

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ
ΜΕΘΟΔΟΥΣ ΓΙΑ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ ΥΠΟΓΕΙΑΣ
ΥΔΡΟΦΟΡΙΑΣ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΑΝΘΕΜΟΥΝΤΑ**

ΦΟΙΤΗΤΕΣ:

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ	ΑΕΜ:3759
ΜΩΣΑΙΚΟΣ ΑΓΙΣ	ΑΕΜ:3805

Επιβλέπων καθηγητής: Βαργεμέζης Γεώργιος, Λέκτορας ΑΠΘ

ΙΟΥΛΙΟΣ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

σελίδες

1.Εισαγωγή.....	2
2.Γεωλογία περιοχής.....	3
2.1.Γεωλογικοί σχηματισμοί.....	3
2.1.1.Τεταρτογενείς αποθέσεις.....	3
2.1.2.Νεογενείς αποθέσεις.....	3
2.1.3.Σχηματισμοί υποβάθρου.....	3
2.1.4.Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής.....	4
2.1.5.Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης.....	5
2.2.Υδρογεωλογικά στοιχεία.....	6-8
2.3.Ισοζύγιο ύδατος.....	9-10
2.4.Στοιχεία γεώτρησης.....	11
2.5.Τεκτονικά στοιχεία.....	12-13
3.Μέθοδος ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης.....	14
3.1.Όργανα μέτρησης.....	14-15
3.2.Φαινόμενη ειδική αντίσταση.....	15-17
3.3.Διάταξη Schlumberger.....	17-22
4.Μετρήσεις υπαίθρου-ερμηνεία.....	23
4.1.Χάρτης θέσεων.....	23
4.2.Διαδικασία ερμηνείας.....	24-25
4.3.Χαρακτηριστικά μετρήσεων.....	26
4.3.1.Πίνακες – καμπύλες.....	26-36
4.3.2.Χάρτες υποβάθρου.....	37-39
5.Αξιολόγηση αποτελεσμάτων ερμηνείας.....	40
5.1.Συσχέτιση.....	40
5.2.Δισδιάστατες τομές – ψευδοτομές.....	41-51
6.Συμπεράσματα-προτάσεις.....	52
6.1.Συμπεράσματα.....	52
6.2.Προτάσεις.....	52
7.Βιβλιογραφία.....	53

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο την εφαρμογή της μεθόδου ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στην υδρογεωλογική έρευνα. Πεδίο εφαρμογής αποτελεί η λεκάνη του Ανθεμούντα και αξιοποιείται τμήμα δεδομένων της γεωφυσικής έρευνας η οποία έλαβε χώρα στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Ανθεμούντα στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος που ανέθεσε η ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΑΕ στο τομέα Γεωφυσικής του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Η λεκάνη του Ανθεμούντα τοποθετείται στο χώρο της Κεντρικής Μακεδονίας ενώ γεωγραφικά εντάσσεται στην χερσόνησο της Χαλκιδικής καλύπτοντας ένα χώρο 318km^2 . Διακρίνεται σε δύο επιμέρους λεκάνες, την υπολεκάνη των Βασιλικών (208km^2) και την υπολεκάνη της Γαλάτιστας (110km^2). Στο σχήμα 1 δίνεται ο χάρτης της ευρύτερης περιοχής.

Σε γενικές γραμμές η λεκάνη του Ανθεμούντα εμφανίζει πολυμορφικές γεωγραφικές ενότητες, καλά ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο, πολυποίκιλα γεωλογικά και υδρογεωλογικά δεδομένα και πολλές και έντονες διαφορές στις χρήσεις γης.

Σκοπός της εργασίας είναι ο εντοπισμός των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής. Για το σκοπό αυτό, έγιναν μετρήσεις σε προκαθορισμένες θέσεις με τη γεωηλεκτρική μέθοδο της ειδικής αντίστασης και πιο συγκεκριμένα με τη διάταξη ηλεκτροδίων Schlumberger η οποία θα αναλυθεί παρακάτω.

Η ερμηνεία και η ανάλυση των αποτελεσμάτων στο ύπαιθρο έγινε μέσω προγραμμάτων στον υπολογιστή (IPI2win – Surfer 8) και θα εξεταστούν στα επόμενα κεφάλαια.



Σχήμα 1. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής (το μπλε πλαίσιο περικλείει την λεκάνη του Ανθεμούντα).

2.ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η λεκάνη του Ανθεμούντα με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ τοποθετείται γεωλογικά στο όριο της Σερβομακεδονικής ζώνης με τη ζώνη Αξιού. Πιο συγκεκριμένα η λεκάνη του Ανθεμούντα βρίσκεται στο ενεργό όριο της Περιοδοπικής ζώνης και της ζώνης Παιονίας. Εξαιτίας της θέσης του βυθίσματος, η γεωλογία δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη του την έκταση, καθώς η Περιοδοπική ζώνη καταλαμβάνει το ΒΑ άκρο του (Πανόραμα, Βασιλικά, Θέρμη, Περιστερά) και η ζώνη Παιονίας το ΝΔ άκρο του (Ταγαράδες, Σουρωτή, Αγ. Παρασκευή).

Το όριο των σχηματισμών των δύο ζωνών μέσα στη λεκάνη του Ανθεμούντα είναι δύσκολο να εξακριβωθεί διότι αυτή καλύπτεται από Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα ενώ η ύπαρξη ρηγμάτων μετατοπίζει το όριο αυτό κατά τόπους.

2.1.Γεωλογικοί σχηματισμοί

2.1.1. Τεταρτογενείς αποθέσεις:

Το Τεταρτογενές στην κοιλάδα του Ανθεμούντα χωρίζεται στις Πλειστόκαινες και στις Ολοκαινικές αποθέσεις.

α)Πλειστοκαινικές αποθέσεις. Σ'αυτές τις αποθέσεις περιέχονται οι εξής σχηματισμοί: ερυθρές άργιλοι με ασβεστιτικά συγκρίματα και στη βάση κροκαλοπαγές. Στη συνέχεια έχουμε το κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων, με χαλίκια και άμμους κάτω από αργιλώδες κάλυμμα.

β)Ολοκαινικές αποθέσεις: Το Ολόκαινο αντιπροσωπεύεται από ριπίδια προσχώσεων διαφορετικής ηλικίας με χονδροπλαστικά υλικά κατά θέσεις συνεκτικά.

2.1.2. Νεογενείς αποθέσεις

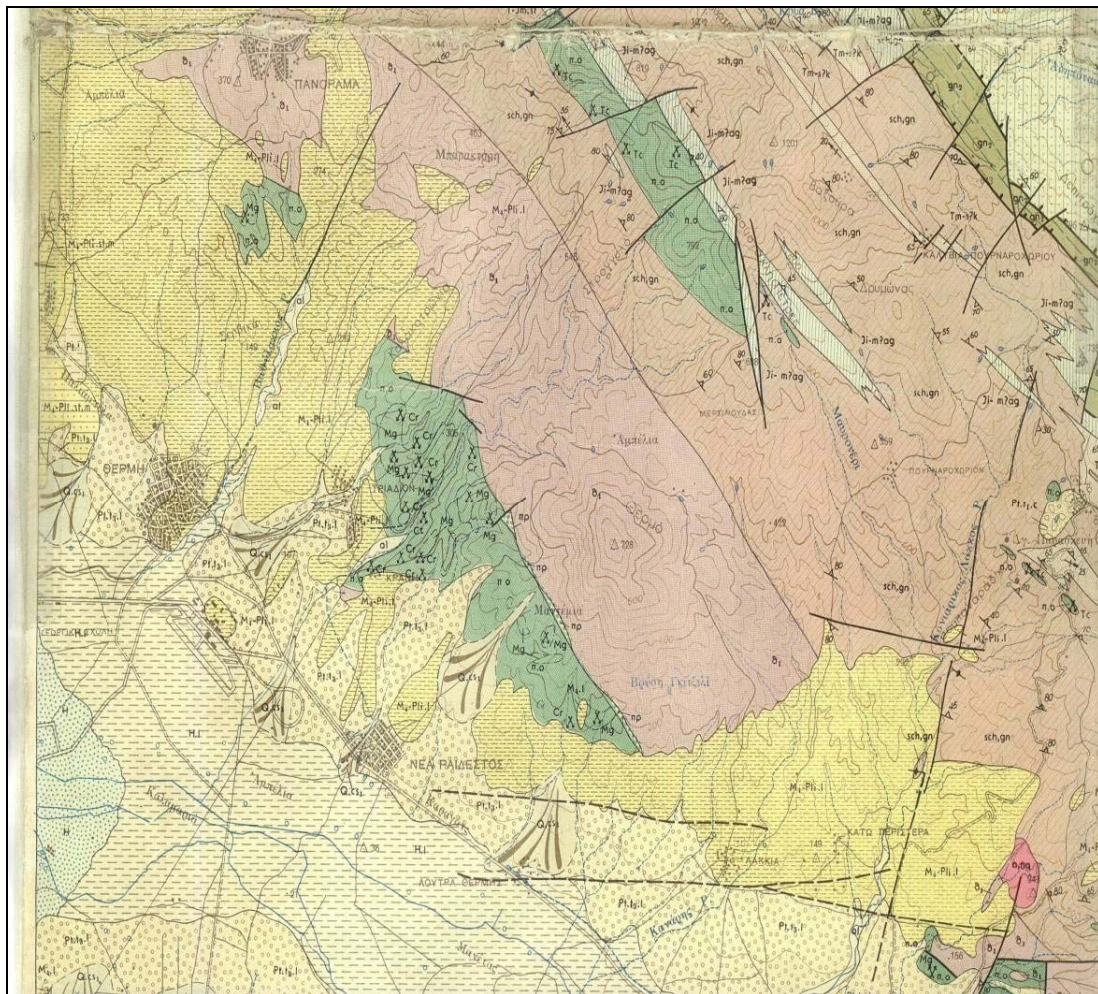
α)Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά. Αποτελείται από άμμους και κίτρινες μάργες εναλλασσόμενες με κροκαλοπαγή και αμούχες μάργες. Διασταυρωμένες στρώσεις μέσα στην άμμο. Η ηλικία της θεωρείται Ανωτέρου Μειόκαινου- Κάτω Πλειόκαινου.

β)Σειρά ερυθρών αργίλων. Η σειρά αυτή αποτελείται από εναλλασσόμενα στρώματα πηλών, ερυθρής-καστανέρυθρης αργίλου, αργιλικών ψαμμιτών με παρεμβολές άμμων, μαργών και κροκαλοπαγών στρωμάτων χωρίς συνεκτικότητα. Η ηλικία τους υπολογίζεται Άνω Μειοκαινική.

2.1.3. Σχηματισμοί υποβάθρου

Το υπόβαθρο αποτελείται από διορίτη και χαλαζιακό διορίτη (σύμπλεγμα Γερακινής), τη γαββρική σειρά Λαναρίου καθώς και από την υπερβασική σειρά με πυροξενίτες, δουνίτες και περιδοτίτες.

Οι δουνίτες και οι περιδοτίτες είναι παλαιότερης ηλικίας (Παλαιοζωϊκό) από τους γάββρους (Μεσοζωϊκό) Λαναρίου.



Σχήμα 2. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης

2.2.ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στα πλαίσια της μελέτης της υδρογεωλογίας της λεκάνης Ανθεμούντα δημιουργήθηκε ένα δίκτυο παρακολούθησης των ποσοτικών χαρακτηριστικών των υπόγειων υδροφόρων σωμάτων στη λεκάνη. Το δίκτυο στηρίχτηκε σε προϋπάρχουσες μετρήσεις από ιδιώτες μελετητές και ερευνητικές προσπάθειες του Α.Π.Θ. (Fikos et al.) ώστε από συγκριτική αξιολόγηση και συσχέτισμό να εξαχθούν αξιοποιήσιμα υδρογεωλογικά συμπεράσματα.

Αρχικά στο δίκτυο συμπεριλήφθηκαν 29 γεωτρήσεις/πιεζόμετρα στον Κ. Ανθεμούντα. Το δίκτυο αυτό επεκτάθηκε και στον Α. Ανθεμούντα και πλέον αποτελείται από 67 γεωτρήσεις/πιεζόμετρα. Η δειγματοληψία σε όλες τις γεωτρήσεις πραγματοποιείται 2 φορές το χρόνο (Οκτώβριο-Μάιο) οπότε και παρουσιάζονται οι ετήσιες ελάχιστες και μέγιστες τιμές της στάθμης των υπόγειων υδροφόρων.

Πιεζομετρικά δεδομένα από το 1993 που χρησιμοποιήθηκαν για την οριοθέτηση των υπόγειων υδροφόρων και για τη παρακολούθηση των ποσοτικών μεταβολών των χαρακτηριστικών τους έδειξαν ετήσιο ρυθμό πτώσης στάθμης μεταξύ 0.5 και 1.5 μέτρων. Τα δεδομένα αυτά ερμηνεύονται συνδυαστικά με υδρολογικά – μετεωρολογικά στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από διάφορους μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή. Το σύνολο των πληροφοριών που συγκεντρώνονται αποτελούν θεμελιώδη γνώση για τον υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης του Ανθεμούντα. Ο καθορισμός του ισοζυγίου και η απογραφή της υφιστάμενης διαχείρισης αποτέλεσαν αναγκαία προϋπόθεση για το σχεδιασμό και την υλοποίηση πολιτικών και δράσεων ορθολογικής αξιοποίησης των υδατικών πόρων.

Εξετάστηκαν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που καλύπτουν την επιφάνεια της λεκάνης ως προς την υδρολογική τους συμπεριφορά και διακρίθηκαν 3 κατηγορίες ανάλογα με την υδραυλική τους αγωγιμότητα:

- i) περατοί σχηματισμοί
- ii) ημιπερατοί σχηματισμοί
- iii) αδιαπέρατοι σχηματισμοί

Η χωρική κατανομή και έκταση των παραπάνω σχηματισμών αποτελεί σημαντικότερο παράμετρο για την εκτίμηση του ποσοστού των κατακρημνισμάτων το οποίο ενισχύει τους υπόγειους υδροφόρους και υποδεικνύει τις περιοχές μέγιστης ωφελιμότητας υδραυλικών έργων και έργων ορεινής υδρονομίας.

Επόμενο στάδιο αποτέλεσε η διερεύνηση των ιδιαίτερων υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών που συνθέτουν την εικόνα του υπεδάφους της λεκάνης Ανθεμούντα. Η διερεύνηση βασίστηκε στις προϋπάρχουσες υδρογεωλογικές μελέτες, στα δεδομένα από τις γεωτρήσεις που υπάρχουν στη λεκάνη, σε γεωφυσικές έρευνες του Ι.Γ.Μ.Ε. και ιδιωτών αλλά και σε συνεργασία με έμπειρους γεωλόγους των αρμοδίων δημόσιων υπηρεσιών και του ιδιωτικού τομέα.

Στόχος είναι ο καθορισμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των υπόγειων υδροφόρων σωμάτων και η εξακρίβωση των σχέσεων υδραυλικής επικοινωνίας αυτών μεταξύ τους αλλά και τον τρόπο και το βαθμό τροφοδοσίας τους από τα επιφανειακά υδάτινα σώματα και τα κατακρημνίσματα εντός λεκάνης. Το μωσαϊκό που συντίθεται αποκαλύπτει μια πολύπλοκη και ποικιλόμορφη υδρογεωλογική δομή, τα κύρια χαρακτηριστικά της οποίας είναι:

- Εκτεταμένος επιφανειακός υδροφόρος: Ξεκινάει από την ακτή (δυτικό τμήμα) και εκτείνεται προς τα ανατολικά καταλαμβάνοντας το κεντρικό τμήμα της λεκάνης το οποίο είναι πληρωμένο με ιζηματογενείς αποθέσεις (άμμο, άργιλο και χαλίκια). Στην κατακόρυφη έννοια ο υδροφόρος αυτός εκτείνεται από την επιφάνεια μέχρι λίγες δεκάδες μέτρα βάθος. Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα 'πακέτο' υδροφόρων σχηματισμών η υδραυλική συνέχεια των οποίων διακόπτεται κατά θέσεις από αργιλικές ενστρώσεις.
- Βαθύτερος υδροφόρος : Σε βάθη μεγαλύτερα των 50-80 μέτρων εντοπίζεται ένα διαφορετικό 'πακέτο' υδροφόρων σχηματισμών. Τα οριζόντια όριά του εκτείνονται από το δυτικό άκρο της λεκάνης (ακτή Θεσσαλικού κόλπου) έως τα ανατολικά όρια αυτής (Γαλάτιστα) και καταλαμβάνουν επίσης τα κεντρικά τμήματα της λεκάνης. Το κατώτερο όριο των σχηματισμών αυτών παραμένει ένα ερωτηματικό για τους ερευνητές καθώς βαθιές γεωτρήσεις αλλά και γεωφυσικές έρευνες μεγάλης κλίμακας του Ι.Γ.Μ.Ε. , των Ελληνικών Πετρελαίων και ερευνητών το τοποθετούν σε βάθος της τάξης των 2,5 χλμ κοντά στο αεροδρόμιο 'Μακεδονία'. Το βάθος αυτό μειώνεται προς τα ανατολικά με αποτέλεσμα στη περιοχή του Γαλαρινού το πάχος αυτών των σχηματισμών να μειώνεται σημαντικά και στη πράξη ο σχηματισμός να μη διακρίνεται από τον επιφανειακό υδροφόρο.
- Υπό πίεση υδροφόρος : νότια του άξονα Ταγαράδες – Σουρωτή και νότια του κρασπεδικού ρήγματος. Στη περιοχή μεταξύ των Βασιλικών και του Γαλαρινού παρατηρείται μία τοπική αναθόλωση των πετρωμάτων του υποβάθρου τα οποία συναντώνται σε βάθη της τάξης των 100μ. περίπου. Ανατολικότερα και μέχρι τη Γαλάτιστα το πάχος των ιζημάτων αυξάνεται πάλι και δημιουργεί ένα μερικώς ανεξάρτητο υδροφόρο σύστημα η υδραυλική επικοινωνία του οποίου με τα προαναφερθέντα υδροφόρα συστήματα παραμένει ένα ανοικτό ερευνητικό αντικείμενο.
- Το νεοτεκτονικό ρήγμα του Ανθεμούντα: η ύπαρξη του οποίου παίζει σημαντικό ρόλο στο υδρογεωλογικό καθεστώς της λεκάνης και ειδικότερα στην υδραυλική επικοινωνία των δύο υπολεκανών που δημιουργεί η αναθόλωση του υποβάθρου στο Γαλαρινό αλλά και σε άλλα ζητήματα σημαντικά για την υδρογεωλογία της περιοχής όπως η αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα σε μεγάλη έκταση στη λεκάνη αλλά και κατά πόσο το ρήγμα διευκολύνει (ή διευκόλυνε) την είσοδο υφάλμυρου νερού προς την ενδοχώρα υποβαθμίζοντας ποιοτικά το νερό της λεκάνης.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφόρων σωμάτων της λεκάνης έχουν εξεταστεί μόνο από το Ι.Γ.Μ.Ε. στα πλαίσια 2 ερευνητικών προγραμμάτων και από το Α.Π.Θ.. Η ταξινόμηση των νερών με βάση την φθίνουσα περιεκτικότητα σε ανιόντα και κατιόντα και με βάση το επικρατούν ανιόν που καθορίζει την γεωχημική ομάδα προσδιορίζει για την εξεταζόμενη περιοχή 2 ομάδες νερών:

α) Ανθρακικά , όπου ισχύουν $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{--} > \text{Cl}^-$ και $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+$.

