χρήσης του) και χρειάζεται έγκαιρη αντικατάσταση, μολονότι είναι συνήθως ακριβό.

Το κοπτικό εργαλείο ή κορώνα είναι αυτό το οποίο περιστρεφόμενο κόβει το πέτρωμα. Έχει σχήμα στεφάνης από ατσάλι που στο χείλος της είναι ενσωματωμένοι είτε κόκκοι διαμαντιών οπότε λέγεται “διαμαντοκορώνα”, είτε κομμάτια σκληρού κράματος οπότε λέγεται “βιδιοκορώνα”. Το μήκος της είναι μερικά cm. Στο πάνω άκρο της φέρει εσωτερικό σπείρωμα για να βιδώνεται στη στήλη.

Η φρέζα τοποθετείται πάνω από την κορώνα για να διατηρεί κατά τη διάτρηση τη διάμετρο της οπής σταθερή. Είναι ένας σωλήνας μήκους μερικών cm που στη εξωτερική του επιφάνεια φέρει διαμάντια ή βίδια και στα δύο άκρα της σπειρώματα για να βιδώνεται στην κορώνα και τη στήλη.

Βιδιοκορώνες

Οι βιδιοκορώνες (σχήμα 3) κατασκευάζονται με την εμφύτευση κοπτικών πλακιδίων από σκληρό κράμα, των βιδίων, πάνω στην ατσάλινη κορώνα. Τα βίδια κατασκευάζονται συνήθως από καρβίδια βολφραμίου και κοβαλτίου σε αναλογίες μεταξύ 90-94% και 10-16% αντίστοιχα. Το κράμα τότε έχει μεγάλη σκληρότητα. Η διατομή των πλακιδίων είναι ορθογώνια ή τετράγωνη ή εξαγωνική. Τα βίδια στερεώνονται σε εγκοπές της κορώνας εναλλάξ το ένα να προεξέχει λίγο εσωτερικά και το διπλανό να προεξέχει λίγο εξωτερικά. Το μέγεθος των πλακιδίων σε σχέση με το μέγεθος των διαμαντιών στις διαμαντοκορώνες είναι πολύ μεγάλο με αποτέλεσμα κατά την διάτρηση τα δείγματα να σπάνε ή ένα μέρος τους να θρυμματίζεται αφού το πέτρωμα δέχεται μεγάλη πίεση. Για αυτό το λόγο οι βιδιοκορώνες χρησιμοποιούνται όταν δεν ενδιαφερόμαστε για απόληψη του μεγαλύτερου δυνατού ποσοστού πυρήνας.



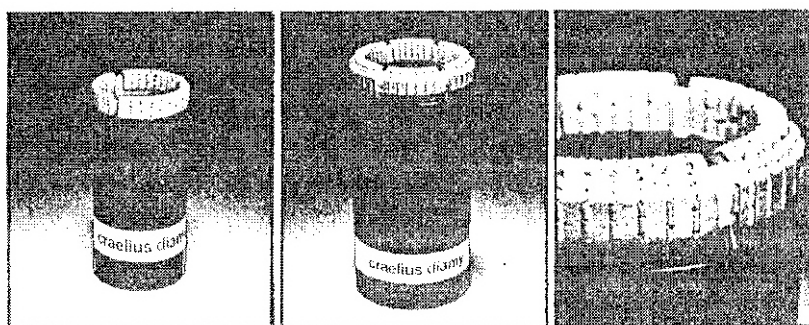
Σχήμα 3, Διάφοροι τύποι βιδιοκορώνων (από Παπαγεωργίου 1965)

Διαμαντοκορώνες

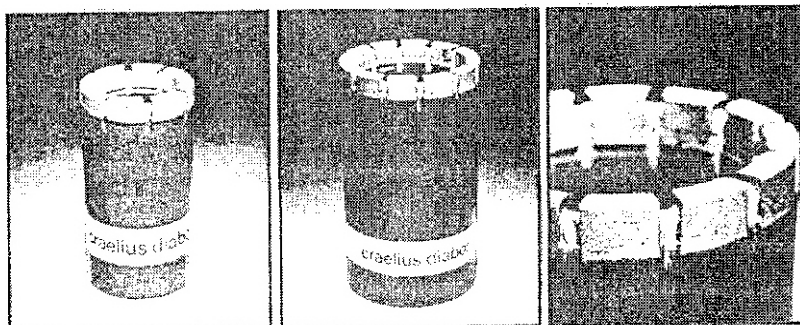
Υπάρχει μεγάλη ποικιλία από διαμαντοκορώνες επειδή το μέγεθος, η κατανομή και κυρίως η ποιότητα των κόκκων διαμαντιών που φυτεύονται πάνω στην κορώνα ποικίλλουν. Ανάλογα με την κάθε περίπτωση χρησιμοποιούμε και τις αντίστοιχες διαμαντοκορώνες. Έτσι για διάτρηση συμπαγών και ημίσκληρων πετρωμάτων χρησιμοποιούνται διαμαντοκορώνες με χονδρούς κόκκους διαμαντιών, ενώ για σκληρά τεμαχισμένα πετρώματα χρησιμοποιούνται διαμαντοκορώνες με λεπτή στεφάνη και πολύ λεπτούς κόκκους διαμαντιών και κυρίως κορώνες με διαμαντόσκονη.

Για την κατασκευή τους χρησιμοποιούνται τα βιομηχανικά διαμάντια. Τα πιο συνήθη είναι τα Bortz που έχουν την μεγαλύτερη σκληρότητα. Οι διαμαντοκορώνες κατασκευάζονται σε δύο βασικούς τύπους:

- Κορώνες με φυτευτά διαμάντια (σχήμα 4)
- Κορώνες με διαμαντόσκονη (σχήμα 5)



Σχήμα 4, Κορώνες με φυτευτά διαμάντια τύπου DIAMY (από Παπαγεωργίου 1965)

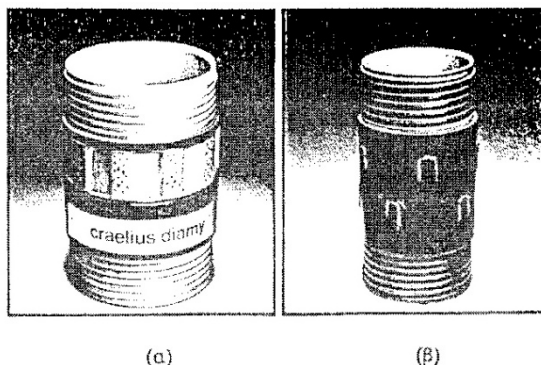


Σχήμα 5, Κορώνες με διαμαντόσκονη τύπου DIABORIT (από Παπαγεωργίου 1965)

Γενικά οι διαμαντοκορώνες χρησιμοποιούνται περισσότερο από τις βιδιοκορώνες γιατί με αυτές πετυχαίνεται η μεγαλύτερη δυνατή απόληψη πυρήνος, έχουν καλύτερα διατρητικά αποτελέσματα, προκαλούν λιγότερους κραδασμούς, δημιουργούν ομαλότερα τοιχώματα στην επιφάνεια της οπής και το κόστος διάτρησης με αυτές είναι μικρότερο παρά το ότι στοιχίζουν πολύ περισσότερο από τις βιδιοκορώνες. Αυτές αντέχουν τόσο στις μεγάλες ταχύτητες περιστροφής όσο και στις μεγάλες πιέσεις. Η επιλογή του καταλληλότερου τύπου διαμαντοκορώνας ανάλογα με τη φύση και την σύσταση του διατρυόμενου πετρώματος είναι θέμα του γεωτρυπανιστή.

Φρέζες

Ο ρόλος της φρέζας (σχήμα 6) είναι να διατηρεί τη διάμετρο της οπής σταθερή κατά τη διάτρηση επειδή λόγω αυξανόμενης φθοράς της περιφέρειας της κορώνας ελαττώνεται η εξωτερική της διάμετρος άρα και η διάμετρος της οπής της γεώτρησης. Έτσι με τη χρήση της φρέζας μπορούμε να κατεβάσουμε την καινούρια κορώνα μέχρι τον πυθμένα της οπής χωρίς να παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα. Χωρίς τη χρήση της φρέζας το κατέβασμά θα ήταν πολύ δύσκολο έως απίθανο. Επίσης οι φρέζες παίζουν και ένα σταθεροποιητικό ρόλο για την καλύτερη λειτουργία των διατρητικών εργασιών καθώς απορροφούν μεγάλο μέρος των κραδασμών της διατρητικής στήλης και έτσι αυτοί δεν φθάνουν στην κορώνα διάτρησης.



Σχήμα 6, Τύποι φρέζας α)με διαμάντια και β)με βίδια (από Παπαγεωργίου 1965)

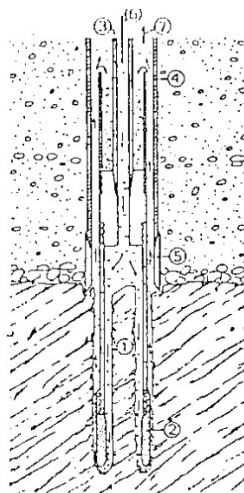
4.7.3 Καροταρίες και Δειγματολήπτες

Ο δειγματοσυλλέκτης (καροταρία) είναι ένας θάλαμος αποθήκευσης του πυρήνα κατά τη διάτρηση. Αποτελείται είτε από ένα σωλήνα (μονή καροταρία) είτε από δύο σωλήνες (διπλή καροταρία). Υπάρχουν και τριπλές καροταρίες οι οποίες όμως χρησιμοποιούνται σπάνια. Οι καροταρίες κατασκευάζονται με τυποποιημένες διαμέτρους και σπειρώματα. Έχουν μήκος 1.5m και 3m.

Οι δειγματολήπτες είναι ειδικές συσκευές και χρησιμοποιούνται μόνο σε περιπτώσεις όπου απαιτείται ειδική δειγματοληψία π.χ. για λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων σε μαλακά ή χαλαρά εδάφη που δεν μπορεί να γίνει με μονή ή διπλή καροταρία.

Μονή καροταρία

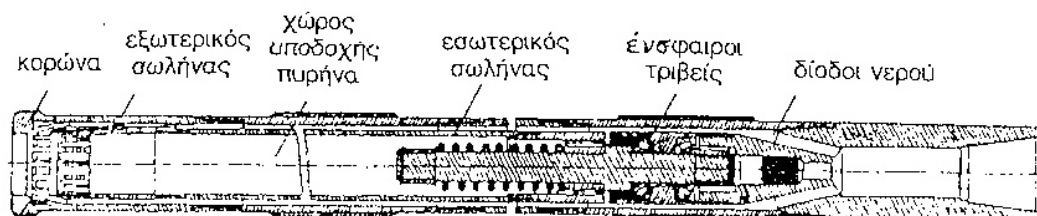
Η μονή καροταρία είναι ένας απλός σωλήνας χαλύβδινος μέσα στον οποίο συγκεντρώνεται ο πυρήνας των διατρυόμενων πετρωμάτων (σχήμα 7). Η δειγματοληψία γίνεται με περιστροφή της καροταρίας που είναι κατάλληλης διαμέτρου και μήκους. Στο κάτω μέρος της βιδώνεται η κορώνα και η φρέζα ενώ στο πάνω μέρος της έχει “κεφαλή” που την συνδέει με τα στελέχη. Η κυκλοφορία του νερού κατά την διάτρηση γίνεται διά μέσου της καροταρίας και αυτό έχει αποτέλεσμα να επηρεάζεται αρνητικά το δείγμα λόγω και της επιπλέον καταπόνησης του από την περιστροφή της καροταρίας. Λόγω αυτών των γεγονότων η μονή καροταρία χρησιμοποιείται μόνο στα πολύ συνεκτικά πετρώματα. Στα μαλακά λεπτόκοκκα εδάφη η μονή καροταρία χρησιμοποιείται για διάτρηση “έν ξηρώ”.



Σχήμα 7, Πυρηνοληψία με μονή καροταρία (από Καλλέργη και Κούκη 1985).

Διπλή καροταρία

Η καροταρία αυτή αποτελείται από δύο ομόκεντρους σωλήνες, έναν εξωτερικό που περιστρέφεται κατά την διάτρηση και έναν εσωτερικό που παραμένει ακίνητος επειδή είναι αναρτημένος στην κεφαλή του δειγματολήπτη. Το δείγμα συλλέγεται μέσα στον εσωτερικό σωλήνα και έτσι μειώνονται οι καταπονήσεις του. Το νερό διάτρησης περνάει ανάμεσα από τους δύο σωλήνες και για αυτό το λόγο το δείγμα επηρεάζεται από αυτή την κυκλοφορία. Έτσι εξασφαλίζεται πολύ καλή απόληψη δείγματος ακόμη και από πετρώματα σχετικά μικρής συνοχής. Λόγω αυτών των γεγονότων ο τύπος αυτής της καροταρίας χρησιμοποιείται κατ'έξοχήν. Το μήκος της διπλής καροταρίας είναι συνήθως 3,40m αλλά χωράει καρότο μήκους μέχρι 3m. Όταν αυτή γεμίσει με δείγμα η διάτρηση σταματάει, ανασύρεται η στήλη στην επιφάνεια του εδάφους, αφαιρείται το δείγμα και ξανακατεβαίνει στον πυθμένα της οπής για να συνεχιστεί η διάτρηση.



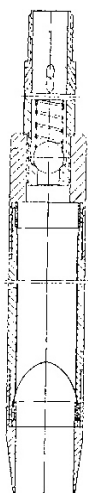
Σχήμα 8, Τομή διπλής καροταρίας (από Καλλέργη και Κούκη 1985).

Τριπλή καροταρία

Είναι ένας πυρηνοσυλλέκτης ο οποίος αποτελείται από τριπλά τοιχώματα και είναι κατάλληλος για διάτρηση σε μαλακά έως σκληρά και κατακερματισμένα πετρώματα (βλέπε Καλλέργη και Κούκη 1985). Στις καροταρίες αυτές ο εσωτερικός σωλήνας που δέχεται το δείγμα έχει πολύ λεπτά τοιχώματα. Όταν γεμίζει με δείγμα η καροταρία, ανέρχεται στην επιφάνεια του εδάφους και αφαιρείται από την καροταρία ο τρίτος σωλήνας με το περιεχόμενο δείγμα. Ακολούθως τοποθετείται στην καροταριά νέος σωλήνας και συνεχίζεται η διάτρηση.

