

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ Ο.Τ.Α. ΜΕΙΖΟΝΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΜΕΛΕΤΗ Χ.Υ.Τ.Α. ΒΔ ΝΟΜΟΥ ΘΕΣ/ΝΙΚΗΣ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ

ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΤΕΥΧΟΣ 2.1.

ΣΕΙΡΑ 6

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ : ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ Α.Ε.

ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΑΝΑΤΟΛΙΚΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ:

ΝΑΓΚΟΥΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΣΥΝΤΑΧΘΗΚΕ

ΝΑΓΚΟΥΛΗΣ Ν. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ Α.Π.Θ.
Κ.ΝΤΟΓΡΑ 15 - ΤΗΛ: 904.048
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΑΦΜ: 031.740.740.Υ. ΤΟΥΜΠΑΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΑΔΟΧΟ

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ Α.Ε.

Σ. ΦΑΜΕΛΛΟΣ
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗΣ ΟΜΑΔΑΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΕΛΕΓΧΘΗΚΕ

ΑΓΑΠΕΜΝΟΝ ΚΟΥΚΟΥΖΙΚΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΘΕΩΡΗΘΗΚΕ

ΘΕΣΣΟΥ
Πρόεδρος

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ :

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	3
2.1 Γεωλογικά Στοιχεία της ευρύτερης περιοχής	3
2.2 Γεωλογικά στοιχεία περιοχής έργου	6
2.3 Αποσάθρωση	8
2.4 Τεκτονική	9
2.4.1 Νεοτεκτονικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής.....	10
2.4.2 Νεοτεκτονικά στοιχεία περιοχής μελέτης	13
2.4.3 Μικροτεκτονική	14
2.5 Σεισμικότητα – Σεισμική Επικινδυνότητα	17
3 ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	25
3.1 Γεωηλεκτρική έρευνα.....	25
3.1.1 Περιγραφή της μεθόδου ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης	25
3.1.2 Προγραμματισμός γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων	27
3.1.3 Ερμηνεία-Αξιολόγηση γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων	27
3.2 Ηλεκτρομαγνητική έρευνα VLF	34
3.2.1 Περιγραφή μεθόδου VLF	34
3.2.2 Μετρήσεις VLF	35
4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	54
4.1 Υδρογεωλογικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής.....	54
4.2 Επιφανειακά Νερά	56
4.2.1 Υδρογραφικό δίκτυο.....	56
4.2.2 Υδρογραφικό δίκτυο στην εξεταζόμενη περιοχή	58
4.2.2.1 Παράμετροι Υδρογραφικού Δικτύου.....	59
4.2.2.2 Παράμετροι της Λεκάνης απορροής.....	59
4.2.3 Μορφολογικά στοιχεία της εξεταζόμενης περιοχής.....	64
4.3 Υδρολογικό ισοζύγιο.....	67
4.3.1 Υδρολογικό ισοζύγιο Μυγδονίας Λεκάνης.....	67
4.3.2 Υδρολογικό ισοζύγιο της εξεταζόμενης περιοχής.....	67
4.3.3 Υπολογισμός του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής	69
4.4 Γεωτρήσεις – Εκσκαφές.....	74
4.4.1 Γενικά	74
4.4.2 Γεωτρήσεις	74
4.4.3 Εκσκαφές	75
4.5 Υπόγεια Νερά	80
4.5.1 Υδατικό ισοζύγιο λεκάνης Κορώνειας.....	80
4.5.2 Χρήση – Εκμετάλλευση υπόγειων Νερών	80
4.6 Υδρολιθολογία.....	84
4.7 Περιγραφή υδροφορέα	85
4.7.1 Πάχος και πιεζομετρική επιφάνεια.....	85
4.7.2 Υδραυλικοί Παράμετροι.....	86
4.7.2.1 Περαιτότητα	86
4.7.2.2 Ταχύτητα ροής	88
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	89
6 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	93
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωλογική – υδρογεωλογική – γεωφυσική μελέτη αποτελεί το αρχικό τμήμα της μελέτης του νέου Χ.Υ.Τ. Βορειοδυτικού Νομού Θεσσαλονίκης, και ιδιαίτερα της Μελέτης Προέγκρισης Χωροθέτησης. Το σύνολο του έργου προετοιμασίας των απαραίτητων μελετών για την δημοπρασία του έργου Χ.Υ.Τ. ΒΔ Ν. Θεσ/νίκης ανατέθηκαν από τον Σύνδεσμο ΟΤΑ Μείζονος Θεσσαλονίκης στην ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ Α.Ε. Συντάχθηκε με βάση τις οριζόμενες προδιαγραφές της ΚΥΑ 113944/97 και ειδικότερα τις παραγράφους 2.1.13.1 και 2.1.13.2 που αναφέρονται στις ειδικές απαιτήσεις των Χ.Υ.Τ.Α.