Η κατηγορία αυτή αφορά κυρίως τα νερά στα ιζηματογενή πετρώματα του κεντρικού τμήματος της λεκάνης, δηλαδή στις περιοχές Ν.Ραιδεστού, Αγ.Παρασκευής, Ν.Ρυσίου, Σουρωτής, Βασιλικών και Θέρμης. Αυξημένα εμφανίζονται τα ιόντα Mg σε όλα τα δείγματα.

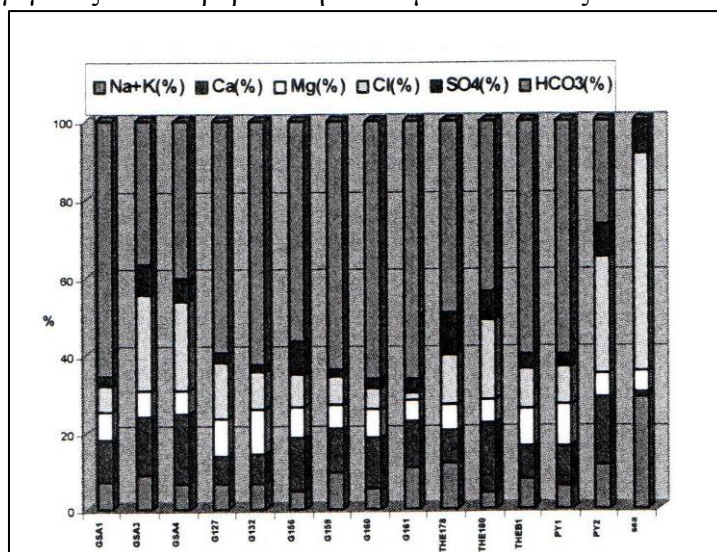
β)Χλωριούχα, όπου ισχύουν $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$ και $Na^+ > Ca^{++} + Mg^{++}$

Στη κατηγορία ταξινομούνται τα νερά στην περιοχή των Λ.Θέρμης και τα όξινα χλωρονατριούχα στον άξονα Ταγαράδες - Αγ.Παρασκευή(Αγίασμα) - Σουρωτή(πηγή Βοσκίνας).

Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης η αναλογία Mg/Ca κυμαίνεται μεταξύ 1,35-0.75. Στη περιοχή των πηγών της Περιστεράς ο λόγος είναι 0.2 (ασβεστολιθικοί υδροφόροι), ενώ τιμές 0.2-0.4 παρατηρούνται στα όξινα νερά στη περιοχή Αγ.Παρασκευής-Σουρωτής.

Στο σύνολο της περιοχής του Κ.Ανθεμούντα (δυτικά του Γαλαρινού) διακρίνονται 5 επιμέρους περιοχές με διαφορετικά υδροχημικά χαρακτηριστικά:

1. Κεντρικό τμήμα , εκατέρωθεν του ποταμού Ανθεμούντα με καλής ποιότητας νερό.
2. Νότιο τμήμα , το οποίο προσδιορίζεται νότια του οδικού άξονα Ν.Ρύσιο-Σουρωτή και νότια του ρήγματος Ανθεμούντα και τα νερά του οποίου χαρακτηρίζονται σημαντικά υποβαθμισμένα με αυξημένα ιόντα Na, Ca, Cl, HCO_3 , Fe, B και έντονη παρουσία αερίων CO_2 και H_2S .
3. Βόρειο τμήμα, στον ορεινό όγκο βόρεια του οδικού άξονα Θέρμης – Βασιλικών εξαιρώντας τα Λουτρά Θέρμης. Τα νερά αυτά λόγω της προέλευσής τους παρουσιάζουν χαμηλές τιμές στο σύνολο των ιόντων και ειδικότερα των Cl και Na.
4. Τα Λουτρά Θέρμης με έντονη την ανάμιξη πολλών τύπων νερού λόγω της παρουσίας του γεωθερμικού ρευστού.
5. Περιοχή δυτικά και νοτιοδυτικά Θέρμης στην οποία ο μικρός λόγος Na/Cl και οι μεγάλες τιμές της σχέσης Cl/HCO_3 σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση των ιόντων χλωρίου μαρτυρούν την ρύπανση των νερών από την διείσδυση της θάλασσας γεγονός που επιβεβαιώθηκε και με ισοτοπικές αναλύσεις.



Σχήμα 4.Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων σε δείγματα νερού γεωτρήσεων (Fikos et al.).

Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης (υπολεκάνη Άνω Ανθεμούντα) το νερό χαρακτηρίζεται ως οξυανθρακικού τύπου από τα ανιόντα ενώ συνολικά τα νερά χαρακτηρίζονται από ασβεστομαγνησιακά-ανθρακικά, μέτριας έως καλής ποιότητας.

Σε όλες τις αναλύσεις οι τιμές της NO_3^- είναι σε φυσιολογικά επίπεδα , ενδεικτικό της περιορισμένης ρύπανσης του βαθύ υδροφορέα από αγροτικές δραστηριότητες και απορρίψεις λυμάτων.

2.3. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Με βάση τα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα (Μετεωρολογικοί σταθμοί, στοιχεία κατανάλωσης ύδρευσης και άρδευσης, βιομηχανική κατανάλωση, μετρήσεις επιφανειακής απορροής υδατορευμάτων) καθώς και τα συμπεράσματα οποία προέκυψαν από την ανάλυση τους επιχειρήθηκε η κατάρτιση ενός ισοζυγίου προσφοράς και ζήτησης στη λεκάνη. Το υδρολογικό ισοζύγιο του υδροφορέα της περιοχής εκφράζεται από την εξίσωση (Fikos et al.):

$$\text{Ανθρωπογενής} + \text{Φυσική φόρτιση} = \text{Ανθρωπογενής} + \text{Φυσική εκφόρτιση} + \text{Μεταβολή αποθεμάτων}$$

Η διαθεσιμότητα του υπόγειου υδατικού δυναμικού στην περιοχή μελέτης προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από την κατείσδυση. Σε γενικές γραμμές η φυσική φόρτιση του υδροφορέα προκύπτει από τις διεργασίες της κατείσδυσης (ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα) και των πλευρικών διηθήσεων.

Η *Ανθρωπογενής Φόρτιση* του υδροφορέα στην λεκάνη διακρίνεται σε επιστροφές άρδευσης, διήθηση λυμάτων και διαφυγές από υδατοδεξαμενές.

Ομοίως η *Φυσική εκφόρτιση* του υδροφορέα διακρίνεται σε : αναβλύσεις πηγών , εξατμισιοδιαπνοή από αβαθή υδροφόρα στρώματα, εκροές προς τη θάλασσα υδατορευμάτων και πιθανές εκροές προς τη θάλασσα υδροφόρων στρωμάτων.

Από τις πλέον όμως υδροβόρες και επιβαρυντικές δραστηριότητες στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα αποτελεί η ανθρωπογενής εκφόρτιση του υδροφορέα. Ένα σύνολο διεργασιών το οποίο δύναται να φέρει το υπόγειο υδατικό δυναμικό μιας λεκάνης σε ιδιαίτερα επισφαλή κατάσταση. Το σύνολο των διεργασιών οι οποίες συνιστούν την ανθρωπογενή εκφόρτιση του υδροφορέα διακρίνονται σε : Άρδευση, ύδρευση, βιομηχανία και κτηνοτροφία.

Προσφορά νερού: Για την υδρολογική λεκάνη Ανθεμούντα έγινε προσέγγιση του υδρολογικού ισοζυγίου. Τα στοιχεία των βροχοπτώσεων και θερμοκρασιών καλύπτουν το χρονικό διάστημα 1990-1999. Η προσφορά νερού στη λεκάνη προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Πίνακας 1.Υδρολογικό ισοζύγιο λεκάνης Ανθεμούντα (Fikos et al.)

Βροχόπτωση:	$P = 198,01 \times 10^6 \text{m}^3/\text{έτος}$
Εξατμισιοδιαπνοή:	$E = 165 \times 10^6 \text{m}^3/\text{έτος}$
Κατείσδυση:	$I = 4,6 \times 10^6 \text{m}^3/\text{έτος}$
Επιφανειακή Απορροή:	$R = 28,24 \times 10^6 \text{m}^3/\text{έτος}$

Κατανάλωση νερού: Η αναγκαία κατανάλωση νερού της λεκάνης έγινε υπολογίζοντας την *αγροτική*, την *αστική*, την *βιομηχανική – βιοτεχνική* και την *κτηνοτροφική* κατανάλωση.

Ο υπολογισμός της *αγροτικής* κατανάλωσης των περιοχών που εντάσσονται στην υδρογεωλογική λεκάνη του Ανθεμούντα έγινε με βάση τον υπολογισμό της εποχιακής εξατμισιοδιαπνοής.

Ο υπολογισμός της *αστικής* κατανάλωσης στην περιοχή μελέτης αντιμετώπισε το πρόβλημα της έλλειψης ορθολογικά οργανωμένου δικτύου απογραφής πληροφοριών, γεγονός που οδηγεί στην μη άμεσα χρηστική (αποσπασματική πληροφορία) σχετικά με την κατανάλωση νερού. Στο πρόβλημα αυτό η έλλειψη αξιόπιστης και συνολικής απογραφής της αστικής κατανάλωσης αντιμετωπίστηκε με στατιστικές προσεγγίσεις. Σε δημοτικά διαμερίσματα όπου υπήρχε έστω και αποσπασματική καταγραφή της κατανάλωσης από υδρόμετρα έγινε σύγκριση και συνδυαστική προσέγγιση των αποτελεσμάτων.

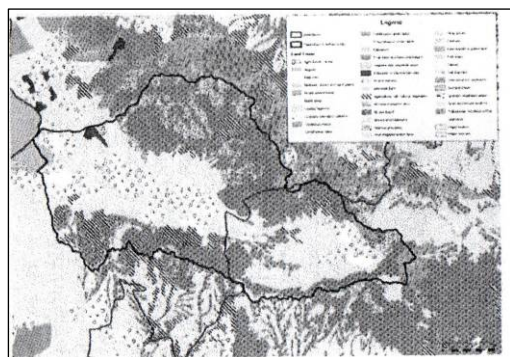
Η *κτηνοτροφική* κατανάλωση υπολογίστηκε σε συνάρτηση με τον πληθυσμό των ζώων που εκτρέφονται και την ποσότητα νερού που χρειάζεται κάθε ζώο σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία.

Αρδευση	23.350.680m ³ /έτ	Κτηνοτροφί	310.000m ³ /έτος
ο:		α:	
Υδρευσ	4.347.518m ³ /έτος	Βιομηχανία:	1.570.897m ³ /έτ
η:		ο:	
Συνολική ετήσια κατανάλωση:		29.579.095m ³ /έτος	

Συμπερασματικά επισημάνθηκε ότι:

β) Είναι γεγονός ότι λαμβάνει χώρα σπατάλη και αλόγιστη κατανάλωση νερού τόσο στη γεωργική, όσο και στη βιομηχανική και αστική χρήση.

δ) Επιπλέον του αρνητικού ισοζυγίου στη λεκάνη η επιφανειακή απορροή είναι σημαντική και αγγίζει τα $31.3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.



Σχήμα 6.Γεωτρήσεις λεκάνης

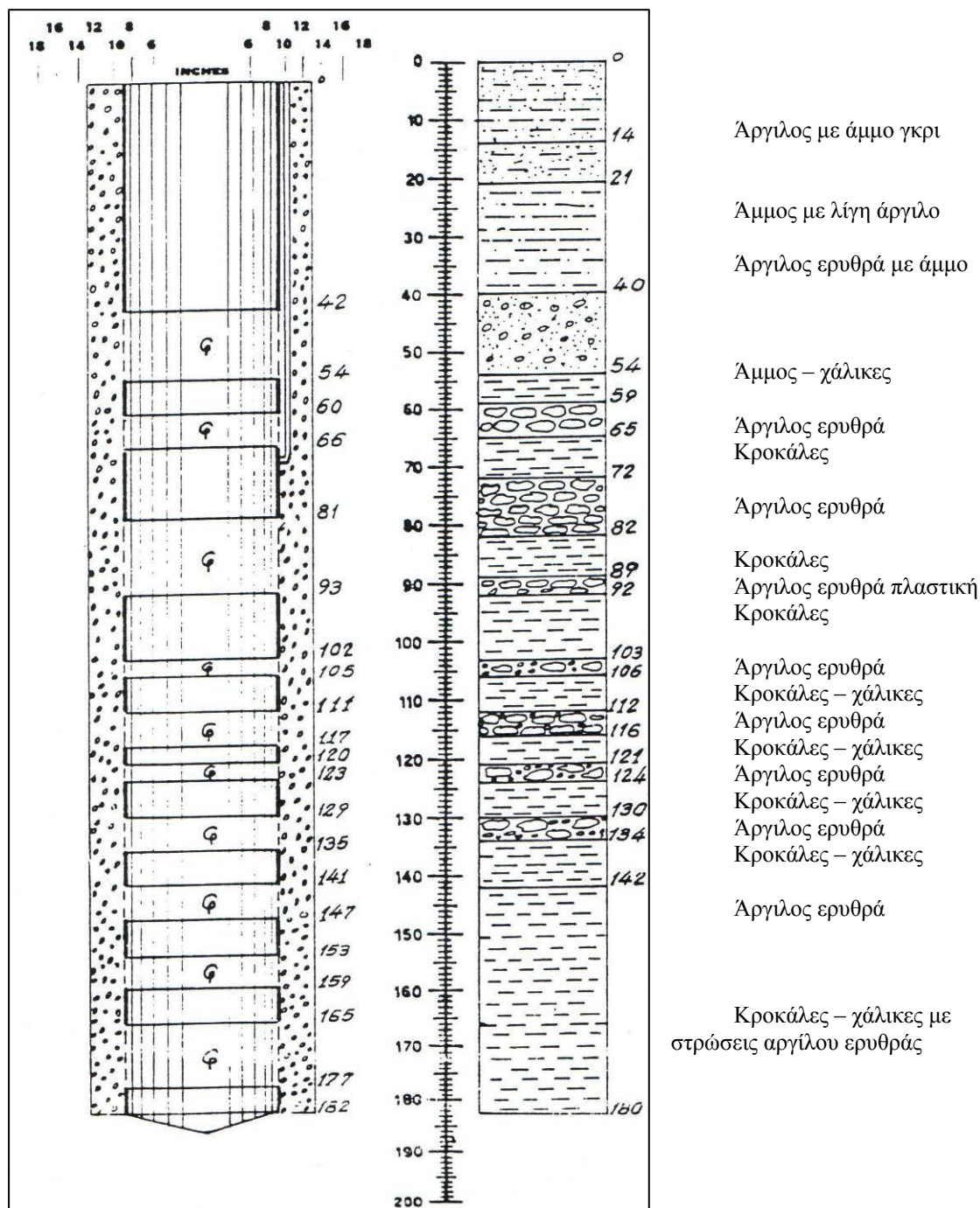
2.4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ

Είδος γεώτρησης : Αρδευτική
στοιχεία:
 Νομός – Κοινότητα : Θεσσαλονίκη – Περιστερά
 στάθμη: 15
 Υψόμετρο : Κάμπος

Υδρολογικά

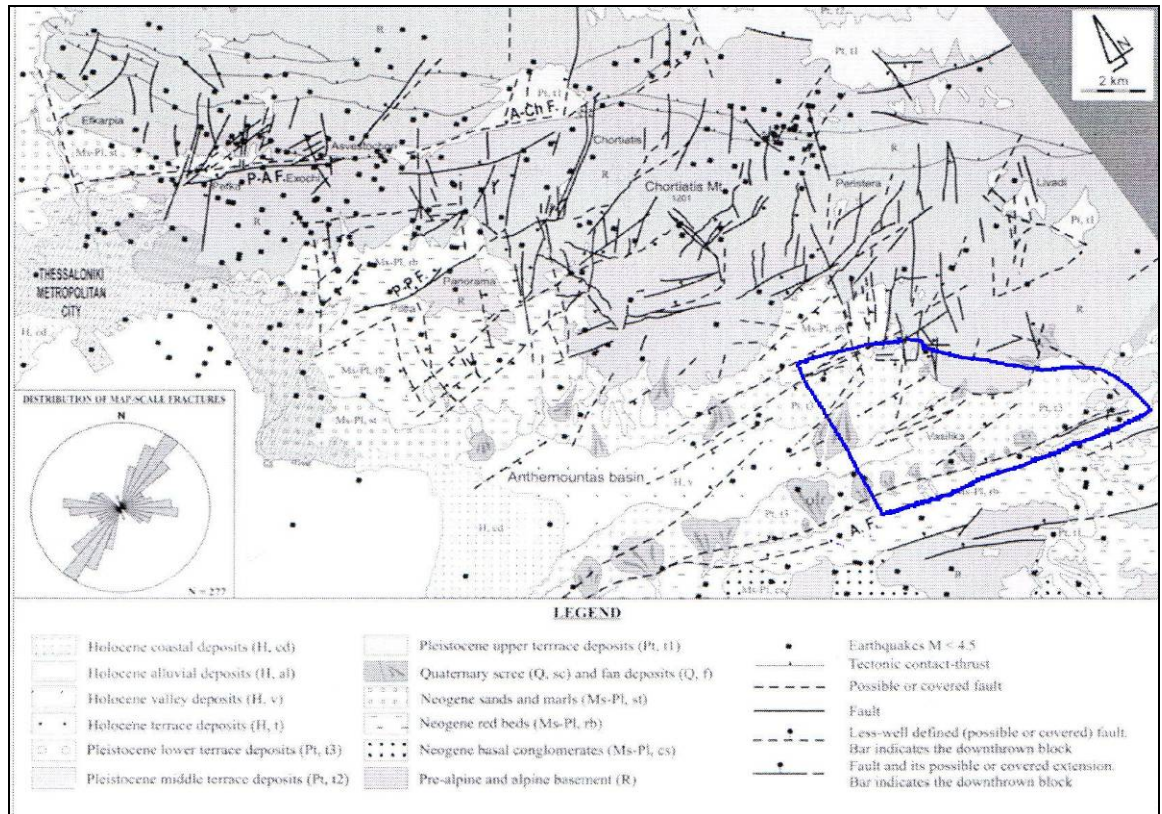
Υδροστατική

Στάθμη άντλησης : 38
 Παροχή m^3/h : 130



Σχήμα 7. Στήλη γεώτρησης

2.5.ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ



Σχήμα 8. Ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης Ανθεμούντα (σε μπλε πλαίσιο η περιοχή των μετρήσεων) (Tranos et al., 2004).

Με βάση τις παρατηρήσεις υπαίθρου και τα ρήγματα του παραπάνω χάρτη της λεκάνης του Ανθεμούντα, αυτά υποδιαιρούνται σε τέσσερις κατηγορίες (Tranos et al., 2004):

- α) ΔΒΔ-ΑΝΑ έως Α-Δ διεύθυνσης ρήγματα με κλίση 95° προς Β
- β) ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης ρήγματα με κλίση 35° προς Β
- γ) ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρήγματα με κλίση 135° προς Β
- δ) ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνσης ρήγματα με κλίση 170° προς Β

α) ΔΒΔ-ΑΝΑ έως Α-Δ / 95° Β

Τα ρήγματα αυτά είναι ευθύγραμμα έως πολύ ελαφρά κυρτά-καμπυλωτά, μεγάλου μήκους όπως το μεγάλο ρήγμα του Ανθεμούντα το οποίο οριοθετεί το νότιο άκρο της λεκάνης. Αυτά μπορούν να θεωρηθούν ως πρώτης τάξης ρήγματα τα οποία αποτελούν μεγάλες ενεργές δομές αποκαλύπτοντας κανονικές ή πλάγιες κανονικές κινήσεις.