Δειγματολήπτες

Όπως αναφέραμε πιο πάνω οι δειγματολήπτες χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις δειγματοληψίας. Υπάρχουν δειγματολήπτες ειδικοί για λήψη αδιατάρακτων – διαταραγμένων δειγμάτων καθώς και δειγματολήπτες συνεχούς δειγματοληψίας μεγάλου μήκους. Δειγματολήπτες για λήψη αδιατάρακτων – διαταραγμένων δειγμάτων είναι ο δειγματολήπτης λεπτού τοιχώματος (Shelby) (σχήμα 9), ο δειγματολήπτης με έμβολο (Piston sampler), ο δειγματολήπτης περιστροφής και πίεσης (τύπου Denisson) και ο δειγματολήπτης άμμου (τύπου Bishop). Δειγματολήπτες συνεχούς δειγματοληψίας μεγάλου μήκους είναι ο δειγματολήπτης Kjellman και ο δειγματολήπτης Delft.



Σχήμα 9, Δειγματολήπτης διαιρούμενος αδιατάρακτων δειγμάτων λεπτού τοιχώματος (από Παπαγεωργίου)

4.8 Στελέχη της διατρητικής στήλης

Τα διατρητικά στελέχη που μεταδίδουν την κίνηση του γεωτρύπανου στο κοπτικό άκρο, είναι ειδικοί χαλύβδινοι κυλινδρικοί σωλήνες, με σημαντικό πάχος τοιχώματος, για να αντέξουν στις τάσεις στρέψης, βάρους, πίεσης και τριβής με τα τοιχώματα της γεώτρησης.

Η εξωτερική διάμετρος αλλά και το σχήμα τους εξαρτάται από το είδος του γεωτρύπανου, τον τρόπο διάτρησης, το βάθος της γεώτρησης.

Το μήκος τους είναι συνήθως 10 ή 20 πόδια περίπου, και συνδέονται μεταξύ τους στεγανά, με χοντρά <<πάσσα>>, χωρίς την παρεμβολή “μούφας”.

Στο εσωτερικό τους κυκλοφορεί με πίεση το ρευστό διάτρησης, μέχρι να φτάσει στο κοπτικό άκρο, και η κίνηση τους είναι πάντα δεξιόστροφη, όπως και τα πάσσα.

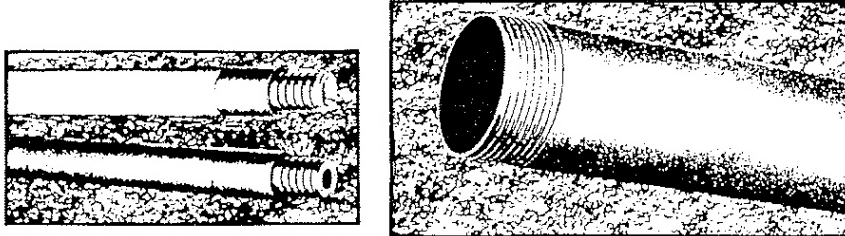
Το επιφανειακότερο άκρο τους συνδέεται συνήθως με το στέλεχος μετάδοσης της κίνησης του γεωτρύπανου και το “λαστιχένιο σωλήνα, που φέρνει τον πολτό από την αντλία ή τον αέρα από τον συμπιεστή. Στο κατώτερο άκρο του τελευταίου στελέχους προσαρμόζεται το κοπτικό άκρο, ο “οδηγός” ή η καροταρία (κατά περίπτωση).

4.8.1 Στελέχη – Σύνδεσμοι – Συστολικά τεμάχια

Τα στελέχη (σχήμα 10) αποτελούν πολύ σημαντικό εξάρτημα του γεωτρυπάνου γιατί αυτά συγκρατούν το σύνολο σχεδόν της διατρητικής στήλης. Είναι κατασκευασμένα χωρίς ραφή, από ειδικής ποιότητας χάλυβα για να αντέχουν στις μεγάλες μηχανικές καταπονήσεις στρέψης, βάρους και πίεσης που δέχονται. Το στέλεχος στο ένα του άκρο φέρει μόνιμα βιδωμένο ένα εξάρτημα, τον σύνδεσμο και στο άλλο του άκρο φέρει εσωτερικό σπείρωμα.

Ο σύνδεσμος στα δύο του άκρα φέρει εξωτερικό σπείρωμα, η εξωτερική του διάμετρος είναι ίδια με αυτή του στελέχους, αντίθετα η εσωτερική του είναι λίγο μικρότερη. Τα πάσσα του σπειρώματος είναι χοντρά για να βιδώνουν εύκολα και γρήγορα. Η διατρητική στήλη επιμηκύνεται βιδώνοντας το εξωτερικό σπείρωμα του συνδέσμου στο εσωτερικό τοίχωμα του προηγούμενου στελέχους κ.ό.κ. Τα στελέχη έχουν μήκος 1.5m και 3m. Σχεδόν πάντα χρησιμοποιούνται τα στελέχη των 3m. Έχουν δεξιόστροφο σπείρωμα και πρέπει να είναι τελείως ευθυγραμμισμένα γιατί σε αντίθετη περίπτωση προκαλούν κραδασμούς στη διατρητική στήλη αφού μειώνεται η ταχύτητα

διάτρησης, φθείρεται η κορώνα και μειώνεται το ποσοστό της πυρηνοληψίας. Η συστολή είναι ένας σύνδεσμος που τα δύο του άκρα έχουν διαφορετική διάμετρο και χρησιμοποιείται για την σύνδεση στελεχών διαφορετικής διαμέτρου.



Σχήμα 10, Στελέχη δειγματοληπτικού γεωτρυπάνου και σωλήνας επένδυσης δειγματοληπτικής γεώτρησης (από Παπαγεωργίου)

4.8.2 Σωλήνες προσωρινής σωλήνωσης

Κατά την εκτέλεση μίας γεώτρησης όταν τα τοιχώματα της δεν είναι σταθερά αλλά παρουσιάζουν καταπτώσεις είναι απαραίτητο να σωληνωθεί το τμήμα αυτό για να μπορεί δίχως προβλήματα να συνεχισθεί η διάτρηση. Επίσης προσωρινά σωληνώνεται και τμήμα της γεώτρησης όπου παρουσιάζονται σημαντικές απώλειες νερού.

Οι σωλήνες επένδυσης είναι χαλύβδινοι ειδικού τύπου χωρίς ραφή, τυφλοί (χωρίς φίλτρα), με κατάλληλο πάχος τοιχώματος και με τυποποιημένες διαμέτρους. Φέρουν σπείρωμα εξωτερικό στο ένα τους άκρο και εσωτερικό στο άλλο. Έτσι βιδώνονται μεταξύ τους και δημιουργούν στη γεώτρηση στήλη επιθυμητού μήκους. Οι σωλήνες αυτοί μετά την τοποθέτησή τους μέσα στη γεώτρηση για να μην γλιστρήσουν βαθύτερα συγκρατούνται με δακτυλιοειδή σφιγκτήρα στο στόμιο της γεώτρησης.

4.8.3 Ειδικά εξαρτήματα

Περιστρεπτός τροφοδότης νερού

Είναι ένα εξάρτημα που παρεμβάλλεται μεταξύ του ελαστικού σωλήνα και του ακραίου στελέχους της στήλης που βρίσκεται στο ύψος του πύργου. Στο κάτω του άκρο φέρει σπείρωμα που βιδώνεται στη διατρητική στήλη (σχήμα 11 από Τσουτρέλη 1971).

Περιστρεπτός ανυψωτήρα (κοτσαδόρος)

Αυτό το εξάρτημα χρησιμοποιείται για τη γρήγορη άνοδο-κάθοδο της διατρητικής στήλης. Στο πάνω μέρος του αγκιστρώνεται συρματόσχοινο. Το κάτω του μέρος είναι περιστρεπτό, φέρει σπείρωμα και βιδώνεται στο ακραίο στέλεχος της στήλης (σχήμα 11).

Φρέζα διεύρυνσης

Το εργαλείο αυτό αποτελείται από έναν σωλήνα που στην περιφέρεια του φέρει ζεύγος κοπτήρων από βίδια ή διαμάντια (σχήμα 11). Χρησιμοποιείται όταν η γεώτρηση είναι ήδη σωληνωμένη σε κάποιο βάθος και πρέπει να σωληνωθεί βαθύτερα γιατί “τρυπάμε” ασταθές πέτρωμα που παρουσιάζει καταπτώσεις και η υπάρχουσα στη γεώτρηση σωλήνωση δεν μπορεί να προχωρήσει βαθύτερα γιατί η οπή είναι μικρότερης διαμέτρου.

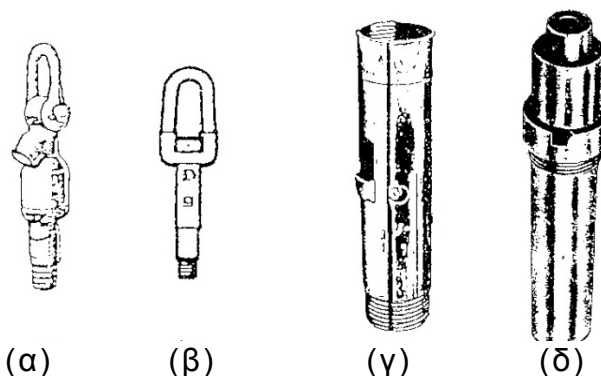
Σωληκόφτης

Είναι ένα εργαλείο με το οποίο μπορούμε όταν, η σωλήνωση κολλήσει και δεν τραβιέται προς τα πάνω με το γεωτρύπανο ή με το γρύλο, να την κόψουμε σε οποιοδήποτε σημείο εμείς θέλουμε (σχήμα 11). Αυτή η εργασία μπορεί να επαναλαμβάνεται μέχρι να ανασύρουμε ολόκληρη τη σωλήνωση.

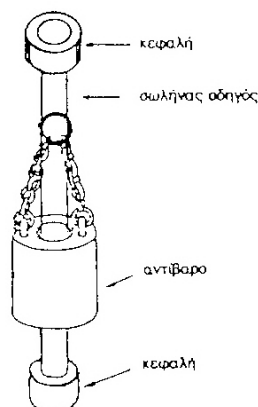
Αντίβαρο για κρούσεις

Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται για την προχώρηση των σωλήνων μέσα στη γεώτρηση (σχήμα 12). Έχει κυλινδρικό σχήμα και μια αξονική οπή. Υπάρχει σε δύο τύπους βάρους των 63,5kg και των 136kg. Το αντίβαρο κρέμεται με αλυσίδες και μπορεί να ανεβοκατεβαίνει σε σωλήνα οδηγό μήκους 0,90–1,20 m. Όταν κολλήσει η προώθηση των σωλήνων το αντίβαρο τραβιέται με το συρματόσχοινο στο άνω άκρο του οδηγού και αφήνεται να πέσει

ελεύθερα με ορμή πάνω στην κεφαλή της γεώτρησης οπότε έχουμε κάποια προχώρηση της σωλήνωσης έστω και μικρή.



Σχήμα 11, εξαρτήματα δειγματοληπτικού γεωτρυπάνου α) περιστρεπτός τροφοδότης νερού, β) κοτσαδόρος, γ) φρέζα διεύρυνσης, δ) σωληνοκόφτης (από Τσουτρέλη 1971).



Σχήμα 12. Αντίβαρο για κρούσεις των σωλήνων κατά την σωλήνωση (από Τσουτρέλη 1971).

4.8.4 Αντλία νερού

Κατά κανόνα χρησιμοποιείται ανεξάρτητη του γεωτρυπάνου αντλητική μονάδα. Δηλαδή η αντλία έχει κινητήρα διαφορετικό από εκείνον του γεωτρυπάνου.

Το να χρησιμοποιείται διαφορετική αντλία νερού παρά το επί πλέον κόστος παρουσιάζει πολλά και σημαντικά πλεονεκτήματα όπως :

- Η αντλία όταν η διάτρηση γίνεται σε μεγάλα βάθη μπορεί να αναπτύξει όλη την ισχύ της δίχως να μειώνεται η μέγιστη ισχύς του κινητήρα του γεωτρυπάνου.
- Το γεωτρύπανο κατά την μεταφορά του είναι ελαφρύτερο..
- Μπορούμε να διαλέξουμε ανάλογα με τις απαιτήσεις των γεωτρήσεων την πιο κατάλληλη αντλία.
- Μπορούμε να την εγκαταστήσουμε μακριά από το γεωτρύπανο εκεί που γίνεται η άντληση του νερού.

- Σε περίπτωση κάποιας βλάβης της αντλίας μπορούμε να την αντικαταστήσουμε με κάποια άλλη χωρίς να καθυστερήσει η πρόοδος του έργου.

Γενικά οι αντλίες θα πρέπει να εξασφαλίζουν σταθερή ροή νερού προς τη γεώτρηση, να έχουν την δυνατότητα να μεταβάλλουν την παροχή τους ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε γεώτρησης. Για να λειτουργήσουν έχουν είτε βενζινοκινητήρα είτε πετρελαιοκινητήρα ενώ υπάρχουν και ηλεκτροκίνητες αντλίες.

4.9 Τεχνική των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων

Η τεχνική των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων είναι συνδεδεμένη με τη λήψη δειγμάτων των πετρωμάτων από όλα τα βάθη. Από τη μελέτη τους αποκτούμε άμεση εικόνα των διατρυόμενων πετρωμάτων και παίρνουμε πληροφορίες για τη δομή, τη σύσταση, την υδροπερατότητα και τη διαδοχή των γεωλογικών σχηματισμών.

4.10 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα των δειγματοληπτικών Γεωτρήσεων

Τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα είναι τα εξής :

- Η λήψη δειγμάτων των πετρωμάτων με μορφή για τη μελέτη και την εκτέλεση σε αυτά των απαραίτητων εργαστηριακών δοκιμών.
- Η εκτέλεση μέσα στη γεώτρηση ειδικών δοκιμών για τον προσδιορισμό ορισμένων φυσικών και μηχανικών παραμέτρων των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών στο φυσικό τους περιβάλλον.
- Ο προσδιορισμός του προσανατολισμού των στρωμάτων και άλλων χαρακτηριστικών των γεωλογικών σχηματισμών όπως ρωγμές, ρήγματα, διακλάσεις, σχιστότητα κ.ά.
- Η εκτίμηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και ειδικότερα ο εντοπισμός των υδροφόρων στρωμάτων.

Τα παραπάνω στοιχεία βοηθούν :

- Στη μελέτη της πιθανής συμπεριφοράς των πετρωμάτων κατά την κατασκευή ενός τεχνικού έργου.
- Στη γνώση των συνθηκών εκσκαφής των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών για τη θεμελίωση του τεχνικού έργου.
- Στην επιλογή της καλύτερης εξόρυξης χρήσιμων ορυκτών και μεταλλευμάτων.

