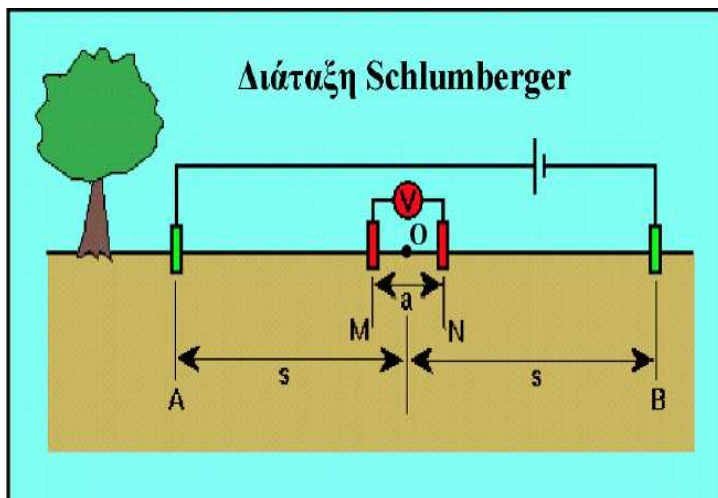


**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ-ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΙΑ ΤΗΝ  
ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ  
ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΜΗΛΙΑΣ-ΠΥΛΗΝΗΣ**



**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΚΟΥΣΤΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**  
**ΕΠΙΒΛΕΨΗ: Δρ ΣΟΥΠΙΟΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ**  
**ΧΑΝΙΑ 30-5-2005**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 .....	3
1.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	3
1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	6
1.3 ΤΑ ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	7
1.4 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΓΙΝΑΝ ΕΙΔΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΝΕΥΡΕΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ .....	9
1.5 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ .....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 .....	13
2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	13
2.2 Η ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΗΣ ΓΗΣ .....	14
2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ .....	15
2.4 ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ .....	17
2.5 ΔΙΑΤΑΞΗ SCHLUMBERGER .....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 .....	23
3.1 ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ .....	23
3.2 ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ 1 .....	23
3.3 ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ 2 .....	25
3.4 ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ 3 .....	27
3.5 ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ 4 .....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 .....	33
4.1 ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ .....	33
4.2 ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 .....	39
5.1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1 .....	40
5.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2 .....	42
5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ .....	43
5.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ Α-Α' .....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 .....	47
6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 .....	49
7.1 ΟΙ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ .....	49
7.2 ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΩΝ .....	52
7.3 ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ .....	53
7.3.1 Η δοκιμή Πρότυπης Διείσδυσης .....	53
7.3.2 Η δοκιμή Διείσδυσης Κώνου .....	53
7.3.3 Η δοκιμή Πρεσιομέτρου .....	54
7.3.4 Η δοκιμή Πτερυγίου .....	54
7.3.5 Η δοκιμή φόρτισης πλάκας .....	54
7.3.6 Μέτρηση της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα .....	55
7.3.7 Μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας .....	58
7.4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ .....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 .....	61
8.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ .....	61
8.2 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ .....	64
8.3 ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ .....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 .....	71
9.1 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	71
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	77



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

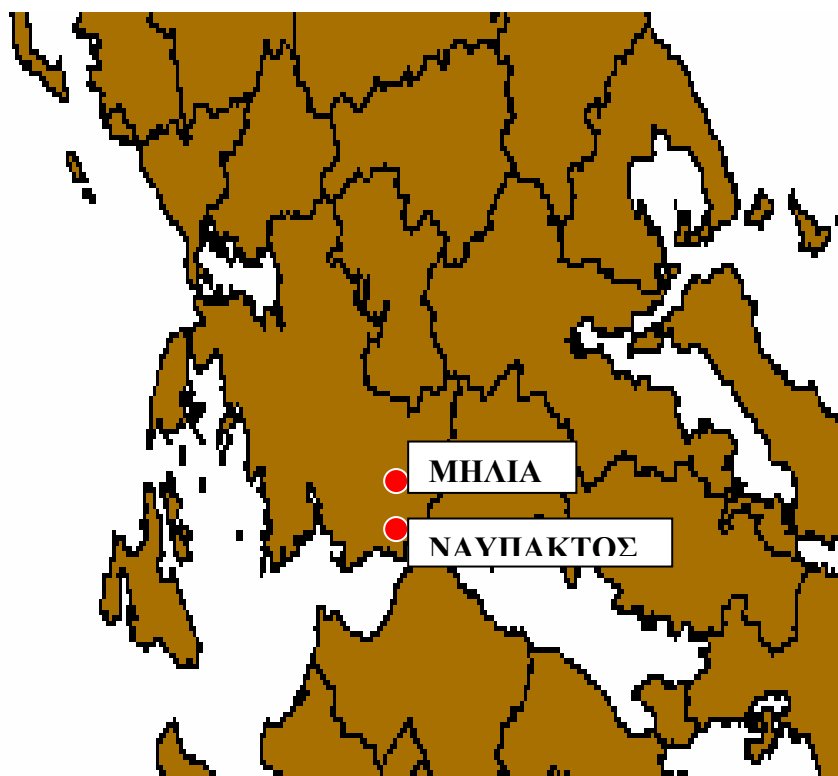
### 1.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της υδρογεωλογικής-γεωφυσικής έρευνας στην περιοχή του δημοτικού διαμερίσματος της Μηλιάς Πυλίνης.

Η εργασία αυτή έχει σαν σκοπό τη διαπίστωση των δυνατοτήτων ανεύρεσης υπόγειου νερού με στόχο την επίλυση του προβλήματος ύδρευσης του οικισμού Μηλιάς που είναι οξύτατο.

Ο οικισμός υδρεύεται σήμερα από μικροπηγές, που βρίσκονται νότια στην ανάντη ορεινή περιοχή, οι παροχές των οποίων είναι ασήμαντες σε σχέση με τις ανάγκες που ανέρχονται σε  $8 \text{ m}^3/\text{h}$  περίπου.

Η περιοχή έρευνας εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του Νομού Αιτωλοακαρνανίας, σε απόσταση 45 km περίπου βόρεια της Ναυπάκτου.



Στη γεωλογική δομή της περιοχής συμμετέχουν ασβεστόλιθοι και αργιλικοί-ψαμμιτικοί σχιστόλιθοι του φλύσχη κατά κύριο λόγο οι οποίοι είναι έντονα τεκτονισμένοι.

Οι δυνατότητες ανεύρεσης υπόγειου νερού περιορίζονται στο μικρό υψίπεδο που διαμορφώνεται νότια του οικισμού στην ανάντη περιοχή και είναι δύσκολες λόγω της περίπλοκης γεωλογικής δομής και της περιορισμένης ανάπτυξης των υδροπερατών σχηματισμών αλλά και του μεγάλου υψόμετρου.

Για τον λόγο αυτό οι προτεινόμενες γεωτρήσεις θα πρέπει να έχουν ερευνητικό-παραγωγικό χαρακτήρα και να εκτελεστούν σε δύο φάσεις για πρακτικούς και οικονομικούς λόγους.

Στη πρώτη φάση θα ερευνηθούν οι ψαμμίτες του φλύσχη στην ανάντη ορεινή περιοχή με την ανόρυξη δύο ερευνητικών γεωτρήσεων βάθους 150-200 m περίπου σε μικρή απόσταση από τον οικισμό. Η γεώτρηση, στην οποία θα εντοπιστεί ικανοποιητική υδροφορία, θα διερευνηθεί και θα μετατραπεί σε παραγωγική.

Σε περίπτωση αρνητικού αποτελέσματος θα πρέπει να εξεταστεί η δυνατότητα ύδρευσης του οικισμού από τις πηγές στη ρεματιά του Πλατανιά ή από τις πηγές στα πρανή της κορυφής Παιωνία.

Επισημαίνουμε, ότι το κόστος κατασκευής έργου υδροληψίας των πηγών και αγωγών μεταφοράς του νερού θα είναι τεράστιο.

Εναλλακτικά, κατά την άποψη μας, το κόστος αυτό μπορεί να περιοριστεί σημαντικά κατά την ανόρυξη γεωτρήσεων στους ασβεστόλιθους, στη διάμεση περιοχή, βάθους 250-300 m περίπου. Οι γεωτρήσεις αυτές θα έχουν επίσης ερευνητικό-παραγωγικό χαρακτήρα.(Δεύτερη φάση εργασιών).

Στη συνέχεια της εργασίας παρουσιάζεται το κόστος (73.000 & 107.000 ευρώ ) δύο ολοκληρωμένων προγραμμάτων γεωτρήσεων α) μιας βάθους 200 m σε φλύσχη και μιας δεύτερης βάθους 250 m σε ανθρακικά πετρώματα. Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι παραπάνω τιμές αφορούν τιμές Δημοσίων έργων και είναι επιδεικτικές

εκπτώσεων. Οι τιμές της αγοράς αναλόγως του μεγέθους του γεωτρητικού αντικειμένου και της θέσεις των είναι της τάξης των 75 ευρώ/m . Η επίβλεψη των υδρογεωτρητικών εργασιών και η σύνταξη της έκθεσης πεπραγμένων με τον υπολογισμό των υπόγειων αποθεμάτων νερού είναι της τάξης των 5.000 ευρώ (χωρίς Φ.Π.Α.)

## **1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η έλλειψη ποιοτικών αλλά και ποσοτικών υδάτινων πόρων σε πολλές ορεινές περιοχές της χώρας όπου αναπτύσσονται οι λιθοφάσεις του φλύσχη είναι κοινό χαρακτηριστικό. Τα παραπάνω είναι αποτέλεσμα της μικρής παροχής των πηγών αυτών λόγω της μικρής υδροχωρητικότητας της ψαμμιτικής φάσης του φλύσχη η πλειονότητα των οποίων με την πάροδο του χρόνου κύρια λόγω της οικιστικής πίεσης, καθίστανται ακατάλληλες.

Η περιοχή που πραγματευόμαστε αντιμετωπίζει ανάλογα προβλήματα, οπότε η αναζήτηση νερού σε βαθύτερα επίπεδα η σε γειτονικές του οικισμού περιοχές, εφόσον το επιτρέπουν οι υδρογεωλογικές συνθήκες καθίστανται επιτακτική.

Η προσφυγή στις έμμεσες μεθόδους συνδράμει ουσιαστικά στην διαμόρφωση πληρέστερης εικόνας του γεωλογικού μοντέλου προσανατολίζει αποτελεσματικά το γεωτρητικό πρόγραμμα και συμβάλει στην οικονομικότερη προσέγγιση του προβλήματος.

## **1.3 ΤΑ ΒΑΣΙΚΟΤΕΡΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

### **1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΑΣΗ**

Το δημοτικό διαμέρισμα της Μηλιάς Πυλίνης υπάγεται διοικητικά στο Νομό Αιτωλοακαρνανίας και εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του.

Ο οικισμός Μηλιάς, όπως προαναφέραμε, βρίσκεται 45 km βόρεια της Ναυπάκτου.

Το ανάγλυφο της περιοχής είναι ορεινό με απόλυτο υψόμετρο επιφάνειας 400-1262 m, το οποίο χαρακτηρίζεται από έντονες κλίσεις από νότια προς βορειοανατολικά παρουσιάζοντας μεγάλη υψομετρική διαφορά (862m).

Η χαραδροκοιλιάδα του ρέματος Πλατανιάς αποτελεί το βόρειο και ανατολικό όριο της περιοχής, ενώ το δυτικό και νότιο της διέρχεται κατά μήκος της κορυφογραμμής Παιωνία-Μαλαθούνα. Η έκταση της περιοχής είναι γύρω στα 10 km<sup>2</sup>.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων υπολογίζεται σε 12 mm και η μέση ετήσια θερμοκρασία σε 17° C περίπου. Η κατανομή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων πρέπει να κυμαίνεται ως εξής.

Εξατμισδιαπνοή 30-35%. Η εξατμισδιαπνοή E είναι το μέρος εκείνο των κατακρημνισμάτων που επανέρχεται στην ατμόσφαιρα είτε από εξάτμιση από την επιφάνεια της Γης, από τα στρώματα του εδάφους, από τις ελεύθερες επιφάνειες νερού (ρυάκια, μικροσυγκεντρώσεις νερού σε κοιλάματα), από το νερό που με την μορφή λεπτού υμένιου περικαλύπτει τα φυτά κατά την βροχή ή που επικάθεται σε αυτά με την μορφή σταγονιδίων, είτε από την διαπνοή των φυτών.

Επιφανειακή απορροή 55%. Η επιφανειακή απορροή R είναι το μέρος εκείνο των κατακρημνισμάτων που μόλις πέσει στην επιφάνεια της Γης ρέει επιφανειακά εισέρχεται στο υδρογραφικό σύστημα από το οποίο απάγεται οδηγούμενο τελικά στην θάλασσα ή σε λίμνη όπου και εκχύνεται.



Κατείδυση 10-15%. Κατείδυση I είναι το μέρος εκείνο των κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους, φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και προστίθεται στο υπόγειο νερό μετέχοντας έτσι στις κινήσεις του τελευταίου. Στους ανθρακικούς σχηματισμούς καταλήγει το μεγαλύτερο ποσοστό της κατείδυσης.

Κατακρημνίσματα P είναι το σύνολο του μετεωρικού νερού που φθάνει στην επιφάνεια της Γης με οποιαδήποτε μορφή ( βροχή, χιόνι, χαλάζι, δροσιά ). Μέσα στα κατακρημνίσματα ποσοτικά υπερέχει συντριπτικά η βροχή με ποσοστό 80%. Η κατείδυση η επιφανειακή απορροή και η εξατμισιοδιαπνοή φαίνονται αναλυτικά στο παρακάτω σχήμα στο κύκλο του νερού.



**Σχήμα 1: Ο κύκλος του νερού.**

$$P = E + R + I$$

**Σχέση 1**

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής παρουσιάζει μικρή ανάπτυξη. Η περιοχή αποστραγγίζεται από το χείμαρρο Πλατανιά, που αποτελεί και την μοναδική μονάδα του υδρογραφικού δικτύου με μόνιμη ροή ολόκληρο το έτος.

## **1.4 ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΓΙΝΑΝ ΕΙΔΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ ΤΩΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΩΝ ΑΝΕΥΡΕΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ**

Όπως προαναφέραμε, ο οικισμός της Μηλιάς αντιμετωπίζει έντονο πρόβλημα λειψυδρίας. Οι εργασίες που έγιναν μέχρι σήμερα δεν απέδωσαν το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Αυτό οφείλεται, κατά κύριο λόγο στις δυσμενείς υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής, αλλά και στην επιφανειακή προσέγγιση του προβλήματος (ελλιπής και αποσπασματική έρευνα υπαίθρου μικρό βάθος γεωτρήσεων μη εμπλοκή ειδικών).

Στην παρούσα έρευνα έγινε προσπάθεια διερεύνησης των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, προκειμένου να διαπιστωθούν δυνατότητες ανεύρεσης υπόγειου νερού και να προγραμματιστεί μια ολοκληρωμένη υδρογεωτρητική έρευνα, σύμφωνα με το αίτημα του Δήμου Πυλίνης.

Η έρευνα πεδίου κάλυψε τα τμήματα της περιοχής που φαίνεται να παρουσιάζουν υδρογεωλογικό ενδιαφέρον από πρακτικής πλευράς.

Στα πλαίσια της έρευνας αυτής έγιναν οι εξής εργασίες.

1. Υδρογεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής έκτασης 12 km<sup>2</sup> περίπου σε κλίμακα 1:20.000.

Ποιο αναλυτικά αναγνωρίστηκαν και αξιολογήθηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί από υδρολιθολογική σκοπιά, καθώς και η τεκτονική τους. Επίσης πραγματοποιήθηκε απογραφή υδροσημείων.

2. Γεωφυσικές βυθοσκοπήσεις έγιναν σε τέσσερα σημεία για την αποσαφήνιση της γεωλογικής δομής και την επιλογή θέσεων ανόρυξης υδρογεωτρήσεων.

Με βάση τα αποτελέσματα της έρευνας υπαίθρου συντάχτηκαν ο γεωλογικός χάρτης και η γεωλογική-γεωφυσική τομή και τα σχετικά διαγράμματα. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων αυτών παρουσιάζονται παρακάτω.

## 1.5 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η περιοχή έρευνας δομείται από πετρώματα της γεωτεκτονικής ζώνης της Πίνδου, τα οποία αντιπροσωπεύονται από ασβεστόλιθους, κερατόλιθους και σχηματισμούς του φλύσχη ηλικίας Μέσου Τριαδικού-Ηωκαίνου.

Στον ελληνικό χώρο ο φλύσχη έχει παλαιότερη ηλικία στα Ανατολικά και νεότερη στα Δυτικά, γιατί η απόθεση του γινόταν κατά τη σταδιακή ορογένεση των Ελληνίδων από Ανατολικά προς τα Δυτικά. Στη ζώνη Ωλωνού –Πίνδου διακρίνονται δύο ορίζοντες φλύσχη. Ο Κατωκρητιδικός που αποτελείται από ρυθμικές εναλλαγές πηλιολίθων, ψαμμιτών, μαργών, λατυποπαγών και ασβεστόλιθων και ο Ανωκρητιδικός που είναι περισσότερο ασβεστομαργαϊκός. Ο δεύτερος είναι ο τυπικότερος και αντιπροσωπευτικότερος του ελληνικού χώρου και χαρακτηρίζεται από ρυθμικές εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, μαργών και ασβεστόλιθων, καθώς και από αραιές πτυχώσεις σε πολλές θέσεις.

Τα πετρώματα αυτά παρατηρούνται στην επιφάνεια της περιοχής με μορφή επιμηκών ζωνών μικρού εύρους και με γενική διεύθυνση ΒΔΒ-ΝΑΝ.

Στο κάτω τμήμα της στρωματογραφικής στήλης επικρατούν ασβεστόλιθοι σε εναλλαγές με κερατόλιθους, ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστόλιθους, που μεταβάλλονται σε ασβεστόλιθους με ενστρώσεις κερατολίθων. Στους σχηματισμούς αυτούς επικάθονται αργιλικόι σχιστόλιθοι πηλίτες κλαστικοί ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι του <Πρώτου φλύσχη>.

Ακολουθούν ασβεστόλιθοι τεφροί, λεπτο-μεσοστρωματώδεις με κονδύλους και λεπτές στρώσεις πυριτόλιθων. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί, οι οποίοι καταλαμβάνουν το δυτικό και ανατολικό τμήμα της περιοχής της Μηλιάς, διαχωρίζονται επιφανειακά από σχηματισμούς του φλύσχη ηλικίας Παλαιοκαίνου-Ηωκαίνου. Ο φλύσχη αυτός συνίσταται από εναλλαγές αργιλικών σχιστόλιθων και ψαμμιτών. Οι ψαμμίτες είναι μεσόκοκκοι μέχρι χοντρόκοκκοι, σε στρώματα πάχους 0.5-2.5 m και κατά θέσεις άστρωτοι. Καταλαμβάνουν σημαντική έκταση στο κεντρικό τμήμα της περιοχής (νότια και ανατολικά της Μηλιάς).

Τα πετρώματα έχουν υποστεί έντονο τεκτονισμό και βαθιά διάβρωση. Τα στρώματα τους κλίνουν γενικά προς βορειοανατολικά και πολύ συχνά είναι ανορθωμένα σχεδόν κατακόρυφα ( $75^{\circ}$ - $80^{\circ}$ ).

Τέμνονται από δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις Α-Δ και ΒΑ-ΝΔ. Στο νότιο τμήμα της περιοχής υπάρχει και τρίτο σύστημα διαρρήξεων διεύθυνσης ΝΑ-ΒΔ.

Εφιππεύσεις πετρωμάτων παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή.

Αν εξετάσουμε τα πετρώματα αυτά από υδρολιθολογικής σκοπιάς, τότε μπορούμε να καταλήξουμε στις εξής διαπιστώσεις.