β) ΒΑ-ΝΔ / 35° Β

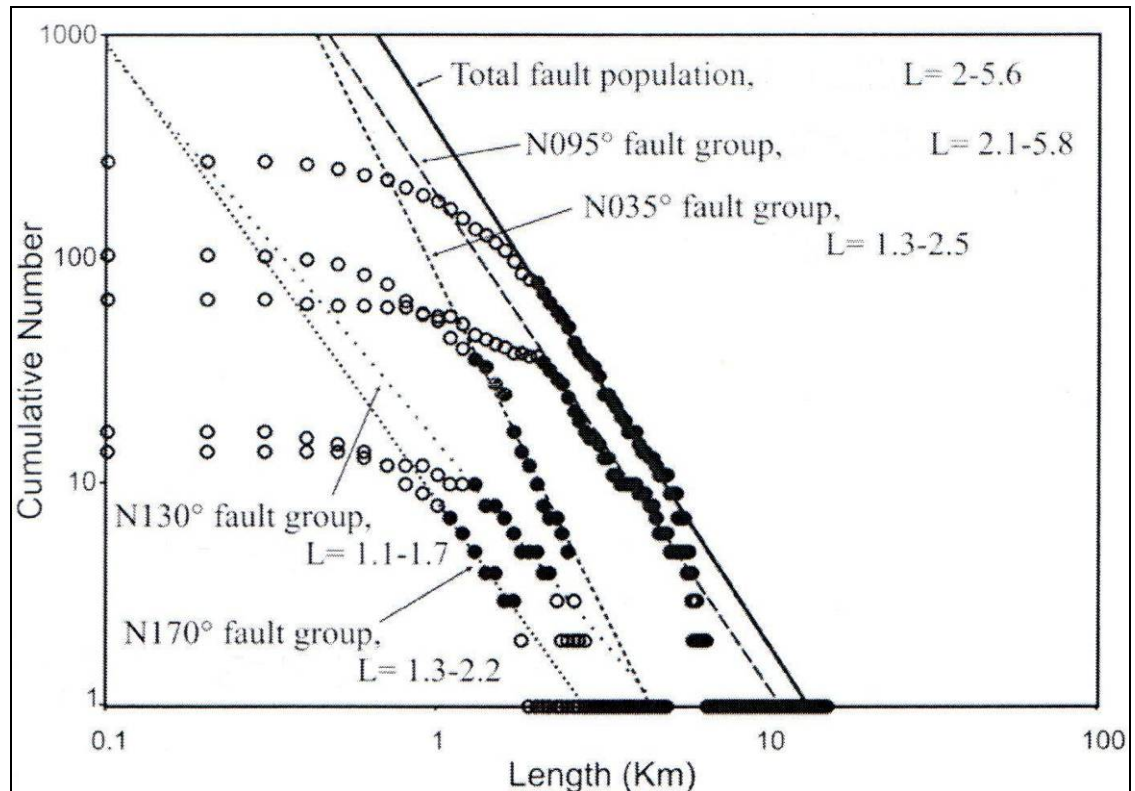
Τα ρήγματα αυτά, τα οποία μπορούν να θεωρηθούν και ως δεύτερης τάξης, είναι μικρότερα από τα προηγούμενα και συνήθως βυθίζονται προς τα ΒΔ, αλλά το πλήθος τους είναι μεγαλύτερο από τα παραπάνω. Το επικρατέστερο ρήγμα της κατηγορίας αυτής είναι το ρήγμα κατά μήκος της κοιλάδας Περιστεράς – Βασιλικών. Μπορούν να διαμορφώσουν ευδιάκριτες ζώνες σπασίματος, διαστήματος έως και 5 χιλιομέτρων, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν σημαντική καθίζηση και βυθίσματα τα οποία αργότερα θα πληρωθούν με νεογενή ιζήματα. Η κίνηση που δίνουν είναι δεξιόστροφη πλευρική.

γ) **ΒΔ-ΝΑ / 135° Β**

Αυτά είναι κανονικά ρήγματα τα οποία έχουν επαναδραστηριοποιηθεί κυρίως κατά τη διάρκεια του Μειόκαινου-Πλειόκαινου, ωστόσο το μήκος και το πλήθος τους είναι σημαντικά μικρότερο από το αναμενόμενο, διότι παρατάσσονται παράλληλα σε ορογενετικές δομές και καλά αναπτυγμένες ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης λεκάνες της Βορείου Ελλάδας.

δ) **ΒΒΔ-ΝΝΑ / 170° Β**

Αποτελούν πολύ λίγο ευθύγραμμες δομές, που προσομοιάζουν με αυτά της ΒΑ-ΝΔ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ διεύθυνσης ρήγματα, τόσο γεωμετρικά όσο και κινηματικά.



Σχήμα 9.(Scaling properties) Αθροιστικά Πλήθη και Μήκη των τεσσάρων παραπάνω κατηγοριών ρηγμάτων στην περιοχή έρευνας (Tranos et al., 2004).

3.ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ **ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ**

Η μέθοδος της ειδικής αντίστασης που εφαρμόστηκε σε αυτή τη γεωφυσική έρευνα ανήκει στην κατηγορία των ηλεκτρικών μεθόδων γεωφυσικής διασκόπησης κατά τις οποίες παράγεται τεχνητά ηλεκτρικό πεδίο , οι ιδιότητες του οποίου διαμορφώνονται από τη δομή του υπεδάφους και για το λόγο αυτό ο καθορισμός τους (των ιδιοτήτων) με μετρήσεις του δυναμικού οδηγεί στον καθορισμό της δομής του υπεδάφους.

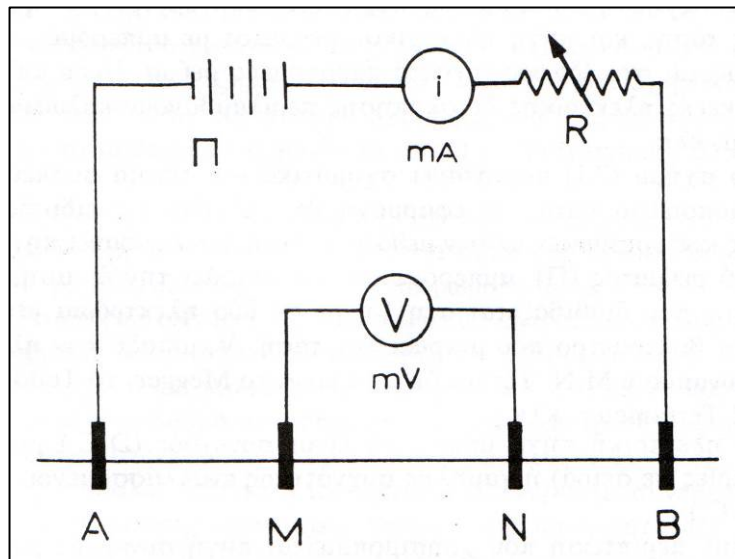
Η διαδικασία εφαρμογής αυτής της μεθόδου είναι η εξής:

διαβιβάζεται στο έδαφος ηλεκτρικό ρεύμα με δύο ηλεκτρόδια ρεύματος A , B και μετράται 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), ΔV , που παράγεται , με στόχο τον καθορισμό της κατανομής της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, ρ , στο υπέδαφος, δηλαδή της γεωηλεκτρικής δομής. Επομένως, άμεσος στόχος της μεθόδου αυτής είναι ο καθορισμός της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους, ενώ η γεωλογική ερμηνεία της δομής αυτής αποτελεί τον τελικό στόχο που απαιτεί γεωλογικά και γεωφυσικά στοιχεία.

3.1.Όργανα που χρησιμοποιούνται στη Γεωηλεκτρική **διασκόπηση**

Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται στη γεωηλεκτρική διασκόπηση είναι συνήθως απλές και περιλαμβάνουν βολτόμετρο για τη μέτρηση της τάσης και πηγή ηλεκτρικού ρεύματος με αμπερόμετρο όταν διαβιβάζεται στο έδαφος τεχνητά παραγόμενο ρεύμα. Επίσης οι συσκευές ηλεκτρικής διασκόπησης περιλαμβάνουν καλώδια και ηλεκτρόδια.

Το παρακάτω σχήμα παριστάνει σχηματικά μια τέτοια συσκευή που χρησιμοποιείται κατά την εφαρμογή της μεθόδου της ειδικής αντίστασης . Αυτή περιλαμβάνει πηγή ηλεκτρικού ρεύματος (Π) , αμπερόμετρο που μετράει την ένταση i , του ρεύματος που διαβιβάζεται στη Γη με τα δύο ηλεκτρόδια ρεύματος A,B και βολτόμετρο που μετράει την τάση Ω , μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού M,N .



Σχήμα 10. Σχηματική παράσταση συσκευής που χρησιμοποιείται στη γεωηλεκτρική διασκόπηση κατά την εφαρμογή της μεθόδου της ειδικής αντίστασης

Τα ηλεκτρόδια πρέπει να είναι κατάλληλα πορώδη τα οποία δεν πολώνονται (συγκέντρωση ανιόντων γύρω από το θετικό ηλεκτρόδιο και κατιόντων γύρω από το αρνητικό) έτσι ώστε να αποφεύγεται η δημιουργία τάσης επαφής μεταξύ αυτών και του εδάφους .

Τα καλώδια που χρησιμοποιούνται στη γεωηλεκτρική διασκόπηση είναι συνήθως τυλιγμένα σε φορητούς κυλίνδρους και είναι μονωμένα με πλαστικό.

3.2.ΦΑΙΝΟΜΕΝΗ ΕΙΔΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Ο άμεσος υπολογισμός της ειδικής αντίστασης ρ , στο υπέδαφος από τις ηλεκτρικές μετρήσεις στην επιφάνεια της Γης δεν είναι εύκολος. Για το λόγο αυτό , υπολογίζεται μία φυσικώς ανύπαρκτη ποσότητα , **η φαινόμενη ειδική αντίσταση ρ_a** , η οποία χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της πραγματικής ειδικής αντίστασης στα στρώματα του υπεδάφους. Αυτό συμβαίνει διότι η Γη δεν είναι ομογενής, ώστε να μπορεί να υπολογιστεί η πραγματική ειδική αντίσταση των πετρωμάτων της εύκολα και η ειδική αντίσταση να είναι σταθερή στα επιφανειακά στρώματα της ,αλλά αντίθετα χαρακτηρίζεται από μεγάλη ανομοιογένεια.

Η σχέση που δίνει την φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση είναι η εξής:

$$\rho_a = \frac{2\pi V}{i} \cdot \frac{l}{\frac{l}{AM} - \frac{l}{BM} - \frac{l}{AN} + \frac{l}{BN}}$$

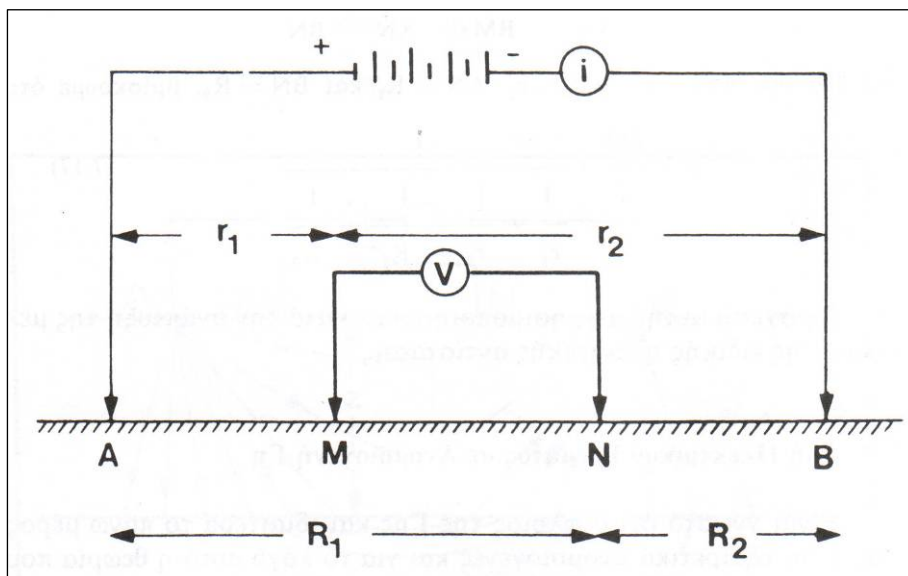
Σχέση (1)

όπου : i : το ρεύμα το οποίο διαβιβάζεται από την ηλεκτρική πηγή μέσω των ηλεκτροδίων A(+) και B(-) στην επιφάνεια της Γης

V : η διαφορά δυναμικού που παράγεται στα σημεία M, N (και μετριέται

από τα ηλεκτρόδια δυναμικού M, N) από τα φορτισμένα ηλεκτρόδια ρεύματος A, B

AM, BM, AN, BN : οι αποστάσεις μεταξύ των ηλεκτροδίων (σχήμα 11)



Σχήμα 11. Ηλεκτρόδια ρεύματος A, B και ηλεκτρόδια δυναμικού M, N

Αν θέσουμε $AM = r_1$, $BM = r_2$, $AN = R_1$ και $BN = R_2$ τότε:

$$\rho_a = \frac{2\pi V}{i} \cdot \frac{l}{\frac{l}{r_1} + \frac{l}{r_2} + \frac{l}{R_1} + \frac{l}{R_2}}$$

Σχέση (2)

Στη παραπάνω σχέση η ποσότητα $2\pi / [(1/r_1) - (1/r_2) - (1/R_1) - (1/R_2)]$ συμβολίζεται με κ και καλείται **γεωμετρικός συντελεστής**.

Για την πραγματοποίηση των γεωηλεκτρικών μετρήσεων έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι διάταξης των ηλεκτροδίων ρεύματος και δυναμικού, στην επιφάνεια της γης, ανάλογα με το σκοπό της γεωηλεκτρικής διασκόπησης, από τους οποίους εξαρτάται η φαινόμενη ειδική αντίσταση.

3.3.ΔΙΑΤΑΞΗ SCHLUMBERGER

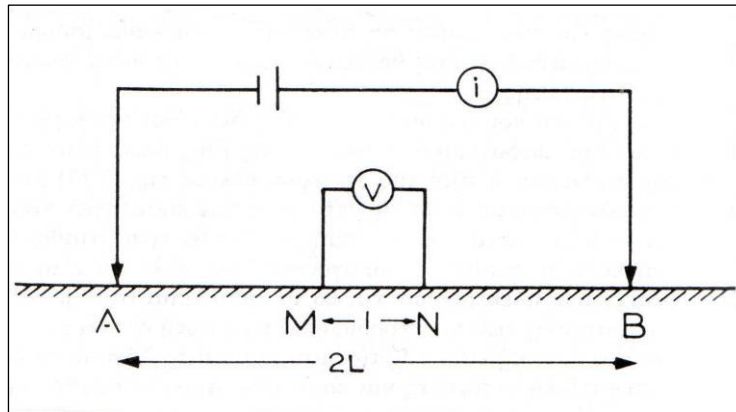
Στη διάταξη Schlumberger, η οποία προτιμήθηκε στη συγκεκριμένη έρευνα, η απόσταση $MN=l$, μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού είναι πολύ μικρότερη από την απόσταση $AB=2L$, μεταξύ των ηλεκτροδίων ρεύματος ($L \gg l$). Στην περίπτωση αυτή η φαινόμενη ειδική αντίσταση δίνεται από τη σχέση:

Σχέση (3)

$$\rho_a = \frac{\pi L^2}{2l} \cdot \frac{\Delta V}{i}$$

Δηλαδή στην περίπτωση αυτή ο γεωμετρικός συντελεστής είναι : $\kappa = \pi L^2 / 2l$

Κατά την εφαρμογή της διάταξης Schlumberger για γεωηλεκτρική βυθοσκόπηση τα ηλεκτρόδια δυναμικού παραμένουν σταθερά για μία σειρά μετρήσεων, ενώ η απόσταση των ηλεκτροδίων ρεύματος αυξάνεται σταδιακά και συμμετρικά σχετικά με το κέντρο της διάταξης.



Σχήμα 12. Τρόπος διάταξης ηλεκτροδίων ρεύματος(A,B) και δυναμικού(M,N) κατά την εφαρμογή της μεθόδου Schlumberger

Πλεονεκτήματα αυτής της διάταξης είναι ότι απαιτείται η μεταβολή της απόστασης μόνο των δύο ηλεκτροδίων κατά τη γεωηλεκτρική βυθοσκόπηση και το γεγονός ότι η χρησιμοποίηση σταθερού διπόλου τάσης περιορίζει ανεπιθύμητες επιδράσεις στις μετρήσεις που προκαλούνται από γεωλογικές πλευρικές ασυνέχειες. Επίσης το μεγαλύτερο μέρος του διαθέσιμου σήμερα βοηθητικού υλικού (καμπύλες, προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών) για την ερμηνεία των παρατηρήσεων έγινε για την εφαρμογή σε διάταξη Schlumberger.

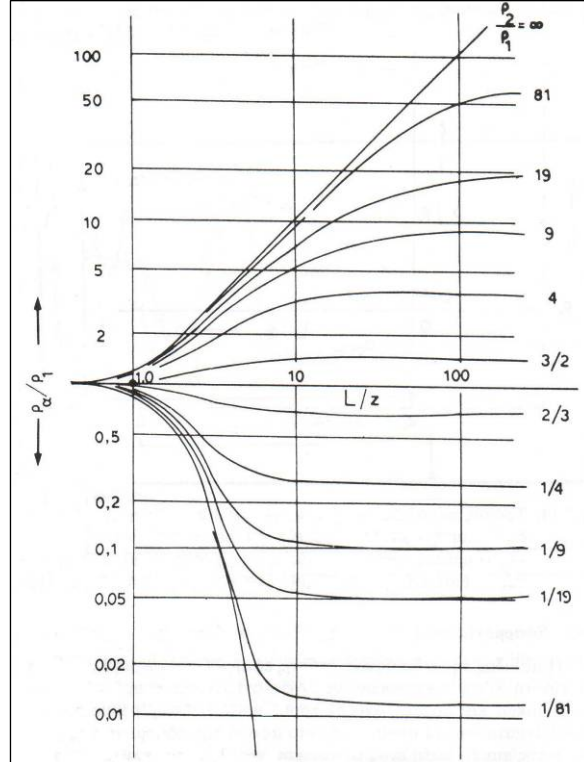
Τρόπος χρησιμοποίησης των μετρήσεων φαινόμενης ειδικής αντίστασης, που πραγματοποιήθηκαν με τη διάταξη Schlumberger, για τον καθορισμό των ειδικών αντιστάσεων και των παχών δύο γεωηλεκτρικών στρωμάτων.