Τα σημαντικότερα μειονεκτήματα (Δημόπουλος 1986) είναι τα εξής :

- Τα στοιχεία της γεώτρησης που αφορούν μία πολύ μικρή διατομή του εδάφους είναι διακινδυνευμένο να τα γενικεύουμε για μία γύρω από τη γεώτρηση περιοχή.
- Παρά το γεγονός ότι εντοπίζονται στα καρότα στρώσεις, διακλάσεις και άλλες δεν μπορεί να προσδιορισθεί ακριβώς η έκταση διαμελισμού της βραχομάζας γύρω από τη γεώτρηση.
- Διαταραγμένες λεπτές ζώνες μπορεί να αλεσθούν κατά τη διάτρηση και να μη γίνει αντιληπτή η παρουσία τους λόγω απώλειας δείγματος.
- Δεν εντοπίζονται οι ανοιχτές ρωγμές της βραχομάζας.
- Κατά την εκτέλεση της γεώτρησης η περιεκτικότητα των πετρωμάτων σε νερό μεταβάλλεται.
- Σε μεγάλου βάθους γεωτρήσεις εντός σκληρών πετρωμάτων η απόκλιση της οπής από την κατακόρυφο μπορεί να είναι μεγάλη και έτσι στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων μπορεί να οδηγηθούμε σε λανθασμένα συμπεράσματα.

4.11 Ταξινόμηση των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων

Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε :

- Χειροκίνητες, μηχανοκίνητες

Αυτές εκτελούνται μόνο σε μαλακά και λεπτόκοκκα εδάφη και το βάθος τους φθάνει το πολύ τα 30m. Σε αυτές χρησιμοποιούνται γεωτρύπανα μικρού ή μεγάλου μεγέθους αναλόγως το επιθυμητό βάθος των γεωτρήσεων.

- Αβαθείς, βαθιές, πολύ βαθιές

Σε αυτές δεν υπάρχουν καθιερωμένα όρια για το ακριβές βάθος των αβαθών, βαθιών, και πολύ βαθιών γεωτρήσεων.

- Κατακόρυφες, οριζόντιες, κεκλιμένες

Γενικά οι γεωτρήσεις ιδανικά θα ήταν να γίνονται κάθετα στο επίπεδο στρώσης ή σχιστότητας του πετρώματος γιατί τότε θα έχουμε πολύ καλά στοιχεία. Αυτό όμως δεν είναι εύκολο να γίνεται στη πράξη και γι αυτό το λόγο οι περισσότερες δειγματοληπτικές γεωτρήσεις γίνονται κατακόρυφες εκτός αν ειδικοί λόγοι επιβάλλουν την εκτέλεση κεκλιμένων ή οριζόντιων γεωτρήσεων.

4.12 Πυρηνοληψία

Η πυρηνοληψία είναι μια χρονοβόρα διαδικασία γιατί ο πυρηνοσυλλέκτης πρέπει να ανελκύεται στην επιφάνεια για την απελευθέρωση του πυρήνα.

Ο πυρηνοσυλλέκτης είναι ένας ειδικός θάλαμος ο οποίος μαζί με το κοπτικό άκρο (κορώνα) αποτελεί την καροταρία του δειγματολήπτη. Υπάρχουν διάφορα είδη καροταρίων όπως μονές, διπλές, καροταρία με τριπλά τοιχώματα, διπλή καροταρία με εξολκέα και μια εξελιγμένη μορφή με διπλά τοιχώματα που επιτρέπει τη συνεχή πυρηνοληψία με συρματόσκοινο.

Η λήψη ακέραιων πυρήνων δεν είναι πάντα εφικτή γιατί καταστρέφονται μερικά τμήματα του διατρηόμενου πετρώματος. Η σωστή πυρηνοληψία απαιτεί την εμπειρία του χειριστή ο οποίος επιλέγει την κατάλληλη κορώνα και τον καροτοσυλλέκτη. Οι κινήσεις της διατρητικής στήλης πρέπει να είναι ομαλές για να μην δημιουργηθούν απώλειες από την καταστροφή του πυρήνα.

Η πυρηνοληψία είναι εύκολη στα συμπαγή και ομοιογενή πετρώματα ενώ είναι δύσκολη στα χαλαρά και μαλακά πετρώματα γιατί συχνά διαλύονται κατά την κυκλοφορία του διατρητικού ρευστού μέσα στην καροταρία. Στα πολύ σκληρά και υαλώδη πετρώματα η πυρηνοληψία είναι αδύνατη.

Όταν παρατηρούνται καταπτώσεις των τοιχωμάτων της γεώτρησης χρειάζεται ειδική σωλήνωση και ελάττωση της διαμέτρου διάτρησης. Η ψύξη του κοπτικού άκρου και ο καθαρισμός της γεώτρησης από τα τρίμματα επιτυγχάνεται με τη χρήση αέρα, νερού ή πολτού.

4.12.1 Τεχνική πυρηνοληψίας

Μετά την εγκατάσταση του γεωτρύπανου επιλέγεται η κατάλληλη καροταρία και κορώνα. Συνήθως η μονή καροταρία χρησιμοποιείται σε σκληρά και συνεκτικά πετρώματα, γιατί το διοχετευόμενο νερό έρχεται σε άμεση επαφή με το δείγμα χωρίς να το καταστρέφει. Η διπλή καροταρία προτιμάται για τη διάτρηση αργιλικών και εύθραυστων σχηματισμών, γιατί το καρότο προστατεύεται από το νερό.

Όταν τα τοιχώματα της γεώτρησης δεν είναι συνεκτικά και πέφτουν τότε τοποθετούνται κατάλληλοι σωλήνες επένδυσης για την προστασία της διατρητικής στήλης αλλά και για την αποφυγή πτώσης των τοιχωμάτων.

Κάθε φορά που θέλουμε δείγμα κατεβάζουμε την καροταρία και αυτό αποθηκεύεται στον πυρηνοσυλλέκτη. Σε περίπτωση

αναπήδησης της διατρητικής στήλης ο γεωτρυπανιστής πρέπει έγκαιρα να προβλέψει την αλλαγή κορώνας ή να μειώσει την ταχύτητα στρωφών περιστροφής της στήλης. Ανάλογα με τον σκοπό της πυρηνοληψίας και όταν τα δείγματα δεν είναι συνεκτικά, πραγματοποιείται παραφίνωση αντιπροσωπευτικών δειγμάτων για παραπέρα εργαστηριακές μελέτες. Επί τόπου μπορούν να προσδιοριστούν ορισμένες μόνο παράμετροι, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω.

5. ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ-ΠΥΡΗΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ

5.1 Εισαγωγή

5.1.1. Αντικείμενο-σκοπός των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων

Αντικείμενο των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων είναι η εξαγωγή δειγμάτων (καρότων) ώστε με κατάλληλες υπαίθριες και εργαστηριακές παρατηρήσεις να προσδιορισθούν οι γεωτεχνικές και εδαφομηχανικές παράμετροι του εδάφους της περιοχής της κατολίσθησης στην είσοδο του χωριού Φιλιππαίοι, προκειμένου να συνταχθεί η μελέτη σταθεροποίησης του εδάφους με σκοπό την ασφαλή θεμελίωση και αντιστήριξη των πρανών από την κατολίσθηση στην είσοδο του χωριού Φιλιππαίοι του νομού Γρεβενών.

Για τον σκοπό αυτό έγιναν οι παρακάτω εργασίες :

- Γεωτεχνική διερεύνηση της στρωματογραφίας του υπεδάφους στον χώρο της κατολίσθησης που έχει εκδηλωθεί στην είσοδο του οικισμού (Φιλιππαίοι) με εκτέλεση τεσσάρων ερευνητικών-δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, βάθους 8 έως 14 m η κάθε μία για τον προσδιορισμό της στρωματογραφίας, λιθολογίας και των εδαφομηχανικών χαρακτηριστικών της περιοχής.
- Έλεγχος ύπαρξης υπόγειων νερών με υψηλό φρεάτιο υδροφόρο ορίζοντα στον χώρο θεμελίωσης του κτιρίου αφού επιδρούν αρνητικά στις ιδιότητες των εδαφών θεμελίωσης.
- Εκτέλεση υπαίθριων και εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό των φυσικομηχανικών και εδαφομηχανικών χαρακτηριστικών των εδαφών θεμελίωσης.
- Προσδιορισμός της σεισμικότητας της περιοχής καθώς και της εδαφικής σεισμικής επικινδυνότητας.
- Προσδιορισμός του βάθους της επιφάνειας ολίσθησης.
- Υπολογισμός των παραμέτρων της διατμητικής αντοχής του υπεδάφους που θα χρησιμοποιηθούν για την μελέτη αντιστήριξης.

5.1.2 Θέση έργου

Η περιοχή της οικοπεδικής έκτασης της κατολίσθησης βρίσκεται στον οικισμό Φιλιππαίοι και εντοπίζεται στο ΝΑ/κό ακραίο τμήμα του οικισμού. Στον τοπογραφικό χάρτη κλίμακας 1:50000 φαίνεται η σχετική θέση του έργου. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες της περιοχής του κέντρου της κατολίσθησης στον οικισμό είναι $X=0257435$ και $Y=4439778$. Το απόλυτο υψόμετρο της περιοχής είναι 1200m περίπου.

5.2. Γεωμορφολογικές συνθήκες

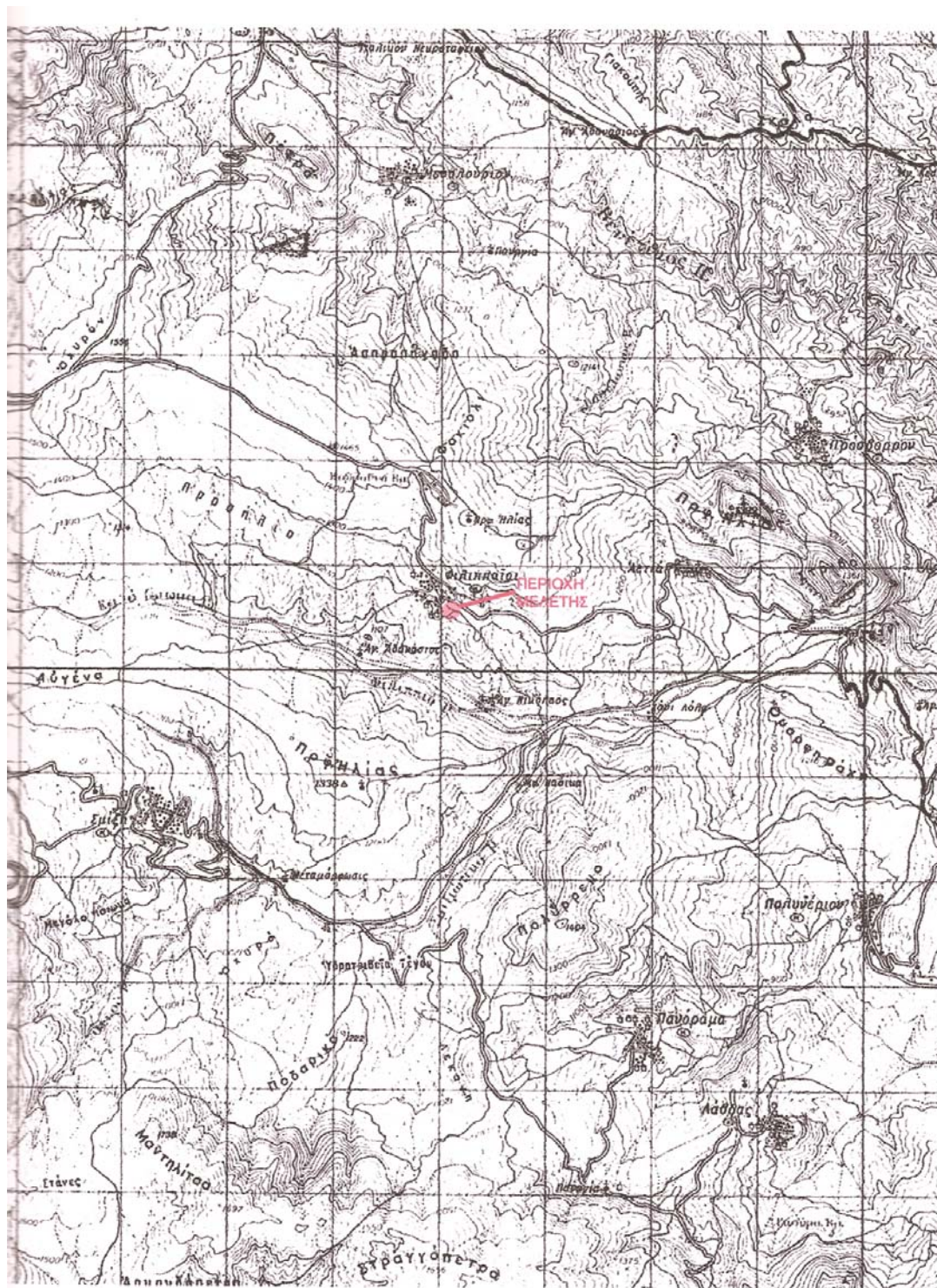
Η περιοχή του χώρου της κατολίσθησης βρίσκεται στον οικισμό Φιλιππαίοι και τοποθετείται στο όρος Σμόλικας και συγκεκριμένα στο ΝΑ/κό του τμήμα. Η περιοχή της έρευνας εντοπίζεται στην είσοδο του χωριού. Η περιοχή αποτελεί τμήμα της ονομαζόμενης ορεινής ενότητας Πίνδου. Το ορεινό συγκρότημα του Σμόλικα ανήκει στο ΒΒΑ τμήμα της οροσειράς της Πίνδου και η δομή αποτελείται από αλπικούς σχηματισμούς διαφόρων λιθοτεκτονικών ενότητων. Η γεωμορφολογική εξέλιξη και οι γεωμορφές που αναπτύσσονται στην περιοχή έχουν σχέση με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή, την τεκτονική εξέλιξη και τα κλιματολογικά στοιχεία (θερμοκρασία, κατακρημνίσματα, άνεμος κ.τ.λ.).

Η ευρύτερη περιοχή που περιβάλλει την κοινότητα Φιλιππαίων χαρακτηρίζεται από κατολισθητικά φαινόμενα τα οποία έχουν σχέση άμεση με τις γεωλογικές συνθήκες. Η μορφολογία της περιοχής υφίσταται συνεχείς αλλαγές σε ετήσια ή πολυετή διάρκεια. Η μορφολογία της περιοχής που θα αναλυθεί είναι ορεινή και βρίσκεται στις νοτιο-ανατολικές παρυφές του Σμόλικα. Το μέσο υψόμετρο της περιοχής μελέτης είναι 1200m περίπου. Το υψόμετρο του δακτύλου της κατολίσθησης είναι περίπου 1150m.

Στην περιοχή επικρατούν μεγάλες μορφολογικές κλίσεις και βαθιές κοιλάδες σχήματος V. Η περιοχή ανήκει στο αριστερό πρηνές της κοιλάδας του ρέματος Φιλιππιά με μορφολογικές κλίσεις >40%.