- 1.Οι αργιλικοί σχιστόλιθοι του φλύσχη και οι κερατόλιθοι είναι υδατοστεγανοί σχηματισμοί.
- 2.Οι ψαμμίτες μπορεί να χαρακτηριστούν ως υδροπερατά πετρώματα αλλά χαμηλής υδροπερατότητας.
- 3.Οι ασβεστόλιθοι γενικά θεωρούνται υδροπερατοί ως πολύ υδροπερατοί σχηματισμοί.

Λόγω της τεκτονικής δομής τα νερά των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ακολουθούν κατακόρυφη πορεία και καταλήγουν σε μεγάλα βάθη, όπως δείχνουν οι καρστικές πηγές στην κοιλάδα του Πλατανιά, όπου αποστραγγίζουν τις ανθρακικές μάζες της περιοχής. Οι παροχές των πηγών αυτών ανέρχονται σε πολλές δεκάδες κυβικών μέτρων την ώρα.

Στην περιοχή ανατολικά του οικισμού εντοπίστηκαν αναβλύσεις νερού σε πολλά σημεία. Πρόκειται συνήθως για μικροπηγές με παροχές μερικών λίτρων την ώρα που συνδυάζονται με την ενδορωγματική υδροφορία των ψαμμιτών χαμηλής γενικά υδροδυναμικότητας. Μεγαλύτερη παροχή (550λίτρα/ώρα) μετρήθηκε στην πηγή που εντοπίζεται στο κεντρικό μέρος του οικισμού.

Στοιχεία για την ποιότητα του νερού δεν διαθέτουμε, το γεγονός όμως ότι αναβλύζουν στην κατάντη του οικισμού περιοχή και σε χαμηλότερο υψόμετρο μας κάνει να υποπτευόμαστε ότι είναι βεβαρημένα από την οικιστική δραστηριότητα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Με τις ηλεκτρικές μεθόδους γεωφυσικής διασκόπησης επιδιώκεται ο καθορισμός των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της Γης. Η ποσότητα που μετράμε είναι, συνήθως, η ηλεκτρική τάση, ενώ η ποσότητα η οποία παρουσιάζει περισσότερο ενδιαφέρον και της οποίας επιδιώκεται ο καθορισμός της και η μελέτη της κατανομής των τιμών της μέσα στα επιφανειακά στρώματα του φλοιού της Γης είναι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση.

Ο αριθμός των ηλεκτρικών μεθόδων γεωφυσικής διασκόπησης είναι σημαντικός, αλλά οι σπουδαιότερες από αυτές είναι η μέθοδος της ειδικής αντίστασης, η μέθοδος των ισοδυναμικών γραμμών, η μέθοδος της επαγόμενης πολικότητας, η μέθοδος του φυσικού δυναμικού και η μέθοδος των τελλουρικών ρευμάτων. Στη μελέτη μας εμείς θα χρησιμοποιήσουμε την μέθοδο της ειδικής αντίστασης.

Η μέθοδος της ειδικής αντίστασης εφαρμόζεται σε μεγάλη κλίμακα για τη λύση τεκτονικών, υδρογεωλογικών, κοιτασματολογικών, γεωθερμικών και αρχαιολογικών προβλημάτων.

## 2.2 Η ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΤΗΣ ΓΗΣ

Αν και μερικά αμιγή μέταλλα καθώς και ο γραφίτης άγουν τον ηλεκτρισμό, τα περισσότερα πετρογενετικά ορυκτά είναι μονωτές. Η μετρούμενη ειδική αντίσταση των ορυκτών της Γης ελέγχεται κατά κύριο λόγο από την κίνηση των φορτισμένων ιόντων στα ρευστά των πόρων. Αν και το καθαρό νερό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, το εδαφικό νερό περιέχει διαλυμένες ενώσεις οι οποίες αυξάνουν σημαντικά την ικανότητα του να άγει τον ηλεκτρισμό. Επομένως, το πορώδες και ο κορεσμός σε ρευστά παίζουν καθοριστικό ρόλο στις μετρήσεις της ειδικής αντίστασης. Εκτός από το πορώδες, και οι ρωγμές εντός του πετρώματος μπορεί να οδηγήσουν σε χαμηλές ειδικές αντιστάσεις αν γεμίσουν με ρευστά.

Οι ειδικές αντιστάσεις διαφόρων υλικών φαίνονται παρακάτω

Υλικό	Ειδική Αντίσταση (Ohm·meter)
Αέρας	$\infty$
Σιδηροπυρίτης	$3 \times 10^{-1}$
Γαληνίτης	$2 \times 10^{-3}$
Χαλαζίας	$4 \times 10^{10} - 2 \times 10^{14}$
Ασβεστίτης	$1 \times 10^{12} - 1 \times 10^{13}$
Ορυκτό Άλας	$30 - 1 \times 10^{13}$
Μαρμαρυγίας	$9 \times 10^{12} - 1 \times 10^{14}$
Γρανίτης	$100 - 1 \times 10^6$
Γάββρος	$1 \times 10^3 - 1 \times 10^6$
Βασάλτης	$10 - 1 \times 10^7$
Ασβεστόλιθοι	$50 - 1 \times 10^7$
Ψαμμίτες	$1 - 1 \times 10^8$
Σχιστόλιθοι	$20 - 2 \times 10^3$
Δολομίτης	$100 - 10,000$
Άμμος	$1 - 1,000$
Άργιλος	$1 - 100$
Εδαφικό Νερό	$0.5 - 300$
Θαλασσινό Νερό	$0.2$

Συνεπώς, ένας συνήθης στόχος για μία ηλεκτρική διασκόπηση είναι η αναγνώριση των ζωνών κορεσμού σε ρευστά. Για παράδειγμα, οι μέθοδοι της ειδικής αντίστασης χρησιμοποιούνται συχνά στις μηχανικές και περιβαλλοντικές μελέτες για τον προσδιορισμό του υδροφόρου ορίζοντα.

## **2.3 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ**

Η μέθοδος της ειδικής αντίστασης εφαρμόζεται πλατύτερα από τις άλλες μεθόδους γεωηλεκτρικής διασκόπησης και ανήκει στην κατηγορία των μεθόδων κατά τις οποίες παράγεται στο έδαφος με τεχνητό τρόπο ηλεκτρικό πεδίο. Οι ιδιότητες του πεδίου αυτού διαμορφώνονται από τη δομή του υπεδάφους και για το λόγο αυτό ο καθορισμός των ιδιοτήτων αυτών με μετρήσεις του δυναμικού οδηγεί στον καθορισμό της δομής του υπεδάφους.

Διαβιβάζεται στο έδαφος ηλεκτρικό ρεύμα με δύο ηλεκτρόδια ρεύματος A, B και μετρίεται σε διάφορες θέσεις του εδάφους το δυναμικό που δημιουργεί το ρεύμα αυτό με δύο ηλεκτρόδια δυναμικού M, N. Πραγματοποιούνται μετρήσεις τόσο της έντασης ρεύματος,  $i$ , όσο και του δυναμικού (διαφορά τάσης),  $\Delta V$ , που παράγεται, με στόχο τον καθορισμό της κατανομής της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης,  $\rho$ , στο υπέδαφος. Η κατανομή της ειδικής αντίστασης στο υπέδαφος ονομάζεται γεωηλεκτρική δομή. Συνεπώς άμεσος στόχος της μεθόδου της ειδικής αντίστασης είναι ο καθορισμός της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους, ενώ η γεωλογική ερμηνεία της δομής αυτής αποτελεί τον τελικό στόχο, ο οποίος παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες και απαιτεί συνήθως πρόσθετα στοιχεία (γεωλογικά, γεωφυσικά).

Δεν είναι εύκολος ο άμεσος υπολογισμός της ειδικής αντίστασης,  $\rho$ , στο υπέδαφος από τις ηλεκτρικές μετρήσεις στην επιφάνεια της Γης. Για το λόγο αυτό, υπολογίζεται αρχικά μια φυσικώς ανύπαρκτη ποσότητα η οποία ονομάζεται φαινόμενη ειδική αντίσταση,  $\rho_a$ , η οποία χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της πραγματικής ειδικής αντίστασης στους διάφορους σχηματισμούς (στρώματα, κλπ) του υπεδάφους.



Για την πραγματοποίηση των γεωηλεκτρικών μετρήσεων έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι διάταξης, στην επιφάνεια της Γης, των ηλεκτροδίων ρεύματος και δυναμικού, ανάλογα με τον σκοπό της γεωηλεκτρικής διασκόπησης. Η φαινόμενη ειδική αντίσταση εξαρτάται και από τον τρόπο διάταξης των ηλεκτροδίων και για τον λόγο αυτό πρέπει να γνωρίζουμε τη διάταξη αυτή για τον υπολογισμό της  $\rho_a$ .

Για τους λόγους που αναφέραμε παραπάνω, θα ασχοληθούμε παρακάτω με τον ακριβή ορισμό της φαινόμενης ειδικής αντίστασης, με την περιγραφή των πιο εύχρηστων διατάξεων των ηλεκτροδίων και τον τρόπο υπολογισμού της φαινόμενης ειδικής αντίστασης και κυρίως με τον καθορισμό της γεωηλεκτρικής δομής (μεταβολή της ειδικής αντίστασης με το βάθος) από τις τιμές της φαινόμενης ειδικής αντίστασης.

## 2.4 ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ.

Η Γη δεν είναι ομογενής ώστε να μπορεί να υπολογιστεί η πραγματική ειδική αντίσταση των πετρωμάτων της εύκολα, δηλαδή, με απλή εφαρμογή της σχέσης.

$$\rho_a = \frac{2\pi\Delta V}{i} \left[ \frac{1}{\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}\right)} \right]$$

Σχέση 2

Για το λόγο αυτό, απαιτείται η εφαρμογή πιο σύνθετων μεθόδων για τον καθορισμό της κατανομής της ειδικής αντίστασης μέσα στη πραγματική Γη. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται από την μια μεριά σε μετρήσεις ηλεκτρικών ποσοτήτων ( $\Delta V$ ,  $i$ ) στην επιφάνεια της Γης και από την άλλη σε πολύπλοκες θεωρητικές σχέσεις που εκφράζουν το μοντέλο της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους και των οποίων σχέσεων πρέπει να καθορίσουμε τις παραμέτρους. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται στην έννοια της φαινόμενης ειδικής αντίστασης.

Στην περίπτωση που η ειδική αντίσταση δεν είναι σταθερή αλλά μεταβάλλεται στα επιφανειακά στρώματα της Γης, όπως στην πραγματικότητα συμβαίνει, η τιμή του δευτέρου μέλους της σχέσης (1) μπορεί επίσης να υπολογιστεί με βάση τις μετρήσεις των ποσοτήτων που περιλαμβάνει το μέλος αυτό, αλλά η τιμή του δεν θα είναι σταθερή, όπως συμβαίνει στην περίπτωση ομογενούς Γης, αλλά θα εξαρτάται από την θέση των ηλεκτροδίων και θα μεταβάλλεται όταν μεταβάλλονται οι αποστάσεις των ηλεκτροδίων.

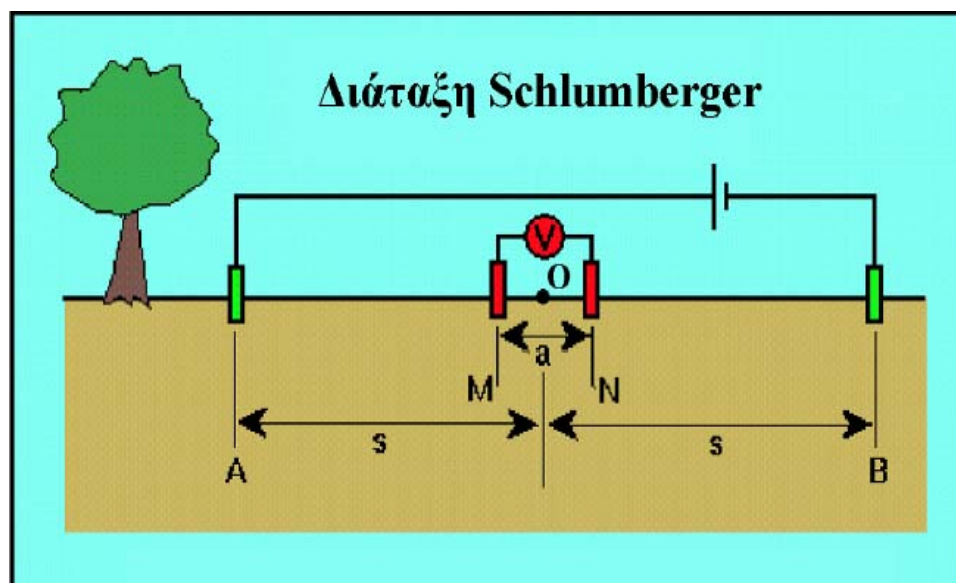
Η τιμή αυτή δεν θα παριστάνει πια την πραγματική ειδική αντίσταση και για το λόγο αυτό λέγεται φαινόμενη ειδική αντίσταση και παριστάνεται με το σύμβολο  $\rho_a$ . Υπάρχουν διάφοροι τρόποι κατά τους οποίους διατάσσονται τα ηλεκτρόδια ρεύματος και δυναμικού. Οι πιο γνωστές από τις διατάξεις αυτές είναι η << διάταξη Wenner >>, η << διάταξη Schlumberger >> και η << διάταξη διπόλου-διπόλου >>.

Στην μελέτη μας θα χρησιμοποιήσουμε την << διάταξη Schlumberger >> και θα δούμε στην συνέχεια την μορφή την οποία παίρνει η γενική σχέση (1) στην δικιά μας περίπτωση.

## 2.5 ΔΙΑΤΑΞΗ SCHLUMBERGER

Για την διενέργεια μιας ηλεκτρικής βυθομέτρησης Schlumberger στο πεδίο τα ηλεκτρόδια ρεύματος και δυναμικού διατάσσονται στο έδαφος κατά μήκος ευθείας γραμμής σε συγκεκριμένες μεταξύ τους αποστάσεις. Τα ηλεκτρόδια ρεύματος όσο και τα ηλεκτρόδια δυναμικού είναι συμμετρικά τοποθετημένα ως προς κέντρο συμμετρίας, O, το οποίο ονομάζεται κέντρο της διάταξης.

Διεξάγοντες βυθομετρήσεις με διάταξη ηλεκτροδίων κατά Schlumberger η απόσταση των ηλεκτροδίων δυναμικού M, N πρέπει πάντοτε να διατηρείται μικρότερη του 40% της απόστασης AB/2. Στις μετρήσεις πεδίου απομακρύνουμε διαδοχικά τα ηλεκτρόδια ρεύματος (αυξάνουμε την απόσταση AB) ενώ διατηρούμε σταθερή την απόσταση MN. Στην διάταξη αυτή η απόσταση, MN = 2a, μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού είναι πολύ μικρότερη από την απόσταση AB=2s, μεταξύ των ηλεκτροδίων ρεύματος ( $s \gg 1$ ).



**Σχήμα 2** Μπορεί εύκολα να αποδειχθεί ότι στην περίπτωση αυτή η φαινόμενη ειδική αντίσταση δίνεται από την σχέση.

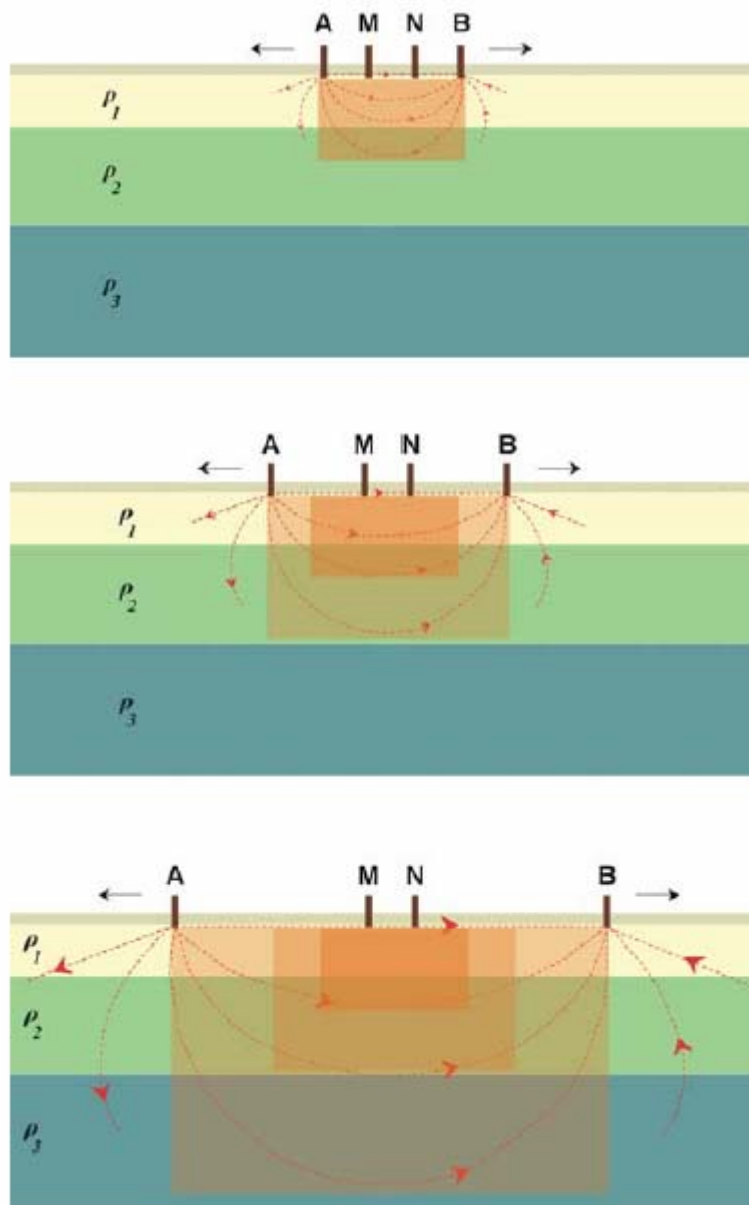
$$\rho_a = \frac{\rho s^2}{2a} \cdot \frac{\Delta V}{i}$$

### Σχέση 3

Δηλαδή, στην περίπτωση αυτή ο γεωμετρικός συντελεστής είναι  $K = \rho s^2 / 2a$ . Κατά την εφαρμογή της διάταξης Schlumberger μια γεωηλεκτρική βυθοσκόπηση, τα ηλεκτρόδια δυναμικού παραμένουν σταθερά, ενώ η απόσταση των ηλεκτροδίων ρεύματος αυξάνεται σταδιακά και συμμετρικά σχετικά με το κέντρο της διάταξης, ενώ κατά την εφαρμογή της διάταξης αυτής για γεωηλεκτρική χαρτογράφηση τα τέσσερα ηλεκτρόδια μετακινούνται πάνω στην τομή, ενώ η απόστασή τους παραμένει σταθερή.

Καθώς η απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων ρεύματος αυξάνει ο συνολικός όγκος της γης που ελέγχεται από την μέτρηση αυξάνει επίσης, τόσο σε βάθος όσο και πλευρικά. Δεδομένου ότι το κέντρο της διάταξης παραμένει σταθερό και εκείνο που αλλάζει είναι οι διαδοχικά διευρυνόμενες αποστάσεις AB είναι φανερό ότι οι διαδοχικά διευρυνόμενοι γήινοι όγκοι που ελέγχονται από τις μετρήσεις αλληλεπικαλύπτονται.