Στην περίπτωση δύο στρωμάτων, δηλαδή ενός στρώματος πάχους z και ειδικής αντίστασης ρ_1 και ενός ημιχώρου ειδικής αντίστασης ρ_2 πάνω στον οποίο βρίσκεται το στρώμα, η θεωρητική σχέση που δίνει τη φαινόμενη ειδική αντίσταση ρ_a σε συνάρτηση με την απόσταση $L = AB/2$ (ίση με τη μισή απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων ρεύματος) είναι :

Σχέση (4)

$$\rho_a = \rho_1 + 2\rho_1 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\kappa^n}{[1 + (2nz/L)^2]^{3/2}}$$

Στο σχήμα 9 φαίνεται η γραφική παράσταση του λόγου ρ_a/ρ_1 σε συνάρτηση με το λόγο L/z και για διάφορες τιμές του λόγου ρ_2/ρ_1 οι οποίες ποικίλουν από 0 έως άπειρο. Οι δύο άξονες, των τετμημένων (του λόγου L/z) και των τεταγμένων (του λόγου ρ_a/ρ_1) είναι σε λογαριθμική κλίμακα. Το σημείο με συντεταγμένες ($L/z=1$, $\rho_a/\rho_1=1$) ονομάζεται αρχή των θεωρητικών καμπύλων και είναι το μοναδικό σημείο όπου το L έχει τιμή ίση με το πάχος z του στρώματος και η φαινόμενη αντίσταση ρ_a είναι ίση με την αντίσταση ρ_1 του πρώτου στρώματος.



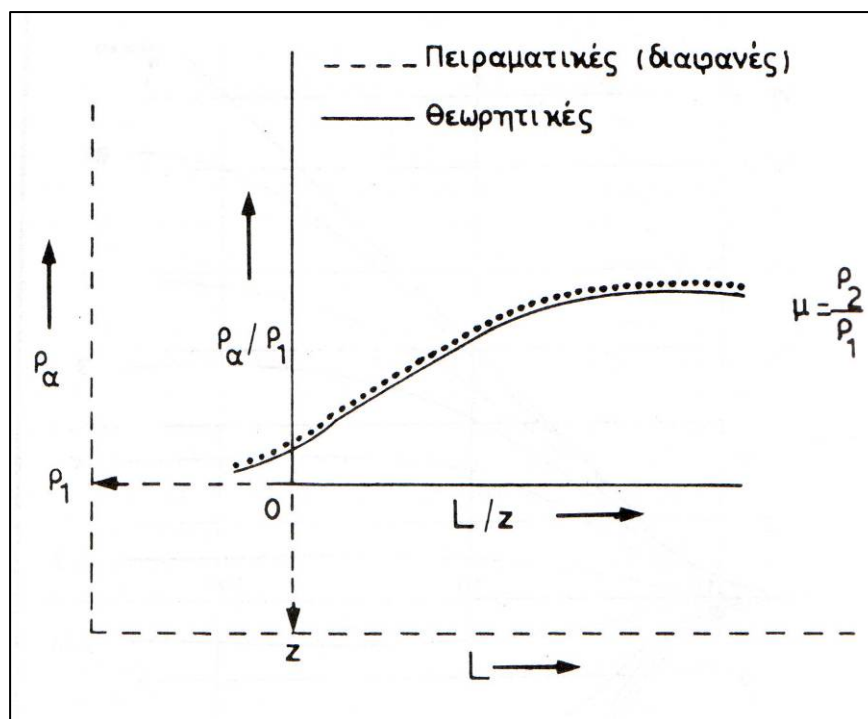
Σχήμα 13. Πρότυπες καμπύλες για την εφαρμογή της μεθόδου Schlumberger στην περίπτωση δύο στρωμάτων

Για $\rho_2/\rho_1=1$ η καμπύλη είναι ευθεία, παράλληλη με τον άξονα των τετμημένων. Οι καμπύλες οι οποίες βρίσκονται κάτω από την ευθεία αυτή, ισχύουν για την περίπτωση που η ειδική αντίσταση ρ_1 του πάνω στρώματος είναι μεγαλύτερη από την ειδική αντίσταση ρ_2 του ημιχώρου που βρίσκεται από κάτω, δηλαδή ($\rho_2 < \rho_1$), ενώ για τις καμπύλες πάνω από την ευθεία ισχύει ότι, η ειδική αντίσταση του (πάνω) στρώματος είναι μικρότερη από την ειδική αντίσταση στον ημιχώρο, δηλαδή ($\rho_2 > \rho_1$).

Οι θεωρητικές καμπύλες του σχήματος 9 χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό με τη γραφική μέθοδο των μεγεθών ρ_1 , z , ρ_2 με βάση τις μετρήσεις της φαινόμενης ειδικής αντίστασης σε συνάρτηση με την απόσταση $L (=AB/2)$.

Για το σκοπό αυτό, χαρτογραφούνται οι πειραματικές τιμές ρ_a σε συνάρτηση με την L πάνω σε διαφανές λογαριθμικό χαρτί (και οι δύο άξονες σε λογαριθμική κλίμακα) των ίδιων διαστάσεων με το χαρτί που είναι χαραγμένες οι θεωρητικές καμπύλες (συνήθων 6,2mm). Το διαφανές αυτό χαρτί τοποθετείται πάνω στο χαρτί των θεωρητικών καμπύλων και, διατηρώντας τους άξονες των συντεταγμένων των δύο σχεδίων παράλληλους, μετακινείται (το διαφανές χαρτί) έως ότου η πειραματική καμπύλη, την οποία ορίζουν τα σημεία των παρατηρήσεων, συμπίπτει με μία από τις θεωρητικές καμπύλες η οποία έστω ότι αντιστοιχεί σε λόγο $\rho_2/\rho_1 = \mu$. Κατά τη σύμπτωση αυτή, η αρχή 0 (σχήμα 10) των θεωρητικών καμπύλων θα έχει συντεταγμένες έστω (L', ρ_a') στο σύστημα συντεταγμένων της πειραματικής

καμπύλης(διαφανές χαρτί). Τότε σύμφωνα με την ιδιότητα της αρχής των θεωρητικών καμπύλων που προαναφέρθηκε θα ισχύει $z = L'$, $\rho_1 = \rho_a'$ και $\rho_2 = \mu\rho_1$.



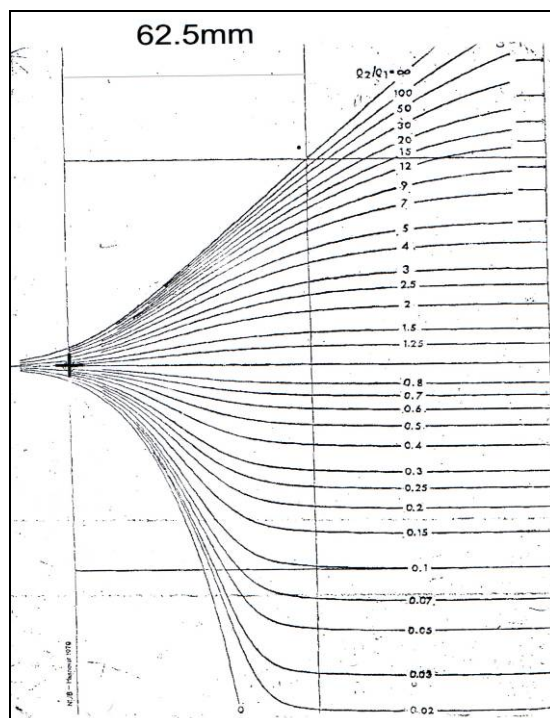
Σχήμα 14. Τρόπος προσδιορισμού των ρ_1 , ρ_2 και z με τη γραφική μέθοδο Schlumberger. Η συνεχής γραμμή παριστάνει θεωρητική καμπύλη η οποία αντιστοιχεί σε λόγο $\rho_2/\rho_1 = \mu$, ενώ η στιγμηνή γραμμή παριστάνει πειραματική καμπύλη η οποία χαρτογραφείται σε διαφανές.

Καθορισμός ειδικών αντιστάσεων και παχών περισσότερων των δύο γεωλογικών στρωμάτων με τη μέθοδο Schlumberger.

Στην περίπτωση όπου, η πειραματική καμπύλη (η οποία προκύπτει από τις μετρήσεις των φαινόμενων αντιστάσεων ρ_a σε συνάρτηση με την απόσταση $L=AB/2$ για την διάταξη Schlumberger) είναι πιο ‘πολύπλοκη’ σε σχέση με την παραπάνω περίπτωση, δηλαδή παριστάνει περισσότερα από δύο στρώματα αφού κάθε τμήμα της μπορεί να ταυτιστεί με διαφορετική θεωρητική καμπύλη, η διαδικασία προσδιορισμού των παχών και των ειδικών αντιστάσεων των στρωμάτων αυτών είναι η παρακάτω χωρίς να διαφέρει σημαντικά από την προηγούμενη περίπτωση (των δύο στρωμάτων).

Αρχικά χαρτογραφούνται οι (πειραματικές) τιμές της φαινόμενης αντίστασης ρ_a (άξονας τεταγμένων) συνάρτηση με την απόσταση L (άξονας τετμημένων) σε διαφανές διλογαριθμικό χαρτί σχηματίζοντας την πειραματική καμπύλη. Στη

συνέχεια το διαφανές χαρτί με την πειραματική καμπύλη τοποθετείται πάνω στο χαρτί με τις θεωρητικές καμπύλες (σχήμα 10), διατηρώντας τους άξονες των συντεταγμένων των γραφικών παραστάσεων σταθερούς, έτσι ώστε (με τις κατάλληλες κινήσεις) το πρώτο τμήμα της πειραματικής καμπύλης να ταυτιστεί με κάποια από τις θεωρητικές καμπύλες.



Σχήμα 15. Θεωρητικές καμπύλες για τον προσδιορισμό των χαρακτηριστικών των στρωμάτων (ρ και z). Ο σταυρός παριστάνει το σημείο αρχής των θεωρητικών καμπύλων

Κατά τη στιγμή της ταύτισης η αρχή των θεωρητικών καμπύλων, που στο σχήμα 10 παριστάνεται με ένα σταυρό, θα δείχνει στον άξονα των τεταγμένων του διαφανούς χαρτιού της πειραματικής καμπύλης την αντίσταση ρ_1 του πρώτου(επιφανειακού) στρώματος ενώ στον άξονα των τετμημένων το πάχος z_1 του ίδιου στρώματος. Με την ίδια διαδικασία προσδιορίζεται η αντίσταση ρ_2 και το πάχος z_2 του δεύτερου στρώματος, αλλά αυτή τη φορά γίνεται προσπάθεια ταύτισης του επόμενου τμήματος της πειραματικής καμπύλης με κάποια από τις θεωρητικές, όπου η αρχή των θεωρητικών καμπύλων (σταυρός) θα δείχνει τα χαρακτηριστικά (ρ_2 , z_2) του δεύτερου στρώματος.

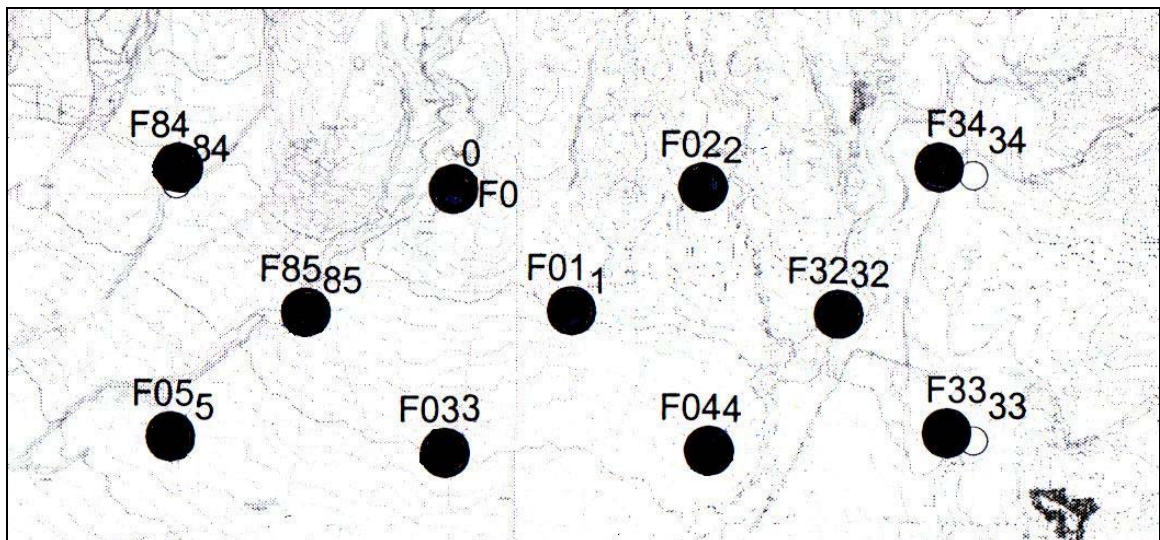
Με τον ίδιο ακριβώς τρόπο γίνεται η εξακρίβωση των τιμών των αντιστάσεων ρ_i και των παχών z_i των υπόλοιπων στρωμάτων έως ότου η πειραματική καμπύλη ακολουθήσει μία συνεχής ανοδική πορεία που μεταφράζεται σε συνάντηση του υποβάθρου της περιοχής.

4.ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ-ΕΡΜΗΝΕΙΑ

4.1ΧΑΡΤΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΘΕΣΕΩΝ ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΕΩΝ



Σχήμα 16. Χάρτης της περιοχής έρευνας με τις θέσεις των βυθοσκοπήσεων (με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι μετρήσεις της συγκεκριμένης γεωφυσικής μελέτης)



Σχήμα 17. Χάρτης με τις ονομασίες και τις θέσεις των μετρήσεων της γεωφυσικής έρευνας

4.2.ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ

Η μαθηματική ανάλυση για την ποσοτική ερμηνεία των μετρήσεων της φαινόμενης ειδικής αντίστασης έχει αναπτυχθεί για την εφαρμογή της στην περίπτωση της γεωηλεκτρικής βυθοσκόπησης. Η ερμηνεία αυτή γίνεται αρχικά με όχι πολύ ακριβείς γραφικές μεθόδους και τα αποτελέσματα, τα οποία προκύπτουν σχετικά εύκολα ενώ ο ερευνητής βρίσκεται ακόμα στο ύπαιθρο, χρησιμοποιούνται ως αρχικά στοιχεία για την εφαρμογή περισσότερο προχωρημένων μεθόδων διαδοχικών προσεγγίσεων με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Για τη πραγματοποίηση των μετρήσεων στο ύπαιθρο ο ερευνητής με τη βοήθεια των κατάλληλων οργάνων και συσκευών, οι οποίες προαναφέρθηκαν, παίρνει τις κατάλληλες μετρήσεις στην περιοχή έρευνας, διατηρώντας τα ηλεκτρόδια δυναμικού (MN/2) αρχικά σταθερά, σε απόσταση 10 μ. ενώ αργότερα η απόσταση αυτών αυξάνεται στα 40μ.(αναλογικά με την αύξηση της απόστασης των ηλεκτροδίων ρεύματος) και τα ηλεκτρόδια ρεύματος(AB/2) μετακινούνται σταδιακά σε προκαθορισμένες αποστάσεις (32, 40 ,50 ,64, 80, 100. 130, 160, 200, 250, 320, 400, 500 ,640μ.) ανάλογα με το βάθος συνάντησης του υποβάθρου.

Στη συνέχεια αφού μετρηθεί η φαινόμενη αντίσταση (ρ_a), ο ερευνητής χρησιμοποιεί τις τιμές ρ_a και $L=AB/2$, σχηματίζοντας μία πρόχειρη γραφική παράσταση σε διλογαριθμικό χαρτί, τοποθετώντας στον άξονα των ψ τις μετρήσεις της ρ_a και στον άξονα των χ τις τιμές της L . Αυτό γίνεται για κάθε θέση βυθοσκόπησης κάνοντας έτσι μία πρόχειρη εκτίμηση των αντιστάσεων και των βαθών των στρωμάτων που διαπιστώθηκαν. Για πιο ακριβή αποτελέσματα , στη συνέχεια , μεταφέρονται τα δεδομένα (ρ_a , L) σε διαφανές χαρτί όπου με τη βοήθεια των πρότυπων καμπύλων δύο ή περισσότερων στρωμάτων προσδιορίζονται τα πάχη και οι αντιστάσεις των στρωμάτων που βρέθηκαν.

Με τη βοήθεια του προγράμματος ipi2win μεταφέρονται τα ίδια ακριβώς στοιχεία (AB/2 και ρ_a από τις μετρήσεις υπαίθρου) στους πίνακες του προγράμματος, όπου, χρησιμοποιώντας το μοντέλο από πρότυπες που καθορίσαμε (εισάγοντας τα δεδομένα από πρότυπες) εξάγει τα αποτελέσματα που αφορούν τον αριθμό, τις αντιστάσεις, το πάχος και το βάθος των στρωμάτων στο σημείο μέτρησης. Στη συνέχεια ενώνοντας, με τη χρήση του ipi2win, δύο ή περισσότερα σημεία μετρήσεων μιας συγκεκριμένης τομής που θέλουμε να ερευνήσουμε, δημιουργείται η δισδιάστατη μορφή και η ψευδοτομή της συγκεκριμένης τομής.

Έπειτα με τη χρήση του προγράμματος surfer 8 και σε ειδικό φύλλο excel του προγράμματος , τοποθετούνται τα βάθη του υποβάθρου (τα οποία βρέθηκαν μέσω

του ipi2win), τα υψόμετρα και οι συντεταγμένες των σημείων μέτρησης, δημιουργώντας έτσι ένα χάρτη με το βάθος του υποβάθρου σε όλη την περιοχή έρευνας σε απόλυτο υψόμετρο.

Τέλος γίνεται η ερμηνεία των τομών με στόχο την εύρεση πιθανών ρηγμάτων και πιθανής υδροφορίας με τελικό σκοπό την πρόταση θέσεων γεωτρήσεων στον εκάστοτε ενδιαφερόμενο.

Παρακάτω απεικονίζονται οι τιμές της ρ_a , σε αντιστοιχία με τις αποστάσεις $AB/2$ (ηλεκτρόδιων ρεύματος) και $MN/2$ (ηλεκτροδίων δυναμικού), που μετρήθηκαν στο ύπαιθρο καθώς και τα επεξεργασμένα αποτελέσματα (μέσω του ipi2win), των γραφικών παραστάσεων (μεταξύ ρ_a και $L=AB/2$), των ειδικών αντιστάσεων ρ_i , των βαθών h_i και κατ' επέκταση των παχών d_i των στρωμάτων όπως επίσης και των βαθών συναντήσεως του υποβάθρου για κάθε βυθοσκόπηση που πραγματοποιήθηκε. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι χάρτες που αναπαριστούν το βάθος υποβάθρου σε απόλυτο υψόμετρο (surfer 8).