Στον ευρύτερο χώρο παρουσιάζονται φαινόμενα μαζικής μετακίνησης σχηματισμών (κατολισθήσεις, ερπυσμοί, καθιζήσεις, αποπλύσεις κλιτύων κ.λ.π) και φαινόμενα απόπλυσης ή διάβρωσης.

Γενικά η περιοχή βρίσκεται σε διεργασία διάβρωσης. Το γεωμορφολογικό στάδιο χαρακτηρίζεται νεότητας.



Τοπογραφικός χάρτης (απόσπασμα από φύλλο
Πεντάλοφος. Κλίμακα 1:50000)

5.3. ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΚΑΙ ΑΜΕΣΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

5.3.1 Γενικά

Η γενικότερη περιοχή που μας ενδιαφέρει από γεωτεκτονική άποψη ανήκει στην γεωτεκτονική ενότητα της Πίνδου όπως φαίνεται και στον γεωτεκτονικό χάρτη κατά Δ. Παπανικολάου (1984).

Στον γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:50000 απεικονίζονται οι γενικές γεωλογικές συνθήκες και δομή της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος. Η γενική γεωλογική διαδοχή των πετρωμάτων φαίνεται στη λιθοστρωματογραφική τομή.

Η λιθολογική, στρωματογραφική και τεκτονική ανάλυση της περιοχής εξετάζεται και περιγράφεται παρακάτω.

5.3.2 Λιθολογικοί τύποι

Όπως φαίνεται και στον γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:50000 οι πετρολογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στη σύσταση της ευρύτερης περιοχής του ερευνούμενου χώρου της κατολίσθησης στους Φιλιππαίους ανήκουν κατά αποκλειστικότητα στον φλύσχη της ενότητας Πίνδου. Πιο κάτω δίνεται μία αναλυτικότερη περιγραφή των σχηματισμών αυτών με βάση τις εργασίες μας.

5.3.2.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ

Στην ευρύτερη περιοχή του ενδιαφέροντος αναπτύσσονται μεταλπικοί και αλπικοί σχηματισμοί.

Οι αλπικοί σχηματισμοί που αναπτύσσονται στην περιοχή ανήκουν στις παρακάτω γεωτεκτονικές ενότητες:

- Ενότητα Πίνδου

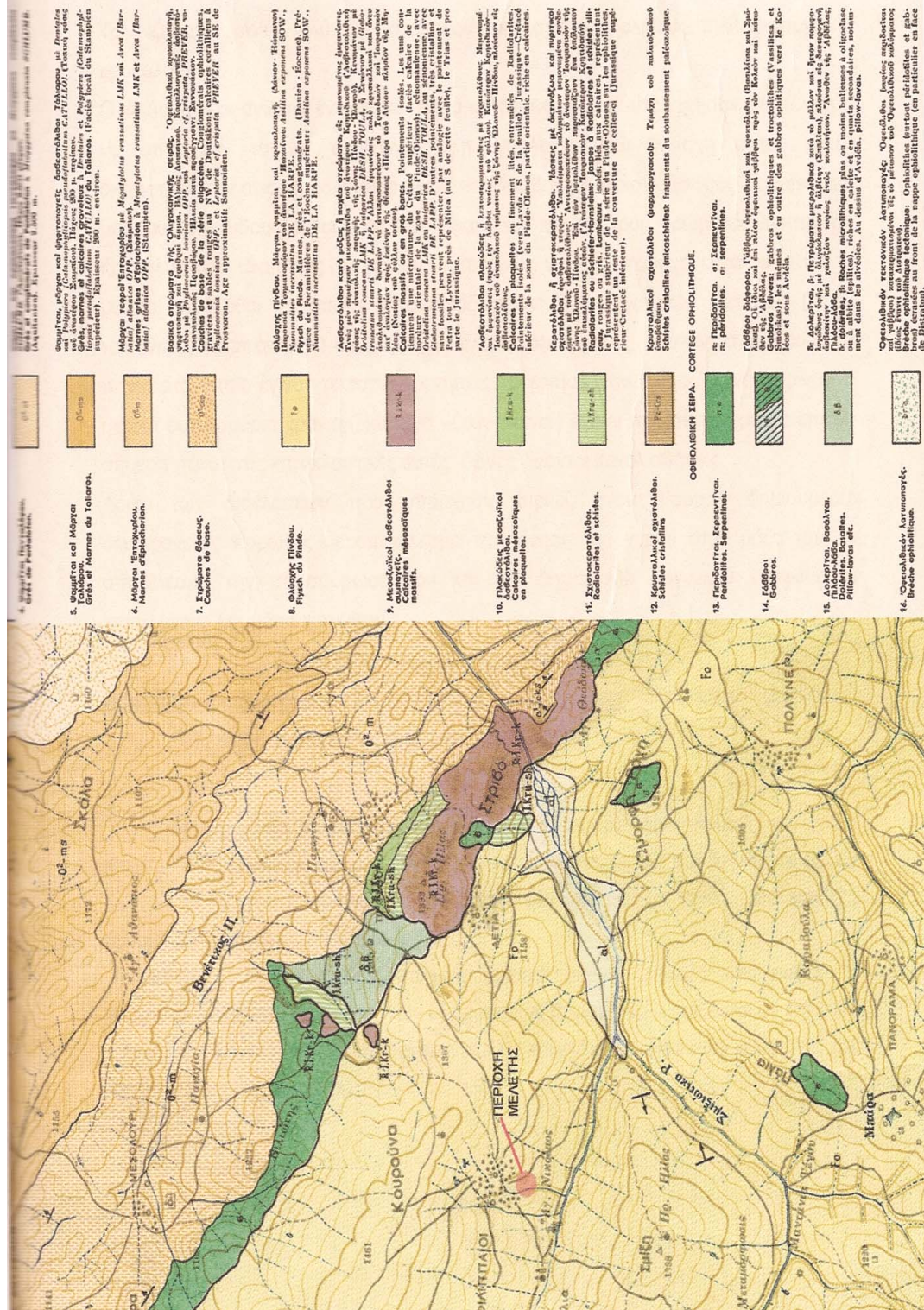
Στην περιοχή μας συναντάμε τμήμα της λιθοστρωματογραφικής κολώνας του φλύσχη και όχι ολόκληρη. Τα ιζήματα του φλύσχη αποτελούνται από ιλυόλιθους-πηλίτες-ψαμμίτες-κροκαλοπαγή. Ο φλύσχη εμφανίζεται έντονα τεκτονικά καταπονημένος, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχουν ταχείες εναλλαγές στη λιθολογία

του φλύσχη όπως αυτές διαπιστώθηκαν στις τομές υπαίθρου και περιλαμβάνουν φαιοπράσινους ψαμμίτες και μαύρους ιλυόλιθους με αδρόκοκκους ψαμμίτες και ερυθρού χρώματος λεπτομερή κροκαλοπαγή. Ιδιαίτερης σημασίας είναι όμως για την περιοχή εργασίας οι μαύροι ιλυόλιθοι οι οποίοι παρουσιάζουν φτωχές μηχανικές ιδιότητες (λόγω τεκτονικής καταπόνησης) και λόγω της πλαστικότητας τους αποτέλεσαν πετρώματα πάνω στα οποία έγιναν τεκτονικές κινήσεις. Οι κινήσεις αυτές που έγιναν πριν από μερικά εκατομμύρια χρόνια (Ηώκαινο-Ολιγόκαινο) έχουν πρακτική σημασία επειδή σήμερα πάνω στις κατακλαστικές αυτές ζώνες γίνονται κατολισθήσεις.

Λόγω των διακλάσεων που υπάρχουν κυρίως στον ψαμμίτη δημιουργούν δευτερογενές πορώδες με αποτέλεσμα την αποσάθρωσή του και την δημιουργία αργιλικού εδάφους με επιπλέοντα κομμάτια ψαμμίτη.

Μεταλπικοί σχηματισμοί: Στην περιοχή μελέτης μας συναντάμε μεταλπικούς σχηματισμούς αποθέσεων κοίτης ποταμού.

Αναλυτικές λεπτομέρειες και στοιχεία σχετικά με την ακριβή περιγραφή, τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες των σχηματισμών αυτών παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο.



Γεωλογικός χάρτης, απόσπασμα από φύλλο Πεντάλοφος(κλίμακα 1:50000)

5.4. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

5.4.1 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

5.4.1.1 Γεωτρήσεις – Οργάνωση εργοταξίου

Με σκοπό την εξακρίβωση των γεωτεχνικών και εδαφομηχανικών χαρακτηριστικών του υπεδάφους της περιοχής της κατολίσθησης στην είσοδο του χωριού Φιλιππαιοί εκτελέσθηκαν κατακόρυφες περιστροφικές ερευνητικές βάθους 7,50 έως 13,50m.

Οι εργασίες υπαίθρου περιέλαβαν την εκτέλεση τεσσάρων δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, τη δειγματοληψία φραγμού και αδιατάρακτων δοκιμών, τις δοκιμές προτύπου διεισδύσεως S.P.T. και τη μέτρηση της στάθμης του υπόγειου φρεατίου υδροφόρου ορίζοντα μέσα στις γεωτρήσεις κατά την εκτέλεση της διάτρησης. Οι εργασίες υπαίθρου άρχισαν στις 05/07/07 και περατώθηκαν στις 12/07/07. Οι θέσεις και τα βάθη των γεωτρήσεων καθορίστηκαν βάσει των τοπικών συνθηκών, των απαιτήσεων της περιοχής της κατολίσθησης, των μακροσκοπικών γεωλογικών ενδείξεων και κατόπιν συνεννοήσεως και εγκρίσεως από την επίβλεψη του φορέα του έργου. Οι τέσσερις γεωτρήσεις Γ1, Γ2, Γ3 και Γ4 διάτρησαν συνολικό μήκος 43,50m. Τα βάθη τους ήταν 7,50, 13,50, 12,00, 10,50m για την κάθε μία αντίστοιχα.

Οι γεωτρήσεις έγιναν με αυτοκινούμενο περιστροφικό γεωτρύπανο JOY SALLIVAN LTD GREENOCK πλήρως υδραυλικό, ισχύος 60 ίππων ικανές να εξαγάγουν αδιατάρακτα δείγματα και δείγματα φραγμού και διαταραγμένα σε εδάφη μαλακά (γαιώδη) ή σκληρά (βραχώδη). Ακόμα στις γεωτρήσεις εκτελέσθηκαν συνολικά δεκαπέντε δοκιμές προτύπου διεισδύσεως S.P.T.

Το διατρητικό υγρό που χρησιμοποιήθηκε ήταν πάντοτε καθαρό νερό που η τροφοδοσία του γινόταν από δίκτυο νερού. Τα κοπτικά άκρα που χρησιμοποιήθηκαν σε μαλακούς σχηματισμούς ήταν με σκληρομέταλλα από καρβίδια.

5.4.1.2 Θέσεις γεωτρήσεων

Οι θέσεις των γεωτρήσεων, τα βάθη και τα υψόμετρα κεφαλής των γεωτρήσεων δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Γεώτρηση	Γ-1	Γ-2	Γ-3	Γ-4
Βάθος(m)	7,50	13,50	12,00	10,50
Χ	0257369	0257435	0257344	0257509
Ψ	4439728	4439778	4439764	4439767
Υψόμετρο κεφαλής(m)	1230	1232	1231	1233

5.4.1.3 Θέσεις και τύπος δειγματοληψίας

Από ερευνητικές γεωτρήσεις συλλέχθηκαν συνολικά πενήντα δύο (52) δείγματα φραγμού εν ξηρώ και οχτώ (8) δείγματα S.P.T.

Η μέθοδος δειγματοληψίας περιελάμβανε τους ακόλουθους τύπους δειγμάτων:

- Διαταραγμένα δείγματα με διαιρετό δειγματολήπτη βραδείας προχώρησης και με δειγματολήπτη διπλού τοιχώματος. Τα δείγματα του διαιρετού δειγματολήπτη καλύφθηκαν με πλαστική μεμβράνη για την διατήρηση της φυσικής τους υγρασίας και για την ασφαλή τους μεταφορά στο εργαστήριο για τις εκεί δοκιμές. Όλα τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ημιδιατομή πλαστικού σωλήνα και κατόπιν σε ειδικά ξύλινα κιβώτια συνολικού μήκους δείγματος 5,00m για την μεταφορά τους στο εργαστήριο.
- Ημιδιαταραγμένα δείγματα “εν ξηρώ” με τη χρήση δειγματολήπτη τοιχώματος με ειδική βαλβίδα εξισορρόπησης της υδραυλικής πίεσης στην κεφαλή του. Αμέσως μετά τη λήψη των δειγμάτων καθαρίζονταν οι παρειές τους από την ελεύθερη υγρασία και τοποθετούνταν σε τριπλή διάφανη μεμβράνη και στη συνέχεια σε πλαστικές σακούλες για την διατήρηση της φυσικής τους υγρασίας.
- Αδιατάρακτα δείγματα πάρθηκαν όπου αυτό ήταν δυνατόν με πίεση με χρήση δειγματολήπτη λεπτού απλού τοιχώματος τύπου Shelby διαμέτρου 76 χιλιοστών και μήκους τουλάχιστον 50cm. Αμέσως μετά την λήψη τους τα άκρα των αδιατάρακτων δειγμάτων καθαρίζονταν και παραφινώνονταν. Τα δείγματα αυτά καθορίζονταν και τοποθετούνταν σε ξύλινα κιβώτια. Μη συνεκτικά δείγματα τοποθετούνταν σε πλαστικές σακούλες χωρίς παραφίνωμα.

Σε κάθε δείγμα με στυλό διαρκείας γράφαμε ετικέτα που έφερε τα εξής στοιχεία:

- τίτλος έργου
- ένα κωδικό αριθμό του δείγματος
- ημερομηνία δειγματοληψίας
- ένδειξη του βάθους του ανώτερου και του κατώτερου τμήματος του δείγματος

Κατόπιν τα δείγματα τοποθετούνται σε ειδικά ξύλινα κιβώτια που έφεραν συνοπτικά στοιχεία του περιεχομένου τους όπως:

- τίτλος του έργου
- ονομασία της γεώτρησης

- ανώτερο και κατώτερο βάθος του περιεχομένου δείγματος
- αύξοντα αριθμό κιβωτίου

Η περιγραφή των δειγμάτων σχετίζεται με γεωλογικές πληροφορίες της επιφάνειας και του υπεδάφους καθώς επίσης και από τις υπάρχουσες εμφανίσεις των σχηματισμών στην ευρύτερη περιοχή. Όπου υπήρχαν δείγματα βραχωδών σχηματισμών γινόταν προσδιορισμός της πυρηνοληψίας επί τοις εκατό και του RQD (δείκτης ποιότητας του πετρώματος), των διακλάσεων, του βαθμού κερματισμού και αποσάθρωσης ώστε να είναι δυνατή η κατάταξη του υλικού σε κάποιο σύστημα ταξινόμησης. Μετά το πέρας των εργασιών υπαίθρου όλα τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για την εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών για τον προσδιορισμό των φυσικών και των μηχανικών χαρακτηριστικών τους.