Το αντικείμενο της μελέτης διαπραγματεύεται :

- την πλήρη γεωλογική χαρτογράφηση του προτεινόμενου χώρου για ΧΥΤΑ.
- την τεκτονική και μικροτεκτονική ανάλυση της περιοχής
- την γεωφυσική έρευνα
- τα υδρογεωλογικά και υδρολογικά στοιχεία της περιοχής

Για την τεκμηρίωση του γεωλογικού και υδρογεωλογικού καθεστώτος στην υπό εξέταση περιοχή κατασκευάστηκαν τέσσερες ερευνητικές – δειγματοληπτικές γεωτρήσεις από την εργολήπτη Β. Μπαλιάκα Γεωλόγο – Αγρονόμο Τοπογράφο Μηχανικό. Η επεξεργασία των στοιχείων από τις επιτόπου δοκιμές καθώς και οι εργαστηριακές εδαφομηχανικές δοκιμές έγιναν από την ΓΕΩΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ Α.Τ.Ε.

Οι εργασίες υπαίθρου έγιναν τον Νοέμβριο και Δεκέμβριο του 2000.

Για την σύνταξη του τεύχους της μελέτης συνεργάστηκαν οι:

Ναγκούλης Αθανάσιος Γεωλόγος – Περιβατολόγος Μελετητής με
(Α.Μ. 6939 20B & 27B) ως συντονιστής και υπεύθυνος των γεωλογικών εργασιών)

και

Βαργεμέζης Γεώργιος	Δρ. Γεωλόγος – Γεωφυσικός ✓
Φίκος Ηλίας	Γεωλόγος – M.Sc Γεωφυσικός ✓
Λουπασάκης Κων/νος	Γεωλόγος - M.Sc Τεχνική Γεωλογία ✓
Χατζηπέτρου Αλέξης	Δρ. Γεωλόγος – Μικροτεκτονικός ✓

οι οποίοι συμμετείχαν σε επιμέρους ερευνητικές εργασίες της γεωλογικής – υδρογεωλογικής και γεωφυσικής μελέτης.

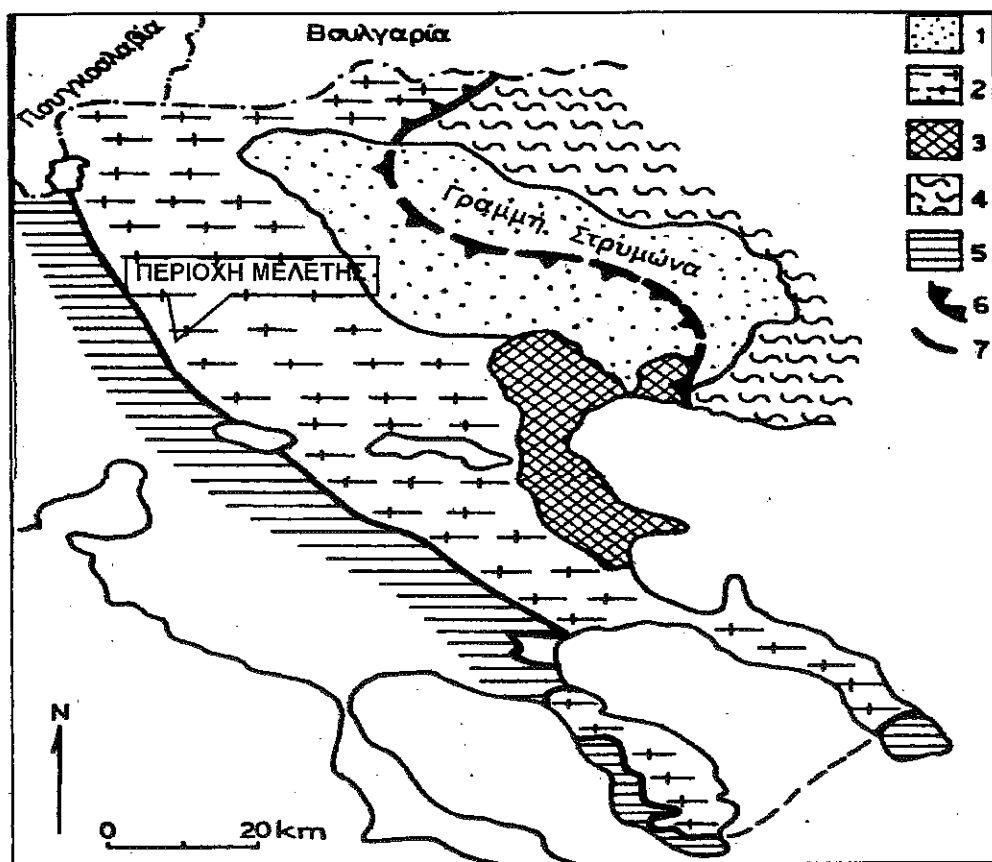
2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