4.3.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

4.3.1. ΠΙΝΑΚΕΣ - ΚΑΜΠΥΛΕΣ

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 0

Περιοχή : Ανθεμούντας

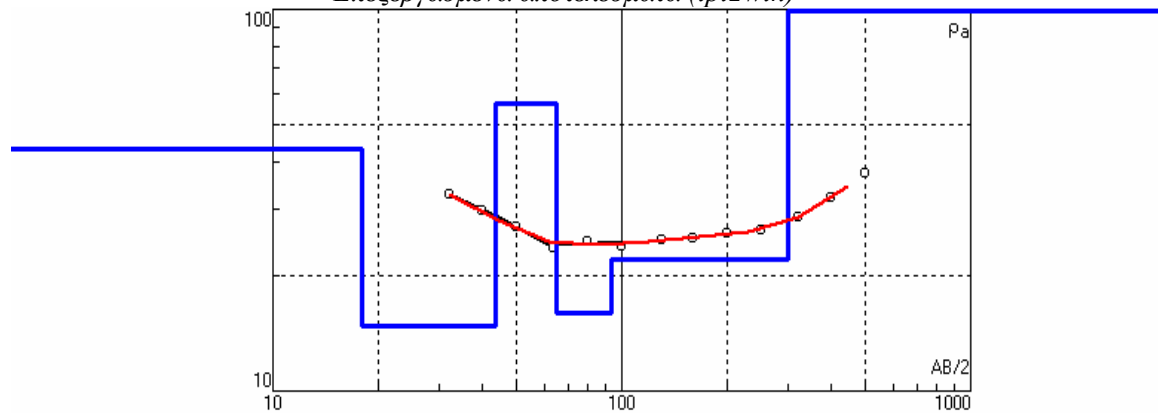
Υψόμετρο : 115

Συντεταγμένες θέσης : x : 424910 , y : 4485019

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	32.6
40	10	29.7
50	10	26.9
64	10	23.8
80	10	24.7
100	10	24
130	10	24.9
130	40	22.8
160	40	23
200	40	23.7
250	40	24.2
320	40	26.2
400	40	29.3
500	40	34.2

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipr2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	42.99	17.95	17.95	-17.95
2	14.77	25.52	43.47	-43.47
3	56.7	21.49	64.96	-64.96
4	16.05	28.03	92.99	-92.99
5	22.16	207.9	300.9	-300.89
6	1890			

Σφάλμα: 1.23%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση

h = πάχος σχηματισμού

d = βάθος

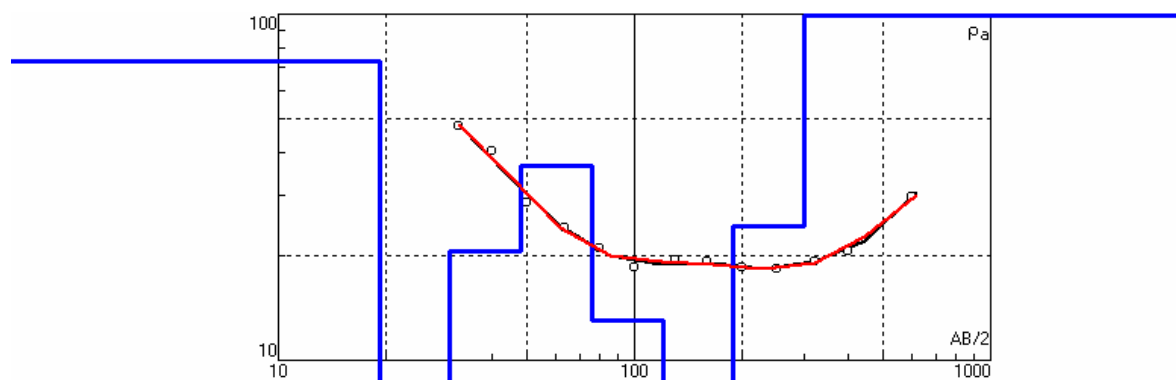
βάθος συνάντησης υποβάθρου : 300.9m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 1
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 102
 Συντεταγμένες θέσης : x : 425357 , y : 4484558

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	47.7
40	10	40.2
50	10	28.6
64	10	24.1
80	10	21.1
100	10	18.5
130	10	19.4
130	40	19.5
160	40	19.3
200	40	18.6
250	40	18.4
320	40	19.4
400	40	20.7
500	40	41.6
640	40	29.7

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipr2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	72.94	19.2	19.2	-19.2
2	6.68	11.16	30.36	-30.358
3	20.61	17.64	48	-48
4	36.52	27.89	75.89	-75.895
5	13.07	44.11	120	-120
6	7.732	69.74	189.7	-189.74
7	24.51	110.3	300	-300
8	1806			

Σφάλμα: 1.27%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

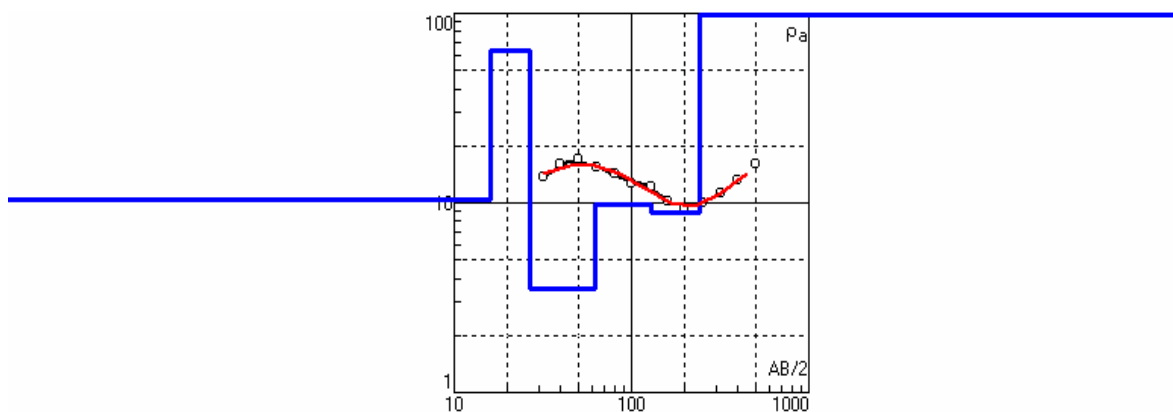
βάθος υποβάθρου : 300m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 2
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 133
 Συντεταγμένες θέσης : x : 425358 , y : 4485029

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	13.7
40	10	16
50	10	17
64	10	15.3
80	10	14.2
100	10	12.6
130	10	12.1
160	10	10.2
160	40	11.9
200	40	10.9
250	40	11.6
320	40	13.2
400	40	15.3
500	40	18.5

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipr2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	10.3	16	16	-16
2	63.8	10.9	26.9	-26.9
3	3.53	34.9	61.8	-61.8
4	9.76	67.2	129	-129
5	8.97	115	244	-244
6	753			

Σφάλμα: 3.44%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

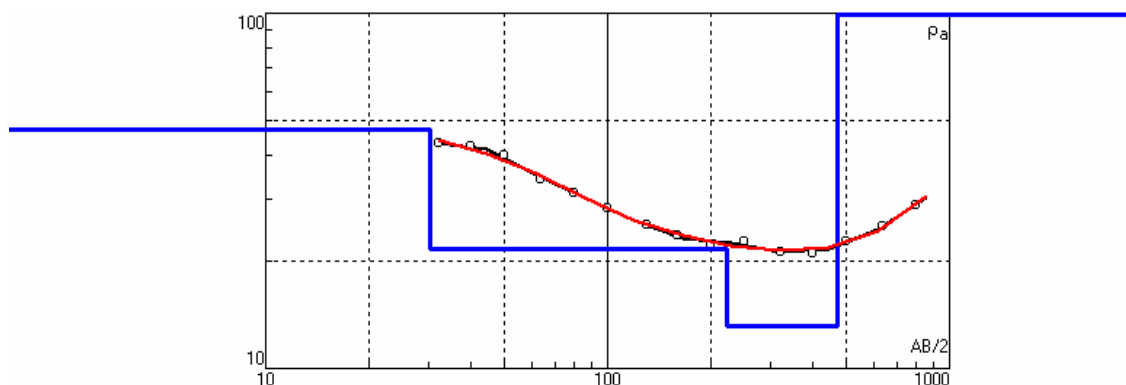
βάθος υποβάθρου : 244m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 3
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 89
 Συντεταγμένες θέσης : x : 424876 , y : 4484018

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	43
40	10	42.2
50	10	40
64	10	34.2
80	10	31.1
100	10	28.3
130	10	25.3
130	40	25.1
160	40	23.5
200	40	22
250	40	22.7
320	40	21.1
400	40	20.8
500	40	22.7
640	40	24.9
800	40	28.7

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipi2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	47.05	30.3	30.3	-30.298
2	21.7	194	224.3	-224.29
3	13.16	244.9	469.2	-469.18
4	1102			

Σφάλμα: 1.38%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

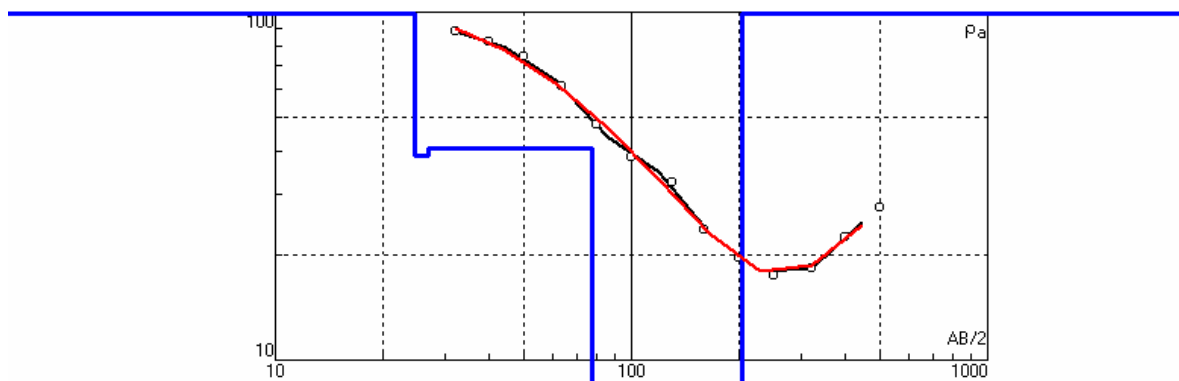
βάθος υποβάθρου : 469.2m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 4
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 88
 Συντεταγμένες θέσης : x : 425881 , y : 4484031

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	88
40	10	82.5
50	10	74.2
64	10	61
80	10	47.5
100	10	38.2
130	10	32.3
130	40	37.1
160	40	27.2
200	40	22.6
250	40	20
320	40	21.1
400	40	25.8
500	40	31.6

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipr2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	104	24.6	24.6	-24.57
2	38.8	2.4	27	-26.97
3	40.6	50.5	77.5	-77.49
4	7.68	127	204	-204.4
5	1352			

Σφάλμα: 2.84%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

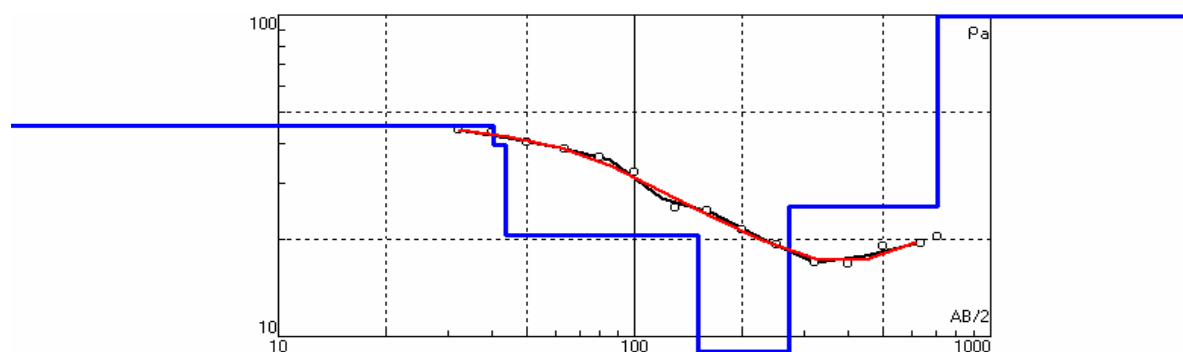
βάθος υποβάθρου : 204m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 5
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 70
 Συντεταγμένες θέσης : x : 433837 , y : 4484076

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	43.8
40	10	42.9
50	10	40.1
64	10	38.4
80	10	36.2
100	10	32.3
130	10	28.1
130	40	26.8
160	40	26.3
200	40	23
250	40	20.6
320	40	18.2
400	40	17.9
500	40	20.3
640	40	20.8
710	40	21.8

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipr2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	45.1	40.2	40.2	-40.2
2	39.5	3.33	43.5	-43.53
3	20.7	107	151	-150.5
4	8.99	122	273	-272.5
5	25.4	438	711	-710.5
6	1401			

Σφάλμα: 2.63%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

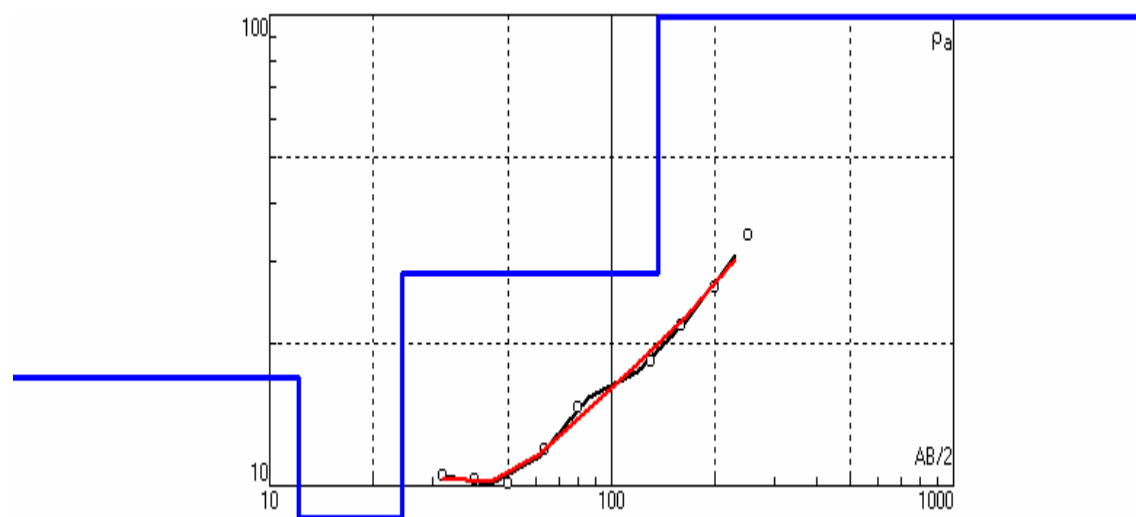
βάθος υποβάθρου : 711m

Συντεταγμένες θέσης : $x : 426368$, $y : 4484551$

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_{α} (Ω m)
32	10	10.5
40	10	10.3
50	10	10.1
64	10	11.9
80	10	14.7
130	10	18.3
130	40	14.5
160	40	17.4
200	40	21
250	40	27

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipri2win)

[illegible]

Σφάλμα:2.95%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση

h = πάχος σχηματισμού

d = βάθος

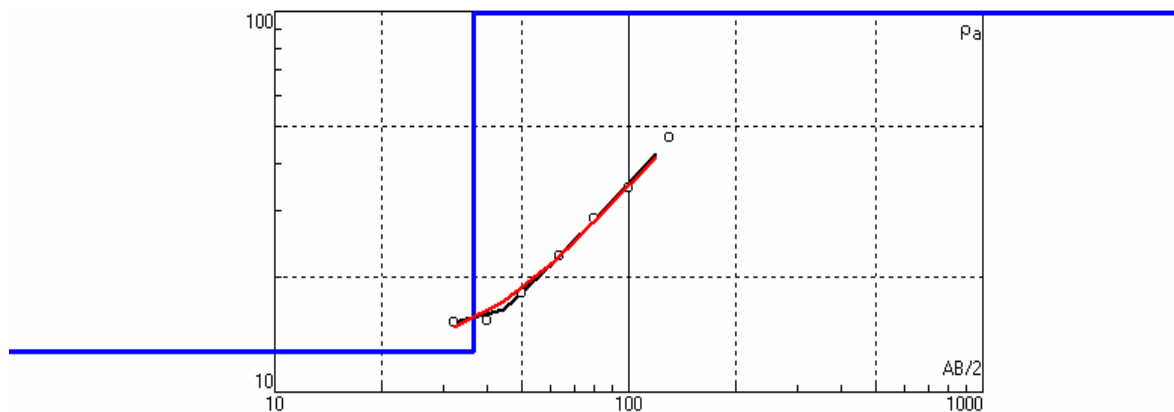
βάθος υποβάθρου : 136m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 33
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 108
 Συντεταγμένες θέσης : x : 426781 , y : 4484100

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	15.3
40	10	15.4
50	10	18.2
64	10	22.8
80	10	28.4
100	10	34.5
130	10	46.7

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipr2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	12.8	36.6	36.6	-36.55
2	5360			

Σφάλμα: 2.91%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

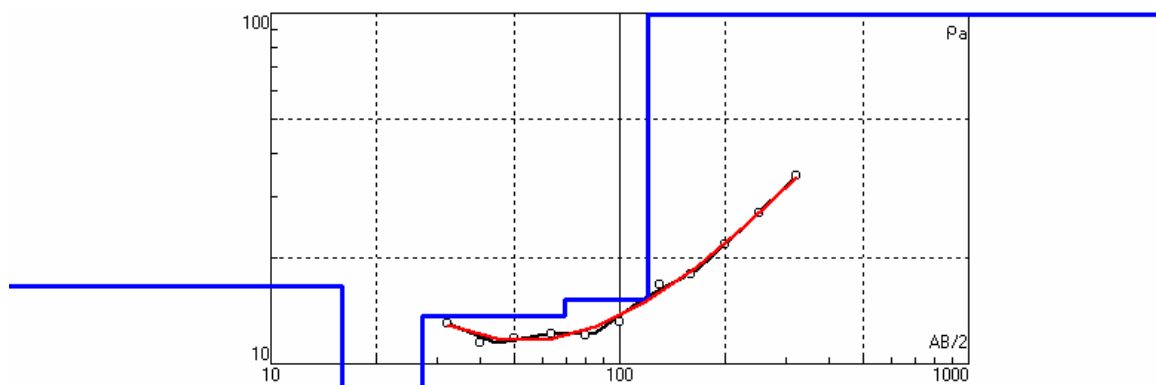
βάθος υποβάθρου : 36.6m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 34
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 136
 Συντεταγμένες θέσης : x : 426785 , y : 4485104

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	13
40	10	11.5
50	10	11.8
64	10	12.2
80	10	12.1
100	10	13.1
130	10	16.8
130	40	13.1
160	40	14.1
200	40	17.1
250	40	20.9
320	40	26.8

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipi2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	16.6	16	16	-16
2	5.98	11.3	27.3	-27.28
3	13.7	42	69.3	-69.28
4	15.2	50.7	120	-120
5	2649			

Σφάλμα: 2.6%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

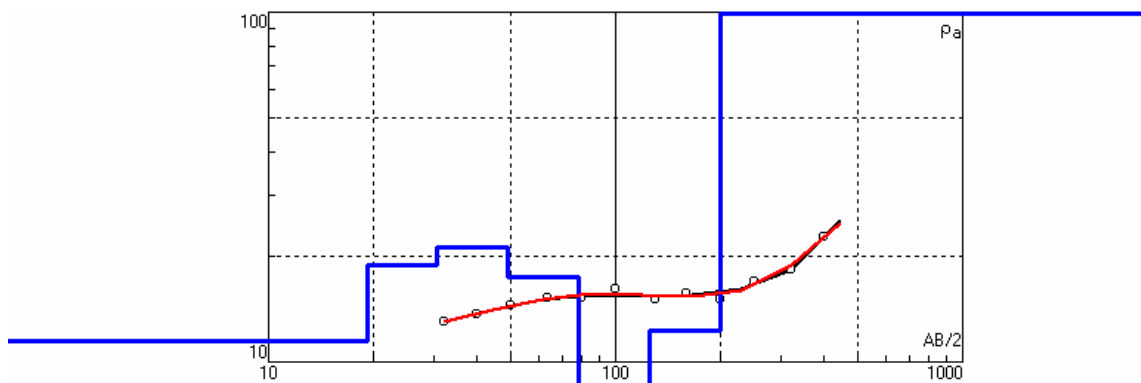
βάθος υποβάθρου : 120m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 84
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 96
 Συντεταγμένες θέσης : x : 423568 , y : 4485098