Η ειδική αντίσταση μεταβάλλεται τόσο με το βάθος όσο και οριζόντια, όμως για την ερμηνεία των ηλεκτρικών βυθομετρήσεων η γη θεωρείται οριζόντια στρωματομένη όπου μέσα στο κάθε στρώμα η ειδική αντίσταση παραμένει σταθερή (ομοιογενή στρώματα) και μεταβάλλεται μόνο με το βάθος όπου αλλάζει τιμή από στρώμα σε στρώμα. Γίνεται συνεπώς αντιληπτό ότι οι μετρήσεις της φαινόμενης ειδικής αντίστασης με την διαδοχική αύξηση της απόστασης AB θα σχετίζονται αυστηρά μόνον με την σε βάθος αύξηση των αλληλεπικαλυπτόμενων γήινων όγκων. Έτσι, οι μετρούμενες τιμές της ειδικής αντίστασης είναι στη πραγματικότητα μέσες τιμές μεγάλων γήινων όγκων οι οποίοι συνεχώς εκτείνονται πλευρικά και σε βάθος λόγω της διαδοχικής αύξησης της απόστασης AB.



Αλληλεπικάλυψη των γήινων όγκων καθώς αυξάνεται το εύρος των ηλεκτροδίων.

Η διάταξη Schlumberger εφαρμόζεται περισσότερο από όλες τις άλλες διατάξεις, επειδή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως είναι το ότι απαιτείται η μεταβολή της απόστασης μόνο των δύο ηλεκτροδίων κατά την γεωηλεκτρική βυθοσκόπηση, το ότι η χρησιμοποίηση σταθερού διπόλου τάσης περιορίζει ανεπιθύμητες επιδράσεις στις μετρήσεις που προκαλούνται από γεωλογικές πλευρικές ασυνέχειες και ότι το μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου σήμερα βοηθητικού υλικού (καμπύλες, προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών) για την ερμηνεία των παρατηρήσεων έγινε για την εφαρμογή σε διάταξη Schlumberger.



Όργανο που χρησιμοποιείται στις ηλεκτρικές μεθόδους βυθοσκόπησης για την καταγραφή των λαμβανόμενων μετρήσεων .



Διάταξη ηλεκτροδίων .



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

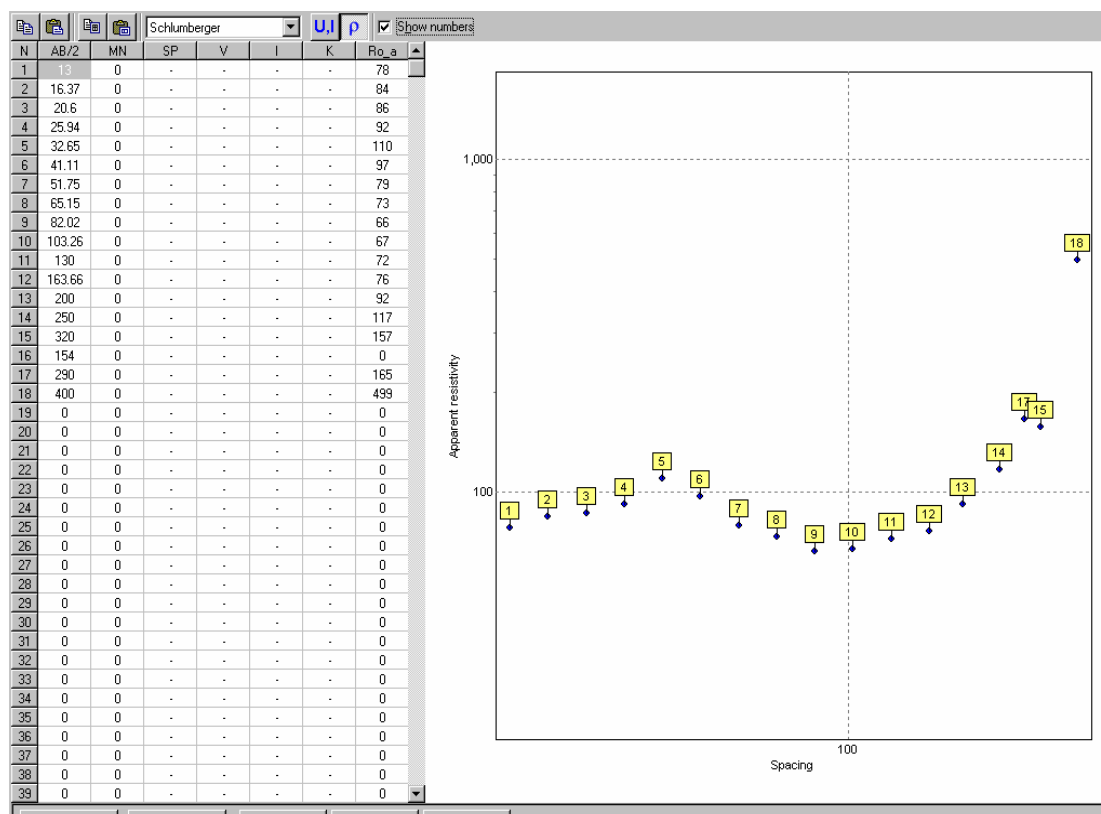
### 3.1 ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Στην περιοχή που ερευνήσαμε σε τέσσερις θέσεις που επιλέχτηκαν με βάση το γεωτεκτονικό μοντέλο τις τοπικές υδρογεωλογικές συνθήκες και το μορφολογικό ανάγλυφο, πραγματοποιήθηκαν 4 γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις σε διάταξη Schlumberger ηλεκτροδιακού αναπτύγματος AB/2 ικανού να διερευνήσει τα πρώτα 250 μέτρα του υπεδάφους.

### 3.2 ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ 1

Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται οι μετρήσεις που πήραμε για την πρώτη βυθοσκόπηση (VES1), καθώς και τα σημεία που σχηματίζουν την χαρακτηριστική καμπύλη αυτής. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήσαμε για την πραγματοποίηση της γεωφυσικής έρευνας είναι το IPI2WIN.

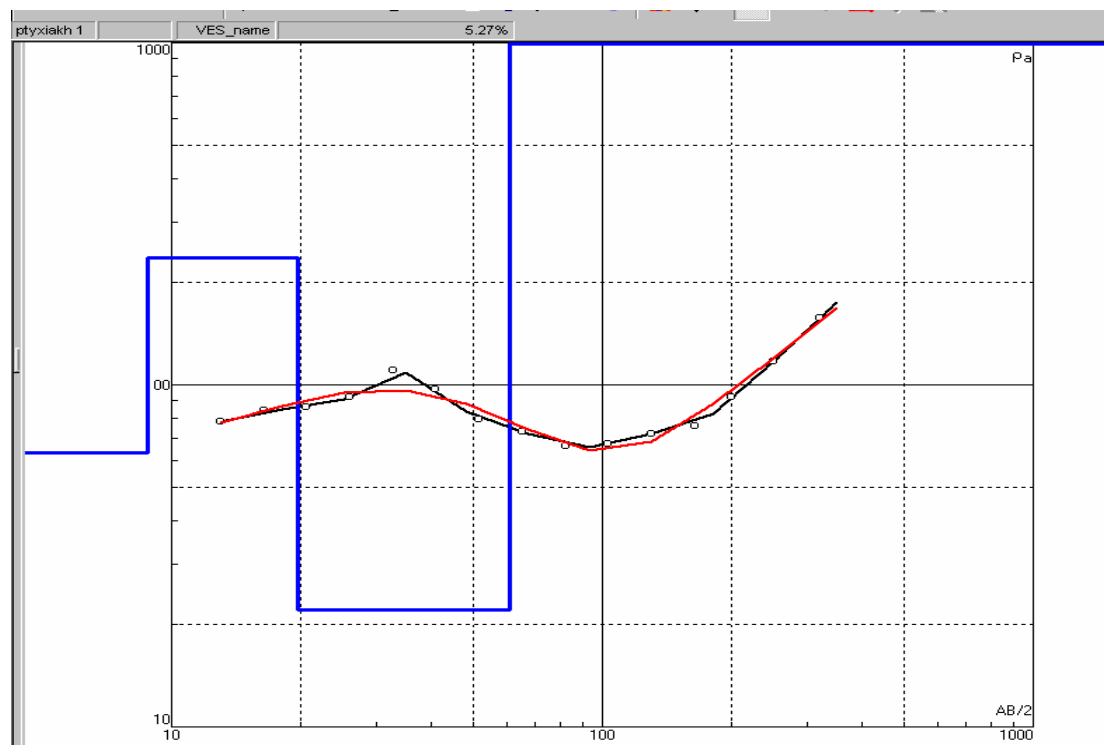
VES1.





Στο διάγραμμα που ακολουθεί βλέπουμε με μαύρο χρώμα την πραγματική καμπύλη της ειδικής αντίστασης των πετρωμάτων έτσι όπως την πήραμε από τις μετρήσεις μας και με κόκκινο χρώμα την φαινόμενη καμπύλη της ειδικής αντίστασης έτσι όπως την διαμορφώσαμε με το συγκεκριμένο μοντέλο μας. Το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής καμπύλης της ειδικής αντίστασης με την φαινόμενη καμπύλη της ειδικής αντίστασης είναι 5.27%.

VES1.



Η ειδική αντίσταση του πετρώματος το πάχος του πετρώματος και το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης φαίνονται στο παρακάτω πίνακα. Όπου  $\rho$  η ειδική αντίσταση,  $h$  το πάχος του πετρώματος και  $d$  το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης.

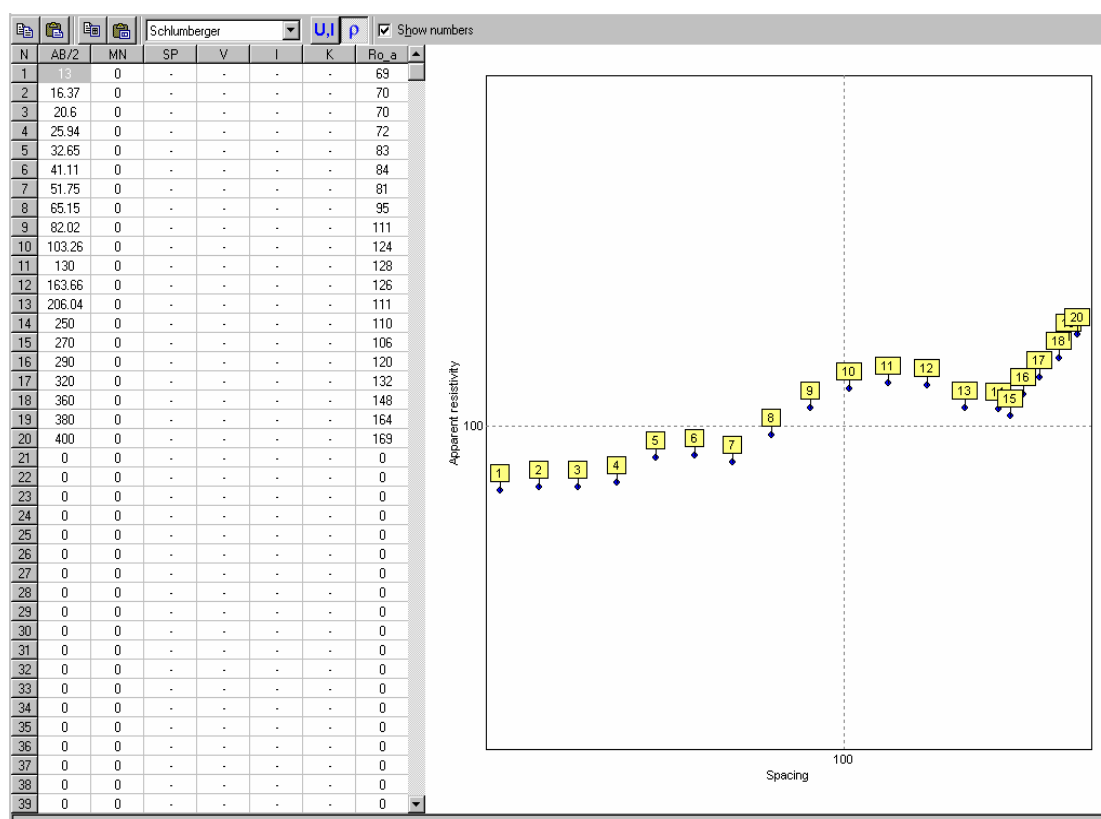
VES.1			
N	$\rho$	$h$	$d$
1	63.5	8.79	8.79
2	236	10.8	19.6
3	22	41.4	61

Όπως βλέπουμε το πέτρωμα με την μικρότερη ειδική αντίσταση είναι το τρίτο και το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης είναι 61 μέτρα. Άρα πιστεύουμε ότι στο συγκεκριμένο βάθος υπάρχει η πιθανότητα ανεύρεσης υδάτινων πόρων.

### 3.3 ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ 2

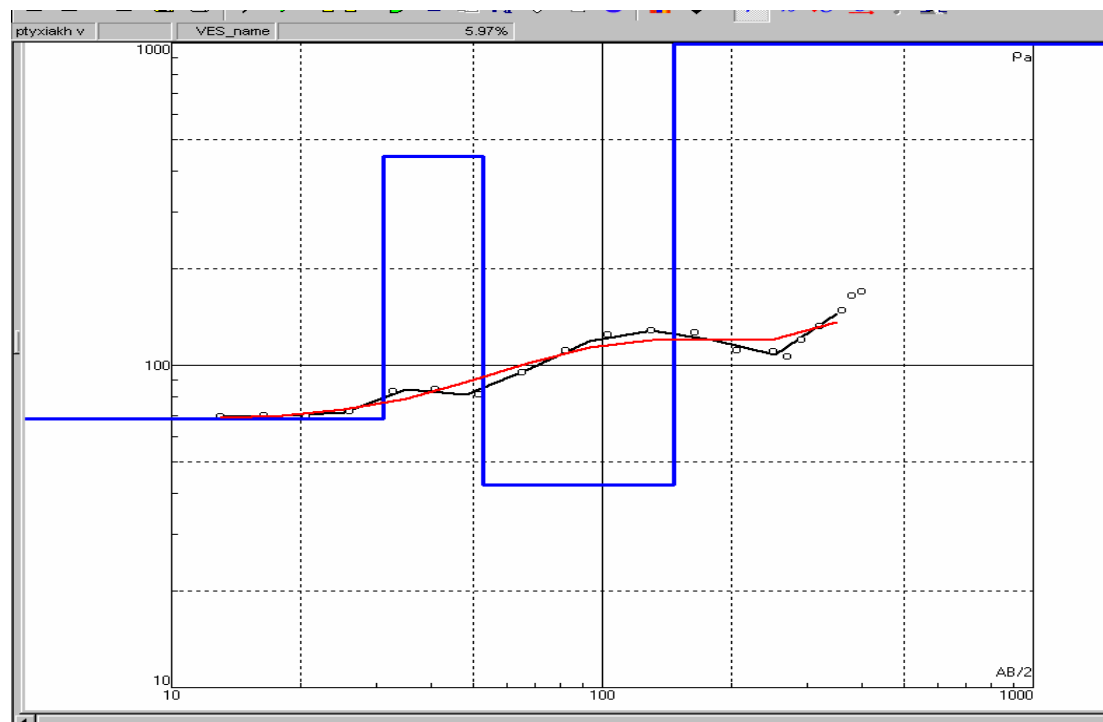
Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται οι μετρήσεις που πήραμε για την δεύτερη βυθοσκόπηση (VES2), καθώς και τα σημεία που σχηματίζουν την χαρακτηριστική καμπύλη αυτής.

VES2.



Στο διάγραμμα που ακολουθεί βλέπουμε με μαύρο χρώμα την πραγματική καμπύλη της ειδικής αντίστασης των πετρωμάτων έτσι όπως την πήραμε από τις μετρήσεις μας και με κόκκινο χρώμα την φαινόμενη καμπύλη της ειδικής αντίστασης έτσι όπως την διαμορφώσαμε με το συγκεκριμένο μοντέλο μας. Το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής καμπύλης της ειδικής αντίστασης με την φαινόμενη καμπύλη της ειδικής αντίστασης είναι 5.97%.

## VES2.



Η ειδική αντίσταση του πετρώματος το πάχος του πετρώματος και το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης φαίνονται στο παρακάτω πίνακα. Όπου  $\rho$  η ειδική αντίσταση,  $h$  το πάχος του πετρώματος και  $d$  το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης.

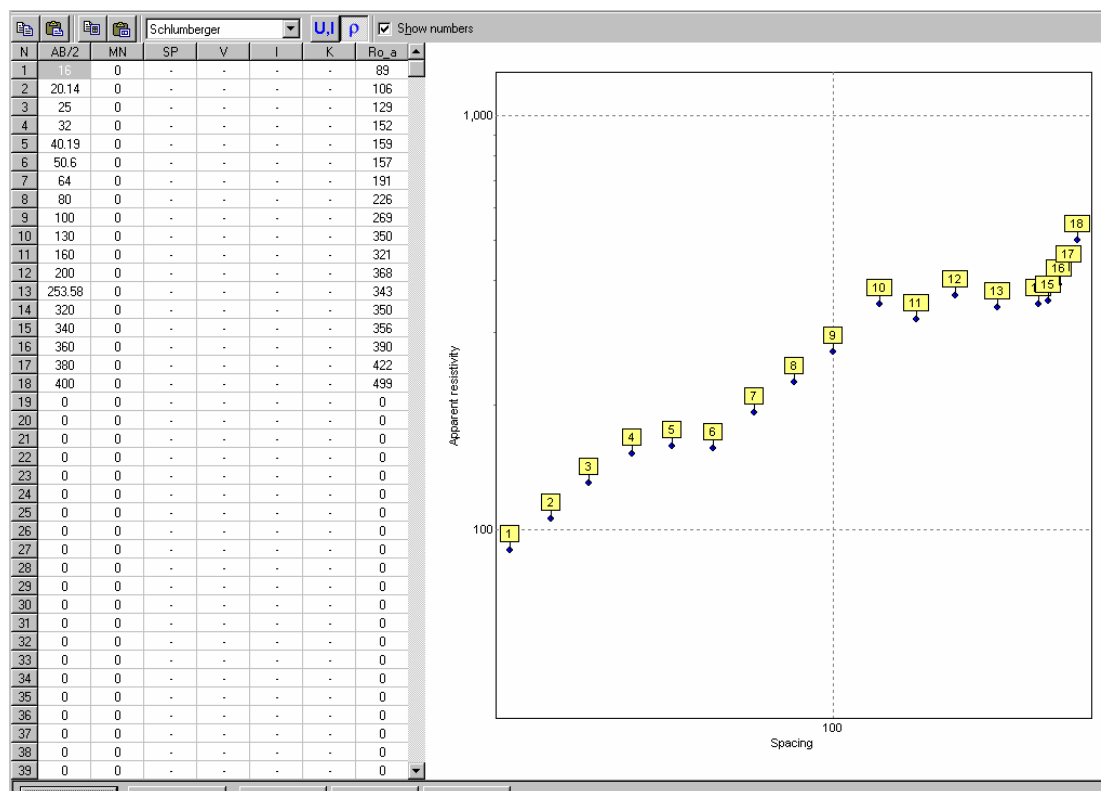
VES.2			
N	$\rho$	$h$	$d$
1	60	31.1	31.1
2	445	21.9	52.9
3	42.9	93.9	147

Όπως βλέπουμε το πέτρωμα με την μικρότερη ειδική αντίσταση είναι το τρίτο και το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης είναι 147 μέτρα. Άρα πιστεύουμε ότι στο συγκεκριμένο βάθος υπάρχει η πιθανότητα ανεύρεσης υδάτινων πόρων.