2.1 Γεωλογικά Στοιχεία της ευρύτερης περιοχής

Η περιοχή μελέτης γεωτεκτονικά ανήκει στη Σερβομακεδονική ζώνη, κοντά στο δυτικό όριο με την Περιροδοπική Ζώνη. Η γενική τοποθέτηση των πετρωμάτων είναι ΒΔ – ΝΑ, παράλληλα στην επώθηση της Σερβομακεδονικής (SM) επί της Περιροδοπικής (CRB), η οποία εμφανίζεται ΝΑ της περιοχής μελέτης, ανατολικά της Ασσήρου.

Η Σερβομακεδονική Ζώνη αποτελείται από ένα σύνολο μεταμορφωμένων πετρωμάτων και εκτείνεται από την περιοχή του Βελιγραδίου έως το Βόρειο Αιγαίο, συμπεριλαμβάνοντας και το ανατολικό τμήμα της Χερσονήσου της Χαλκιδικής με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ.

Παλιότερα οι σχηματισμοί της Σερβομακεδονικής μάζας υπάγονταν στη γεωτεκτονική μάζα της Ροδόπης. Νεώτερες έρευνες όμως, που έγιναν, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το τμήμα, που βρίσκεται μεταξύ του ποταμού Στρυμώνα και της ζώνης Αξιού, αποτελεί ανεξάρτητη ενότητα. Στον Ελληνικό χώρο το νότιο τμήμα της ζώνης αυτής καθιερώθηκε ως ανεξάρτητη γεωτεκτονική ενότητα από τους Kockel and Walther(1965) και ονομάστηκε Σερβομακεδονική μάζα.



Σχ. 2.1. Τεκτονικό σκαρίφημα της Σερβομακεδονικής μάζας 1: μεταλπικά ιζήματα της κοιλάδας του Στρυμώνα, 2: σειρά Βερτίσκου, 3: σειρά Κερδυλλίων, 4: μάζα της Ροδόπης 5: Περιροδοπική ζώνη, 6: ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής (Γραμμή Στρυμώνα), 7: δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής

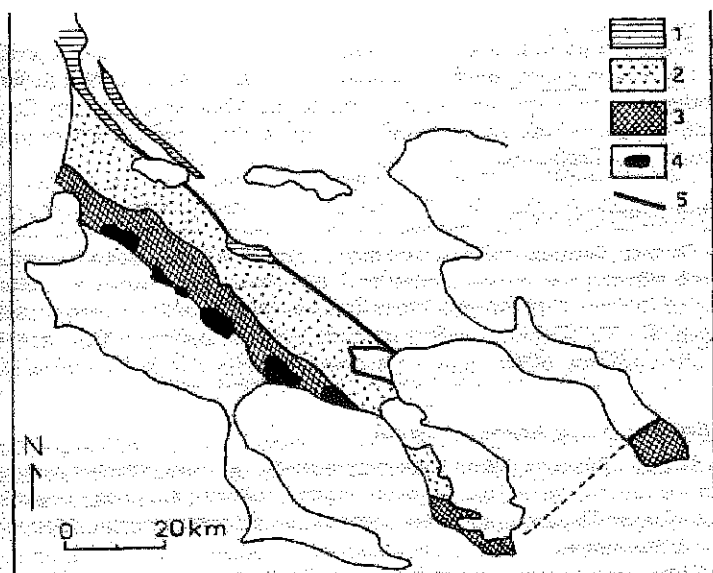
Στο ανατολικό όριο της η Σερβομακεδονική επιπτεύει ή και επωθείται πάνω στη μάζα της Ροδόπης κατά μήκος μιας μεγάλης τεκτονικής γραμμής που ονομάστηκε «Γραμμή του Στρυμώνα». Στο δυτικό όριο βρίσκεται επωθημένη πάνω στην Περιροδοπική κατά μήκος της γραμμής Δοϊράνη-Κιλκίς-Λαγκαδάς με αρκετά ανορθωμένη (50° - 60°) τεκτονική επαφή (Παπανικολάου, 1986).

Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Σερβομακεδονικής σχηματίστηκε από πετρώματα του Παλαιοζωικού ή και παλιότερα, που μεταμορφώθηκαν κατά την διάρκεια του Άνω Παλαιοζωικού-Μεσοζωικού με παράλληλη εκδήλωση της πρώτης φάσης μαγματισμού. Σύμφωνα με τους Kockel και Walther (1968) το κρυσταλλοσχιστώδες της Σερβομακεδονικής διαχωρίζεται σε δύο μεγάλες Σειρές - (Ενότητες, κατά Παπανικολάου (1986), την κατώτερη και αρχαιότερη σειρά Κερδυλλίων και την ανώτερη και νεότερη σειρά του Βερτίσκου, στην οποία ανήκει και η περιοχή επέμβασης.

Η σειρά Κερδυλλίων δομείται από γνεύσιους, αμφιβολίτες, ασβεστοπυριτικά πετρώματα και μάρμαρα.

Η σειρά του Βερτίσκου καταλαμβάνει το κεντρικό και δυτικό τμήμα της Σερβομακεδονικής μάζας, κατέχει τον κορμό της Χαλκιδικής και εκτείνεται προς βορρά μέχρι των συνόρων. Δομείται από γνευσίους, μαρμαρυγιακούς σχιστολίθους, αμφιβολίτες καθώς και από ασήμαντες ενστρώσεις μαρμάρων. Συχνά παρεμβάλλονται τεκτονικά σχιστοποιημένα μέλη ενός οφιολιθικού συμπλέγματος (περιδοίτες - σερπεντινίτες). Και στις δύο σειρές είναι χαρακτηριστική και η συμμετοχή πλουτωνικών πετρωμάτων, που έχουν διεισδύσει στο μεταμορφωμένο σύστημα της Σερβομακεδονικής, η οποία επίσης διασχίζεται από πηγματίτες διαφόρων γενιών και ηλικιών.

Η Περιροδοπική Ζώνη περιλαμβάνει σχηματισμούς των οποίων η ηλικία αρχίζει από το Περμοτριάδικό μέχρι το Α. Ιουρασικό οπότε είχαμε και την πρώτη τους μεταμόρφωση Αλπικής ηλικίας. Ειδικότερα τους σχηματισμούς των Γνευσίων του Παλαιοζωικού, που αποτελούν το υπόβαθρο και ίσως ανήκουν στην Σερβομακεδονική Ζώνη, καθώς και Τριαδικά - Ιουρασικά μάρμαρα, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, φυλλίτες, χαλαζίτες, ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι και αργιλικό ασβεστιτικό σχιστόλιθοι.



Σχήμα 2.2 Χάρτης της Περιροδοπικής Ζώνης με τις τρεις ενότητες

- 1: Ενότητα Ντεβέ Κοράν - Δουμπιά,
- 2: Ενότητα Μελισσοχωρίου -Χολομώντα,
- 3: Ενότητα Άσπρης Βρύσης- Χορτιάτη

(κατά Kockel et. Al. 1977)

Οι πετρολογικοί σχηματισμοί, που δομούν την ευρύτερη περιοχή σύμφωνα με το απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ 1:50.000 φύλλο "Λαχανάς" (Σχέδιο 1) είναι:

Διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι σχηματισμού Βερτίσκου: σκοτεινότεφροι έως καστανοί λεπτοί έως μεσόκοκκοι με γνευσιακό ή σχιστώδη ιστό. Νότια επικρατούν οφθαλμογνεύσιοι. Παρεμβάλλονται ενστρώσεις διμαρμαρυγικών σχιστολίθων, πλακώδεις βιοιτιτικοί γνεύσιοι και μερικές φορές αμφιβολιτικά στρώματα. Συχνά εμφανίζονται πηγματοειδείς φλέβες και σχιστώδεις απλιτικές λεπτόκοκκες γρανιτικές παρείσακτες κοίτες σε λεπτά φύλλα.