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	13
40	10	13.7
50	10	14.5
64	10	15.2
80	10	15.3
100	10	16.1
130	10	15.1
160	10	15.7
200	10	15.1
200	40	16.8
250	40	18.9
320	40	20
400	40	25.3

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ipi2win)



N	ρ	h	d	Alt
1	11.47	19.2	19.2	-19.2
2	18.96	11.48	30.68	-30.679
3	21.24	18.34	49.02	-49.022
4	17.54	29.31	78.33	-78.332
5	6.857	46.83	125.2	-125.17
6	12.27	74.83	200	-200
7	1909			

Σφάλμα: 1.28%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

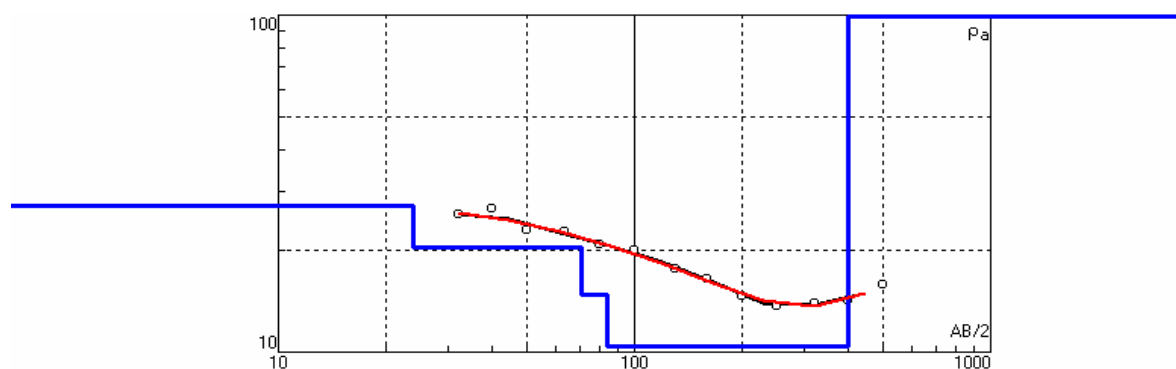
βάθος υποβάθρου : 200m

Αριθμός Γεωηλεκτρικής Βυθοσκόπησης : 85
 Περιοχή : Ανθεμούντας
 Υψόμετρο : 88
 Συντεταγμένες θέσης : x : 424382 , y : 4484550

Πίνακας μετρήσεων υπαίθρου

AB/2	MN/2	ρ_a (Ω m)
32	10	28.6
40	10	26.7
50	10	23
64	10	22.7
80	10	20.9
100	10	20
130	10	17.7
130	40	24.6
160	40	23
200	40	20.4
250	40	19.1
320	40	19.3
400	40	19.8
500	40	22

Επεξεργασμένα αποτελέσματα (ip2win)



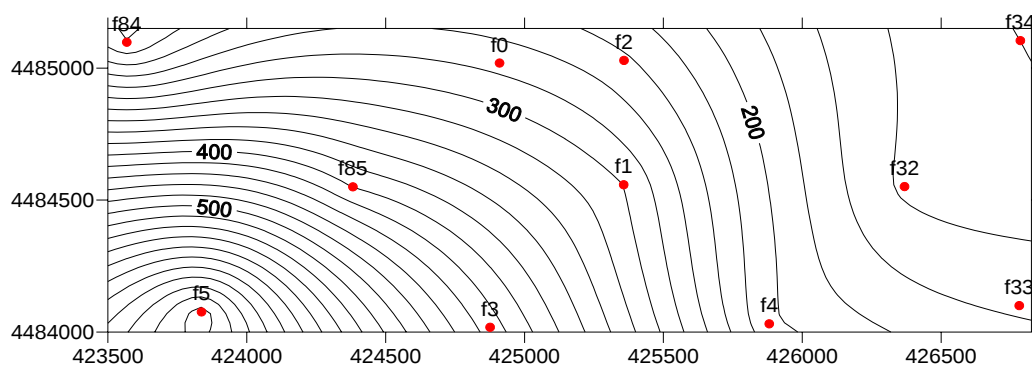
N	ρ	h	d	Alt
1	27.3	23.89	23.89	-23.89
2	20.44	46.83	70.72	-70.72
3	14.75	12.97	83.69	-83.69
4	10.45	315.3	399	-398.99
5	1020			

Σφάλμα: 1.09%

ρ = ειδική ηλεκτρική αντίσταση
 h = πάχος σχηματισμού
 d = βάθος

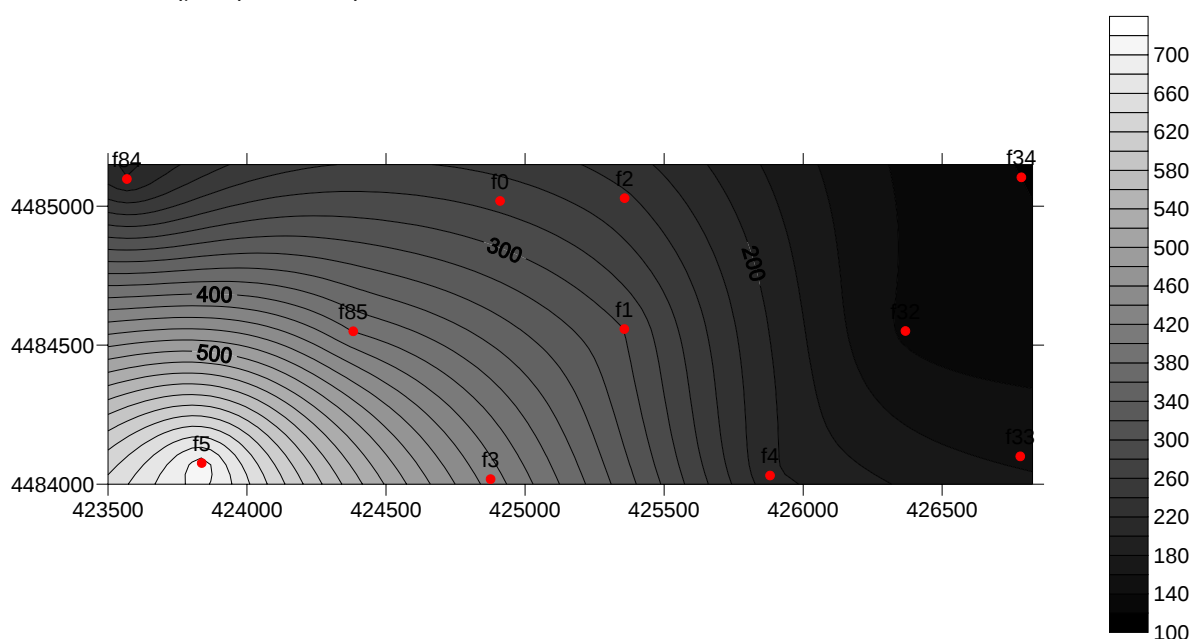
βάθος υποβάθρου : 399m

4.3.2. ΧΑΡΤΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΒΑΘΟΥΣ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ



Σχήμα 18. Χάρτης με τις ισοβαθείς του υποβάθρου (με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται τα σημεία των μετρήσεων)

● σημεία βυθοσκοπήσεων



Σχήμα 19. Χάρτης με τις ισοβαθείς του υποβάθρου σε κλίμακα του γκρι.

Οι δύο παραπάνω χάρτες προέκυψαν, όπως προαναφέρθηκε, με τη χρήση του προγράμματος *surfer 8*, αφού τοποθετήθηκαν σε ειδικό φύλλο *excel* του προγράμματος και στη συνέχεια δημιουργήθηκε ο κάνναβος των υπολογισμένων βαθών του υποβάθρου. Οι συντεταγμένες των θέσεων φαίνονται παρακάτω (πίνακας 3).

Πίνακας 3. Τρόπος αναγραφής συντεταγμένων και βαθών υποβάθρου για κάθε θέση βυθοσκοπήσης για την εξαγωγή χάρτη με το βάθος του υποβάθρου στην περιοχή έρευνας(surfer 8)

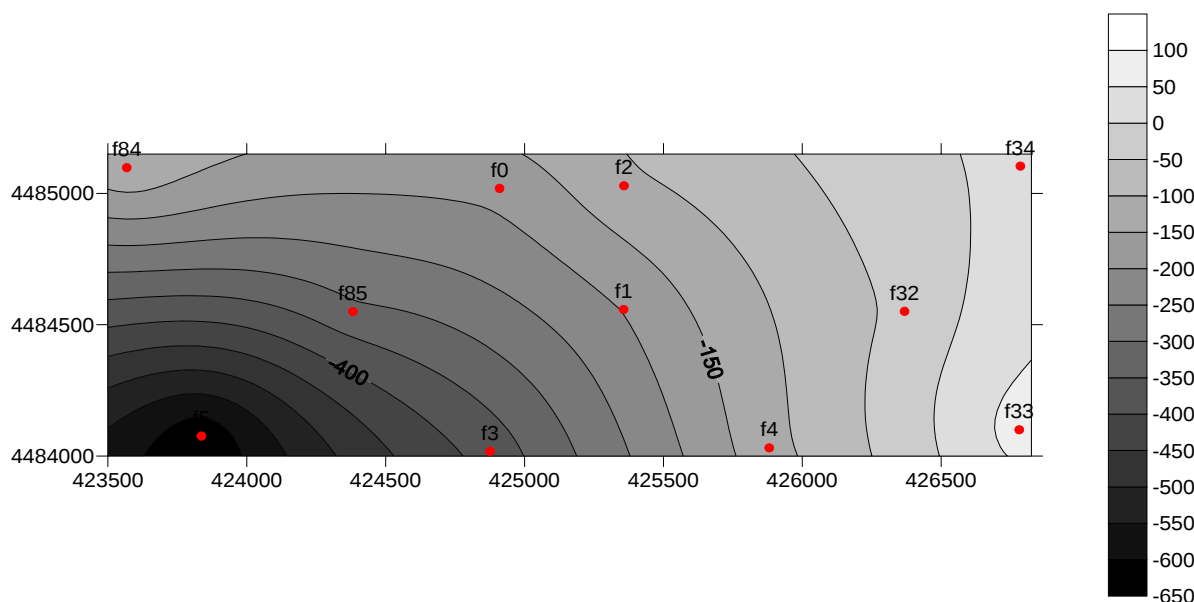
NAME	X	Y	d	f5	423837	4484076	711
f0	424910	4485019	300.9	f32	426368	4484551	136
f1	425357	4484558	300	f33	426781	4484100	36.6
f2	425358	4485029	244	f34	426785	4485104	120
f3	424876	4484018	469.2	f84	423568	4485098	200
f4	425881	4484031	204	f85	424382	4484550	399

Όπου X ,Y συντεταγμένες των θέσεων των βυθοσκοπήσεων και d το βάθος του υποβάθρου,
 $plot(x,y,d)$



Σχήμα 20. Χάρτης με τα βάθη του υποβάθρου σε απόλυτο υψόμετρο στην περιοχή έρευνας (με κόκκινο χρώμα απεικονίζονται οι θέσεις των βυθοσκοπήσεων)

• σημεία βυθοσκοπήσεων



Σχήμα 21. Χάρτης με τα βάθη του υποβάθρου σε απόλυτο υψόμετρο σε **κλίμακα του γκρι**.

Οι δύο παραπάνω χάρτες προήλθαν μέσω του surfer 8, από την αναγραφή σε φύλλο excel του προγράμματος και στη συνέχεια χρησιμοποίησή του για 'plot' των τιμών των συντεταγμένων και των βαθών του υποβάθρου σε απόλυτο υψόμετρο (depth) για κάθε θέση οι οποίες προκύπτουν από τη διαφορά μεταξύ του υψομέτρου h κάθε θέσης μέτρησης και του αντίστοιχου βάθους d του υποβάθρου στη συγκεκριμένη θέση.

NAME	X	Y	d	h	depth	f5	423837	4484076	711	70	-641
f0	424910	4485019	300,9	115	-185,9	f32	426368	4484551	136	96	-40
f1	425357	4484558	300	102	-198	f33	426781	4484100	36,6	108	71,4
f2	425358	4485029	244	133	-111	f34	426785	4485104	120	136	16
f3	424876	4484018	469,2	89	-380,2	f84	423568	4485098	200	96	-104
f4	425881	4484031	204	88	-116	f85	424382	4484550	399	88	-311

Πίνακας 4. Αναγραφή δεδομένων για τη δημιουργία χάρτη βάθους υποβάθρου σε απόλυτο υψόμετρο (surfer 8)

Plot (X , Y , depth)

5.ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑΣ

5.1.ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΤΙΜΩΝ ΕΙΔΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

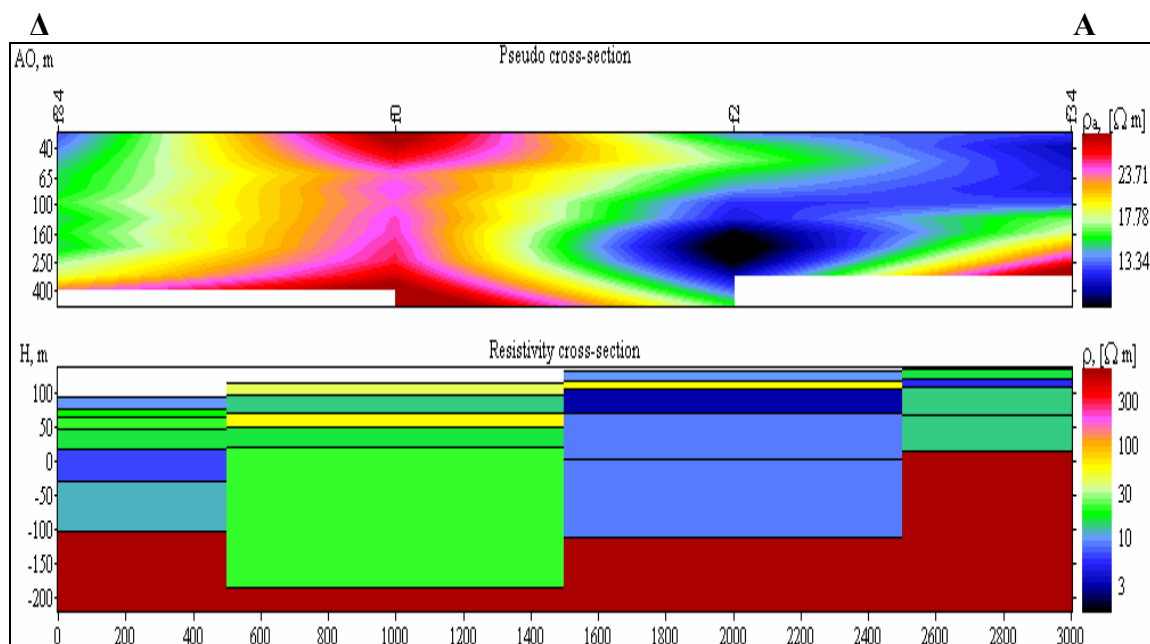
Από τη σύγκριση της στήλης της γεώτρησης (pra1) , η οποία βρίσκεται σε απόσταση 400μ. ΔΝΔ από τη θέση της βυθοσκόπησης f1, με τα βάθη των σχηματισμών (της συγκεκριμένης βυθοσκόπησης όπως αυτά προκύπτουν μέσω του ipi2win) καθώς και με τη βοήθεια των δισδιάστατων τομών που περνάνε από την θέση f1 προκύπτει ο παρακάτω πίνακας συσχέτισης τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης με λιθοστρωματογραφικές ενότητες.

***Πίνακας 5. Συσχέτιση τιμών ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης με
λιθοστρωματογραφικές ενότητες***

Ειδική ηλεκτρική αντίσταση ρ (Ω m)	Σχηματισμός	Χρωματική κλίμακα
0-10	Ερυθρή άργιλος	
10-30	Άργιλος με άμμο και χαλίκια	
30-40	Χαλίκια και κροκάλες	
40-80	Μαργαϊκοί σχηματισμοί	
80-150	Μανδύας αποσάθρωσης	
>150	Υπόβαθρο (σχηματισμός Γάββρου)	

5.2.ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΤΟΜΕΣ $\rho(\Omega m)$ ΚΑΙ ΨΕΥΔΟΤΟΜΕΣ $\rho_a(\Omega m)$ ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΕΩΝ

Βυθοσκοπήσεις : F84-F0-F2-F34

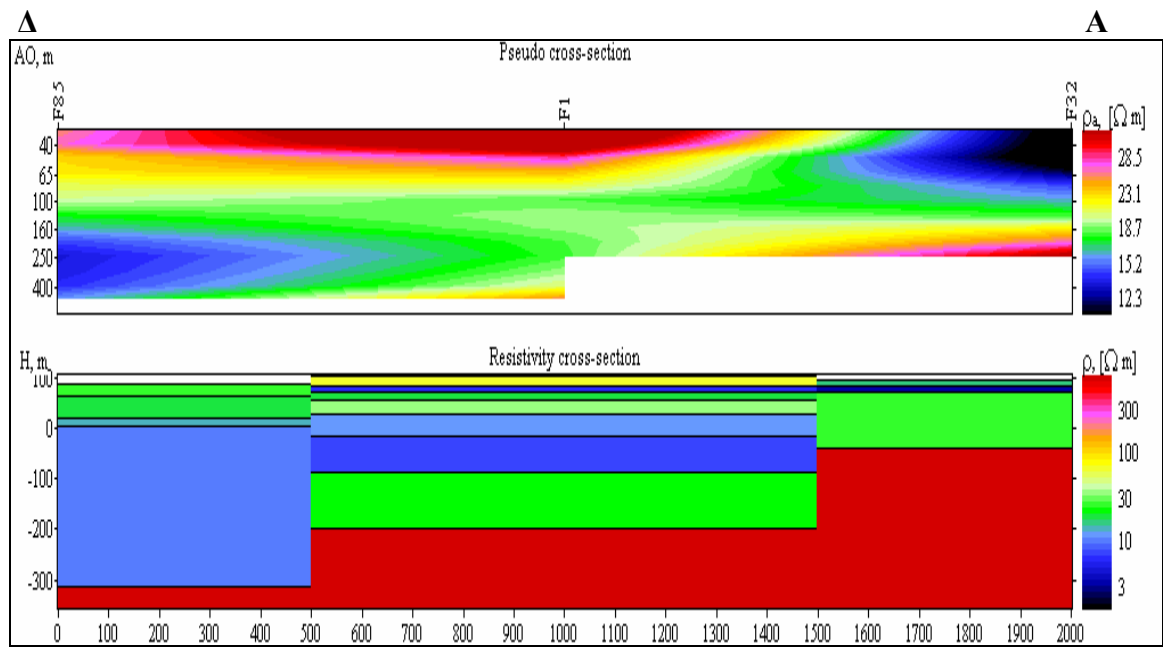


Σχήμα 22. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f84-f0-f2-f34

Η συγκεκριμένη τομή που περιλαμβάνει τις βυθοσκοπήσεις f84, f0, f2 και f34 πραγματοποιήθηκε κατά τη διεύθυνση Δ-Α με τις θέσεις των βυθοσκοπήσεων να απέχουν μεταξύ τους περίπου 1000μ.