### 3.4 ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ 3

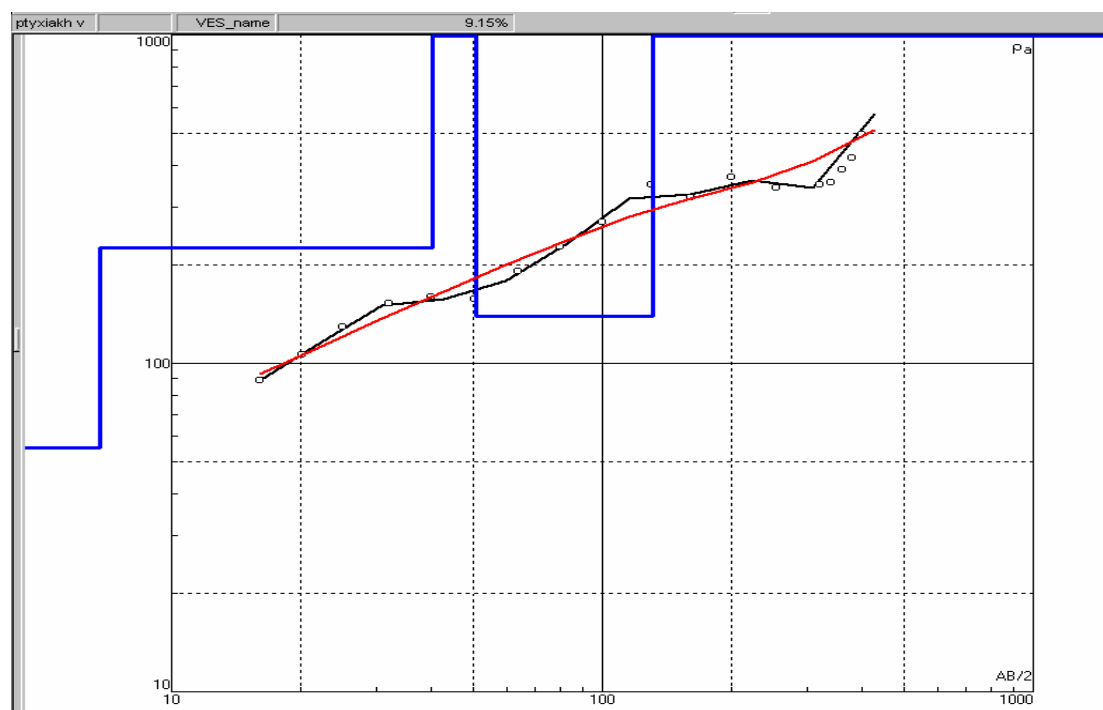
Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται οι μετρήσεις που πήραμε για την τρίτη βυθοσκόπηση (VES3), καθώς και τα σημεία που σχηματίζουν την χαρακτηριστική καμπύλη αυτής.

VES3.



Στο διάγραμμα που ακολουθεί βλέπουμε με μαύρο χρώμα την πραγματική καμπύλη της ειδικής αντίστασης των πετρωμάτων έτσι όπως την πήραμε από τις μετρήσεις μας και με κόκκινο χρώμα την φαινόμενη καμπύλη της ειδικής αντίστασης έτσι όπως την διαμορφώσαμε με το συγκεκριμένο μοντέλο μας. Το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής καμπύλης της ειδικής αντίστασης με την φαινόμενη καμπύλη της ειδικής αντίστασης είναι 9.15%.

## VES3.



Η ειδική αντίσταση του πετρώματος το πάχος του πετρώματος και το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης φαίνονται στο παρακάτω πίνακα. Όπου  $\rho$  η ειδική αντίσταση,  $h$  το πάχος του πετρώματος και  $d$  το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης.

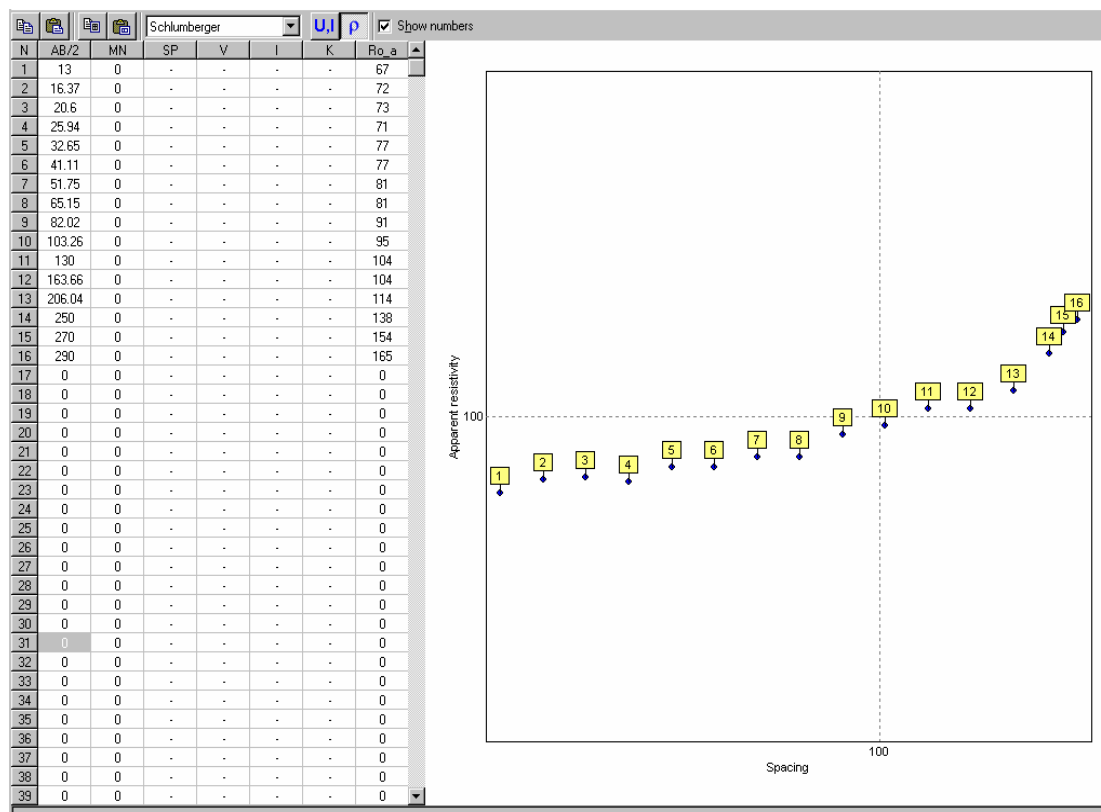
VES.3			
N	$\rho$	$h$	$d$
1	55.4	6.84	6.84
2	224	33.6	40.5
3	2861	10.3	50.8
4	139	79.9	131

Όπως βλέπουμε το πέτρωμα με την μικρότερη ειδική αντίσταση είναι το πρώτο και το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης είναι 131 μέτρα. Άρα πιστεύουμε ότι σε μικρό βάθος υπάρχει η πιθανότητα ανεύρεσης υδάτινων πόρων. Σε αυτό μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο ότι η βυθοσκόπηση έγινε κοντά στις πηγές Πλατανιά.

### 3.5 ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ 4

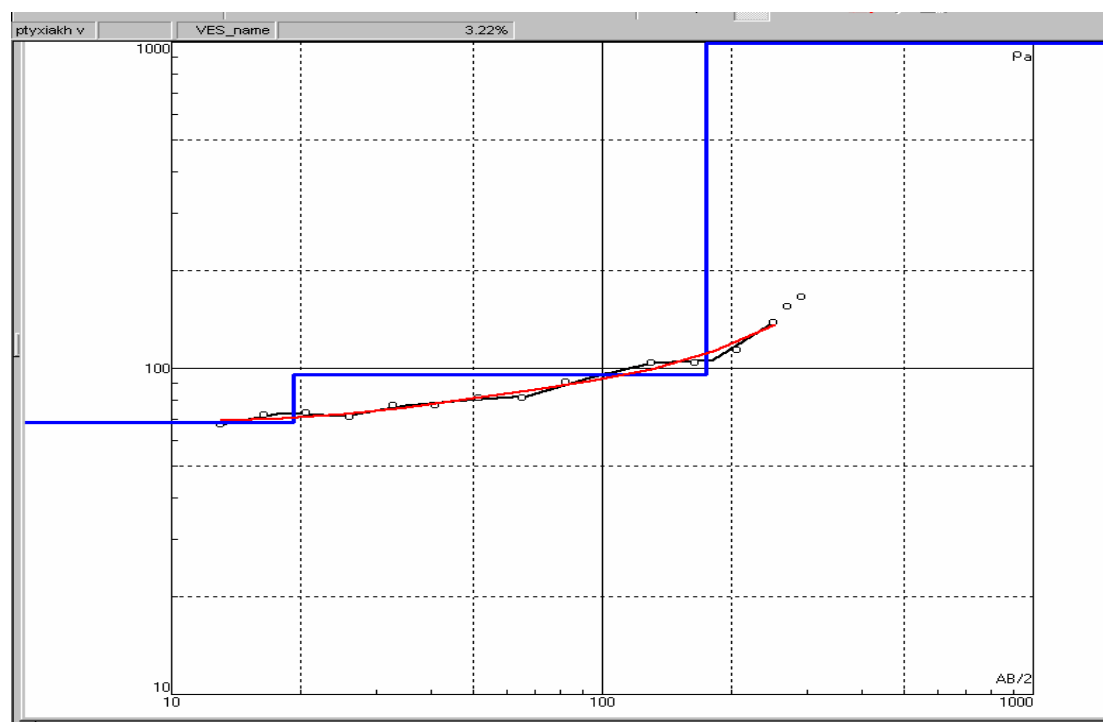
Στο διάγραμμα που ακολουθεί φαίνονται οι μετρήσεις που πήραμε για την τέταρτη βυθοσκόπηση (VES4), καθώς και τα σημεία που σχηματίζουν την χαρακτηριστική καμπύλη αυτής.

VES4.



Στο διάγραμμα που ακολουθεί βλέπουμε με μαύρο χρώμα την πραγματική καμπύλη της ειδικής αντίστασης των πετρωμάτων έτσι όπως την πήραμε από τις μετρήσεις μας και με κόκκινο χρώμα την φαινόμενη καμπύλη της ειδικής αντίστασης έτσι όπως την διαμορφώσαμε με το συγκεκριμένο μοντέλο μας. Το σφάλμα μεταξύ της πραγματικής καμπύλης της ειδικής αντίστασης με την φαινόμενη καμπύλη της ειδικής αντίστασης είναι 3.22%.

## VES4.

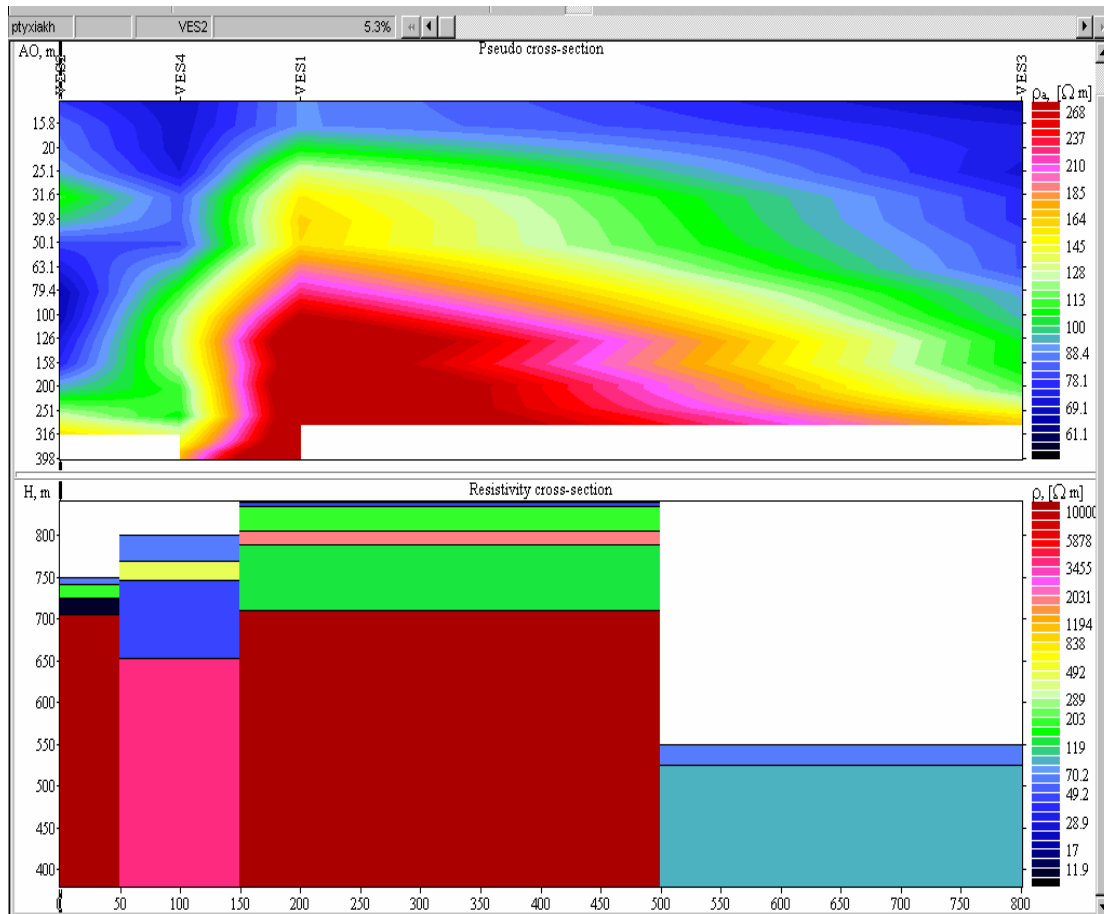


Η ειδική αντίσταση του πετρώματος το πάχος του πετρώματος και το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης φαίνονται στο παρακάτω πίνακα. Όπου  $\rho$  η ειδική αντίσταση,  $h$  το πάχος του πετρώματος και  $d$  το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης.

VES.4			
N	$\rho$	$h$	$d$
1	68.3	19.3	19.3
2	95.4	154	174

Όπως βλέπουμε το πέτρωμα με την μικρότερη ειδική αντίσταση είναι το πρώτο και το συνολικό βάθος της βυθοσκόπησης είναι 174 μέτρα. Άρα πιστεύουμε ότι σε μικρό βάθος υπάρχει η πιθανότητα ανεύρεσης υδάτινων πόρων.

Στην συνέχεια ενώνουμε και τις 4 βυθοσκοπήσεις με την βοήθεια του προγράμματος IPI2WIN και βλέπουμε την χρωματογραφία ένα θεωρητικό μοντέλο δηλαδή των ειδικών ηλεκτρικών αντιστάσεων που επικρατούν στα σημεία που έγιναν οι βυθοσκοπήσεις μας.



**Σχήμα 3**

Όπως βλέπουμε στο παραπάνω θεωρητικό γεωφυσικό μοντέλο μας στα σημεία που έγιναν οι βυθοσκοπήσεις υπάρχουν στρώματα με μικρή ειδική αντίσταση (με σκούρο μπλε όπως φαίνεται και από την στήλη στα δεξιά) που ενδεχομένως να περιέχουν ποσότητες υπόγειων υδάτων. Άρα οι μελλοντικές γεωτρήσεις μας ερευνητικές στην αρχή και μετέπειτα παραγωγικές πρέπει να γίνουν κοντά σε αυτά τα σημεία.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ. Ανόρυξη υδρογεωτρήσεων για την ύδρευση του Οικισμού Μηλιάς – Πυλίνης.

Το κόστος δύο ολοκληρωμένων προγραμμάτων γεωτρήσεων μιας βάθους 150 μέτρων και μίας δεύτερης βάθους 200 μέτρων είναι της τάξης των 73.000 ευρώ και 107.000 ευρώ αντίστοιχα σύμφωνα με το τιμολόγιο του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Το κόστος μόνο ερευνητικών γεωτρήσεων είναι πολύ χαμηλότερο αναφερόμενοι στην περίπτωση γεωτρήσεων με αρνητικό αποτέλεσμα και μπορεί να βρεθεί στους παρακάτω πίνακες.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι οι παραπάνω τιμές αφορούν τιμές Δημοσίων έργων και είναι επιδεικτικές εκπτώσεων. Οι τιμές της αγοράς αναλόγως του βάθους των γεωτρήσεων και της θέσεις των είναι της τάξης των 75 ευρώ ανά μέτρο. Η επίβλεψη υδρογεωτρητικών εργασιών και η σύνταξη έκθεσης πεπραγμένων με τον υπολογισμό των υπόγειων αποθεμάτων είναι της τάξης των 5000 ευρώ (χωρίς Φ.Π.Α.).

Στους παρακάτω πίνακες παρατίθενται αναλυτικά κάθε φάση του γεωτρητικού προγράμματος.

#### ΠΡΟΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΓΙΑ ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ

Τιμές μονάδος από Τιμολόγια Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ΓΕΩΤ. & ΥΔΡ.

ΓΕΩΤ. Ανάλυση Τιμών δειγματοληπτικών-ερευνητικών γεωτρήσεων.

ΥΔΡ. Ανάλυση Τιμών Υδραυλικών Έργων.

A	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ					
a/a	ΕΡΓΑΣΙΑ	Αρ. τιμολ.ΥΠΕΧΟΔΕ	Μονάδα	Ποσότητα	Τιμή Μονάδας	Δαπάνη
1	Μετακίνηση υδρογεωτρύπανου	NTY-1	τεμ.			
1.1	Αποσυναρμολόγηση και φόρτωση υδρογεωτρύπανου	NTY-1.1	τεμ.	1	204.935	204.935
1.2	Εκφόρτωση και εγκατάσταση υδρογεωτρύπανου στη θέση λειτουργίας	NTY-1.2	Η.Δ	1	298.236	298.236
2	Διαμόρφωση θέσης λειτουργίας - χρήση ελαφρύ εκσκαφέα	ΑΤΕΟ-506.3	μ.μ.	1	114.687	114.687
3	Διάνοιξη υδρογεωτρήσεως 8 1/2 ιντσών σε μαλακά πετρώματα	NTY-2	μ.μ.	100	20.94	2.094.012
4	Διάνοιξη υδρογεωτρήσεως 8 1/2 ιντσών σε σκλήρα πετρώματα	NTY-3	μ.μ.	100	46.815	4.681.549
5	Διεύρυνση υδρογεωτρήσεως από 8 1/2 ίντσες σε 12 1/2 ίντσες σε μαλακά πετρώματα	NTY-4	μ.μ.	100	17.539	1.753.891
6	Διεύρυνση υδρογεωτρήσεως από 8 1/2 ίντσες σε 12 1/2 ίντσες σε σκλήρα πετρώματα	NTY-5	μ.μ.	100	34.985	3.498.455
7	Χαλυβδοσωλήνας (τυφλός) 8 ιντσών	NTY-6	μ.μ.	120	17.119	2.054.280
8	Χαλυβδοσωλήνας φιλτροσωλήνας 8 ιντσών	NTY-7	μ.μ.	80	20.436	1.634.880
9	Πιεζομετρικός σωλήνας 1 1/4 ίντσας	NTY-8	μ.μ.	200	1.736	347.154
10	Περιφραγματικός σωλήνας 14 ιντσών	NTY-9	μ.μ.	5	34.944	174.721
11	Εισκόμιση Αποκόμιση αντλ.Συγκροτήματος	ΥΔΡ-7120				
11.1	Αποσυναρμολόγηση και φόρτωση αντλ.συγκροτήματος	ΥΔΡ-7120.1	τεμ.	1	81.211	81.211
11.2	Εκφόρτωση και εγκατάσταση υδρογεωτρύπανου στη θέση λειτουργίας	ΥΔΡ-7120.2	τεμ.	1	193.097	193.097
12	Άντληση	NTY-10	ώρες	72	30.155	2.171.194
13	Κεφαλή υδρογεωτρήσεως	ΓΕΩΤ-16	τεμ.	1	46.668	46.668
14	Προμήθεια, τοποθέτηση κατάλληλου βότσαλου για δημιουργία χαλικοφίλτρου	ΥΔΡ-7115	κ.μ.	15	36.875	553.125
15	Ανάπτυξη, καθαρισμός γεώτρησης (airlift) με τον αεροσυμπιεστή του γεωτρύπανου	ΥΔΡ-7105	ώρες	10	55	550000
<b>ΣΥΝΟΛΟ ΔΑΠΑΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ</b>						<b>20.452.094</b>

<b>ΑΠΡΟΒΛΕΠΤΑ</b>	<b>871.756</b>
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>21.323.850</b>
<b>ΦΠΑ 18%</b>	<b>3.838.293</b>
<b>ΤΕΛΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ</b>	<b>25.162.143</b>
<b>ΕΥΡΩ</b>	<b>73.843</b>

Η πρώτη μας γεώτρηση όπως βλέπουμε και παραπάνω θα μας στοιχίσει 73.843 ΕΥΡΩ και θα γίνει σε βάθος 150 μέτρων ενώ η δεύτερη που θα γίνει σε βάθος 200 μέτρων με ίδιο κόστος υλικών και μηχανολογικού εξοπλισμού θα στοιχίσει 107.000 ΕΥΡΩ.

## **4.2 ΤΙΜΟΛΟΓΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ**

### **ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΟΙ.**

Στις τιμές του παρόντος αναλυτικού τιμολογίου συμπεριλαμβάνεται η δαπάνη όλων των απαιτούμενων υλικών για την εκτέλεση των έργων με τον οποιοδήποτε τρόπο μεταφοράς αυτών μέχρι τη θέση του έργου ή οποιαδήποτε κατεργασία των υλικών όπως και κάθε εργασία που αναφέρεται ή όχι και που είναι όμως αναγκαία για την καλή και σύμφωνα με τις συγγραφές υποχρεώσεων τις τεχνικές προδιαγραφές και τους κανόνες της τέχνης εκτέλεση και πλήρη αποπεράτωση των έργων, όπως και κάθε έξοδο μεταφοράς προσωπικού του αναδόχου (ασφάλιστρα, δώρα, κ.λ.π.) ασύμφωνα με τον νόμο κρατήσεις για λογαριασμό του Δημοσίου ή άλλου οργανισμού όπως ΙΚΑ κ.λ.π.

### **Άρθρο 1. (Σχ. ΥΔΡ-7118)**

Για τη μεταφορά γεωτρύπανου μαζί με τον εξοπλισμό του από την έδρα του αναδόχου στον τόπο του έργου για εγκατάσταση αυτού για εργασία και επαναφορά του συγκροτήματος στην έδρα του αναδόχου. (1 τεμ.)

Τ.Ε. ΕΥΡΩ.(600)

## Άρθρο 2. (Σχ. ΥΔΡ-7122)

Για τη διάτρηση ενός μέτρου κατακόρυφης γεώτρησης με κοπήρα διαμέτρου 8.5'' σε πάσης φύσεως πετρώματα, ανεξαρτήτου βάθους. (1 τεμ.)

T.E. ΕΥΡΩ.(27)

## Άρθρο 3. (Σχ. ΥΔΡ-7124)

Για τη διερεύνηση ενός μέτρου γεωτρήσεων σε πάσης φύσεως πετρώματα από 8.5'' σε 15'' ανεξαρτήτου βάθους. (1 τεμ.)

T.E. ΕΥΡΩ.(33)

## Άρθρο 4. (Σχ. ΥΔΡ-7128)

Για την προμήθεια μεταφορά και τοποθέτηση μέσα στη γεώτρηση ενός μέτρου μήκους αδιάτρητου σωλήνα γαλβανιζέ εσωτερικής διαμέτρου 8'' και πάχους 4 χιλ. για την τελική σωλήνωση της γεώτρησης ανεξάρτητα από το βάθος τοποθετήσεως. (1 μ.μ)

T.E. ΕΥΡΩ.(36)

## Άρθρο 5. (Σχ. ΥΔΡ-7127)

Για την προμήθεια μεταφορά και τοποθέτηση μέσα στην γεώτρηση ενός μέτρου μήκους διάτρητου σωλήνα γαλβανιζέ εσωτερικής διαμέτρου 8'' και πάχους 4 χιλ. τύπου γέφυρας ανεξάρτητα από το βάθος τοποθετήσεως. (1 μ.μ)

T.E. ΕΥΡΩ.(45)

## Άρθρο 6. (Σχ. ΥΔΡ-7126)

Για την προμήθεια, μεταφορά και τοποθέτηση μέσα στην γεώτρηση ενός μέτρου μήκους περιφραγματικού χαλύβδινου σωλήνα διαμέτρου 13'' και πάχους 4 χιλ. ανεξαρτήτου βάθους. (1 μ.μ)

T.E. ΕΥΡΩ.(60)

## Άρθρο 7. (Σχ. ΥΔΡ-7113)

Για την προμήθεια, μεταφορά και τοποθέτηση σε υδρογεώτρηση (έξω από την τελική σωλήνωση) σωλήνα γαλβανισμένου για τη διαμόρφωση πιεζομετρικής στήλης διαμέτρου 1''. (1 μ.μ)

T.E. EYPΩ.(4.5)

Άρθρο 8. (Σχ. ΥΔΡ-7115)

Για την προμήθεια, μεταφορά και τοποθέτηση μέσα στη γεώτρηση ενός κυβικού μέτρου χαλκικόφιλτρου στρογγυλού ποταμίσιου πλυμένου και ελεγμένου ως προς την διάμετρο. (1 μ.μ)

T.E. EYPΩ.(30)

Άρθρο 9. (Σχ. ΥΔΡ-7121)

Για την τοποθέτηση μέσα στη γεώτρηση του συστήματος AIR-LIFT, ανεξάρτητα του βάθους, εκτέλεση εργασιών, ανάπτυξη η άντληση και εξαγωγή αυτού. (1 τεμ.)

T.E. EYPΩ.(300)

Άρθρο 10. (Σχ. ΥΔΡ-7105)

Για την ανάπτυξη υδρογεωτρήσεων με AIR-LIFT, για μία ώρα εργασίας. (1 ώρα)

T.E. EYPΩ.(30)

Άρθρο 11. (Σχ ΥΔΡ-7120)

Για την μεταφορά από την έδρα του αναδόχου στον τόπο του έργου και τοποθέτηση μέσα στην γεώτρηση, ανεξάρτητα από το βάθος, ενός αντλητικού συγκροτήματος κατακόρυφου άξονα, εξαγωγή αυτού και επαναφορά στην έδρα του αναδόχου. (1 τεμ.)

T.E. EYPΩ.(450)

Άρθρο 12. (Σχ. ΥΔΡ-7103)

Για μια ώρα άντληση με αντλητικό συγκρότημα (πομόνα) κατακόρυφου άξονα και διαμέτρου 4’’ εγκαταστημένου μέσα στην γεώτρηση, ανεξάρτητα από το βάθος. (1 ώρα)

T.E. EYPΩ.(30)

Άρθρο 13. (Σχ. ΥΔΡ-7129)

Για την προμήθεια, μεταφορά και τοποθέτηση μιας κεφαλής με κλείστρο ασφάλειας. (1 τεμ.)

T.E. EYPΩ.(30)



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### ΣΧΕΔΙΑ

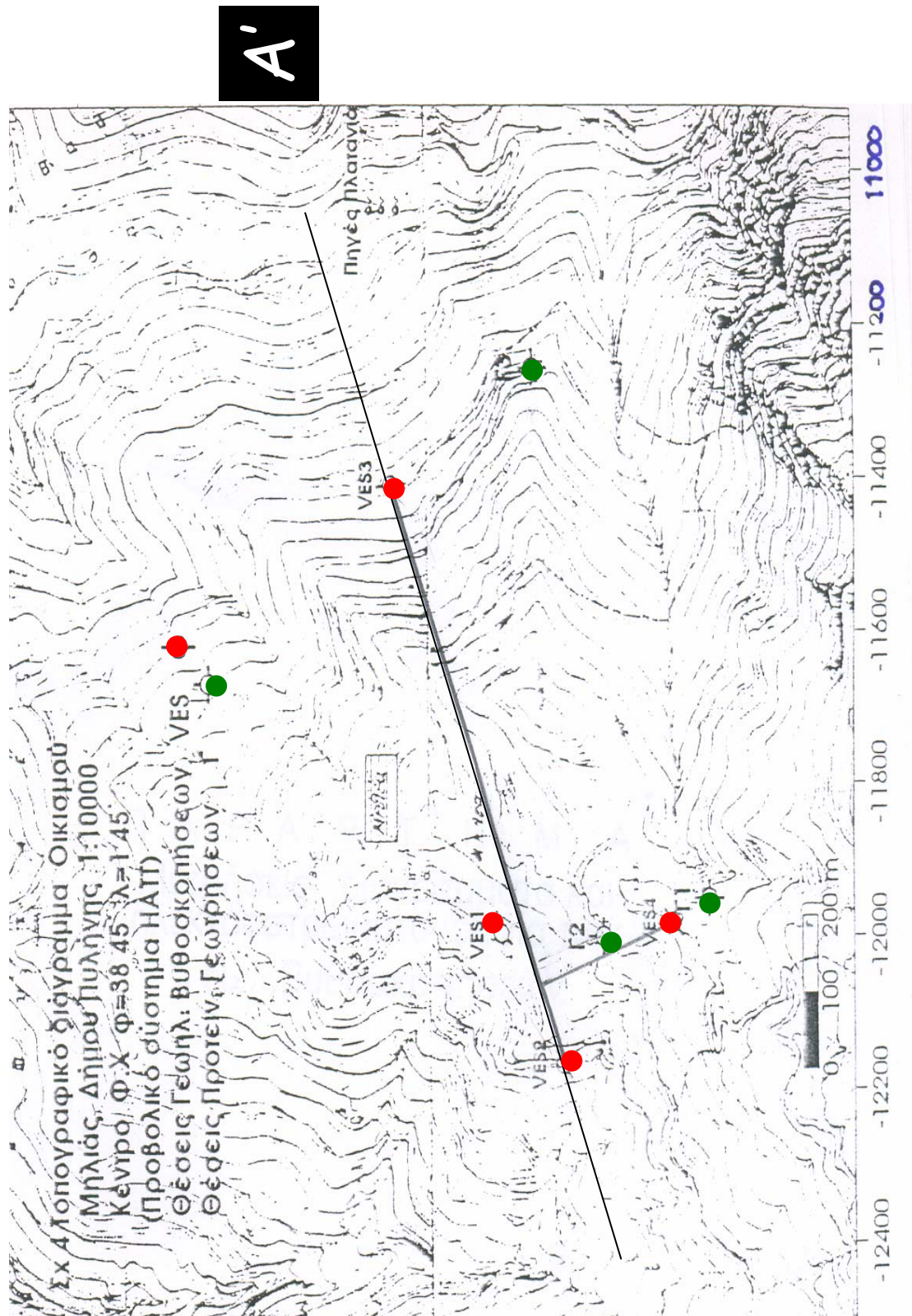
#### ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

#### ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

#### ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

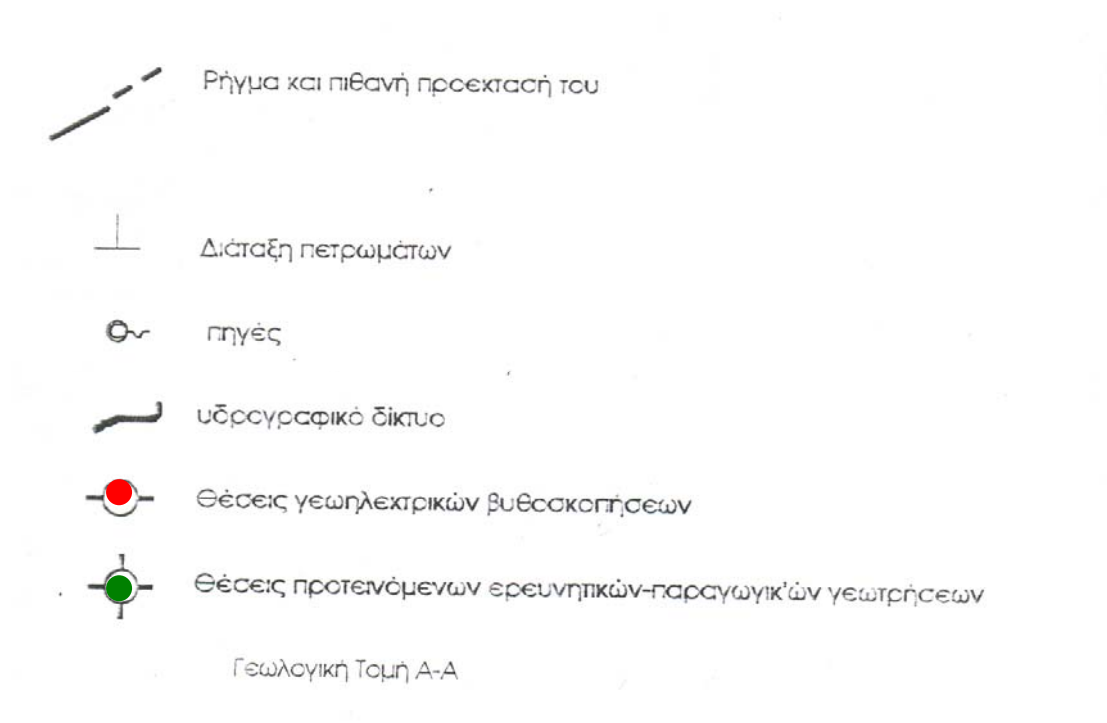


### 5.1 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1



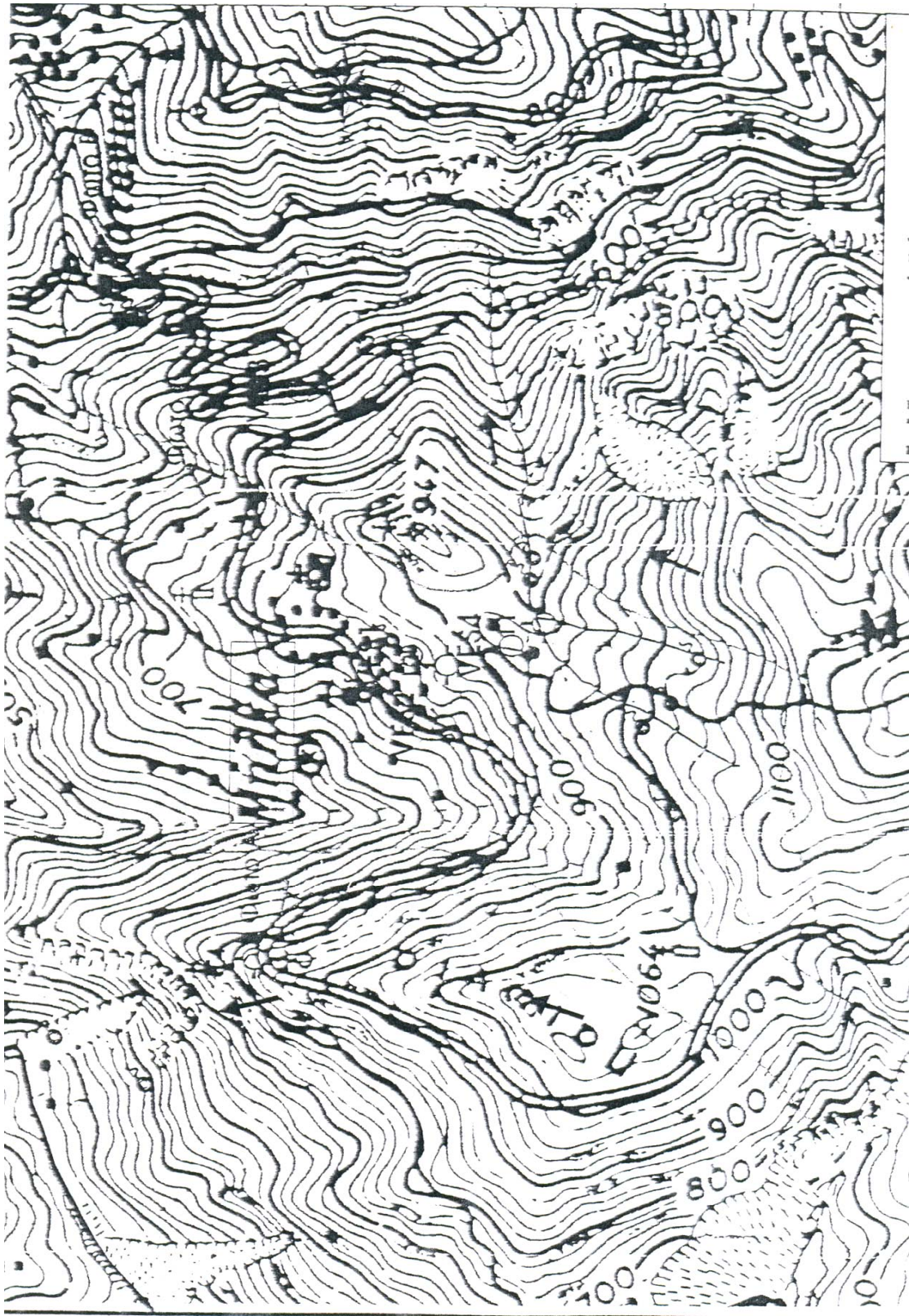
Α

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ



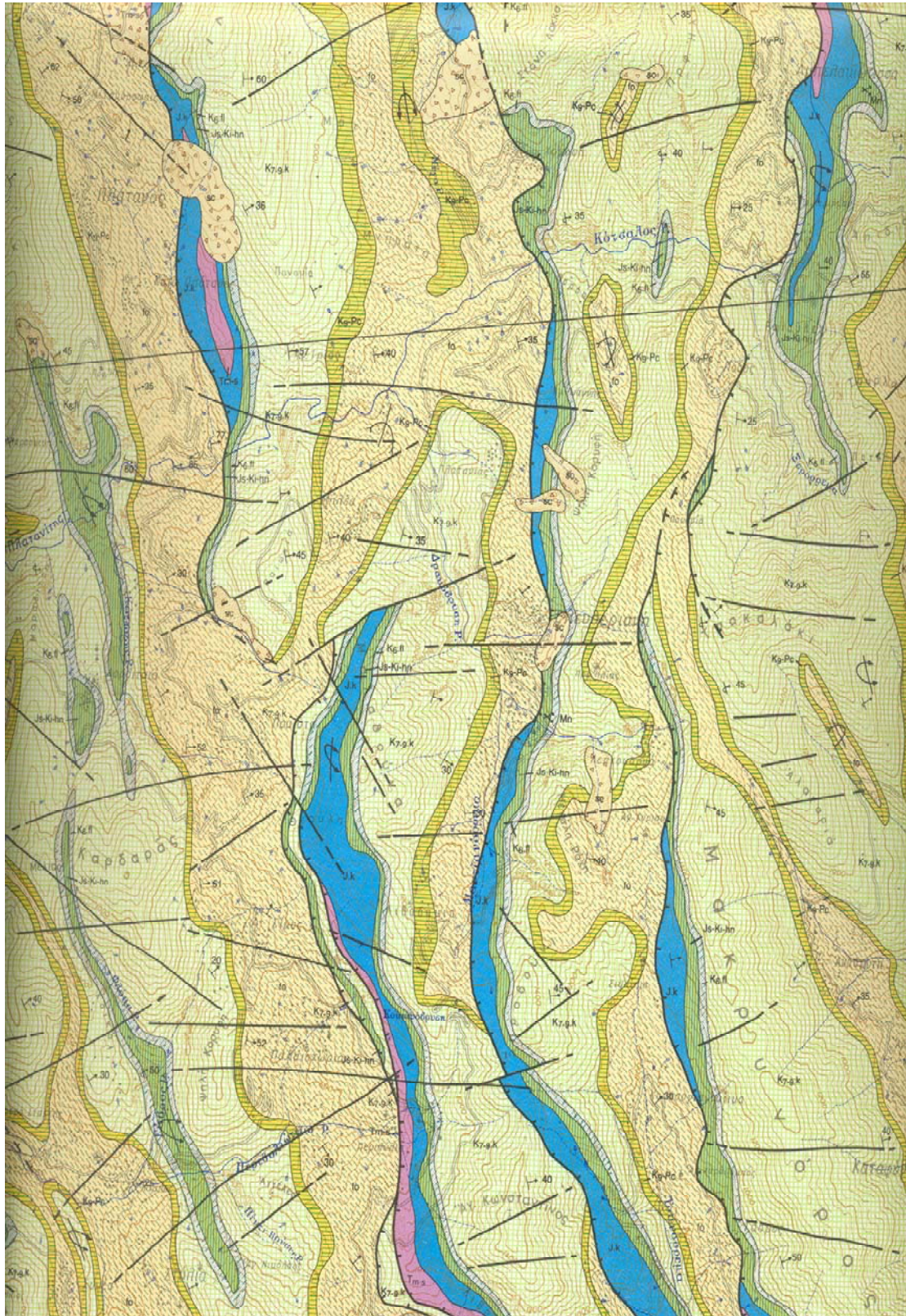


## 5.2 ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2



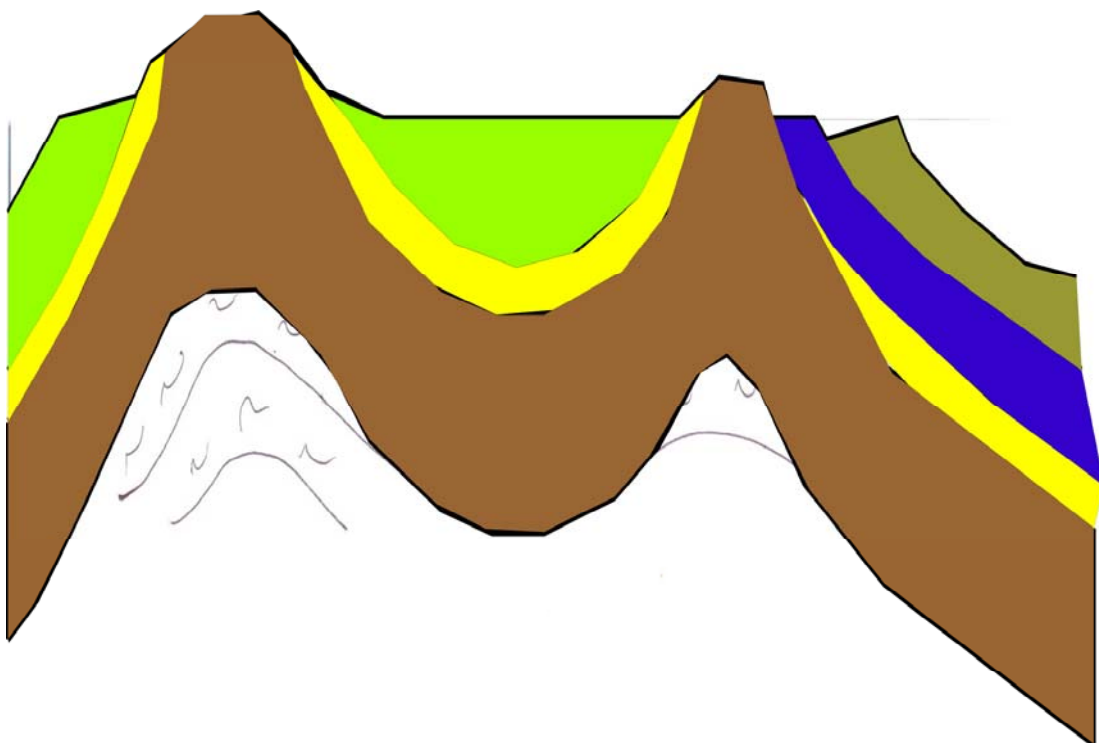
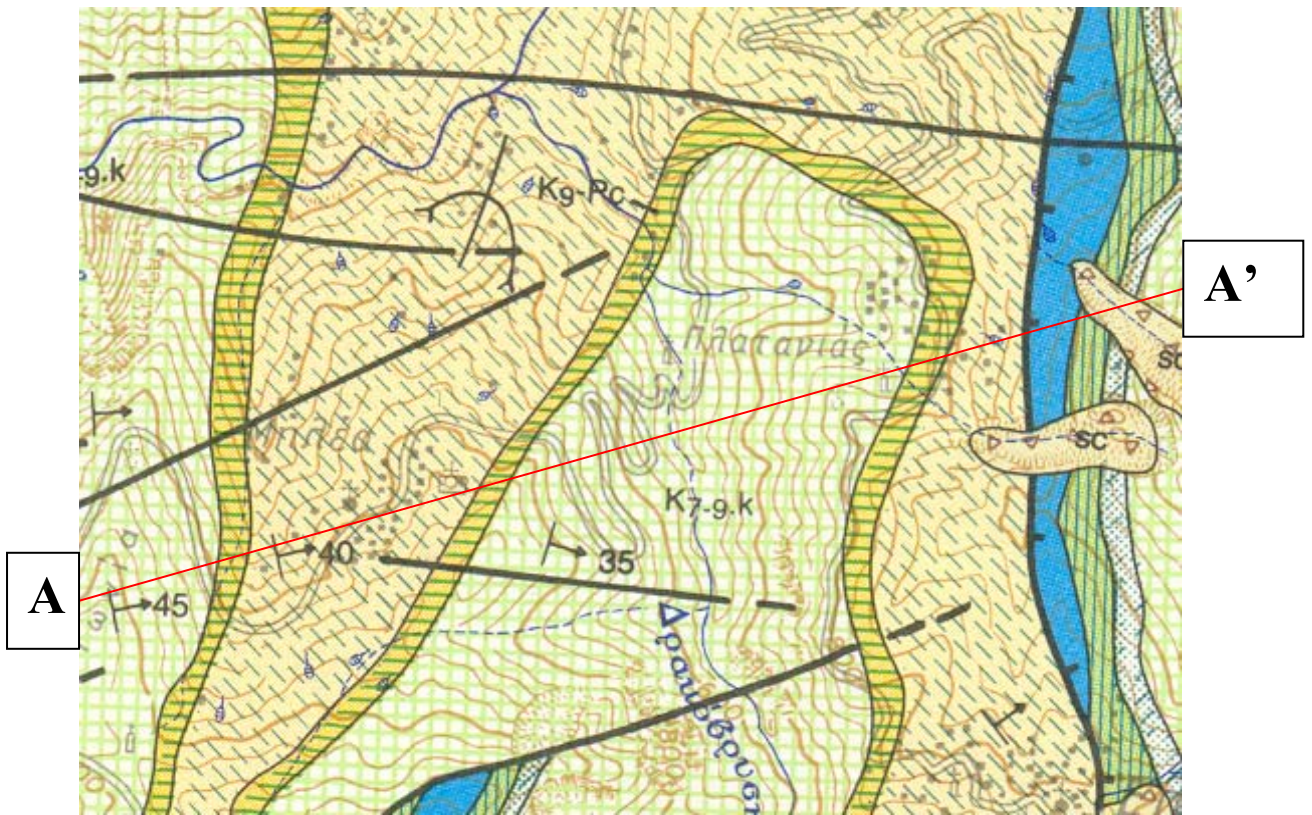


### 5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

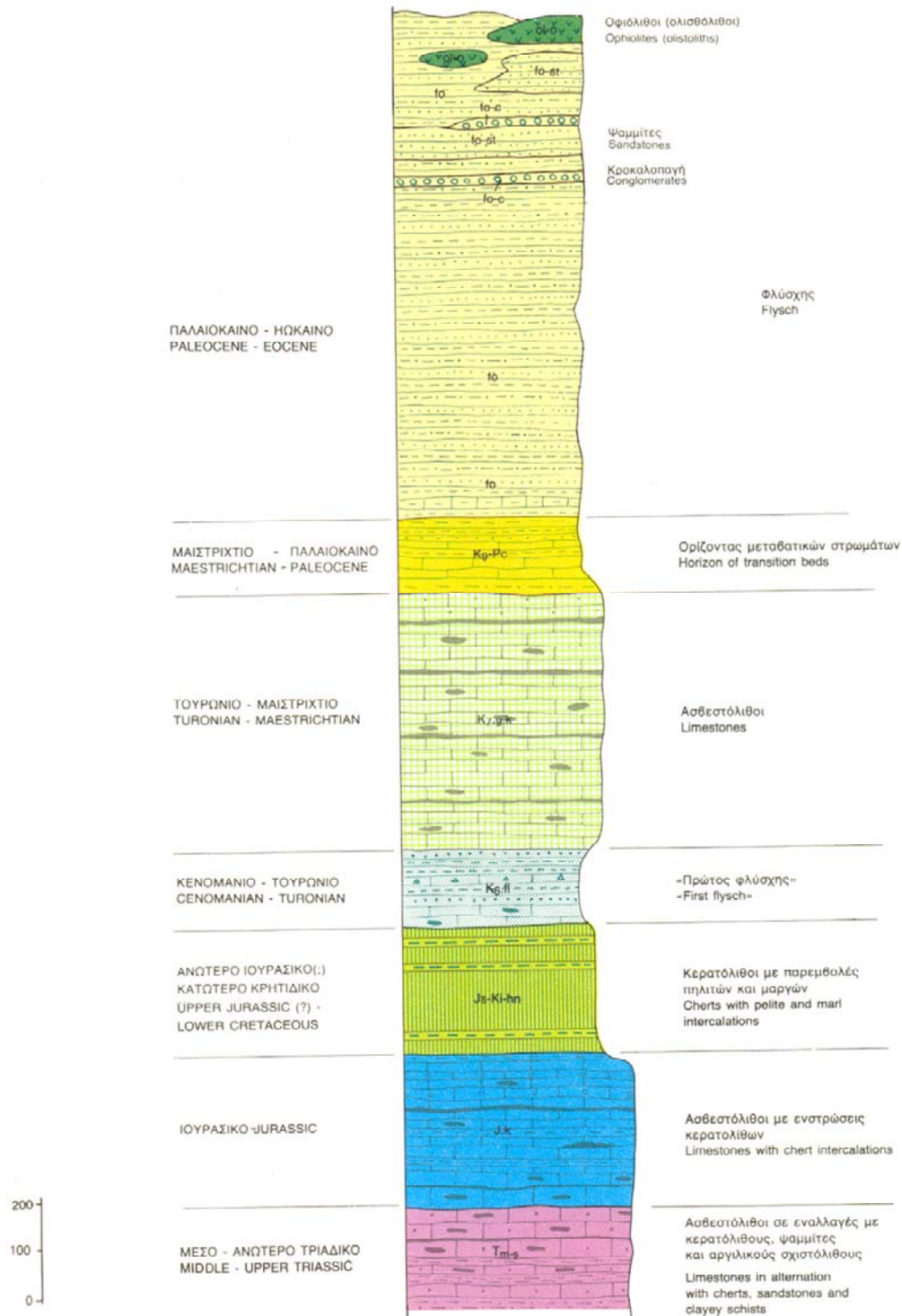




### 5.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ Α-Α'



ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΗΛΗ  
STRATIGRAPHIC COLUMN





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την υδρογεωλογική-γεωφυσική μας έρευνα προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

1. Στην περιοχή της Μηλιάς επικρατούν δυσμενείς υδρογεωλογικές συνθήκες εξαιτίας της γεωλογικής δομής και του μεγάλου υψομέτρου της.
2. Πλούσιοι υδροφόροι διαμορφώνονται στους ασβεστόλιθους, αλλά σε βάθη 250-500 μέτρων που καθιστούν την εκμετάλλευσή τους δύσκολη και αρκετά δαπανηρή.
3. Σημαντικές πηγές βρίσκονται βόρεια του οικισμού στην κοίτη του ποταμού Κότσαλος, και ανατολικά του οικισμού στην παρακείμενη χαραδροκοιλιάδα στην θέση Πλατανιάς.
4. Σημαντική υδροφορία αναμένεται στους ψαμμίτες του φλύσχη, στην παρακείμενη ορεινή περιοχή νότια και ανατολικά του οικισμού, σε ικανοποιητικά βάθη εκμετάλλευσής 100-150 μέτρων περίπου.
5. Η ανόρυξη γεωτρήσεων στην περιοχή αυτή παρέχει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων λύσεων σε διαφορετικά σημεία υδροληψίας δεδομένου του μικρότερου κόστους τόσον όσον αφορά την υδροληψία, αλλά και τα έργα μεταφοράς του νερού στην σημερινή υπάρχων δεξαμενή.
6. Η ανόρυξη γεωτρήσεων στις πηγές Πλατανιά αποτελεί την τελευταία λύση στο πρόβλημα της ύδρευσης του οικισμού γιατί είναι δύσκολο και δαπανηρό εγχείρημα δεδομένου του υψηλού κόστους των έργων μεταφοράς και άντλησης του νερού.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### 7.1 ΟΙ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Οι γεωτρήσεις χρησιμοποιούνται για την διερεύνηση του υπεδάφους σε βάθη μεγαλύτερα από τα βάθη που διερευνώνται με ερευνητικά φρεάτια. Για τη διάνοιξη των γεωτρήσεων χρησιμοποιούνται οι εξής μέθοδοι.

Η ελικοειδής διάτρηση. Η μέθοδος συνιστάται στην προώθηση μέσω περιστροφής ενός κοίλου σωλήνα με ελικοειδές σπείρωμα στην εξωτερική πλευρά. Διαταραγμένα εδαφικά δείγματα λαμβάνονται από το υλικό που συγκρατείται στις σπείρες του τοιχώματος.

Η υδραυλική διάτρηση, κατά την οποία η προώθηση της γεώτρησης γίνεται μέσω ενός μεταλλικού στελέχους με την εισπίεση νερού που παρασύρει τα εδαφικά τεμάχια προς την επιφάνεια. Το κύριο μειονέκτημα της είναι η αδυναμία λήψεως αντιπροσωπευτικών εδαφικών δειγμάτων. Κυρίως χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που απλώς ζητείται να εντοπισθεί η θέση του βραχώδους υποβάθρου που υπόκειται χαλαρών εδαφικών σχηματισμών.

Η κρουστική διάτρηση, κατά την οποία η προώθηση της γεωτρήσεως γίνεται με θρυμματισμό των πετρωμάτων στον πυθμένα της οπής μέσω κρούσης. Η έξοδος των εδαφικών τεμαχίων από την οπή γίνεται συνήθως με την κυκλοφορία νερού που παρασύρει τα εδαφικά θραύσματα. Κατά τη μέθοδο αυτή λαμβάνονται μόνον διαταραγμένα εδαφικά δείγματα.



Μηχάνημα διάτρησης που χρησιμοποιείται για την κρουστική γεώτρηση .



Κεφαλές γεωτρύπανων κρουστικής γεώτρησης

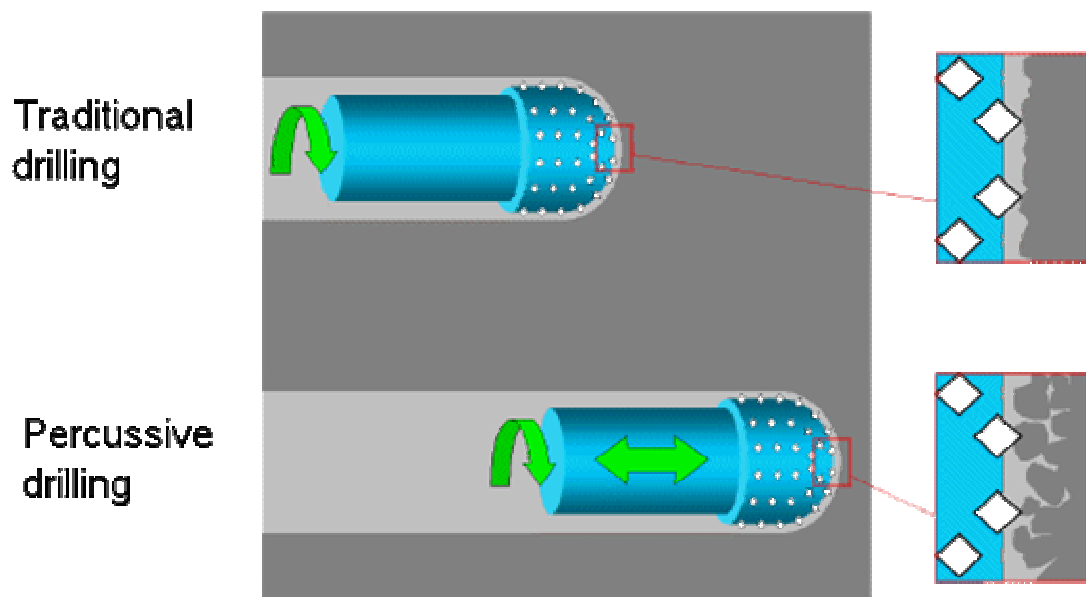
Η περιστροφική διάτρηση, κατά την οποία η προχώρηση της οπής γίνεται με την περιστροφή της γεωτρητικής στήλης η οποία στο άκρο της φέρει ειδική κοπτική κεφαλή. Η κοπτική κεφαλή μπορεί να είναι συμπαγής (π.χ. τρίφτερο ) ή κοίλη ( κορώνα ). Η ψύξη της κοπτικής κεφαλής γίνεται με νερό το οποίο κατά την κυκλοφορία του παρασύρει τα εδαφικά θραύσματα.. Στην περίπτωση της χρήσης κοίλης κοπτικής κεφαλής, συνήθως η διάτρηση συνδυάζεται με ταυτόχρονη δειγματοληψία με την τοποθέτηση κατάλληλου δειγματολήπτη μεταξύ της κοπτικής κεφαλής και της διατρητικής στήλης. Η περιστροφική διάτρηση είναι η συνηθέστερη μέθοδος εκτέλεσης γεωτρήσεων στην Ελλάδα .



Μηχάνημα διάτρησης που χρησιμοποιείται για την περιστροφική γεώτρηση .



Κεφαλές γεωτρήπανων περιστροφικής διάτρησης .  
(Σκληρού βράχου )



Σχηματική παράσταση της διατρητικής ικανότητας  
της κρουστικής γεώτρησης σε σύγκριση με την κλασική περιστροφική γεώτρηση .

## 7.2 ΟΙ ΤΥΠΟΙ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΩΝ

Κατά την εκτέλεση των γεωτρήσεων συνήθως γίνεται και εδαφική δειγματοληψία μέσω κατάλληλων δειγματοληπτών .Οι τύποι των δειγματοληπτών που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι .

Ο διαιρετός δειγματολήπτης που συνδυάζεται με την εκτέλεση της επιτόπου δοκιμής Πρότυπης Διείσδυσης . Ο δειγματολήπτης αυτός έχει εσωτερική διάμετρο 1.375 ιντσών (35 mm) και μήκος 45-75 cm .Τα εδαφικά δείγματα που λαμβάνονται είναι διαταραγμένα λόγω της κρουστικής μεθόδου προώθησης που συνδέεται με την εκτέλεση της δοκιμής SPT .Χρησιμοποιείται για τη δειγματοληψία εδαφικών υλικών .

Οι δειγματολήπτες με ελικοειδές σπείρωμα. Η εσωτερική διάμετρος του δειγματολήπτη είναι συνήθως 3-4 ίντσες (75-100.m). Η προχώρηση του δειγματολήπτη γίνεται μέσω περιστροφής και το δείγμα που λαμβάνεται είναι διαταραγμένο. Χρησιμοποιείται για τη δειγματοληψία εδαφικών υλικών .

Οι δειγματολήπτες τύπου λεπτού τοιχώματος Shelby, OSTERBERG (υδραυλικού εμφόλου ),Denision και σταθερού εμφόλου. Οι δειγματολήπτες αυτοί προωθούνται με πίεση και χρησιμοποιούνται για τη λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων σε σχετικώς μαλακά χαλαρά εδαφικά υλικά . Η εσωτερική διάμετρος των δειγματοληπτών αυτών είναι 2.875 -3.875 ίντσες (73-100 mm)και το μήκος τους συνήθως 30 ίντσες (75 cm).