Διμαρμαρυγικοί ή βιοιτιτικοί γνεύσιοι: απαντούν στο βόρειο τμήμα της περιοχής με ενστρώσεις αμφιβολιτών και κεροστιλβικού γνεύσιου. Είναι σκοτεινόχροοι, μαύρου χρώματος λεπτοί έως μεσόκοκκοι.

Γρανίτης τύπου Αρναίας: διμαρμαρυγικός και βιοιτιτικός. Καταλαμβάνει το βόρειο τμήμα της ευρύτερης περιοχής με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ (θέση Ερ. Ρεματάκια). Γενικά απαντά ως κοκκινωπός, σχιστώδης, μεσόκοκκος έως πηγματιτικός. Είναι μεσοζωϊκής ηλικίας, εκτείνεται ΒΑ της Ασσήρου και φτάνει μέχρι Λαχανά. Στα περιθώρια του γρανιτικού δόμου με τους γνεύσιους απαντά ζώνη τεκτονισμού ενώ φλέβες γρανιτικές διεισδύουν εντός του μεταμορφικού συστήματος.

Αμφιβολίτες: σκοτεινοπράσινου έως μαύρου χρώματος, σκληροί, λεπτόκοκκοι έως μεσόκοκκοι, Μεσοζωϊκής ηλικίας. Κατά θέσεις παρατηρούνται μεταβατικές ζώνες προς μεταγάββρους καθώς και ακτινολιθικά πετρώματα μικρών φακών με πυροξενίτη. Απαντούν βόρειο- και νοτιοανατολικά της περιοχής επέμβασης.

Υπερβασικά πετρώματα: ανατολικά και νοτιοανατολικά της περιοχής επέμβασης. Σερπεντινιωμένα σε αντιγοριτικούς σερπεντινίτες με ταλκικούς-γραμματικούς σχιστολίθους, αντιγοριτικούς-γραμματικούς σχιστολίθους, φλέβες τάλκη κ.λ.π. τοπικά υπολείμματα πυροξένων, περιδοτιτών και δουνιτών με φυλλοδομή παράλληλη στο επίπεδο της περιοχής, τοποθετημένα κεραμιδωτά μέσα στο μεταίζηματα.

Κατά τόπους υπάρχουν στην ευρύτερη περιοχή, ιζηματογενείς τεταρτογενείς αποθέσεις ψηφίδων, κροκαλών με ερυθρή αμμούχο άργιλο ή εναλλαγές καστανοκίτρινων ψαμμιτών, αμμούχων αργίλων έως αργίλων πλούσιων σε μαρμαρυγία, που αποτελούν το ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων.

2.2 Γεωλογικά στοιχεία περιοχής έργου

Οι κυριότεροι πετρογραφικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην περιοχή μελέτης όπως προέκυψε από την γεωλογική χαρτογράφηση του χώρου σε κλίμακα 1:2.000 (Σχέδιο 3) είναι:

Γρανίτης (γ)

Ο γρανίτης που απαντάται στο βορειότερο τμήμα της περιοχής μελέτης είναι αδρόκοκκος, ανοικτού χρώματος με μετρίου έως μεγάλου μεγέθους κρυστάλλους. Είναι γρανίτης «τύπου Αρναίας» με σημαντική συμμετοχή αστρίων.

Κοντά στην επαφή με το γνεύσιο ο γρανίτης εμφανίζεται πυριτιωμένος, γεγονός που ερμηνεύεται ως αποτέλεσμα της μεταγενέστερης κυκλοφορίας διαλυμάτων πλούσιων σε χαλαζιακό υλικό.

Πηγματίτες

Η μάζα τόσο του γρανίτη όσο και των γνευσίων διατρέχεται από πηγματιτικές φλέβες. Αποτελούνται από λευκόχρωμο χαλαζιακό υλικό, κατά θέσεις οξειδωμένο από μεταγενέστερη κυκλοφορία διαλυμάτων. Η κύρια τοποθέτησή τους είναι παράλληλη με τη σχιστότητα, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις τη διακόπτει εγκάρσια πληρώνοντας διακλάσεις. Θεωρείται ότι στη δεύτερη περίπτωση πρόκειται για δευτερογενές υλικό.