Παρατηρείται ότι:

- στο δεξιό τμήμα της τομής υπάρχει μία απότομη σχετικά βύθιση του υποβάθρου από τα 16μ. περίπου στα -111μ. (της τάξεως των 127μ., σε απόλυτο υψόμετρο) προς τα δυτικά.
- στο αριστερό τμήμα της τομής και συγκεκριμένα στη θέση της βυθοσκόπησης f0, όπως φαίνεται και από την ψευδοτομή, υπάρχει σχηματισμός υψηλής αντίστασης που οφείλεται στο στρώμα μάργας – κροκάλων που φαίνεται να εναλλάσσεται με χαλίκια και κροκάλες και απεικονίζεται με κίτρινο χρώμα στην δισδιάστατη τομή. Το στρώμα αυτό παρατηρείται και πιο ανατολικά στην περιοχή της βυθοσκόπησης f2 σαφώς λεπτότερο.
- στο κάτω αριστερό μέρος της τομής (προς τα Δυτικά) και στην περιοχή μεταξύ 500μ-1500μ υπάρχει μία πτώση του υποβάθρου από τα -100μ στα -180μ περίπου, που πιθανόν να οφείλεται στη δράση ρηγμάτων, τα οποία δημιούργησαν μία τεκτονική τάφρο που μετέπειτα πληρώθηκε από ιζήματα μεγάλου πάχους (πράσινο χρώμα στην τομή).

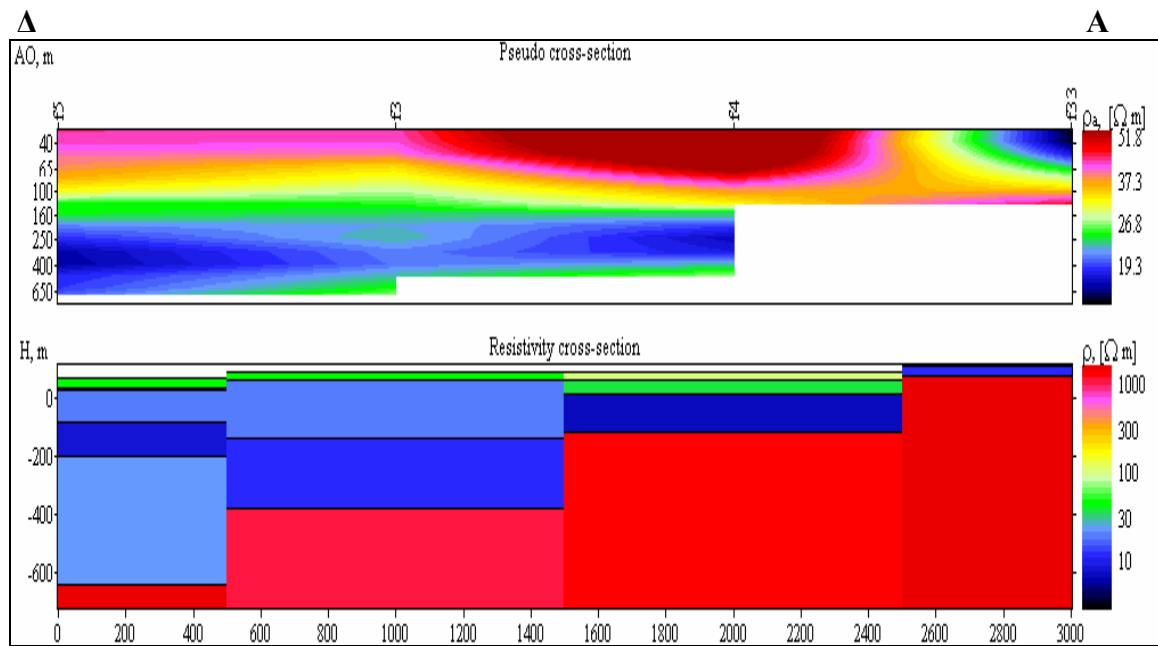


Σχήμα 23. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f85-f1-f32

Η συγκεκριμένη τομή, περιλαμβάνει τις βυθοσκοπήσεις f85, f1, και f32 και πραγματοποιήθηκε κατά τη διεύθυνση Δ-Α με τις θέσεις των βυθοσκοπήσεων να απέχουν μεταξύ τους περίπου 1000μ.

Παρατηρείται ότι:

- i) υπάρχει μία συνεχής βύθιση του υποβάθρου προ τα δυτικά.
- ii) στο κέντρο της τομής ,όπως φαίνεται και από την ψευδοτομή, υπάρχει σχηματισμός υψηλής αντίστασης ,που οφείλεται στο λεπτό επιφανειακό στρώμα μάργας-κροκάλων, το οποίο απεικονίζεται με κίτρινο χρώμα.
- iii) στην περιοχή μεταξύ των βυθοσκοπήσεων f1 και f32 υπάρχει μία πιο απότομη πτώση του υποβάθρου που πιθανόν να οφείλεται σε ρήγμα.

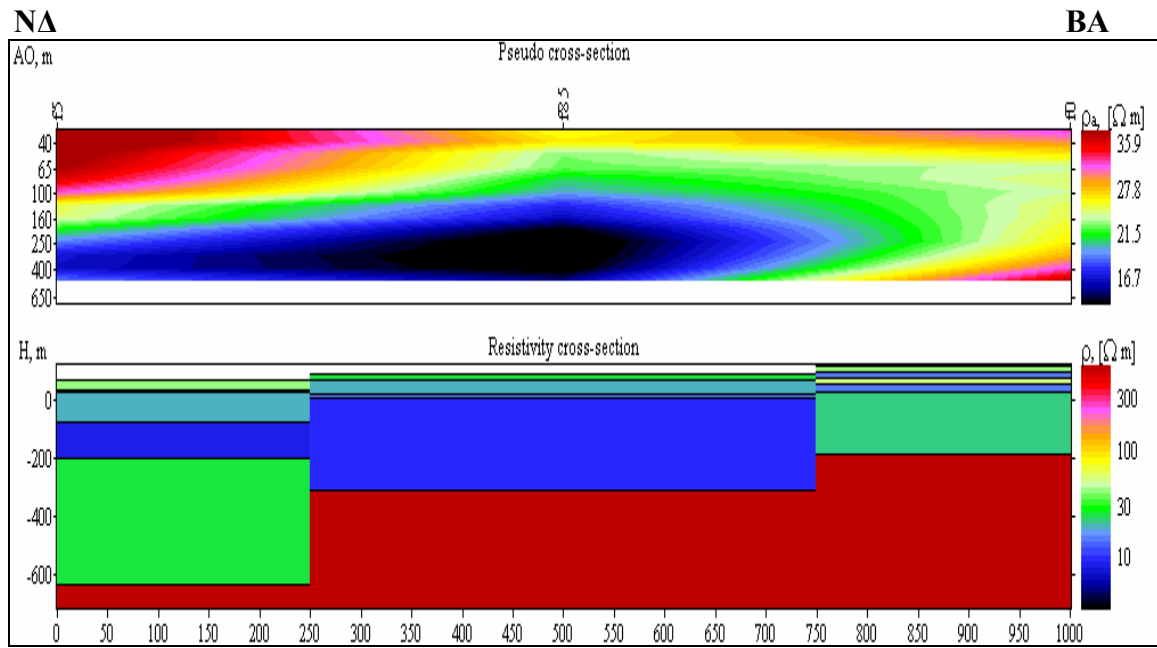


Σχήμα 24. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f5-f3-f4-f33

Η παραπάνω τομή, περιλαμβάνει τις βυθοσκοπήσεις f5, f3, f4 και f33 και πραγματοποιήθηκε κατά τη διεύθυνση Δ-Α με τις θέσεις των βυθοσκοπήσεων να απέχουν μεταξύ τους περίπου 1000μ.

Παρατηρείται ότι:

- i) υπάρχει μία συνεχής βύθιση του υποβάθρου προς τα δυτικά, ενώ η μεγάλη υψομετρική διαφορά (του υποβάθρου από το ανατολικό μέρος της τομής προς το δυτικό) που οφείλεται στη βύθιση αυτή, ίσως να υποδεικνύει τη δράση ρήγματος που πιθανόν να υδροφορεί μέσα στο σχηματισμό του υποβάθρου.
- ii) στην περιοχή της βυθοσκόπησης f4 (μεταξύ 1500μ.-2500μ.) υπάρχει σχηματισμός υψηλής αντίστασης (κόκκινο χρώμα στην ψευδοτομή) που είναι το επιφανειακό στρώμα μάργας-κροκάλων (κίτρινο χρώμα στην δισδιάστατη τομή).

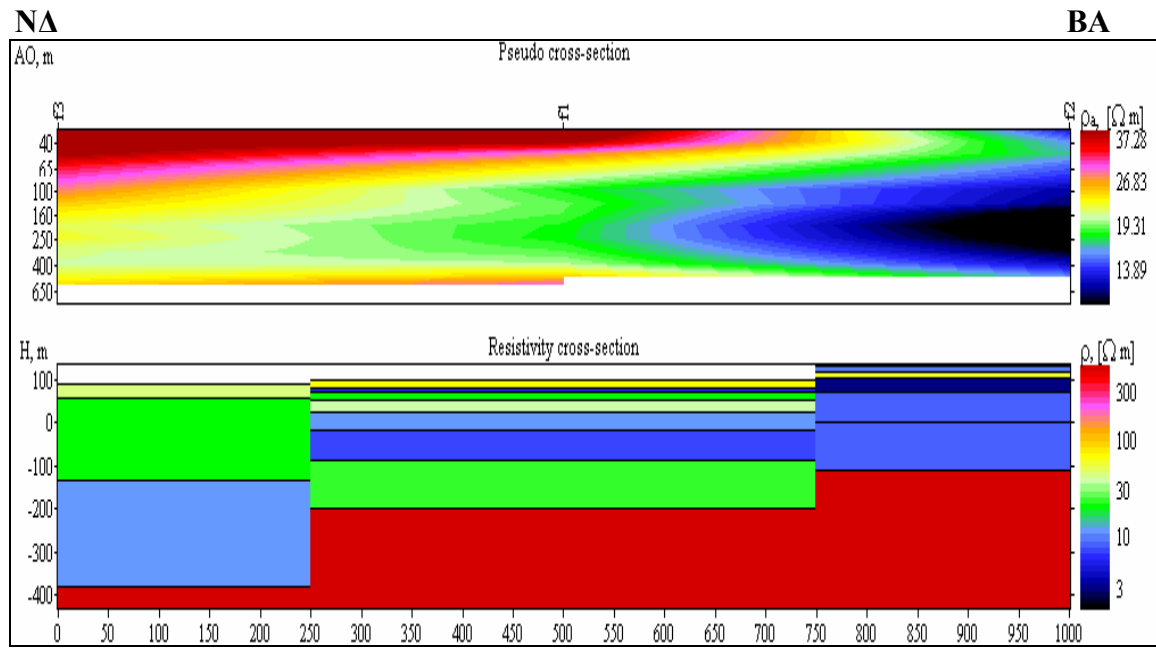


Σχήμα 25. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f5-f85-f0

Η απεικονίζουσα τομή, περιλαμβάνει τις βυθοσκοπήσεις f5, f85 και f0 και πραγματοποιήθηκε κατά τη διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ με τις θέσεις των βυθοσκοπήσεων να απέχουν μεταξύ τους περίπου 500μ.

Παρατηρείται ότι:

- i) το υπόβαθρο βυθίζεται προς τα ΝΔ.
- ii) κατά μήκος της τομής στην επιφάνεια επικρατούν σχηματισμοί χαμηλής αντίστασης εκτός από το πάνω δεξιό μέρος της τομής (ΒΑ), όπου εναλλάσσεται μαζί με τις αργίλους και τους αμμοχάλικες ένα λεπτό στρώμα μάργας με κροκάλες.
- iii) στη περιοχή μεταξύ των βυθοσκοπήσεων f5 και f85 υπάρχει μία πιο απότομη πτώση του υποβάθρου, ίσως από τη δράση κάποιου ρήγματος.

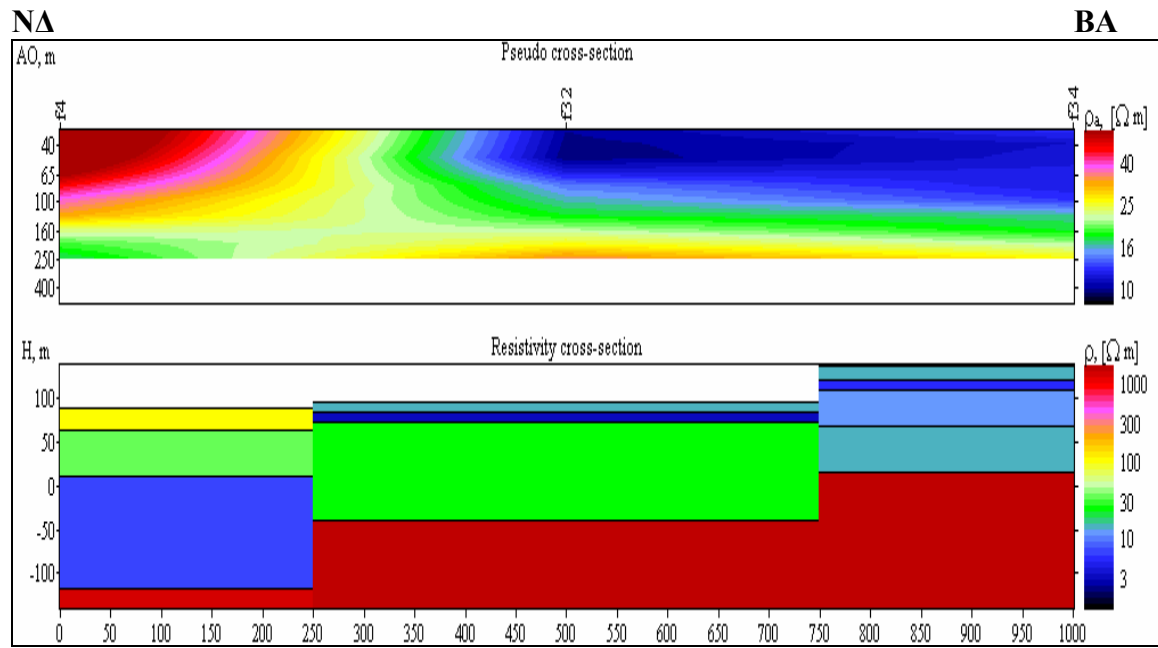


Σχήμα 26. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f3-f1-f2

Η παραπάνω εικόνα δείχνει την τομή που περιλαμβάνει τις βυθοσκοπήσεις f3, f1 και f2, η οποία πραγματοποιήθηκε κατά τη διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ με τις θέσεις των βυθοσκοπήσεων να απέχουν μεταξύ τους περίπου 500μ.

Παρατηρείται ότι:

- i) ο σχηματισμός του υποβάθρου βυθίζεται κατά την ΝΔ διεύθυνση.
- ii) στο υψηλότερο τμήμα της τομής και σε όλο το μήκος αυτής υπάρχει σχηματισμός υψηλής αντίστασης που αντιπροσωπεύεται από ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα μάργας σε εναλλαγή με κροκάλες.
- iii) στην περιοχή των βυθοσκοπήσεων f3-f1 υπάρχει μεγαλύτερη βύθιση του υποβάθρου από ότι στην περιοχή των f1-f2.

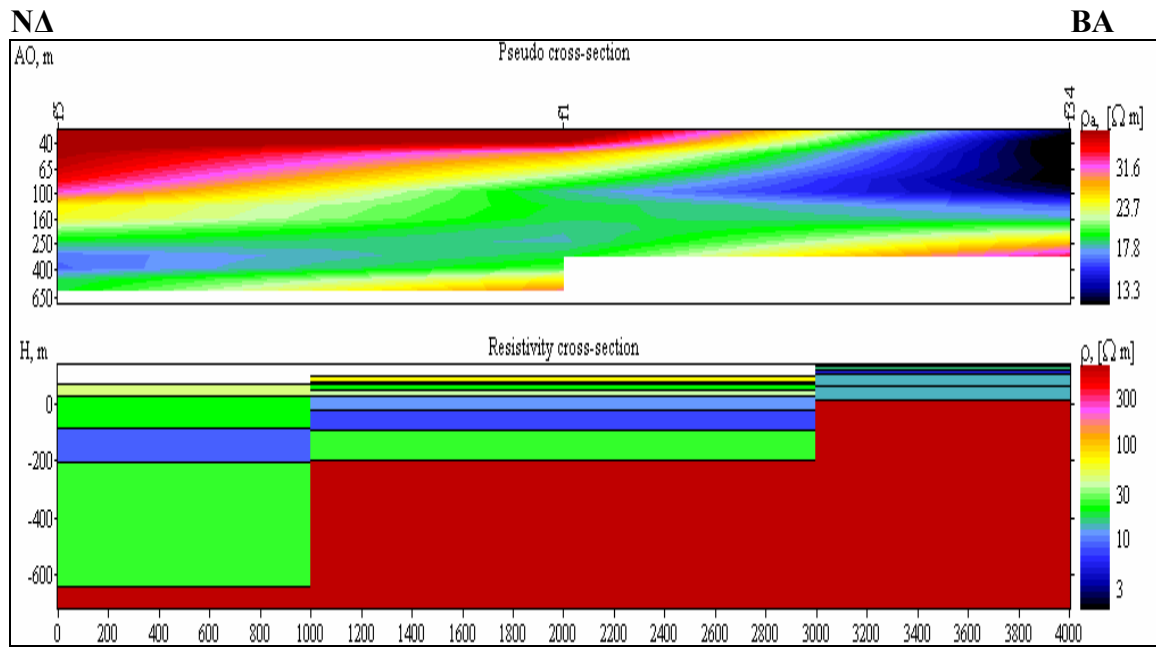


Σχήμα 27. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f4-f32-f34

Παραπάνω απεικονίζεται η τομή που αφορά τις βυθοσκοπήσεις f4, f32 και f34 η οποία πραγματοποιήθηκε κατά την ΝΔ-ΒΑ διεύθυνση με τα σημεία των βυθοσκοπήσεων να απέχουν μεταξύ τους περίπου 500μ.