Οι δειγματολήπτες σκληρών πετρωμάτων (καροταρίες ) που χρησιμοποιούνται για τη δειγματοληψία σκληρών εδαφών και βράχων κατά την περιστροφική προώθηση της γεώτρησης. Οι καροταρίες είναι τριών τύπων α) απλού τοιχώματος, β) διπλού τοιχώματος και γ) τριπλού τοιχώματος . Οι καροταρίες διπλού και τριπλού τοιχώματος χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση δειγμάτων καλύτερης ποιότητας ( αδιατάρακτων ), επειδή το εδαφικό δείγμα δεν επηρεάζεται από το νερό που χρησιμοποιείται για την ψύξη της κοπτικής κεφαλής κατά την διάνοιξη της γεώτρησης . Συχνά εδαφικά δείγματα ανακτώνται με την απλή καροταρία με χρήση της λεγόμενης μεθόδου φραγμού . Κατά τη μέθοδο αυτή η καροταρία προωθείται ( με περιστροφή ) χωρίς την κυκλοφορία του νερού για την ψύξη της κοπτικής κεφαλής , με συνέπεια το εδαφικό

δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό . Όμως λόγω της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται, το δείγμα ξηραίνεται και συνεπώς δεν μπορεί να θεωρηθεί ως αδιατάρακτο .

### **7.3 ΕΠΙΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΕΣ**

Οι κυριότερες επιτόπου δοκιμές που χρησιμοποιούνται κατά τις γεωτεχνικές έρευνες εδαφικών και βραχωδών σχηματισμών είναι .

#### **7.3.1 Η δοκιμή Πρότυπης Διείσδυσης.**

Η δοκιμή συνίσταται στην προώθηση του δειγματολήπτη TERZAGHI με κρουστική μέθοδο ( πτώση βάρους 140 λιβρών από ύψος 30 ιντσών ) και την καταγραφή του αριθμού (N) των κρούσεων που απαιτούνται για την προώθηση του δειγματολήπτη κατά 12 ίντσες (30 cm). Κατά την εκτέλεση της δοκιμής λαμβάνεται και διαταραγμένο εδαφικό δείγμα στο εσωτερικό του διαιρετού δειγματολήπτη. Η εκτέλεση της δοκιμής περιγράφεται στην προδιαγραφή ASTM D 1586. Η δοκιμή συνήθως εκτελείται σε τακτά χρονικά διαστήματα προώθησης της γεώτρησης (π.χ. ανά 1.50-2.00 μέτρα βάθους ) και έτσι προκύπτει διάγραμμα της κατανομής του αριθμού κρούσεων N με το βάθος. Η δοκιμή SPT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της σχετικής πυκνότητας των αμμωδών εδαφών και της συνεκτικότητας (αντοχής) των αργιλικών εδαφών. Η χρησιμοποίηση της δοκιμής σε υλικά απορριμμάτων συνήθως δίνει αποτελέσματα με ευρύτατη διασπορά ( που οφείλεται στην τυχαία σύνθεση των απορριμμάτων ) και συνεπώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της πυκνότητάς των.

#### **7.3.2 Η δοκιμή Διείσδυσης Κώνου.**

Η δοκιμή συνίσταται στη συνεχή προχώρηση εντός του εδάφους ενός μεταλλικού στελέχους με κωνική αιχμή ( κώνος γωνίας 60ο ) εμβαδού 10 cm<sup>2</sup> με ταχύτητα 1-2 cm/sec. Κατά την προχώρηση του στελέχους μετράται η αντίσταση στη διείσδυση της αιχμής και η πλευρική τριβή σε τμήμα της πλευρικής επιφάνειας του μεταλλικού στελέχους. Η εκτέλεση της δοκιμής περιγράφεται λεπτομερώς στην προδιαγραφή ASTM D3441. Από τις μετρούμενες τιμες της αντοχής αιχμής ( qc) και της πλευρικής τριβής ( fs) μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα για το είδος και τη μηχανική

αντοχή των εδαφικών σχηματισμών που συναντώνται κατά τη διείσδυση του κώνου. Η δοκιμή δεν επιτρέπει τη λήψη εδαφικών δειγμάτων. Σε ορισμένες διατάξεις της δοκιμής κώνου, εκτός από τα μεγέθη  $q_c$  και  $f_s$  μετράται και η πίεση πόρων στην περιοχή της αιχμής του κώνου.

### **7.3.3 Η δοκιμή Πρεσιομέτρου.**

Η δοκιμή συνίσταται στην πλευρική διόγκωση ενός κυλινδρικού στοιχείου το οποίο τοποθετείται στο εσωτερικό της γεώτρησης και αρχικά έχει διάμετρο ίση με τη διάμετρο της οπής της γεώτρησης. Κατά τη δοκιμή μετράται η διόγκωση που προκαλείται από μια συγκεκριμένη αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό του κυλινδρικού στοιχείου. Από τις μετρούμενες τιμές της πίεσης και της αντίστοιχης διόγκωσης μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα για το μέτρο ελαστικότητας και την αστράγγιστη διατμητική αντοχή του εδάφους.

### **7.3.4 Η δοκιμή Πτερυγίου.**

Η δοκιμή συνίσταται στην τοποθέτηση εντός του εδάφους (π.χ. στον πυθμένα της οπής μιας γεώτρησης ) ενός μεταλλικού στοιχείου που αποτελείται από δύο κατακόρυφα μεταλλικά ελάσματα κάθετα μεταξύ τους. Τα ελάσματα συνδέονται με κατακόρυφο μεταλλικό στέλεχος το οποίο φθάνει μέχρι την επιφάνεια του εδάφους και μπορεί να περιστραφεί με ειδικό μηχανισμό. Κατά την εκτέλεση της δοκιμής (που περιγράφεται στην προδιαγραφή ASTM D2573) περιστρέφεται το μεταλλικό στέλεχος με τα μεταλλικά ελάσματα και μετράται η ροπή που απαιτείται για την περιστροφή. Από τα δεδομένα αυτά μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα για την αστράγγιστη διατμητική αντοχή του εδαφικού υλικού.

### **7.3.5 Η δοκιμή φόρτισης πλάκας**

Κατά τη δοκιμή αυτή φορτίζεται με κατακόρυφο φορτίο μια μεταλλική πλάκα (διαμέτρου 30 cm) που τοποθετείται στην επιφάνεια του εδάφους και μετράται η υποχώρηση που αντιστοιχεί σε κάθε βαθμίδα της φόρτισης. Η δοκιμή περιγράφεται στην προδιαγραφή ASTM D1194. Από τη δοκιμή μπορούν να συναχθούν συμπεράσματα για το μέτρο ελαστικότητας του εδάφους ακριβώς κάτω από την πλάκα. Το κυριότερο μειονέκτημα της δοκιμής είναι ότι το βάθος επιρροής ( δηλαδή το πάχος του εδαφικού στρώματος που επηρεάζεται από τη δοκιμή ) είναι μικρό με

συνέπεια οι μετρούμενες ιδιότητες να αντιπροσωπεύουν μια μικρή εδαφική στρώση πάχους της τάξεως των 50 cm κάτω από την πλάκα. Η εκτέλεση της δοκιμής σε μεγαλύτερα βάθη δεν είναι ευχερής λόγω των απαιτούμενων εκσκαφών.

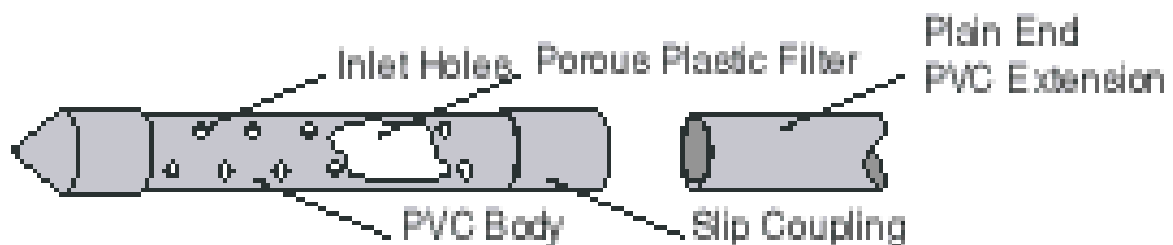
### 7.3.6 Μέτρηση της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα

Η μέτρηση της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα γίνεται με όργανα που ονομάζονται πιεζόμετρα. Τα όργανα αυτά συνήθως είναι τεσσάρων τύπων .

Τα κοινά πιεζόμετρα ή πιεζόμετρα ανοιχτού σωλήνα τα οποία αποτελούνται από ένα κατακόρυφο σωλήνα που διαθέτει οπές στο κατώτερο τμήμα του. Το νερό εισέρχεται στο σωλήνα και δημιουργεί στάθμη η οποία μετράται με κατάλληλη βολίδα. Από την παρατηρούμενη στάθμη υπολογίζεται η υδατική πίεση στην περιοχή μέτρησης του σωλήνα.



Πιεζόμετρα ανοιχτού σωλήνα.



Σχηματική διάταξη των μερών του πιεζόμετρου ανοιχτού σωλήνα .

Τα πιεζόμετρα κεραμικής κεφαλής τα οποία αποτελούνται από μια κεραμική κεφαλή που επιτρέπει την είσοδο του νερού αλλά όχι και του αέρα. Η κεραμική κεφαλή που τοποθετείται στον πυθμένα μιας γεώτρησης συνδέεται με την επιφάνεια του εδάφους



με δυο λεπτούς πλαστικούς σωλήνες μέσω των οποίων μετράται η υδατική πίεση στην στάθμη της κεραμικής κεφαλής.

Τα πιεζόμετρα με διεπιφάνεια αέρα-νερού .Τα πιεζόμετρα αυτά έχουν επίσης μια κεραμική κεφαλή εντός της οποίας υπάρχει μια ελαστική μεμβράνη . Η μεμβράνη πιέζεται από τη μια πλευρά από πεπιεσμένο αέρα και από την άλλη από το υπόγειο νερό. Η πίεση του αέρα ρυθμίζεται από την επιφάνεια μέχρις ότου γίνει ίση με την πίεση του υπόγειου νερού. Με τον τρόπο αυτό μετράται η πίεση του υπόγειου νερού.

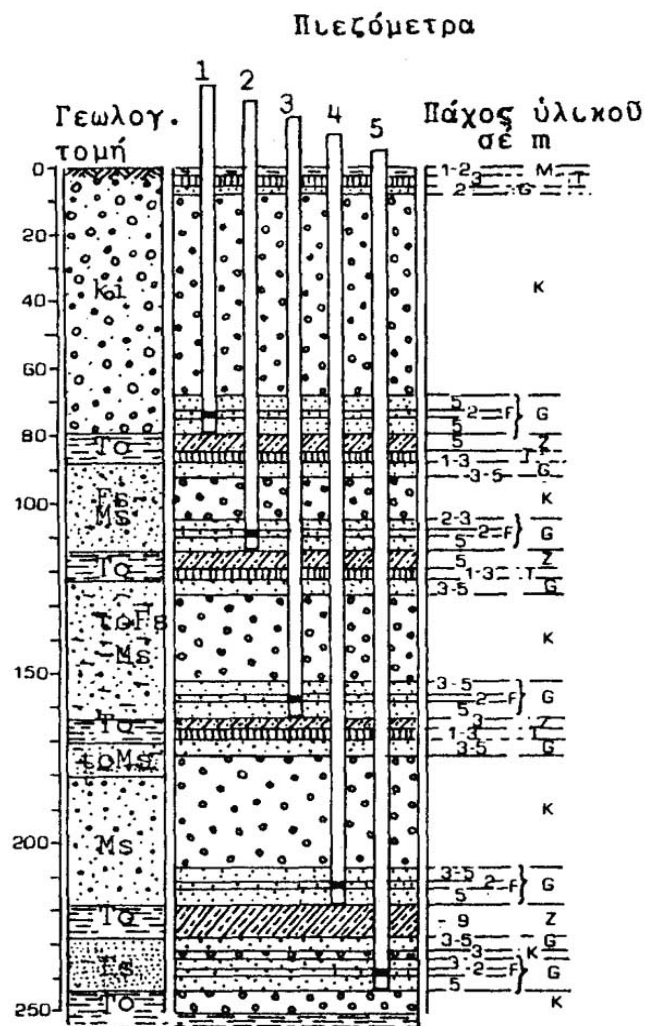
Τα ηλεκτρικά πιεζόμετρα . Τα πιεζόμετρα αυτά περιέχουν μια εύκαμπτη μεταλλική μεμβράνη της οποίας η παραμόρφωση μετράται με ηλεκτρικούς μετρητές . Η πίεση του υπόγειου νερού ασκείται στην μεταλλική μεμβράνη η οποία παραμορφώνεται και το ηλεκτρικό σήμα που καταγράφεται λόγω της παραμόρφωσης της μεμβράνης επιτρέπει τον υπολογισμό της πίεσης του υπόγειου νερού.



Ηλεκτρικό πιεζόμετρο τοποθετημένο σε τροχαλία το καλώδιο είναι αριθμημένο για την μέτρηση του βάθους της γεώτρησης .



Ηλεκτρικά πιεζόμετρα .



Σχηματική παράσταση που απεικονίζει πολλαπλές θέσεις μέτρησης του υπόγειου νερού .

( κατά BOWA 1972 )

### 7.3.7 Μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας

Η μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους συνήθως γίνεται με τις δοκιμές εισπίεσεως. Οι δοκιμές αυτές βασίζονται στην εισπίεση νερού στο εσωτερικό μιας γεώτρησης και τη μέτρηση των διαφυγών (απωλειών) που αντιστοιχούν σε μια συγκεκριμένη πίεση ή, ισοδύναμα, στην μέτρηση της πίεσης που αντιστοιχεί σε ορισμένες διαφυγές. Υπάρχουν τριών τύπων δοκιμές εισπίεσεως.

Η δοκιμή τύπου Lugeon, κατά την οποία γίνεται εισπίεση μέχρι 1 MPa και μετρώνται οι διαφυγές

Η δοκιμή τύπου Maag, κατά την οποία η γεώτρηση πληρούνται με νερό και στη συνέχεια η στάθμη του νερού αφήνεται να πέφτει λόγω των διαφυγών και μετράται ο ρυθμός πτώσης της στάθμης.

Η δοκιμή τύπου Lefranc, κατά την οποία η οπή της γεώτρησης διατηρείται πλήρης με νερό και μετράται η παροχή τροφοδοσίας που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση σταθερής στάθμης.

Η αξιολόγηση των ανωτέρων μετρήσεων επιτρέπει την εκτίμηση του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους.

Η μέτρηση της υδραυλικής αγωγιμότητας του εδάφους μπορεί να γίνει και με δοκιμαστικές αντλήσεις που περιγράφονται στο παρακάτω κεφάλαιο. Κατά τις δοκιμές αυτές αντλείται μια γεώτρηση με ορισμένη παροχή και μετράται η επιτυγχανόμενη ταπείνωση της στάθμης στην ίδια τη γεώτρηση και σε δορυφορικά πιεζόμετρα που κατασκευάζονται σε διάφορες αποστάσεις από την αντλούμενη γεώτρηση.

## 7.4 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ

Οι εργαστηριακές δοκιμές εδαφομηχανικής που εκτελούνται κατά τις συνήθεις γεωτεχνικές έρευνες είναι .

- Δοκιμές κατατάξεως
  1. Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα
  2. Κοκκομετρική ανάλυση με υγρόμετρο
  3. Προσδιορισμός ορίων Atterberg
  4. Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας
  5. Προσδιορισμός φαινομένου βάρους εδάφους
  6. Προσδιορισμός ειδικού βάρους κόκκων
  7. Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε οργανικά
- Δοκιμές συμπτκνωσιμότητας
  1. Προσδιορισμός βέλτιστης υγρασίας συμπύκνωσης και μέγιστης ξηρής πυκνότητας (δοκιμή Proctor)
  2. Δοκιμή CBR
- Δοκιμές συμπίεστότητας
  1. Δοκιμή συμπίεσόμετρου
- Δοκιμές μηχανικής αντοχής
  1. Δοκιμή ανεμπόδιστης θλίψης
  2. Διαφόρων τύπων τριαξονικές δοκιμές
  3. Απλή διάτμηση
  4. Απευθείας διάτμηση
  5. Δακτυλιοειδής διάτμηση
- Δοκιμές διαπερατότητας
  1. Δοκιμή σταθερού φορτίου
  2. Δοκιμή μειούμενου φορτίου

Για ορισμένες από τις παραπάνω δοκιμές υπάρχουν και αντίστοιχες Ελληνικές Προδιαγραφές.

Οι εργαστηριακές δοκιμές βραχομηχανικής που εκτελούνται κατά τις συνήθεις γεωτεχνικές έρευνες είναι.

- Δοκιμές
  1. Προσδιορισμός ειδικού βάρους και πυκνότητας
  2. Προσδιορισμός υδραπορροφητικότητας
- Δοκιμές
  1. Δοκιμή μοναξονικής θλίψης
  2. Δοκιμή σημειακής φόρτισης
  3. Δοκιμή θλίψης κατά γενέτειρα
- Δοκιμές καταλληλότητας αδρανών υλικών
  1. Δοκιμή υγείας
  2. Δοκιμή αντοχής σε φθορά και κρούση
  3. Δοκιμή ευθρυπτότητας

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### 8.1 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Οι υδρογεωτρήσεις γίνονται με μεγάλη σχετικά διάμετρο διάτρησης, έστω και αν μπορεί να ξεκινήσουν με μικρότερη, ως ερευνητικές.

Πρέπει, για κάθε μια από αυτές, να επιλέγεται η τεχνική με τις λιγότερες αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγικότητα τους. Χρειάζεται για αυτό να προταθεί η επιφανειακή υδρογεωλογική έρευνα, που θα προσδιορίσει, με αρκετή προσέγγιση, τη θέση της γεώτρησης, το βάθος, το πάχος και το είδος των γεωλογικών σχηματισμών που θα συναντηθούν. Για τη σωστή εκτέλεση και συμπλήρωση της κάθε υδρογεώτρησης, χρειάζεται να εξασφαλιστεί το κατάλληλο γεωτρητικό συγκρότημα και όλα τα παρελκόμενα υλικά του, γιατί δεν είναι πάντα εύκολη και εφικτή η προσαρμογή κατά την πορεία.

Η διάτρηση αρχίζει με μεγάλη διάμετρο, και γίνεται οπωσδήποτε η περιφραγματική σωλήνωση και τσιμέντωση των ανωτέρων 10-30 μέτρων της γεώτρησης, για να αποφευχθούν μολύνσεις των παραγωγικών υδροφόρων με επικίνδυνους επιφανειακούς υδροφόρους, απόβλητα κ.λ.π. Αυτό είναι χρήσιμο και για την εξασφάλιση της κεφαλής της γεώτρησης, στην περίπτωση που συναντηθούν παρακάτω υδροφόροι υπό πίεση.

Στην συνέχεια χρησιμοποιείται μικρότερη σχετικά διάμετρος, με δυνατότητα διεύρυνσης, αν χρειαστεί. Αυτό γίνεται, όχι μόνο για οικονομικούς λόγους αλλά για πρακτικούς. Με τη μικρότερη διάμετρο ερευνάται η πραγματική κατάσταση (στρωματογραφία, υδροφορία, σταθερότητα των τοιχωμάτων), και στην συνέχεια η διεύρυνση εξασφαλίζει καλύτερα αποτελέσματα παραγωγής αφού αυξάνει την επιφάνεια του υδροφόρου στην οπή της γεώτρησης.

Για να υπάρξει ικανοποιητική παραγωγή νερού, η διάμετρος των μόνιμων φιλτροσωλήνων δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 6'' (συνήθως 8''-10''), άρα η διάτρηση δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 10''(συνήθως 12''-15''), ώστε να υπάρξει ελεύθερος χώρος για τη χαλίκωση. Κατά την προχώρηση, είναι πολύ πιθανό

να χρειασθεί προσωρινή σωλήνωση, ίσως και περισσότερες της μίας. Θα πρέπει έτσι, να προβλεφθεί μια πιθανή ελάττωση της διαμέτρου διάτρησης. Για όλα αυτά, η αρχική κύρια διάμετρος, μετά την περιφραγματική σωλήνωση, θα πρέπει να είναι 15’’ ή τουλάχιστον 12’’.