Γνεύσιοι

Οι γνεύσιοι ανήκουν στην σειρά Βερτίσκου και αποτελούνται από πετρογραφικές εναλλαγές διαφόρων ομοειδών πετρωμάτων. Οι εναλλαγές αυτές έχουν ποικίλα πάχη της τάξης των μερικών εκατοστών έως δεκάδων μέτρων. Η μετάβαση του ενός τύπου προς τον άλλο γίνεται σταδιακά και βαθμιαία, είτε πλευρικά, είτε κατακόρυφα. Η βαθμιαία αυτή μετάβαση δεν επέτρεψε την ακριβή χαρτογράφηση των ορίων τους. Συχνά περιέχουν φλέβες παράλληλες προς τη σχιστότητα πληρωμένες με πρωτογενές χαλαζιακό υλικό προερχόμενο από το γρανίτη (πηγματίτες), ή ακόμα και φλεβίδια που διατρέχουν τη μάζα του πληρώνοντας ασυνέχειες με δευτερογενές χαλαζιακό υλικό (κυκλοφορία διαλυμάτων).

Η γενική σχιστότητα των γνευσίων έχει παράταξη ΒΔ – ΝΑ, παράλληλα με το όριο με το γρανίτη, και κλίση σχεδόν κατακόρυφη. Παρατηρούνται πολύ υψηλές γωνίες κλίσης (άνω των 80°), με επικρατούσα διεύθυνση κλίσης προς τα ΝΔ. Οι γνεύσιοι στα όρια με τη μάζα του γρανίτη απαντώνται έντονα σχιστοποιημένοι σε μία ζώνη πλάτους κατά μέσο όρο 10 και κατά θέσεις 15 m. Η μετάβαση από τη σχιστοποιημένη ζώνη προς το υγιές πέτρωμα είναι βαθμιαία.

Παρά το ότι δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές πτυχώσεις στην περιοχή, οι γνεύσιοι σε αρκετές περιπτώσεις εμφανίζονται με στολιδώσεις (μικροπτυχώσεις) υπό τη μορφή αποστρογγυλεμένων πτυχών τύπου knick. Τέλος, κατά μήκος διακλάσεων εμφανίζονται συχνά σιδηρούχες και μαγγανιούχες οξειδώσεις.

Όσον αφορά τις πετρογραφικές ομάδες που απαντώνται στην ενότητα των γνευσίων, αυτές είναι:

Διμαρμαρυγιακός γνεύσιος (gn₂)

Πρόκειται για τον τυπικό διμαρμαρυγιακό γνεύσιο που απαντάται στη Σερβομακεδονική. Περιέχει βιοτίτη και μοσχοβίτη, κατά θέσεις με κρυστάλλους μεγάλου μεγέθους. Το χρώμα του είναι φαιοπράσινο έως καστανό και εμφανίζει ασθενή σχιστότητα.

Διμαρμαρυγιακός σχιστόλιθος (gn-sch₂)

Έχει τα ίδια χαρακτηριστικά με το gn₂, αλλά παρουσιάζει έντονη σχιστότητα. Σε ορισμένες θέσεις παρατηρήθηκαν πολύ μεγάλοι κρύσταλλοι μοσχοβίτη, διαμέτρου 1,5 εκ. Κατά τόπους παρουσιάζονται και εμφανίσεις γρανατών.

Μαρμαρυγιακός γνεύσιος (gn₁)

Σε θέσεις όπου δεν εμφανίζεται βιοτίτης, ο gn₂ μεταπίπτει σε μαρμαρυγιακό γνεύσιο με μικρούς κρυστάλλους μοσχοβίτη. Ο γνεύσιος αυτός μπορεί να περιέχει ελάχιστες ποσότητες μοσχοβίτη, οπότε και εμφανίζεται ελαφρά χλωριτωμένος (ανδρομη μεταμόρφωση). Ο gn είναι συνήθως μαζώδης, ενώ μόνο κατά θέσεις εμφανίζει ασθενή σχιστότητα.

Μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος (gn-sch₁)

Σε ελάχιστες θέσεις παρατηρήθηκε μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος με απουσία βιοτίτη. Θεωρείται ότι στις περιπτώσεις αυτές πρόκειται για gn₁ με πιο έντονη σχιστότητα.

Γνεύσιος (gn)

Πρόκειται για τυπικό γνεύσιο με άφθονα πράσινα ορυκτά, συνήθως χλωριτωμένος, χωρίς σχιστότητα και πλήρη απουσία μαρμαρυγία. Είναι όμοιος σε εμφάνιση με τους λεγόμενους «πρασινογνεύσιους της Θεσσαλονίκης» που απαντώνται στην Περιροδοπική.

Αμφιβολίτης (am)

Αμφιβολίτης παρατηρήθηκε κυρίως στις γεωτρήσεις, και σε λίγες επιφανειακές εμφανίσεις. Πρόκειται για σκουρόχρωμο πράσινο, λεπτόκοκκο σχηματισμό που κατά θέσεις μεταπίπτει σε σχεδόν μαύρο χρώμα. Προέρχεται από τη μεταμόρφωση πυριγενών πετρωμάτων βασικής σύστασης.

2.3 Αποσάθρωση

Στην εξεταζόμενη περιοχή έντονη φυτοκάλυψη εντοπίζεται κυρίως εντός των ρεμάτων, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα του βραχώδους σχηματισμού καλύπτεται από εδαφικό υλικό διαφοροποιημένου του πάχους.

Η αποσάθρωση για μεν το γρανιτικό υπόβαθρο είναι έντονη κυρίως στις επιφάνειες ασυνέχειας και στο ανώτερο τμήμα του γρανίτη. Το βάθος μέχρι το οποίο παρατηρείται έντονη αποσάθρωση (με βάση τα στοιχεία της γεώτρησης Γ1) είναι τα 11μ. από τα οποία τα πρώτα 5 μ είναι και έντονα καολινιτιωμένα. Κάτω από τα 11 μ. η αποσάθρωση είναι ελαφρά και μόνο στις μικροτεκτονικές ζώνες.

Στο σχηματισμό του γνευσίου λόγω της συνεχούς ποιοτικής του διαφοροποίησης (γνεύσιος – μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος – αμφιβολίτης) στις επαφές των αλλαγών του πετρώματος, παρατηρείται αποσάθρωση της βραχομάζας σε πολύ μεγαλύτερο βάθος.

Η γεώτρηση Γ3 (νότια από τα ερείπια Καμέλη) είχε τοποθετηθεί πάνω σε ρηξιγενή ζώνη για να διαπιστωθεί εκτός των άλλων και ο βαθμός αποσάθρωσης του πετρώματος αλλά και η υδροπερατότητα σε τεκτονισμένο και αποσασθρωμένο περιβάλλον. Με βάση τα στοιχεία της γεώτρησης διαπιστώθηκε πράγματι η αυξημένη τεκτονική διατάραξη (χαμηλές τιμές RQD) αλλά η υδροπερατότητα, με τιμές της τάξης του 10^{-7} m/sec, είναι πολύ μικρότερες του κεντρικού εξεταζόμενου τμήματος, το οποίο παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές RQD. Οι χαμηλές τιμές υδροπερατότητας σε παρόμοιο γεωλογικό υπόβαθρο οφείλονται κυρίως στην ελάττωση του πορώδους λόγω της αυξημένης αποσάθρωσης και μεταμόρφωσης των φυλόμορφων ορυκτών.

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 2.1, κατά τη GEOL. SOC. LONDON 1970-Γεωλογική Εταιρία του Λονδίνου¹, οι βραχώδεις σχηματισμοί της περιοχής κατατάσσονται με βάση τον βαθμό τους αποσάθρωσής των στην κατηγορία II

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
I	F (Fresh)	Χωρίς ίχνος αποσάθρωσης
	F.W. (Fainly Weathered)	Η αποσάθρωση περιορίζεται στις επιφάνειες ασυνεχειών
II	S.W. (Slightly Weathered)	Αποσάθρωση έντονη στις επιφάνειες των ασυνεχειών και ελαφρά στο βραχώδες υλικό
III	M.W. (Moderately Weathered)	Εκτεταμένη σε όλη τη μάζα αποσάθρωση χωρίς το υλικό να παρουσιάζει ευθρυπτότητα
IV	H.W. (Higly Weathered)	Εκτεταμένη σε όλη τη μάζα αποσάθρωση με κατά τόπους ευθρυπτότητα
V	C.W. (Completely Weathered)	Πλήρης αποσύνθεση και μεγάλη ευθρυπτότητα του υλικού. Διατήρηση της υφής και της δομής.
VI	R.S. (residual Soil)	Η μάζα μπορεί να χαρακτηριστεί σαν εδαφικός σχηματισμός. Η δομή και η υφή του υλικού έχει καταστραφεί.