5.4.1.4 Διάκριση στρωμάτων

Οι εδαφικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή της κατολίσθησης όπως ακριβώς συναντήθηκαν και διατρήθηκαν σε κάθε μία από τις τέσσερις ερευνητικές γεωτρήσεις Γ-1, Γ-2, Γ-3 και Γ-4 περιγράφονται στους επόμενους πίνακες, πιν. (1), πιν. (2), πιν.(3) και πιν. (4). Επίσης στους πίνακες αυτούς δίνονται και τα ακριβή βάθη των επαφών των σχηματισμών αυτών.

Πίνακας(1). Τα εδαφικά στρώματα της γεώτρησης Γ-1

Α/Α	Βάθος επαφής Γεωλογικού στρώματος		Περιγραφή των Στρωμάτων
	Από (m)	Έως (m)	
1	0,00	0,40	Αμμοχάλικες
2	0,40	1,00	Μάργα κιτρινοπράσινη
3	1,00	1,31	Μάργα αμμούχος
4	1,31	2,40	Μάργα ερυθρωπή
5	2,40	2,60	Ψαμμίτης
6	2,60	2,80	Μάργα αμμούχος
7	2,80	3,00	Ασβεστοπτικός ψαμμίτης
8	3,00	3,15	Μάργα συνεκτική
9	3,15	3,70	Ψαμμίτης κατακερματισμένος
10	3,70	6,40	Ψαμμίτης υγιής
11	6,40	6,80	Ψαμμίτης κατακερματισμένος
12	6,80	7,50	Ψαμμίτης υγιής

Πίνακας(2). Τα εδαφικά στρώματα της γεώτρησης Γ-2

Α/Α	Βάθος επαφής Γεωλογικού στρώματος		Περιγραφή των Στρωμάτων
	Από (m)	Έως (m)	
1	0,00	0,40	Αμμοχάλικες
2	0,40	1,10	Άργιλος καφέ με χάλικες
3	1,10	1,50	Κροκάλες
4	1,50	2,75	Άργιλος καφέ με κροκάλες
5	2,75	2,90	Κροκάλες
6	2,90	3,05	Μάργα γκρι
7	3,05	3,30	Ασβεστιτικός ψαμμίτης
8	3,30	3,70	Μάργα με χάλικες
9	3,70	4,05	Σχιστόλιθος γραφιτικός
10	4,05	4,90	Λεπτόκοκκος ψαμμίτης
11	4,90	5,40	Σχιστόλιθος γραφιτικός
12	5,40	5,80	Μάργα συνεκτική
13	5,80	6,00	Σχιστόλιθος γραφιτικός
14	6,00	6,20	Λεπτόκοκκος ψαμμίτης

15	6,20	7,40	Γραφιτικός σχιστόλιθος
16	7,40	7,90	Ερυθρώπρος αργιλικός σχιστόλιθος
17	7,90	8,50	Γκριζόμαυρος γραφιτικός σχιστόλιθος
18	8,50	8,80	Ερυθρώπρος αργιλικός σχιστόλιθος με ενδιαστρώσεις ψαμμιτών
19	8,80	10,00	Γραφιτικός σχιστόλιθος
20	10,00	10,60	Ερυθρώπρος αργιλικός σχιστόλιθος
21	10,60	12,00	Γραφιτικός σχιστόλιθος
22	12,00	12,10	Ψαμμίτης
23	12,10	13,00	Γραφιτικός σχιστόλιθος
24	13,00	13,50	Ερυθρώπρος αργιλικός σχιστόλιθος

Πίνακας(3). Τα εδαφικά στρώματα της γεώτρησης Γ-3

Α/Α	Βάθος επαφής Γεωλογικού στρώματος		Περιγραφή των Στρωμάτων
	Από (m)	Έως (m)	
1	0,00	2,80	Αμμοχάλικα-άργιλος-κροκάλες
2	2,80	3,00	Κροκάλες
3	3,00	4,05	Γκριζοπράσινη μάργα
4	4,05	4,30	Γκριζοπράσινη μάργα
5	4,30	5,30	Γραφιτικός σχιστόλιθος γκριζόμαυρος
6	5,30	5,70	Ασβεστιτικός ψαμμίτης
7	5,70	8,00	Γραφιτικός σχιστόλιθος με ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις
8	8,00	9,10	Γραφιτικός σχιστόλιθος με ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις
9	9,10	10,00	Ερυθρωπός αργιλικός σχιστόλιθος
10	10,00	12,00	Συνεκτική μάργα

Πίνακας(4). Τα εδαφικά στρώματα της γεώτρησης Γ-4

Α/Α	Βάθος επαφής Γεωλογικού στρώματος		Περιγραφή των Στρωμάτων
	Από (m)	Έως (m)	
1	0,00	2,80	Αμμοχάλικα (μπάζα)
2	2,80	3,00	Γκριζοπράσινη μάργα
3	3,00	3,20	Ασβεστιτικός ψαμμίτης
4	3,20	5,15	Μάργα με χάλικες
5	5,15	6,30	Ασβεστιτικός ψαμμίτης
6	6,30	7,20	Γραφитικός σχιστόλιθος με χάλικες
7	7,20	8,40	Γραφитικός σχιστόλιθος με ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις
8	8,40	9,00	Ερυθρωπός αργιλικός σχιστόλιθος με χάλικες
9	9,00	10,50	Γκριζόμαυρος γραφитικός σχιστόλιθος

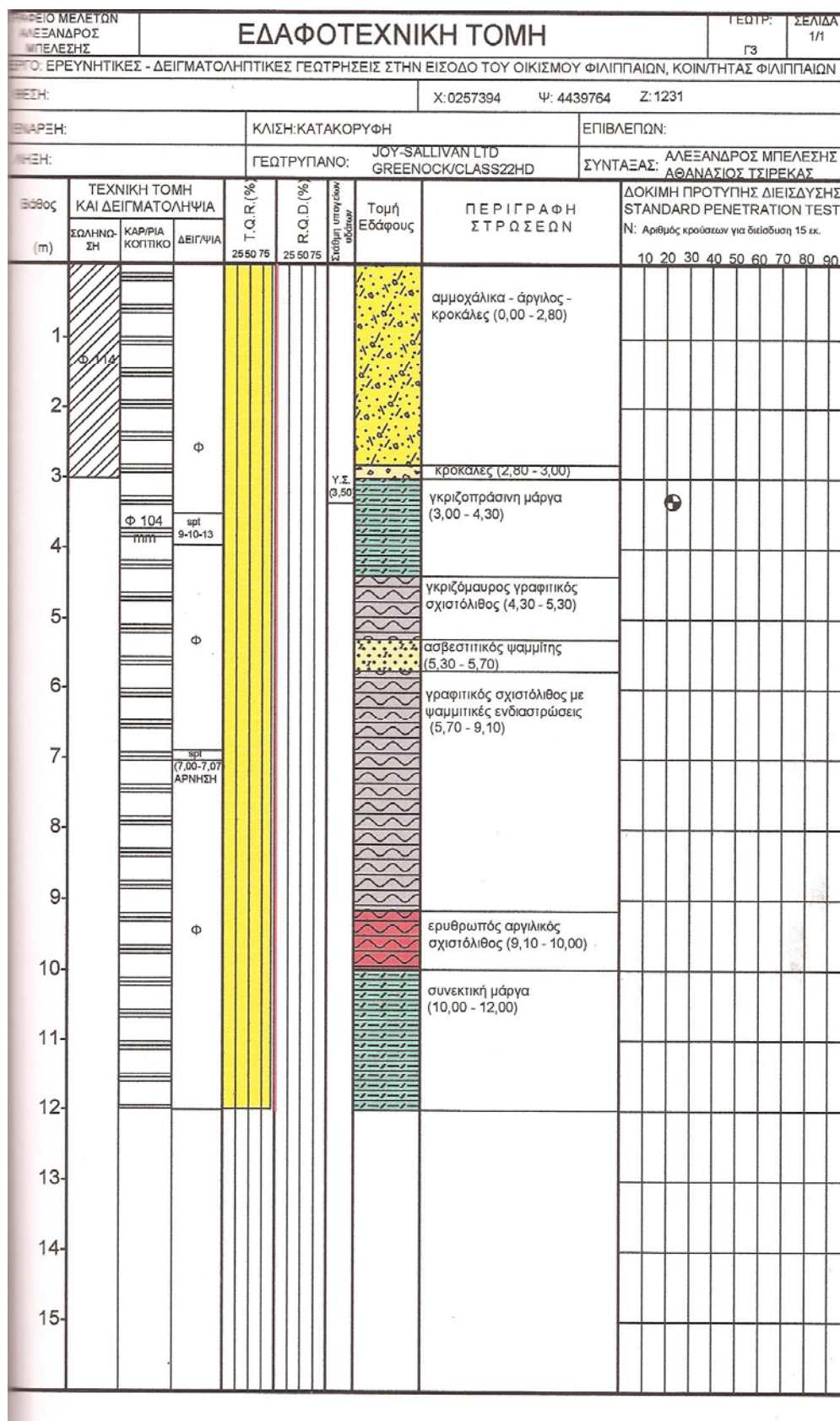
Με βάση τη διάκριση όλων των στρωμάτων όπως αυτά διατρήθηκαν στις τέσσερις γεωτρήσεις και περιγράφονται πιο πάνω προκύπτει ότι η στρωματογραφία της περιοχής της κατολίσθησης αποτελείται, από την επιφάνεια του εδάφους έως και το βάθος των 14,00m, μόνο από τον σχηματισμό του φλύσχη (ψαμμίτες, ιλυόλιθοι, μάργες). Στο βάθος των 10,00 έως 12,00 m ή και πιο κάτω συναντάμε τα υλικά της κατολισθαίνουσας μάζας που αποτελείται από ιλυόλιθο – γραφιτικό σχιστόλιθο με επιπλέοντα τεμάχια ψαμμιτών. Μόνο στην Γ-1 γεώτρηση διατρήσαμε το ψαμμιτικό υγιές υπόβαθρο του φλύσχη. Όλα τα παραπάνω υλικά εξεταζόμενα από εδαφομηχανική άποψη, γενικά θεωρούνται ως κακής γεωτεχνικής ποιότητας και συμπεριφοράς για την θεμελίωση και αντιστήριξη κτιρίων και τεχνικών έργων. Συνεπώς απαιτείται προσοχή και επιπλέον μελέτη για τον τρόπο αντιστήριξης και διόρθωσης της κατολίσθησης.

ΕΡΓΕΙΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΠΕΛΕΣΗΣ			ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ				ΓΕΩΤΡ: Γ1		ΣΕΛΙΔΑ 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
ΕΡΓΟ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ, ΚΟΙΝ/ΤΗΤΑΣ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ							Χ: 0257369		Ψ: 4439728		Z: 1230																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
ΘΑΡΕΗ:			ΚΛΙΣΗ:ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ				ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
ΘΗΗ:			ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ: JOY-SALLIVAN LTD GREENOCK/CLASS22HD				ΣΥΝΤΑΞΑΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΠΕΛΕΣΗΣ ΔΘΑΝΑΣΙΟΣ ΤΣΙΡΕΚΑΣ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
ΒΑΘΟΣ (m)	ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ			T.Q.R.(%) 2550 75	R.Q.D.(%) 25 50 75	Στάθμη υπογειώσεων υδάρων	Τομή Εδάφους	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ STANDARD PENETRATION TEST N: Αριθμός κρούσεων για διείσδυση 15 εκ.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
	ΣΩΛΗΝΟ- ΣΗ	ΚΑΡ/ΡΙΑ ΚΟΠΤΙΚΟ	ΔΕΙΓ/ΨΙΑ						10	20	30	40	50	60	70	80	90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
1	Φ 114		Φ					αμμοχάλικες (0-0,40)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													</

Τομή γεώτρησης Γ1

ΦΕΥΔΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΠΕΛΕΣΗΣ			ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ				ΓΕΩΤΡ:		ΣΕΛΙΔΑ 1/1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
ΠΡΟ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ, ΚΟΙΝ/ΤΗΤΑΣ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ							Γ2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
ΕΣΗ:				X: 0257435 Ψ: 4439778 Z: 1232																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
ΜΑΡΕΗ:			ΚΛΙΣΗ:ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ				ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
ΜΕΗ:			ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ: JOY-SALLIVAN LTD GREENOCK/CLASS22HD				ΣΥΝΤΑΞΑΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΠΕΛΕΣΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΤΣΙΡΕΚΑΣ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Βάθος (m)	ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ			T.C.R. (%) 25 50 75	R.Q.D. (%) 25 50 75	Στάθμη υπογειωθ υδάτων	Τομή Εδάφους	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΡΩΣΕΩΝ	ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ STANDARD PENETRATION TEST N: Αριθμός κρούσεων για διείσδυση 15 εκ.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	ΣΟΛΗΝΩ- ΣΗ	ΚΑΡ/ΡΙΑ ΚΟΠΤΙΚΟ	ΔΕΙΓ/ΨΙΑ						10	20	30	40	50	60	70	80	90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
1	Φ 114		Φ				Υ.Σ. (2,25)	αμμοχάλικες (0-0,40)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		</

Τομή γεώτρησης Γ2



Τομή γεώτρησης Γ3

ΓΕΩ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΠΕΛΕΣΗΣ		ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ					ΓΕΩΤΡ: Γ4		ΣΕΛΙΔΑ 1/1							
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΙΣΟΔΟ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ, ΚΟΙΝ/ΤΗΤΑΣ ΦΙΛΙΠΠΑΙΩΝ																
ΜΡΕΗ:		ΚΛΙΣΗ:ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ					ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ:									
ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ:		JOY-SALLIVAN LTD GREENOCK/CLASS22HD					ΣΥΝΤΑΞΑΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ ΜΠΕΛΕΣΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΤΣΙΡΕΚΑΣ									
ΒΑΘΟΣ	ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ			T.Q.R.(%)	R.Q.D.(%)	Τομή Εδάφους	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ Σ Τ Ρ Ω Σ Ε Ω Ν	ΔΟΚΙΜΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ STANDARD PENETRATION TEST N: Αριθμός κραύσεων για διείσδυση 15 εκ.								
(m)	ΣΩΛΗΝΩ- ΣΗ	ΚΑΡ/ΡΙΑ ΚΟΠΤΙΚΟ	ΔΕΙΓ/ΨΙΑ	25 50 75	25 50 75	Σταθμή υποχρέωση υδάτων		10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	Φ 114						αμμοχάλικα (μπάζα) (0,00 - 2,80)									
2						Υ.Σ. 2,80										
3			Φ				μάρμα γκρι/σπράσινη (2,8 - 3) ασβεστιτικός ψαμμίτης (3 - 3,2)									
4		Φ 104 mm					μάρμα με χάλικες (3,20 - 5,15)									
5			SP (6,15-5,33) ΑΡΝΗΣΗ				ασβεστιτικός ψαμμίτης (5,15 - 6,30)									
6			Φ				γραφιτικός σχιστόλιθος με χάλικες(6,30 - 7,20)									
7							γραφιτικός σχιστόλιθος με ενστρώσεις ψαμμιτών (7,20 - 8,40)									
8							ερυθρωπός αργιλικός σχιστόλιθος (8,40 - 9,00)									
9			SP (9,00-9,05) ΑΡΝΗΣΗ				γκρίζομαυρος γραφιτικός σχιστόλιθος (9,00 - 10,50)									
10			Φ													
11																
12																
13																
14																
15																

Τομή γεώτρησης Γ4

5.5. ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

5.5.1 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ – ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

5.5.1.1 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Ο υδρογεωλογικός χαρακτήρας των διαφόρων σχηματισμών της περιοχής εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες, οι σημαντικότεροι των οποίων είναι: α) η λιθολογική σύσταση που προσδιορίζεται από το πορώδες και την υδραυλική αγωγιμότητα, β) οι τεκτονικές συνθήκες, και γ) τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος απόθεσης.