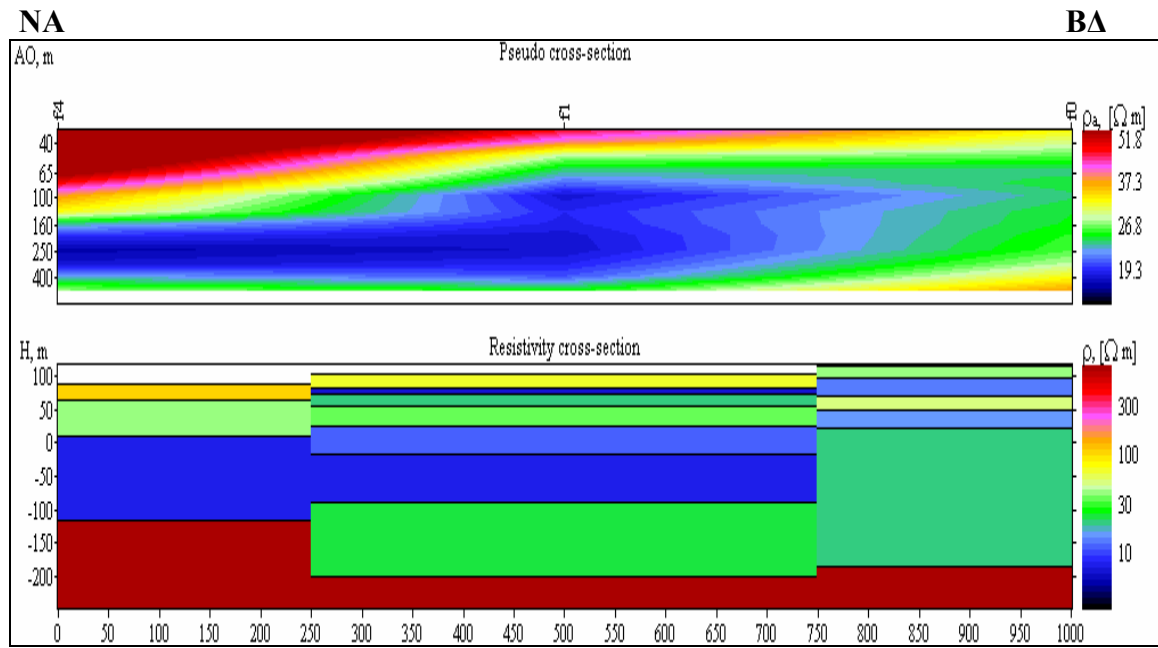
Παρατηρείται ότι:

- i) το υπόβαθρο βυθίζεται προς την ΝΔ διεύθυνση
- ii) στο πάνω αριστερό τμήμα της τομής (ΝΔ) υπάρχει επιφανειακό στρώμα μάργας με κροκάλες (σχηματισμός υψηλής αντίστασης) σημαντικού πάχους ενώ κατά μήκος της τομής προς τα ΒΑ επικρατούν άμμοι, χαλίκια και άργιλοι σε εναλλαγές (σχηματισμοί χαμηλής αντίστασης).



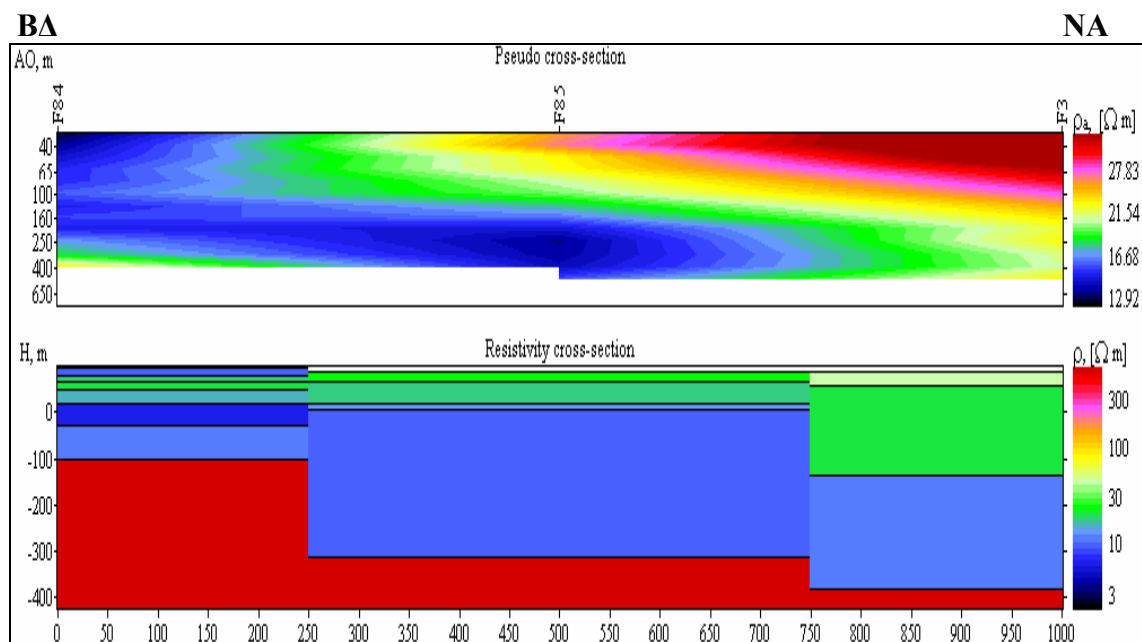
Σχήμα 28. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f5-f1-f34

Στις δύο παραπάνω εικόνες του σχήματος 28 απεικονίζεται μια γενικότερη τομή και ψευδοτομή κατά τη διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ , με τα σημεία των βυθοσκοπήσεων να απέχουν μεταξύ τους απόσταση 2000μ., όπου επιβεβαιώνεται, όπως και στις προηγούμενες τομές της ίδιας διεύθυνσης , η βύθιση του υποβάθρου προς τα ΝΔ. Επίσης παρατηρείται στο κέντρο της τομής ένα λεπτό επιφανειακό στρώμα κροκάλων-μάργας, το οποίο υπέρκειται των άμμων-χαλικιών και της ερυθρής αργίλου. Είναι δυνατό οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές μεταξύ του υποβάθρου να οφείλονται σε κάποιο ρήγμα.



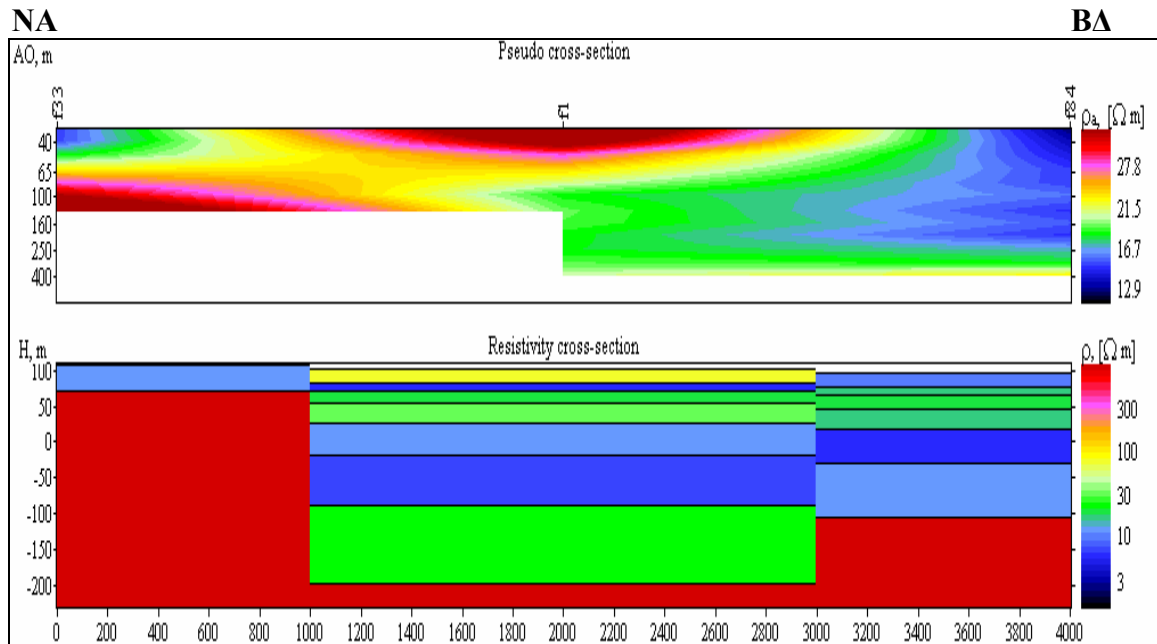
Σχήμα 29. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f4-f1-f0

Η παραπάνω τομή έχει διεύθυνση NA-BΔ με την απόσταση των θέσεων των βυθοσκοπήσεων να είναι 500μ. Εδώ παρατηρείται πως το υπόβαθρο από τα NA (αριστερά της τομής) καθώς προχωρούμε προ τα ΒΔ παρουσιάζει μία βύθιση της τάξης των 80μ. περίπου ενώ ακόμη πιο ΒΔ (δεξιό τμήμα τομής) ανεβαίνει κατά 10μ. περίπου. Το μικρό αυτό βύθισμα που δημιουργείται καλύπτεται από ιζήματα. Επίσης φαίνεται ότι στα υψομετρικά υψηλότερα τμήματα της τομής και σε όλο το μήκος αυτής μαζί με τα υπόλοιπα ιζήματα εναλλάσσονται μαργαϊκοί σχηματισμοί.



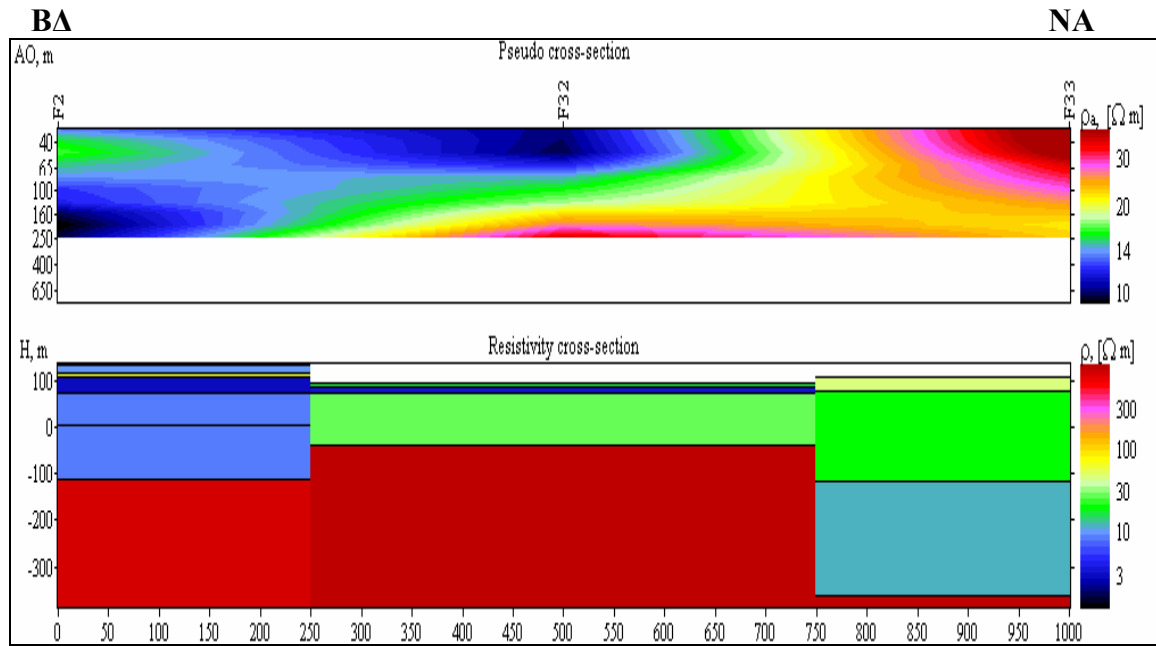
Σχήμα 30. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f84-f85-f3

Η παραπάνω τομή είναι διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και παρατηρείται πως στο αριστερό μέρος αυτής (ΒΔ), στην περιοχή μεταξύ των βυθοσκοπήσεων f84-f85, υπάρχει μία απότομη βύθιση του υποβάθρου προς τα ΝΑ σε σχέση με αυτή στο δεξιό μέρος (ΝΑ), στην περιοχή μεταξύ των βυθοσκοπήσεων f85-f3. Επίσης στο ΝΑ μέρος της τομής παρατηρείται ένα επιφανειακό στρώμα μάργας ενώ στον υπόλοιπο 'χώρο' της τομής 'κυριαρχούν' εναλλαγές χερσαίων και θαλάσσιων ιζημάτων (χαλίκια – κροκάλες – άμμοι – άργιλοι).



Σχήμα 31. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f33-f1-f84

Η τομή αυτή είναι ίδιας διεύθυνσης με την προηγούμενη (NA-BΔ) αλλά μεγαλύτερης έκτασης καθώς τα σημεία των βυθοσκοπήσεων από τα οποία περνάει απέχουν μεταξύ τους 2km. Εδώ φαίνεται μία απότομη και μεγάλη σε ύψος (250μ.) βύθιση του υποβάθρου, στο αριστερό μέρος της τομής και καθώς οδεύουμε προς τα ΒΔ, ενώ ακόμη πιο ΒΔ (στο δεξιό τμήμα της τομής), παρατηρείται μία άνοδος αυτού κατά 94μ.. Η λεκάνη η οποία δημιουργείται εμφανίζεται πληρωμένη με τριτογενή και τεταρτογενή ιζήματα. Στο κεντρικό τμήμα της τομής και στην περιοχή της βυθοσκόπησης 1 παρατηρείται ένας επιφανειακός μαργαϊκός σχηματισμός υψηλής αντίστασης.



Σχήμα 32. Ψευδοτομή και δισδιάστατη τομή των βυθοσκοπήσεων f2-f32-f33

Παραπάνω απεικονίζεται η τομή που περνάει από τις βυθοσκοπήσεις f2-f32-f33 και η οποία είναι διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ με τα σημεία των μετρήσεων να απέχουν 500μ.. Από το ΒΔ μέρος της τομής και με κατεύθυνση προς τα ΝΑ, αρχικά παρατηρείται μία μικρή άνοδος του υποβάθρου της τάξης των 70μ. και στη συνέχεια νοτιοανατολικότερα μία απότομη βύθιση αυτού που προφανώς οφείλεται σε κάποιο ρήγμα που πιθανότατα υδροφορεί. Στο ΒΔ τμήμα της τομής υπάρχει ένα επιφανειακό μικρού πάχους στρώμα υψηλής αντίστασης, πιθανότατα μάργας, ενώ στο ΝΑ τμήμα της υπάρχει ανάλογος σχηματισμός μεγαλύτερου πάχους. Στο υπόλοιπο μέρος της τομής κυριαρχούν τα ιζήματα.

6.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

6.1.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα στοιχεία της έρευνας συμπεραίνονται τα εξής:

- εντοπίζεται μια τεκτονική ζώνη με γενική διεύθυνση Δ-Α η οποία διακλαδίζεται σε δύο κλάδους ρηγμάτων: i) έναν ΔΝΔ-ΑΒΑ διεύθυνσης και ii) έναν ΑΝΑ-ΔΒΔ διεύθυνσης με πιθανότητες υδροφορίας.

- συμπεραίνεται η ύπαρξη τεκτονικής ζώνης (ρήγματος), διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ η οποία τέμνεται με τον παραπάνω, ΑΝΑ-ΔΒΔ διεύθυνσης κλάδο με μεγάλες πιθανότητες υδροφορίας.

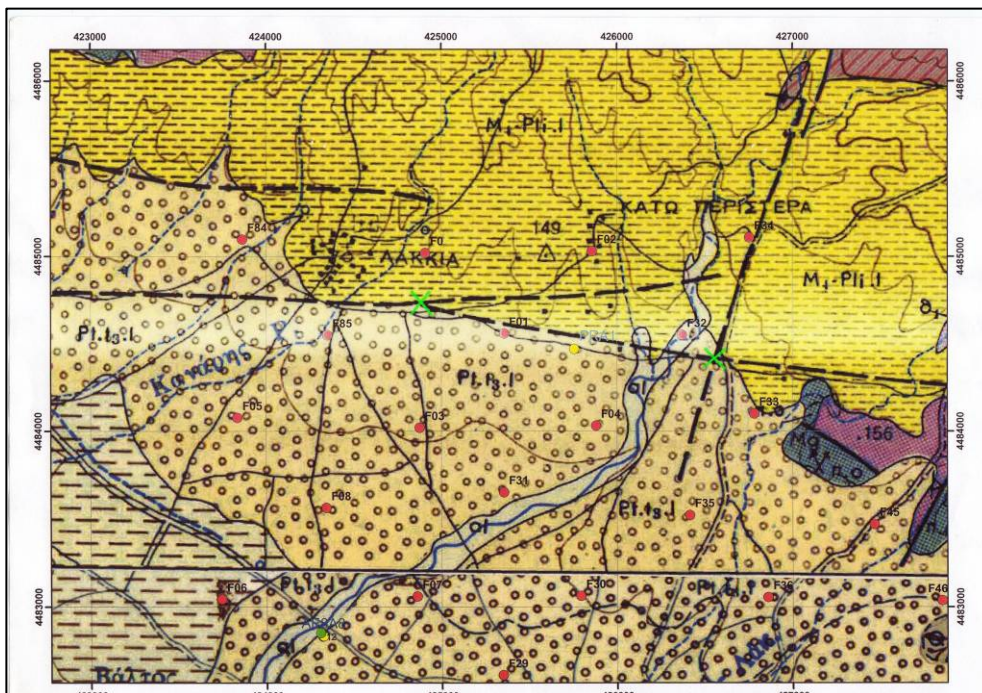
Συνήθως τα ρήγματα, που διαμορφώνουν το ανάγλυφο μιας περιοχής, αποτελούν πιθανούς διόδους διέλευσης νερού και ειδικότερα οι ζώνες διασταύρωσης ρηγμάτων συγκεντρώνουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες υδροφορίας. Για το λόγο αυτό αποτελούν μελλοντικούς στόχους διάνοιξης ερευνητικών γεωτρήσεων για τον εντοπισμό υδροφορίας.

Οι θέσεις των τεκτονικών ζωνών – ρηγμάτων παρουσιάζονται στον παρακάτω χάρτη.

6.2.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τα παραπάνω συμπεράσματα καθώς και με τη βοήθεια του γεωλογικού χάρτη της περιοχής παρατηρούμε ότι τα δύο πιθανά ρήγματα (ΒΒΑ-ΝΝΔ και ΑΝΑ-ΔΒΔ διεύθυνσης) τέμνονται 300 μ. ΝΑ της θέσης F32 όπου και προτείνεται η διάνοιξη ερευνητικής γεώτρησης για τον εντοπισμό υδροφορίας.

Άλλη μια πιθανή θέση υδροφορίας είναι στο σημείο: 400μ. ΒΔ της F1 όπου υπάρχει ‘συνάντηση’ τεκτονικών ζωνών και επομένως μεγαλύτερη πιθανότητα υδροφορίας.



Σχήμα 33. Χάρτης απεικόνισης πιθανών τεκτονικών ζωνών(στικτές γραμμές)



προτεινόμενες θέσεις γεωτρήσεων

7.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Παπαζάχος Κ. Β. - Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Γεωφυσική , Εκδόσεις Ζήτη 1996
- Tranos M.D., Meladiotis I.D & Tsolakopoulos E.P. - Geometrical Characteristics, scaling properties and seismic behavior of the faulting of the Chortiatis region and Anthemountas basin (Northern Greece) April 2004
- Fikos I. , Ziankas G. , Pavlidou E. , Famellos S. - Water Resources in Anthemountas River Basin Self – Actualization & Prospects According to WFD. (development Agency of Eastern Thessaloniki S.A. Thermi , Thessaloniki)
- Β.Παπαλιούρας, Ευάγγελος Γουμενίδης - Αρδευτική Γεώτρηση Περιστεράς (Κάμπος), Θεσ/νίκη 5-5-1987
- Αντωνιάδης Ιωάννης, Καραγιάννης Νικόλαος - Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της Κοιλιάδας Ανθεμούντα, Θεσ/νίκη 1988