Καλό τελικό αποτέλεσμα μιας υδρογεώτρησης σημαίνει επίτευξη της μέγιστης δυνατής παραγωγής νερού από όλα, κατά το δυνατόν, τα υδροφόρα στρώματα που θα συναντηθούν. Χρειάζεται κατά την διάτρηση προσοχή α) στον ακριβή προσδιορισμό του πάχους και του είδους των υδροφόρων (για να τοποθετηθούν στο σωστό βάθος οι φιλτροσωλήνες), β) στην εξέταση των χαρακτηριστικών τους (για να επιλεγούν οι πιο κατάλληλοι τύποι φιλτροσωλήνων), γ) στη χρήση του καλύτερου, για την κάθε περίπτωση, τύπου πολτού κυκλοφορίας στα διαστήματα διάτρησης των υδροφόρων οριζόντων (για τη μικρότερη δυνατή μόλυνση και απόφραξη των υδροφόρων, όχι όμως σε βάρος της σταθερότητας των τοιχωμάτων). Για την επίτευξη του τελικού αποτελέσματος πολύ σημαντικό ρόλο θα παίξουν και οι κατάλληλοι χειρισμοί στις επόμενες φάσεις (καθαρισμός, σωλήνωση, χαλίκωση και τσιμέντωση της υδρογεώτρησης).

Η μη τήρηση της κατακορύφου κατά τη διάτρηση, δεν επηρεάζει το τελικό αποτέλεσμα, αλλά δυσκολεύει τις συμπληρωματικές εργασίες και κυρίως τη σωλήνωση και την τοποθέτηση και λειτουργία του αντλητικού μηχανήματος.

Η καλύτερη δυνατή κυκλοφορία του πολτού ή του αέρα (με ή χωρίς σαπούνι) έχει επίσης σημαντική επίπτωση στο τελικό αποτέλεσμα, γιατί απαλλάσσει τη γεώτρηση από περιττά τρίμματα, αργιλικά υλικά και μπεντονίτη.

Κατά τη διάτρηση των υδρογεωτρήσεων, και για λόγους καθαρά οικονομικούς χρησιμοποιείται περιοδική δειγματοληψία τριμμάτων και όχι πυρήνων. Είναι πολύ χρήσιμη η συνεχής παρακολούθηση και καταγραφή, όχι μόνο των τριμμάτων, αλλά και της ποσότητας του πολτού στη δεξαμενή, όπως και ο περιοδικός έλεγχος των βασικών χαρακτηριστικών του (ιξώδες, ειδικό βάρος, χημική σύσταση), ώστε να γίνεται διορθωτική επέμβαση, όταν ενδεχομένως χρειασθεί.

Η τυχόν ξαφνική πτώση της στάθμης του πολτού διάτρησης στη δεξαμενή, οφείλεται προφανώς σε μαζική είσοδο του στο διατρυνόμενο σχηματισμό, που πρέπει να έχει υδροπερατότητα, για αυτό θα πρέπει να καταγράφεται με ακρίβεια. Το ίδιο ισχύει για τυχόν άνοδο της στάθμης (πιθανώς από ρευστά υδροφόρων υπό πίεση).

Ο έλεγχος του pH και της αγωγιμότητας του επιστρέφοντος από τη γεώτρηση πολτού, μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των υδροφόρων, και αυτό κατά την προχώρηση, δηλ. πολύ πριν γίνουν οι δοκιμές παραγωγής. Η πρόσμιξη ξένων στοιχείων στον πολτό (αερίων, ή άλλων χημικών στοιχείων ή ενώσεων), η τυχόν αύξηση της θερμοκρασίας του κ.λ.π. θα πρέπει επίσης να παρακολουθούνται και να σημειώνονται.

Η συμπεριφορά των κοπτικών άκρων, ως και αυτή της διατρητικής στήλης κατά τη διάτρηση, ο ρυθμός προχώρησης και η γενική συμπεριφορά του γεωτρώπανου στα διάφορα βάθη, βοηθούν στην κατανόηση των χαρακτηριστικών της γεώτρησης και της κατάστασης μέσα σε αυτή.

Από όλα τα παραπάνω, γίνεται σαφές το πόσο σημαντική είναι η συνεχής και προσεκτικής παρακολούθηση της κάθε υδρογεώτρησης, η καταγραφή των στοιχείων της για τη σωστή αντιμετώπιση των προβλημάτων στις επόμενες φάσεις συμπλήρωσης.

Παρ' όλα αυτά, δε δίνεται συνήθως ιδιαίτερη σημασία και προσοχή, από κακή νοοτροπία και οικονομιστική αντιμετώπιση.

Για την επίτευξη του καλύτερου αποτελέσματος, θα πρέπει συνοπτικά να χρησιμοποιείται, μεγαλύτερη δυνατή διάμετρος στους υδροφόρους, λιγότερος πολτός, προσεκτική παρακολούθηση όλων των στοιχείων, άμεση κατά το δυνατόν έναρξη των εργασιών συμπλήρωσης της γεώτρησης, πλήρεις δοκιμές παραγωγής.



## **8.2 ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ**

Μετά τη διάτρηση των υδρογεωτρήσεων, γίνονται κάποιες πολύ απαραίτητες συμπληρωματικές εργασίες, κατά περίπτωση. Μερικές από αυτές είναι υποχρεωτικές (π.χ. καθαρισμός-ανάπτυξη, τοποθέτηση πιεζόμετρου, δοκιμαστικές αντλήσεις), ενώ άλλες εξαρτώνται από τις εκάστοτε συνθήκες (π.χ. σωλήνωση-φιλτροσωλήνωση, τσιμεντώση, χαλίκωση).

Η τσιμεντώση γίνεται απαραίτητως στην αρχική περιφραγματική σωλήνωση και ενδεχόμενα στην τυφλή σωλήνωση, πάνω από τους φιλτροσωλήνες, όταν προπαντός οι γεωτρήσεις παράγουν αρτεσιανό νερό υπό πίεση. Αυτό τις εξασφαλίζει από διαρροές στην επιφάνεια ή στο υπέδαφος (όταν κλείνεται η κεφαλή), και από πιθανή ανάμιξη του νερού των βαθύτερων υδροφόρων με τυχόν μολυσμένους ή απόβλητα ή στάσιμα νερά.

Η τσιμεντώση αφορά μερικές φορές και κάποιους ενδιάμεσους ή βαθύτερους υδροφόρους, όταν η ποιότητα του νερού τους δεν είναι καλή ή επιθυμητή. Αυτή είναι μια πολύ δύσκολη επιχείρηση, όμως πρέπει να γίνει οπωσδήποτε, με κατάλληλη τεχνική και μέσα.

Το σχετικό κόστος της δεν πρέπει να αποθαρρύνει την εκτέλεση της τσιμεντώσης, εφόσον αυτή κριθεί σκόπιμη ή απαραίτητη.

Η λεγόμενη φιλτροσωλήνωση αποτελεί επίσης μια πολύ σημαντική και κρίσιμη εργασία. Κατ' αρχήν, θα πρέπει να επιλεγούν οι κατάλληλοι για την περίπτωση φιλτροσωλήνες. Επίσης πρέπει να προσδιοριστούν με ακρίβεια τα βάθη στα οποία θα τοποθετηθούν, και να καταβληθεί ιδιαίτερη προσπάθεια για την σωστή καθέλκυση. Τυχόν εμπόδια μπορεί να μην επιτρέψουν την καθέλκυση της στήλης στο προγραμματισμένο βάθος, να μείνουν οι φιλτροσωλήνες σε μη υδροφόρα τμήματα και να μούν οι τυφλοί σε υδροφόρα στρώματα.

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κάθε υδροφόρου, θα πρέπει να εφαρμόζονται οι εξής αρχές.

- σε αρτεσιανούς ομοιογενείς και σχεδόν συνεχείς υδροφόρους, το συνολικό μήκος των φιλτροσωλήνων δεν πρέπει να ξεπερνά το 80% του πάχους του σχηματισμού.
- σε αρτεσιανούς μη ομοιογενείς υδροφόρους, ενδείκνυται η τοποθέτηση φιλτροσωλήνων στα πιο περατά τμήματά τους.
- στους ελεύθερους ομοιογενείς υδροφόρους, τοποθετούνται οπωσδήποτε φιλτροσωλήνες στο  $\frac{1}{2}$  του κατώτερου τμήματος τους.
- στους ελεύθερους ανομοιογενείς υδροφόρους, τοποθετούνται φίλτρα μόνο στα καλύτερα τμήματα και τυφλά στα φτωχότερα ή στείρα ανάμεσα στους φιλτροσωλήνες.

Στους ελεύθερους υδροφόρους, τοποθετούνται φυσικά οι φιλτροσωλήνες μόνο κάτω από την πιεζομετρική στάθμη. Οι φιλτροσωλήνες συνδέονται στο κατώτερο τμήμα τους, με έναν τουλάχιστον τυφλό σωλήνα, μήκους 1.50-3 μέτρα, που αποτελεί την αμμοδόχο, μέσα στην οποία καθιζάνουν τα υλικά που παραμένουν και μετά τον καθαρισμό της γεώτρησης ή εισέρχονται κατά την λειτουργία της.

Η αντλία τοποθετείται πάντα στα διαστήματα με τους τυφλούς σωλήνες, για να μην προσροφώνται στερεά υλικά από τον υδροφόρο.

Οι φιλτροσωλήνες είναι διαφόρων τύπων, ανάλογα με την περίπτωση. Συνήθως είναι χαλύβδινοι, με χαμηλή περιεκτικότητα άνθρακα (γαλβανισμένοι σε ψυχρό ή θερμό) ή πλαστικοί PVC, σπάνια τσιμεντένιοι ή κεραμικοί ή αμιάντινοι ( οι τελευταίοι απαγορεύονται πλέον για τις υδρευτικές γεωτρήσεις).

Μια σημαντική επίσης συμπληρωματική εργασία, είναι η χαλίκωση των υδρογεωτρήσεων, που γίνεται μετά τη σωλήνωση και στο χώρο μεταξύ των σωλήνων και των τοιχωμάτων.

Τα χαλικόφιλτρα είναι απαραίτητα στις γεωτρήσεις με μη συμπαγή πετρώματα, γιατί εμποδίζουν την είσοδο στερεών από τα τοιχώματα και τους υδροφόρους, φιλτράρουν το νερό και το αναγκάζουν να κινηθεί κατακόρυφα πριν περάσει τις οπές των φιλτροσωλήνων. Τα χαλικόφιλτρα αυξάνουν την ειδική παροχή της γεώτρησης.

Υπάρχουν κάποια κριτήρια επιλογής της διαμέτρου των χαλκίκοφιλτρων, ανάλογα με το συντελεστή ομοιομορφίας των υδροφόρων και το άνοιγμα των οπών σχισμών των φιλτροσωλήνων. Προτιμούνται οι χαλαζιακές, στρογγυλεμένες και λείες κροκάλες, και αποφεύγονται οι ξένες προσμίξεις, ως και η πολύ μικρή κοκκομετρία.

Για την καλύτερη χωροθέτηση των χαλκίκοφιλτρων, γίνεται προσπάθεια κέντρωσης των σωλήνων, με την χρήση και εισαγωγή ειδικών κατασκευών στα μη ευθύγραμμα τμήματα των γεωτρήσεων. Η χαλίκωση γίνεται κατά προτίμηση με ταυτόχρονη κυκλοφορία νερού ή αραιωμένου πολτού. Μπορεί να συμπληρωθεί και μετά τις δοκιμαστικές αντλήσεις.

Οι τεχνικές ανάπτυξης και η γρήγορη και καλή εφαρμογή τους, έχουν μεγάλη σημασία, γιατί τυχόν ολιγωρία ή καθυστέρηση μπορεί να έχει σοβαρές και μόνιμες αρνητικές επιπτώσεις στην παραγωγική ικανότητα κάθε υδρογεώτρησης.

Η καλύτερη μέθοδος ανάπτυξης των υδρογεωτρήσεων είναι αυτή με αέρα (air-lift). Ο σωλήνας του αέρα φθάνει λίγο πιο κάτω από το σωλήνα εξαγωγής του νερού στην επιφάνεια, που καταλήγει με σχήμα <<T>> στην κεφαλή. Ο πεπιεσμένος αέρας ανεβάζει εύκολα το νερό, παρασύροντας τα λεπτόκοκκα υλικά από τον πυθμένα, τα τοιχώματα αλλά και τον υδροφόρο, του πολτού κυκλοφορίας συμπεριλαμβανομένου. Σκόπιμα διακόπτεται για λίγο η πίεση του αέρα, και ξαναρχίζει απότομα. Η διάρκεια της παύσης εξαρτάται την ταχύτητα επανόδου της στάθμης του νερού, η οποία καλό είναι να φθάνει στο 80% της αρχικής στάθμης ηρεμίας.

Στο στάδιο αυτό, η άντληση θα πρέπει να γίνεται με μεγαλύτερη παροχή, για να πέσει περισσότερο η στάθμη του νερού στη γεώτρηση και για αυτό κατεβάζουμε τη στήλη αέρα σε μεγαλύτερο βάθος.

Κατά την ανάπτυξη, γίνεται δειγματοληψία νερού σε τακτά χρονικά διαστήματα, για να μετρηθεί η περιεκτικότητα του σε στερεά. Συγχρόνως, μετριέται η στάθμη άντλησης, η παροχή και η επαναφορά της στάθμης κατά τις παύσεις.

Όταν η πτώση της στάθμης είναι μικρή, χρειάζονται αντλήσεις με μεγαλύτερες παροχές. Για αυτό αφαιρείται ο σωλήνας του αέρα και διοχετεύεται αέρας στη στήλη

ανάπτυξης, κλείνοντας τα στεγανά της. Το νερό βγαίνει από το χώρο μεταξύ αυτής και των σωλήνων της γεώτρησης.

Σε περίπτωση αρτεσιανής ροής, τοποθετείται μόνο η στήλη αέρα. Το αντλούμενο νερό εξέρχεται από την κεφαλή της γεώτρησης, όπου έχει τοποθετηθεί στόμιο σε σχήμα <<Γ>>, που διευκολύνει τις μετρήσεις παροχής και την δειγματοληψία, για να διαπιστωθεί η ποσότητα στερεών αλλά και η ποιότητα του νερού.

### **8.3 ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ**

Οι υδρογεωτρήσεις, μετά από όλες τις παραπάνω συμπληρωματικές εργασίες, που γίνονται κατά περίπτωση και με την εφαρμογή των πιο κατάλληλων μεθόδων και τεχνικών, είναι έτοιμες να δοκιμασθούν.

Οι δοκιμαστικές αντλήσεις παρέχουν όλα εκείνα τα στοιχεία με τα οποία εκτιμάται, αφενός η απόδοση της γεώτρησης και προσδιορίζεται η εκμεταλλεύσιμη παροχή και αφετέρου υπολογίζονται ορισμένα υδραυλικά χαρακτηριστικά του ή των υδροφόρων, που σχετίζονται με την δυναμικότητα της κάθε υδρογεώτρησης.

Οι δοκιμαστικές αντλήσεις που διαρκούν αρκετές δεκάδες ωρών, δεν μπορεί να γίνουν χωρίς τη διαρκή και ακριβή παρακολούθηση της στάθμης του νερού στην αντλούμενη γεώτρηση, αλλά και σε κοντινές προς αυτή γεωτρήσεις. Για αυτό, στην αντλούμενη γεώτρηση, τοποθετούνται 1-2 ανεξάρτητοι σωλήνες μικρής διαμέτρου (π.χ. 1/2") που ονομάζονται πιεζομετρικοί ή πιεζόμετρα, και συνήθως βρίσκονται έξω από το εξωτερικό τοίχωμα του φιλτροσωλήνα. Μερικές φορές είναι ανεξάρτητοι από το φιλτροσωλήνα, οπότε μετριέται σε αυτόν μόνο η στάθμη, ενώ άλλοτε είναι κολλημένοι και επικοινωνούν με το εσωτερικό του φιλτροσωλήνα της γεώτρησης για την καλύτερη εκτίμηση της εκμεταλλεύσιμης παροχής και την αντίστοιχη πτώση στάθμης στη γεώτρηση, καθώς και τον υπολογισμό των απωλειών φορτίου της γεώτρησης. Οι πιεζομετρικοί σωλήνες είναι διάτρητοι στο κάτω τμήμα τους, τοποθετούνται πριν την χαλίκωση και φθάνουν σε ικανοποιητικό βάθος (οπωσδήποτε κάτω από την προβλεπόμενη στάθμη της υδρογεώτρησης κατά την άντληση).

Στα πιεζόμετρα παρακολουθείται κυρίως η μεταβολή της στάθμης, αλλά είναι δυνατό να γίνει και καταμέτρηση των μεταβολών της θερμοκρασίας.

Μετά την ανάπτυξη της γεώτρησης και την τοποθέτηση του προσωρινού αντλητικού συγκροτήματος, είναι σκόπιμο να γίνεται προάντληση μερικών ωρών, ώστε να διαπιστωθεί αν επιτεύχθηκε ο καθαρισμός, αν το αντλητικό συγκρότημα μπορεί να αντλήσει μεγάλες ποσότητες νερού από την γεώτρηση αν τα πιεζόμετρα λειτουργούν κανονικά.

Η προάντληση βοηθά στην κατάρτιση του πιο ενδεδειγμένου στη συνέχεια προγράμματος δοκιμαστικών αντλήσεων παραγωγής. Αρχίζει με μικρές παροχές και αυξάνει προοδευτικά, ελέγχοντας συγχρόνως την καθαρότητα του νερού, με πρόχειρες δειγματοληψίες σε διάφανες πλαστικές φιάλες. Αν η καθαρότητα δεν είναι ικανοποιητική, γίνονται διακοπές και απότομες ενάρξεις αντλήσεων, αυξάνεται η παροχή, επιμηκύνεται ο χρόνος προάντλησης, μέχρις ότου προκύψει καθαρό νερό.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### 9.1 ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

#### 1. Οικισμός Μηλιά :







**2. Ο Ποταμός Κότσαλος που βρίσκεται βόρεια του οικισμού:**







**3. Οι Πηγές Πλατανιά που βρίσκονται ανατολικά του οικισμού :**







4. Γεώτρηση που εντοπίστηκε στην περιοχή μελέτης κατά την διάρκεια της έρευνας με βάθος εκμετάλλευσης τα 120 μέτρα :







## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Παπαζάχος, Βασίλης., 1996. Εισαγωγή στην εφαρμοσμένη Γεωφυσική. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 320σ

Τσιραμπίδης Ανανίας., 1999. Γεωλογία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. 291σ

Μουντράκης, Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδος. Univ. Studio Press, Θεσσαλονίκη. 207σ.

Σούλιος Χ Γεώργιος, 1986. Γενική Υδρογεωλογία. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 295σ

Σημειώσεις μαθήματος. Τεχνολογία Γεωτρήσεων και Αντλήσεων. ΤΕΙ Κρήτης (Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος).

Σημειώσεις μαθήματος Περιβαλλοντική Γεωτεχνολογία. ΤΕΙ Κρήτης (Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος).

Τον Γεωλογικό χάρτη της περιοχής (φύλλο ΚΛΕΠΙΑ) τον προμηθευτήκαμε από το ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ.

[WWW.GEO.AUTH.GR](http://WWW.GEO.AUTH.GR)

[WWW.PR-MARRIOTT-DRILLING.COM](http://WWW.PR-MARRIOTT-DRILLING.COM)

[WWW.ENPCBIT.COM](http://WWW.ENPCBIT.COM)

[WWW.OLD.MINING AND CONSTRUCTION.COM](http://WWW.OLD.MINING AND CONSTRUCTION.COM)

[WWW.SOLINST.COM](http://WWW.SOLINST.COM)

[WWW.SISGEO.IT](http://WWW.SISGEO.IT)

[WWWCAD.ENG.ABDN.AC.UK](http://WWWCAD.ENG.ABDN.AC.UK)

<http://ESCE.USR.EDU>

<http://ICDP.GFZ-POTSAM.DE>

<http://ENCARDIO.COM>