Για να λειτουργεί δηλαδή ένας σχηματισμός σαν υδροφόρος θα πρέπει να αποθηκεύει νερό στα διάκενα του πρωτογενή ή δευτερογενή και στη συνέχεια αυτό το νερό να το μεταβιβάζει.

Οι διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί ανάλογα με την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά διακρίνονται σε :

- Περαιοί από νερό σχηματισμοί
- Ημιπεριοί σχηματισμοί
- Αδιαπέρατοι σχηματισμοί

Η διάκριση στις τρεις αυτές κατηγορίες γίνεται με βάση τον συντελεστή υδροπερατότητας (K) και παρουσιάζεται στον πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Κατηγορίες Συντελεστή Υδροπερατότητας κατά Terzaghi και Peck (1967)

Συντελεστής K(m/sec)	Χαρακτηρισμός
$10^{-3} \leq K$	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

ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Στους σχηματισμούς αυτούς περιλαμβάνονται που έχουν γενικά υψηλό ενεργό πορώδες και η κίνηση του νερού γίνεται με σχετικά μεγάλη ταχύτητα. Υδροπεριοί σχηματισμοί είναι γενικά οι

αδρομερείς στρώσεις του φλύσχη (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή) που εμφανίζονται σε στρώσεις στα στρώματα του φλύσχη στην περιοχή της κατολίσθησης. Στους σχηματισμούς αυτούς έχουμε ανάπτυξη υδροφορίας.

ΗΜΙΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Στους σχηματισμούς αυτούς περιλαμβάνονται οι αποθέσεις του φλύσχη που έχουν υποστεί αποσάθρωση και το ποσοστό της αργίλου που περιέχουν είναι αυξημένο. Ημιπερατοί σχηματισμοί είναι η κατολισθαίνουσα μάζα του φλύσχη που εμφανίζεται στα ανώτερα στρώματα του υπεδάφους.

ΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Σε αυτούς τους σχηματισμούς ανήκουν οι μάργες, οι άργιλοι, οι ιλυόλιθοι των αποθέσεων του σχηματισμού του φλύσχη που εμφανίζονται στα ανώτερα στρώματα.

Στην περιοχή της κατολίσθησης μπορούμε να πούμε ότι σχηματισμός κατατάσσεται στους ημιπερατούς σχηματισμούς λόγω της αλληλοενδιωστρωμάτωσης που εμφανίζουν και λόγω της διατάραξής τους που οφείλεται στην κίνησή τους.

5.5.1.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Κατά τη διάρκεια των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων πραγματοποιήθηκαν δοκιμές σχετικά με τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά που αφορούν την πιεζομετρική επιφάνεια του υποκείμενου υδροφόρου ορίζοντα (στάθμη υπόγειων νερών). Όπως είναι γνωστό η ύπαρξη υψηλής στάθμης υδροφορίας δρά αρνητικά στις θεμελιώσεις τεχνικών έργων καθώς και στην ευστάθεια των φυσικών και τεχνητών πρανών οπότε απαιτείται η μελέτη της πιεζομετρικής στάθμης.

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται η ημερήσια πρόοδος των εργασιών καθώς και πληροφορίες σχετικά με το βάθος της σωληνωμένης γεώτρησης με τυφλές σωλήνες ή φιλτροσωλήνες με σκοπό την προσπάθεια παρουσίασης της πραγματικής κατάστασης του υδροφόρου ορίζοντα στην περιοχή της κατολίσθησης.

Πίνακας (5,2). Ημερήσια πρόοδος εργασιών – Στάθμες υπόγειου νερού μέσα στην γεώτρηση.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΗΜΕΡ/ΙΑ	ΒΑΘΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (m)	ΒΑΘΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (m)	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ (m)	
Γ-1	05/07/07	6,00	0-3	-	2,90
	06/07/07	8,00		4,05	4,05
Γ-2	06/07/07	8,00	0-3	-	0,80
	07/07/07	14,00		2,20	2,10
Γ-3	08/07/07	8,00	0-3	-	2,10
	09/07/07	12,00		3,25	3,10
Γ-4	11/07/07	8,00	0-3	-	1,50
	12/07/07	12,00		2,25	2,00

Στις τέσσερις (4) γεωτρήσεις τοποθετήθηκε πλαστικός Φ2'' πιεζομετρικός σωλήνας για να παρακολουθούμε την υδροστατική στάθμη και μετά το πέρας των γεωτρήσεων. Οι μετρήσεις της στάθμης φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας (5.3). Στάθμες υπόγειου νερού μέσα στις 4 γεωτρήσεις.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΗΜΕΡ/ΝΙΑ	ΒΑΘΟΣ ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ (m)	ΒΑΘΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ (m)
Γ-1	06/07/07	0-8	2,93
	07/07/07		4,05
	11/07/07		5,35
	12/07/07		5,60
	15/07/07		5,24
Γ-2	07/07/07	0-14	0,40
	11/07/07		2,25
	12/07/07		2,20
	15/07/07		2,23
Γ-3	11/07/07	0-12	3,35
	12/07/07		3,50
	15/07/07		3,40
Γ-4	11/07/07	0-12	1,70
	15/07/07		2,80

Γενικά η στάθμη του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα μεταβάλλεται στην διάρκεια του έτους αναλόγως την εποχή και το ύψος των βροχοπτώσεων. Με τις μετρήσεις αυτές μετράμε την στάθμη το συγκεκριμένο διάστημα των εργασιών και δεν μπορούμε να βγάλουμε σίγουρα συμπεράσματα για όλη την διάρκεια του έτους.

6.ΔΟΚΙΜΕΣ

6.1 Γενικά

Η συλλογή υλικού δεν είναι η μόνη δυνατότητα που παρέχουν οι πυρηνοληπτικές γεωτρήσεις. Ένα πλήθος από δοκιμές πεδίου εφαρμόζονται εντός της οπής με σκοπό τη συλλογή στοιχείων σχετικών με τις ιδιότητες του υλικού.

Σε περίπτωση που η οπή σωληνωθεί κατάλληλα, μετά το πέρας των εργασιών μπορούν να πραγματοποιηθούν διαγραφίες για την αποκόμιση συμπληρωματικών στοιχείων όταν απαιτούνται λεπτομερή αποτελέσματα αλλά και για την επαλήθευση εκείνων που ήδη υπάρχουν. Παρά το υψηλό κόστος τους και το μεγάλο χρόνο για την πραγματοποίησή τους κρίνονται απαραίτητες για τον καθορισμό της δομής, της σύστασης και των μηχανικών παραμέτρων του υπεδάφους.

Στη συνέχεια εφαρμόζονται δοκιμές των δειγμάτων σε ειδικό εργαστήριο. Το σύνολο των αποτελεσμάτων διατίθεται για την κατασκευή της τεχνικής και της γεωλογικής τομής .

6.2 Δοκιμές πεδίου

6.2.1 Πρότυπη δοκιμή διείσδυσης (SPT)

Οι δοκιμές προτύπου διεισδύσεως είναι δοκιμές με τα αποτελέσματα των οποίων συλλέγουμε στοιχεία για τα μηχανικά χαρακτηριστικά των εδαφών, όπως και για τη μεταβολή των τιμών τους σε σχέση με το βάθος.

Με την πρότυπη δοκιμή διείσδυσης STP μετριέται η αντίσταση του εδάφους με δυναμική έμπηξη μεταλλικής ράβδου που στο άκρο της έχει αιχμή. Πρόκειται για μια δοκιμή πεδίου μικρής κλίμακας που χρησιμοποιείται πολύ συχνά στον προγραμματισμό θεμελιώσεων και κατασκευών εξαιτίας του ελάχιστου κόστους και της γρήγορης εκτέλεσής της .

Ο πρότυπος διαιρετός δειγματολήπτης καθελκύεται στον πυθμένα της γεώτρησης και με κρούσεις από την επιφάνεια, με πτώση ειδικής σφύρας, εισχωρεί 45 cm μέσα στο έδαφος, τόσο οι διαστάσεις του δειγματολήπτη όσο και το βάρος και ύψος πτώσης της σφύρας είναι σταθερά.

Κατά την δοκιμή αυτή μετράται ο αριθμός των κρούσεων που απαιτείται για την διείσδυση του τυποποιημένου δειγματολήπτη (Terzaghi) κατά 15cm τρεις φορές διαδοχικά. Από τις μετρήσεις αυτές παίρνουμε υπόψη το άθροισμα των κρούσεων των δύο τελευταίων διεισδύσεων και ονομάζεται αριθμός κρούσεων N. Όταν η διείσδυση είναι μικρότερη των 15cm για 50 κρούσεις τότε η δοκιμή διακόπτεται λέγοντας ότι έχουμε άρνηση σε διείσδυση. Τότε σημειώνεται το βάθος διεισδύσεως σε εκατοστά για 50 κρούσεις.

Τυχόν απροσεξίες κατά την εφαρμογή του STP μεταβάλλουν το τελικό αποτέλεσμα. Λάθη όμως εισάγονται και από αστάθμητους παράγοντες όπως η ύπαρξη μεμονωμένων λίθων μέσα σε λεπτόκοκκο υλικό που δεν μπορούν να εντοπισθούν και προκαλούν αύξηση του N. Αντίθετα η παρουσία υδροφόρου ορίζοντα προκαλεί μείωση του N εξαιτίας υδραυλικών συνθηκών. Θα πρέπει λοιπόν να προσδιοριστούν και να ληφθούν υπόψη οι αστάθμητοι παράγοντες.

Δοκιμές από τους Gibbs και Holtz δείχνουν ότι η επίδραση του βάρους των υπερκείμενων εδαφών σε μη συνεκτικό έδαφος έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερο αριθμό κρούσεων. Δηλαδή για δύο μη συνεκτικά εδάφη της ίδιας πυκνότητας εκείνο που δέχεται την μεγαλύτερη πίεση υπερκείμενων εδαφών έχει το μεγαλύτερο αριθμό N. Με βάση αυτό έγινε πρόταση να διορθώνεται ο αριθμός των κρούσεων κοντά στην επιφάνεια έτσι ώστε να ληφθεί υπόψη η πίεση των υπερκείμενων αφού ο αριθμός N χωρίς την διόρθωση γίνεται μικρότερος. Η διόρθωση για υγρή ή ξηρή άμμο όπως προτείνεται από τους παραπάνω είναι:

$$N = N' \frac{3,515}{p + 0,703}$$

Όπου:

$\underline{N}$ = διορθωμένος αριθμός

$\underline{N'}$ = πραγματική μέτρηση κρούσεων

$\underline{P}$ = πίεση των υπερκείμενων γη, όχι περισσότερη από 2.8kg/cm²

Στην περίπτωση μας οι δοκιμές προτύπου διεισδύσεως έγιναν με δειγματολήπτη εξωτερικής διαμέτρου 5,08cm, εσωτερικής διαμέτρου 3,48cm και μήκους 60cm με τυποποιημένη αιχμή. Οι κρούσεις στο στέλεχος που έφερε το δειγματολήπτη έγιναν με σφύρα 64kg. που έπεφτε ελεύθερα από ύψος 76cm.

Τα αποτελέσματα των δεκαπέντε (15) δοκιμών των πρότυπων διεισδύσεων που έγιναν στις τέσσερις δειγματοληπτικές δίδονται και στις αντίστοιχες τομές των γεωτρήσεων Γ-1, Γ-2, Γ-3 και Γ-4 και στους παρακάτω πίνακες (6.1), (6.2), (6.3) και (6.4).

Πίνακας (6.1). Αποτελέσματα Δοκιμών Προτύπου Διεισδύσεως (S.P.T.) στην γεώτρηση Γ-1 στον χώρο της κατολίσθησης.

Α/Α	Βάθος Δοκιμής		Κρούσεις / 15 cm	Αριθμός Κρούσεων (N)
	Από (m)	έως (m)		
1	3,20	3,23	50/03	ΑΡΝΗΣΗ

Πίνακας (6.2). Αποτελέσματα Δοκιμών Προτύπου Διεισδύσεως (S.P.T.) στην γεώτρηση Γ-2 στον χώρο της κατολίσθησης.

Α/Α	Βάθος Δοκιμής		Κρούσεις/ 15cm	Αριθμός Κρούσεων (N)
	Από (m)	έως (m)		
1	2,30	2,75	3-5-5	10
2	6,00	6,05	50/05	ΑΡΝΗΣΗ
3	8,50	8,58	50/08	ΑΡΝΗΣΗ

Πίνακας (6.3). Αποτελέσματα Δοκιμών Προτύπου Διεισδύσεως (S.P.T.) στην γεώτρηση Γ-3 στον χώρο της κατολίσθησης.

Α/Α	Βάθος Δοκιμής		Κρούσεις / 15 cm	Αριθμός Κρούσεων (N)
	Από (m)	έως (m)		
1	3,60	4,05	9-10-13	26
2	7,00	7,07	50/07	ΑΡΝΗΣΗ

Πίνακας (6.4). Αποτελέσματα Δοκιμών Προτύπου Διεισδύσεως (S.P.T.) στην γεώτρηση Γ-4 στον χώρο της κατολίσθησης

Α/Α	Βάθος Δοκιμής		Κρούσεις / 15 cm	Αριθμός Κρούσεων (N)
	Από (m)	έως (m)		
1	5,15	5,33	18-50/03	ΑΡΝΗΣΗ
2	7,00	7,07	50/07	ΑΡΝΗΣΗ

6.2.2. Δοκιμές μέσα στη γεώτρηση

Κατά την εκτέλεση των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων εκτελούνται και κάποιες δοκιμές για τον προσδιορισμό ορισμένων χαρακτηριστικών παραμέτρων των διατρυόμενων πετρωμάτων. Οι πιο σημαντικές είναι οι εξής :

- Δοκιμές υπολογισμού της υδροπερατότητας των πετρωμάτων με εισπίψεις νερού
- Δοκιμές διείσδυσης
- Δοκιμές διάτμησης πτερυγίου
- Δοκιμές πρεσσιομέτρησης

Δοκιμές εισπίεσης νερού

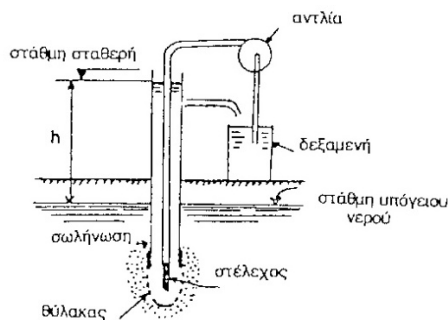
Με τις δοκιμές αυτές προσδιορίζουμε τον συντελεστή υδροπερατότητας των διατρυόμενων πετρωμάτων. Όπως είναι γνωστό η υδροπερατότητα στα κοκκώδη ή πορώδη πετρώματα είναι πρωτογενής ενώ στα συμπαγή πετρώματα είναι δευτερογενής και μπορεί να οφείλεται στις διακλάσεις, επιφάνειες στρώσεων, σχιστότητα, ρήγματα, χημική διάλυση, μηχανική διάβρωση κ.λ.π.

Οι δοκιμές αυτές γίνονται με την πρόοδο εκτέλεσης της γεώτρησης κατά κατερχόμενα τμήματα της διάτρησης μικρά ή μεγαλύτερα ανάλογα την μέθοδο που εφαρμόζουμε, το βάθος της γεώτρησης το είδος των πετρωμάτων κ.ά. Γενική αρχή των μεθόδων εισπίεσης νερού είναι ότι διοχετεύουμε νερό σε συγκεκριμένο τμήμα της διατρυόμενης οπής με εφαρμογή ή όχι πίεσης και μετράμε για κάποιο ορισμένο χρονικό διάστημα την απορροφούμενη ποσότητα του νερού σε συνάρτηση της πίεσης

Οι μέθοδοι για τον υπολογισμό της υδροπερατότητας είναι οι εξής:

- Μέθοδος δοκιμής κατά LEFRANC

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε χαλαρά και μικρής συνοχής πετρώματα τα οποία για να συγκρατηθούν απαιτούν προσωρινή σωλήνωση της εκτελούμενης γεώτρησης (σχήμα 13).



Σχήμα 13. Αρχή της μεθόδου (από Λιουκάρη 1975).

Όταν αποφασισθεί η εκτέλεση αυτής της δοκιμής τότε στο κάτω μέρος της διάτρησης αφήνεται ένα τμήμα γυμνό από σωλήνωση. Στη συνέχεια διοχετεύεται καθαρό νερό ώσπου να δημιουργηθεί στάθμη πάνω από το δοκιμαζόμενο τμήμα. Όταν η στάθμη σταθεροποιηθεί μετράμε για κάποιο χρονικό διάστημα π.χ 10min την παροχή ή τον όγκο νερού που διοχετεύουμε. Πρέπει να διοχετευθεί τόσο νερό ώστε να διατηρείται η στάθμη σταθερή στο ίδιο σημείο. Εμείς μετράμε τον όγκο του νερού που απορροφήθηκε από την επιφάνεια του θύλακα σε συγκεκριμένο χρόνο.

Ο τύπος που υπολογίζουμε το συντελεστή περατότητας K στηρίζεται στο νόμο του Darcy δηλαδή :

$$Q = c \times k \times h \quad \text{ή} \quad K = \frac{Q}{c \times h}$$

Όπου:

Q =παροχή (σε cm^3/sec)

K =συντ. περατότητας (σε cm/sec)

h =το ύψος νερού (σε cm) μεταξύ της σταθερής στάθμης του νερού κατά τη διάρκεια του πειράματος και της υδροστατικής στάθμης της γεώτρησης

c = συντελεστής εξαρτώμενος από τη μορφή του θύλακα

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο εάν υπάρχει ή όχι υδροφόρος ορίζοντας μέσα στη γεώτρηση ώστε να υπολογιστεί σωστά το ύψος νερού h .

- Μέθοδος δοκιμής μεταβλητού φορτίου (MAAG)

Η μέθοδος αυτή γίνεται για χαλαρά και ασύνδετα εδάφη. Η γεώτρηση σωληνώνεται μέχρι τον πυθμένα της. Για την σωστή εφαρμογή της μεθόδου αυτής απαιτείται ο καθαρισμός της οπής από τυχόν μπάζα. Ρίχνουμε μέσα στη γεώτρηση καθαρό νερό ώσπου η στάθμη να ανέβει και να φθάσει κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Στη συνέχεια σταματάμε την παροχή του νερού και

παρακολουθούμε την κάθοδο της στάθμης στη γεώτρηση καταγράφοντας τους χρόνους καθόδου της. Όταν η στάθμη κατέβει αρκετά σταματάει το πείραμα αφού έχουμε πάρει ζεύγη τιμών h_1-t_1 , h_2-t_2 κ.λ.π. (σχήμα 14).

Αν η γεώτρηση δεν παρουσιάζει καταπτώσεις η δοκιμή γίνεται σε θύλακα κυλινδρικής μορφής. Η διαφορά αυτής της μεθόδου από την μέθοδο Lefranc είναι ότι σε αυτή το φορτίο μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της δοκιμής λόγω διακοπής της παροχής νερού μέσα στη γεώτρηση.

Η υδροπερατότητα του πετρώματος υπολογίζεται από τους τύπους :

$$K = \frac{r}{4t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

όπου r = η ακτίνα της γεώτρησης (σε cm)

t = ο χρόνος καθόδου της στάθμης (σε sec)

h_1, h_2 = η απόσταση της στάθμης από τον υπόγειο ορίζοντα σε (cm)

και:

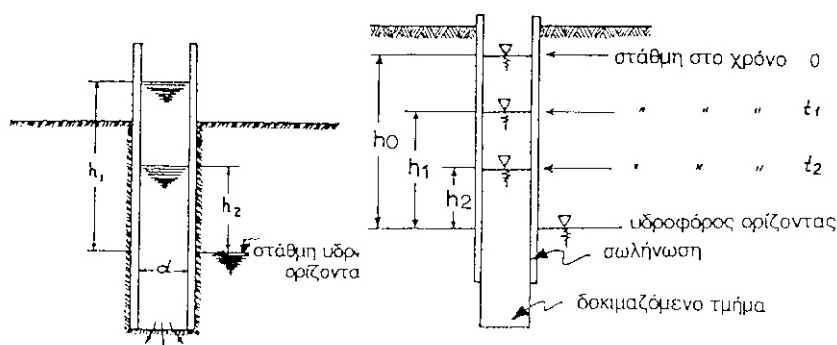
$$K = \frac{A}{C(t_2 - t_1)} \times \ln \frac{h_1}{h_2}$$

Όπου: $A = \frac{1}{4} \pi d^2$ η διατομή της στήλης νερού μέσα στη γεώτρηση

d = η εσωτερική διάμετρος της σωλήνωσης

C = συντελεστής εξαρτώμενος από τη μορφή του θύλακα

h_1, h_2 = στάθμες στους αντίστοιχους χρόνους t_1, t_2



Σχήμα 14. Σχηματική παράσταση της μεθόδου κατά Maag (από Μαρίνο 1979).

Γενικά για να έχουμε καλά αποτελέσματα με αυτή τη μέθοδο πρέπει να έχουμε στις δοκιμές μικρό h . Τότε δεν έχουμε μεγάλες απώλειες φορτίου που οφείλονται σε μεγάλες ταχύτητες της ροής του νερού που έχουμε με τα μεγάλα h . Οι δοκιμές αυτές

επιλέγονται συνήθως για εδάφη μικρής περατότητας με τιμές του K της τάξης του 10^{-4} έως 10^{-5} m/sec.

Για τη μελέτη της υδροπερατότητας των σχηματισμών που διατρήθηκαν, εκτελέστηκαν σε όλες τις γεωτρήσεις δοκιμές, σε διάφορα βάθη για τον υπολογισμό του συντελεστή υδροπερατότητας (K).

Έγιναν δοκιμές μεταβλητού – κατερχόμενου φορτίου (Maag). Ο υπολογισμός της περατότητας έγινε με τη σχέση μεταβλητού φορτίου με βάση τις τιμές που πήραμε για την πτώση στάθμης (cm) σε σχέση με το χρόνο (min).

Τα αποτελέσματα των δοκιμών σε κάθε γεώτρηση είναι:

Γεώτρηση Γ-1

Βάθος (m)	Δοκιμή - Σχηματισμός	Τιμή K (cm/sec)
3.00-4.50	MAAG-Υλικά κατολίσθησης	$K=1,41 \times 10^{-3}$

Με βάση την τιμή του συντελεστή περατότητας και την μελέτη του πίνακα 1 λέμε ότι οι σχηματισμοί είναι περατοί.

Γεώτρηση Γ-2

Βάθος (m)	Δοκιμή - Σχηματισμός	Τιμή K (cm/sec)
3,00-3,20	MAAG-Υλικά κατολίσθησης	$K=1,32 \times 10^{-2}$
3,00-7,50	MAAG-Υλικά κατολίσθησης	$K=2.38 \times 10^{-3}$
3,00-13,50	LUGEON- Υλικά κατολίσθησης	$K=1.54 \times 10^{-3}$

Η μέση τιμή του συντελεστή υδροπερατότητας είναι ίση με $1,96 \times 10^{-3}$ cm/sec και άρα οι σχηματισμοί χαρακτηρίζονται ως περατοί.

Γεώτρηση Γ-3

Βάθος (m)	Δοκιμή - Σχηματισμός	Τιμή K (cm/sec)
3.00-10.50	MAAG-Υλικά κατολίσθησης	$K=4,58 \times 10^{-3}$

Με βάση την τιμή του συντελεστή υδροπερατότητας και την μελέτη του πίνακα 6.5 λέμε ότι οι σχηματισμοί είναι περατοί.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η όλη περιοχή της κατολίσθησης αποτελείται και μέχρι το βάθος που έγιναν οι γεωτρήσεις από περατούς σχηματισμούς αφού η μέση τιμή του συντελεστή υδροπερατότητας είναι $K=2,47 \times 10^{-3}$ cm/sec που είναι υψηλός.

Πίνακας 6.5, Χαρακτηριστικά διαπερατότητας εδαφών

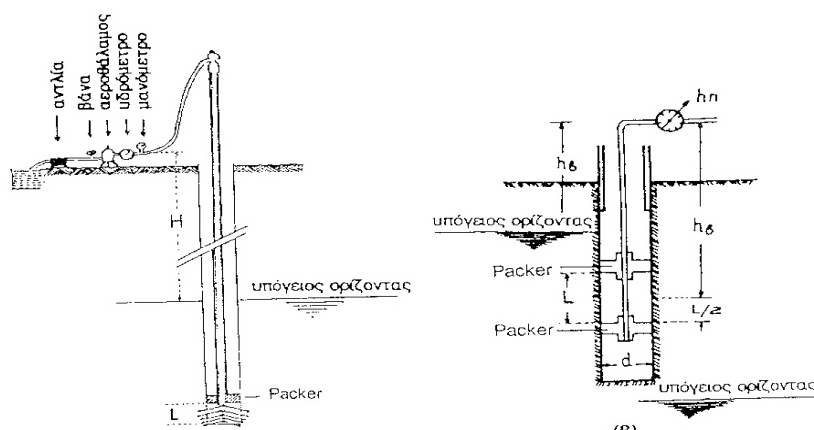
		ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ K σε cm/sec (λογαριθμική κλίμακα)										
		10 ²	10 ¹	1.0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸
ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ		Υψηλή				Χαμηλή				Πρακτικά αδιαπέρατο έδαφος		
Τύποι Εδαφών	Χάλικες	Λιμνοχάλικα, Λιμνος				Πολύ λεπτές άμμοι, ιαλείς, μίγματα άμμου ιλύος αργίλου, στρωματοποιημένες άργιλοι				Μη διαπερατά εδάφη (ομογενείς άργιλοι)		
						Αδιαπέρατα εδάφη με επιρροές από τη βλάστηση ή τα φαινόμενα διάβρωσης						

- Μέθοδος δοκιμής κατά LUGEON (κλειστού άκρου)

Η δοκιμή αυτή πραγματοποιείται σε σκληρά πετρώματα κατά κατερχόμενα τμήματα με την πρόοδο της διάτρησης. Κατά κανόνα ανά 3m. Το τμήμα αυτό απομονώνεται από το πάνω μέρος της γεώτρησης με ένα packer το οποίο διογκώνεται στην επιθυμητή θέση έτσι ώστε να κάνει επαφή με τα τοιχώματα του πετρώματος έτσι ώστε να μη συμβαίνουν διαρροές νερού κατά την διάρκεια της δοκιμής (σχήμα 15).

Ο βασικός εξοπλισμός για την εκτέλεση των δοκιμών είναι η αντλία που στέλνει το νερό στη γεώτρηση, τα packer, τα στελέχη του γεωτρυπάνου, ένα υδρόμετρο, ένα μανόμετρο και ένας χαλύβδινος αεροθάλαμος με βαλβίδα εξαερισμού. Ο ρόλος αυτού του θαλάμου είναι να εξισορροπεί τις μεταβολές της εφαρμοζόμενης πίεσης ώστε αυτή να μην παρουσιάζει αυξομειώσεις. Η αντλία πρέπει να έχει τη δυνατότητα

μανομετρικού ύψους τουλάχιστον κατά δύο ατμόσφαιρες μεγαλύτερες της μέγιστης επιθυμητής πίεσης των δοκιμών. Το packer είναι ένα μηχανικό εξάρτημα που χρησιμοποιείται για να προκαλεί προσωρινή στεγανοποίηση στο πάνω μέρος του προς εισπίεση τμήματος της γεώτρησης για να γίνει η δοκιμή.



Σχήμα 15. Γενική διάταξη εξοπλισμού για εκτέλεση δοκιμής Lugeon (από Δεμίρη 1979).

Σε κάθε δοκιμή Lugeon με τη βοήθεια μανομέτρου εφαρμόζονται διάφορες βαθμίδες πίεσης πρώτα κατά αύξουσα και μετά κατά φθίνουσα πορεία. Σε κάθε βαθμίδα πίεσης μετριοούνται με υδρόμετρο οι απορροφούμενες από το πέτρωμα ποσότητες νερού για ορισμένο χρονικό διάστημα συνήθως 10 λεπτών. Για τη μέτρηση του χρόνου χρησιμοποιείται χρονόμετρο. Η πίεση αυξομειώνεται με αντίστοιχη αυξομείωση της παροχής του νερού που ρυθμίζεται με βάνο. Οι βαθμίδες μπορεί να είναι 2-4-6-4-2 atm ή 4-6-8-6-4 atm διάρκειας 10 min η κάθε βαθμίδα. Στις δοκιμές εισπίεσης Lugeon ο συντελεστής περατότητας K των πετρωμάτων υπολογίζεται από τους τύπους :

$$\text{Για } L > 10r \quad K = \frac{Q}{2\pi L P} \times \ln \times \frac{L}{r} \quad (\text{σχεση 1})$$

$$\text{Για } 10r > L > r \quad K = \frac{Q}{2\pi L P} \times \sinh^{-1} \times \frac{L}{2r}$$

Όπου: Q =σταθερή παροχή διοχετευμένη στην οπή
 L =μήκος εισπιαζόμενου τμήματος (cm)
 P =πραγματική εφαρμοζόμενη πίεση στο εισπιαζόμενο τμήμα (Kg/cm^2)
 r =ακτίνα της οπής (cm)
 $\ln$ =φυσικός λογάριθμος
 $\sinh$ =υπερβολικό ημίτονο

Η πραγματική πίεση (P) που ασκείται στο εισπνευζόμενο τμήμα δεν είναι αυτή που δείχνει το μανόμετρο αλλά ο υπολογισμός της γίνεται από τον τύπο :

$$P = P_m + P_h - P_c \text{ (σχέση 2)}$$

Όπου: P_m = η πίεση που λαμβάνεται από το μανόμετρο

P_h = η πίεση της στήλης του νερού από το μανόμετρο μέχρι το μέσον του δοκιμαζόμενου τμήματος. Το P_h ισούται με $h/10$ όπου το h αντιπροσωπεύει τη στήλη του νερού (σε m).

P_c = οι απώλειες φορτίου λόγω τριβών κατά την κίνηση του νερού το μανόμετρο μέχρι το εισπνευζόμενο τμήμα

Οι απώλειες φορτίου λόγω των τριβών υπολογίζονται θεωρητικά βάσει καμπυλών που χαράσσονται για τυποποιημένες διαμέτρους στελεχών. Από τις καμπύλες βρίσκουμε τις απώλειες φορτίου για συγκεκριμένη πίεση σε συνάρτηση με την απορροφούμενη παροχή νερού. Από τις καμπύλες αυτές υπολογίζουμε την τιμή του P_c για κάθε πίεση με την βοήθεια των απωλειών που μετρήθηκαν σε lit/min. Η τιμή αυτή τοποθετείται στην σχέση 2 και έτσι υπολογίζουμε την πραγματική πίεση P. Αφού βρούμε την πραγματική πίεση τοποθετούμε την τιμή στην σχέση 1 και βρίσκουμε τον συντελεστή K.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ
Μέρος Α



Γεωτρύπανο



Στελέχη



Κοπτικό άκρο



Εργαλείο για τροφοδοσία με μπετονίτη στο λάκκο



Η γεώτρηση



Φιλτροσωλήνες



Λάκκος πολτού κυκλοφορίας



Κοπτικό άκρο



Τράπεζα γεωτρυπάνου



Στελέχη



Αντίβαρο



Αποθήκευση δειγμάτων σε σακουλάκια και στη συνέχεια σε ειδική κασέλα



Μέτρηση του βάθους διάτρησης



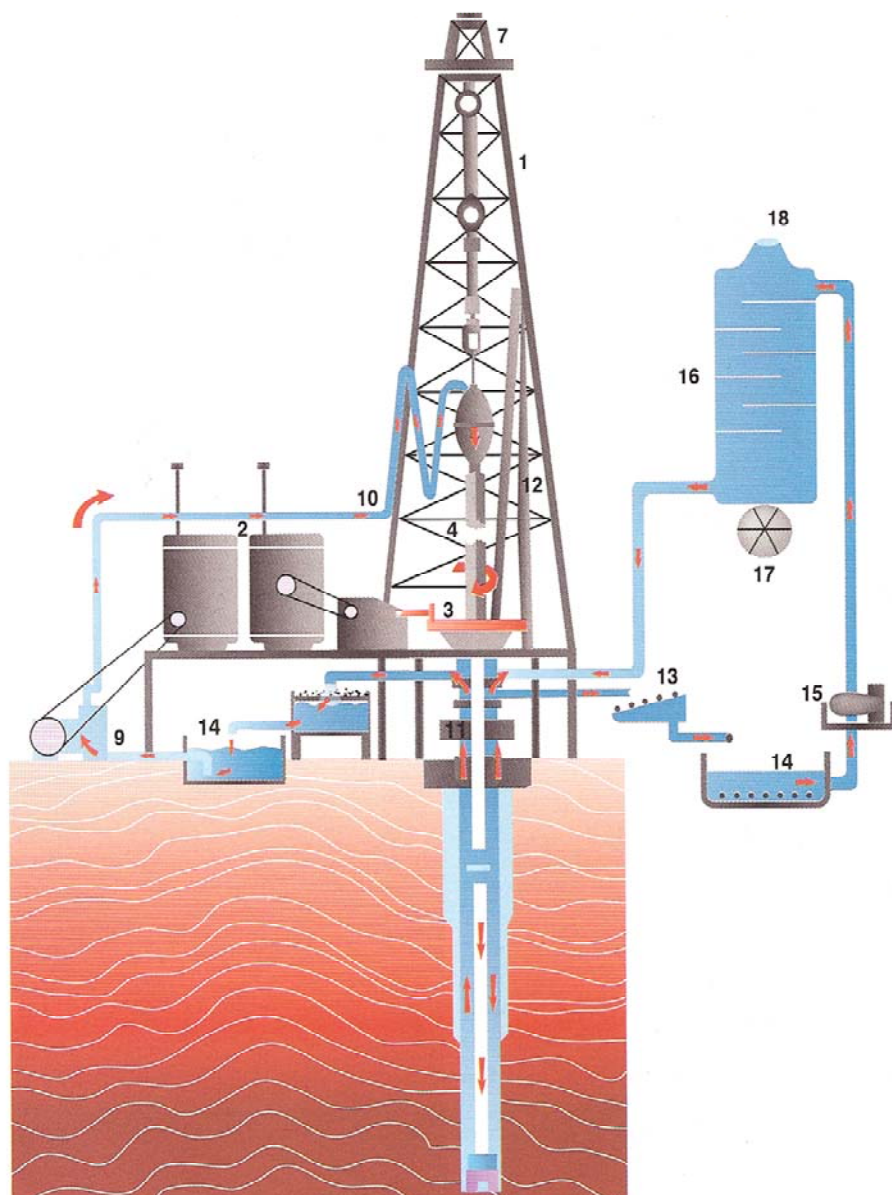
Συλλογή δειγμάτων της γεώτρησης



logging

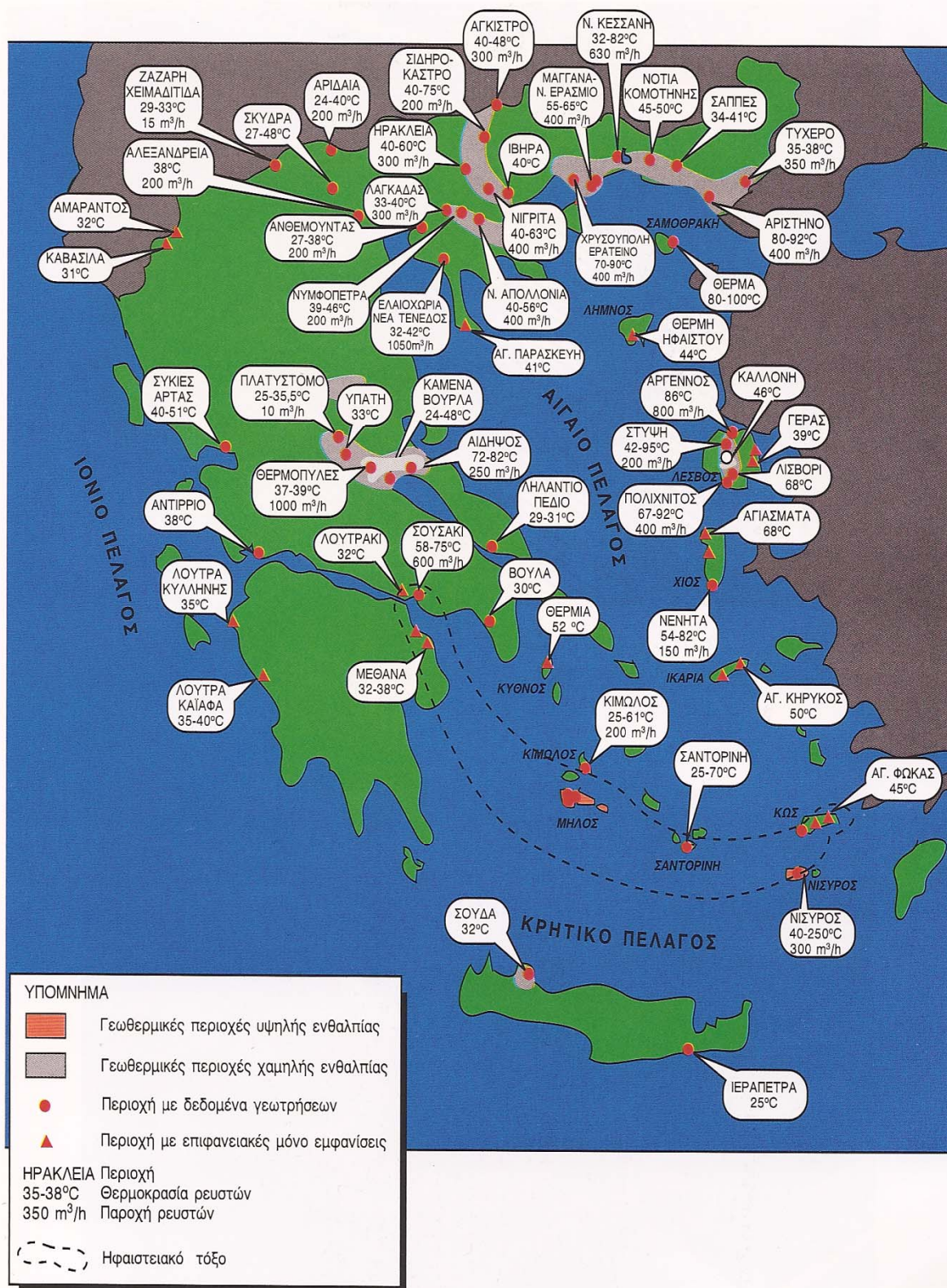


Κοπτικό άκρο



- | | |
|---|---|
| 1. Ικρίωμα (πύργος) γεωτρύπανου | 10. Διαδρομή κυκλοφορίας πολφού |
| 2. Κινητήρες | 11. Κεφαλή γεώτρησης |
| 3. Τράπεζα περιστροφής | 12. Προσωρινή αποθήκευση στελεχών |
| 4. Στέλεχος μετάδοσης-περιστροφής στήλης | 13. Κόσκινο συγκράτησης τριμμάτων |
| 5. Στελέχη διατρητικής στήλης | 14. Δεξαμενές καθίζησης και άντλησης πολφού |
| 6. Κοπτικό άκρο | 15. Φυγόκεντρη αντλία πολφού |
| 7. Σύστημα αντiekρηκτικού μηχανισμού ασφαλείας (BOPE) | 16. Σύστημα ψύξης πολφού με βαρύτητα |
| 8. Τσιμέντο | 17. Ανεμιστήρας κρύου αέρα για την ψύξη |
| 9. Αντλία κυκλοφορίας πολφού (πηλαντλία) | 18. Έξοδος υγρού θερμανθέντος αέρα |

Διάγραμμα γεωτρητικού συγκροτήματος με περιστροφή και κυκλοφορία πολφού



Χάρτης γεωθερμικών περιοχών της Ελλάδας

Μέρος Β

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ1



Φωτ. 1. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 0,00 έως 4,00 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-1), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".



Φωτ. 2. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 4,00 έως 7,50 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-1), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ2



Φωτ. 1. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 0,00 έως 4,00 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-2), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".



Φωτ. 2. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 4,00 έως 8,50 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-2), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".



Φωτ. 3. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 8,50 έως 13,00 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-2), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ3



Φωτ. 1. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 0,00 έως 4,00 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-3), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".



Φωτ. 2. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 4,00 έως 8,50 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-3), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".



Φωτ. 3. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 8,50 έως 12,00 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-3), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".

ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ4



Φωτ. 1. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 0,00 έως 5,00 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-4), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".



Φωτ. 2. Τα συλλεχθέντα δοκίμια, Προτύπου Διεισδύσεως και Φραγμού, από το βάθος των 5,00 έως 10,50 m της ερευνητικής γεώτρησης (Γ-4), στα πλαίσια του έργου "Ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις στην είσοδο του οικισμού Φιλιππαίων".

Βιβλιογραφία

- Βαλαλάς Δ. Εδαφομηχανική 1981, Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη
- Βαλαλάς Δ. Αντιστηρίξεις και θεμελιώσεις , Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη
- Γραμματικόπουλος Γ., Μάνου Ν.-Ανδρεάδου, Χατζηγώγος Θ.
Εδαφομηχανική, ασκήσεις και προβλήματα, Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη
- Δημόπουλος Γ. Τεχνική Γεωλογία 1986, Εκδόσεις Γιαχούδη
- Δημόπουλος Γ. Γεωλογικές μελέτες τεχνικών έργων 2007 , Εκδόσεις Αφοί Κυριακίδη
- Ι.Γ.Μ.Ε. Φύλλο Θέρμης, Γεωλογικός χάρτης , κλίμακα 1:50000
- Ι.Γ.Μ.Ε. Φύλλο Πεντάλοφος Γεωλογικός χάρτης , κλίμακα 1:50000
- Μουντράκης Δ. Γεωλογία Ελλάδος 1989 , Εκδόσεις UNIVERSITY STUDIO PRESS
- Σούλιος Γ. Γενική υδρογεωλογία Α & Β τόμος 1986, Εκδόσεις UNIVERSITY STUDIO PRESS
- Φυτίκας Μ. Τεχνική Γεωτρήσεων 1997, Εκδόσεις Υπηρεσία δημοσιευμάτων πανεπιστημιακό τυπογραφείο
- Φυτίκας Μ. Γεωθερμία 2004. Εκδόσεις Τζιόλα
- Χρηστάρας Β. Στοιχεία εδαφομηχανικής –βραχομηχανικής 1989, Εκδόσεις Υπηρεσία δημοσιευμάτων πανεπιστημιακό τυπογραφείο