¹ Κ. Α. Δεμίρης Τεχνική Γεωλογία Μέρος Β (σελ. 168) Θεσσαλονίκη 1986

2.4 Τεκτονική

Η τεκτονική δράση που ακολούθησε την Αλπική ορογένεση διακρίνεται κατά τους Ψιλοβίκο (1997) και Psilovikos and Sotiriadis (1983) σε δύο φάσεις :

1η Τεκτονική φάση κατά το Νεογενές που οδήγησε στο σχηματισμό μεγάλων λεκανών στο βορειοελλαδικό χώρο και της Προμυγδονιακής λεκάνης στο χώρο της Σερβομακεδονικής μάζας.

2η Τεκτονική φάση κατά το Τεταρτογενές που οδήγησε στο σχηματισμό μικρότερων τάφρων όπως αυτής της Μυγδονίας λεκάνης.

Στην περιοχή επικρατούν εφελκιστικές τάσεις με διεύθυνση κύριου άξονα εφελκυσμού ΒΒΔ – ΝΝΑ και σχεδόν μηδενική κλίση. Από τις τάσεις αυτές ενεργοποιήθηκαν τα προϋπάρχοντα κανονικά ρήγματα (τα ρήγματα που σχημάτισαν την Μυγδονία Λεκάνη).

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης παρατηρούνται δύο ειδών τεκτονικές δομές: κανονικά ρήγματα και επωθήσεις.

Κανονικά ρήγματα

Η περιοχή γειτνιάζει με τη λεκάνη της Μυγδονίας, η οποία οριοθετείται από μεγάλα ενεργά κανονικά ρήγματα ΒΔ – ΝΑ διεύθυνσης. Τα ρήγματα αυτά βρίσκονται στα όρια των λοφοσειρών με τη λεκάνη, και υπάρχουν ενδείξεις ότι δραστηριοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του σεισμού της Ασσήρου το 1902 ($M_s=6,6$).

Επωθήσεις

Η κυριότερη επώθηση της ευρύτερης περιοχής παρατηρείται Δ και ΝΔ της περιοχής μελέτης και αφορά την επώθηση της Σερβομακεδονικής (SM) στην Περιοδοπική (CRB). Η επώθηση αυτή έχει γενική διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ και συμφωνεί με την τοποθέτηση των σχηματισμών.

Λόγω της άμεσης γειννίας της περιοχής μελέτης με τη μετωπική επώθηση, παρατηρούνται στη μάζα του γνευσίου μικρότερες εσωτερικές επωθήσεις, οι οποίες έγιναν αντιληπτές κυρίως από τις γεωτρήσεις. Οι επωθήσεις αυτές είναι ορατές ως ζώνες διάρρηξης μικρού πάχους και μικρής γωνίας κλίσης (υπο-οριζόντιες). Συχνά παρατηρούνται μυλωνιτωμένες ζώνες και ζώνες τεκτονικών λατυπτοπαγών με μεγάλα γνευσιακά τεμάχια συγκολλημένα μεταξύ τους με λεπτόκοκκο υλικό.

2.4.1 Νεοτεκτονικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής

Από το νεοτεκτονικό χάρτη της ευρύτερης περιοχής (σχήμα 2.3) προκύπτουν τα παρακάτω στοιχεία

- i. Στη περιοχή υπάρχουν τα δύο μεγάλα ενεργά νεοτεκτονικά ρήγματα του Σοχού και της Ασσήρου
- ii. Ακριβώς στη θέση ενδιαφέροντος η επαφή των μεσοζωικών γρανιτικών πετρωμάτων με τον παλαιοζωικής ηλικίας γνεύσιο φαίνεται να συμπίπτει με ανενεργό νεοτεκτονικό ρήγμα η επιφανειακή εμφάνιση του οποίου είναι χαρτογραφημένη ανατολικότερα και δυτικότερα του χώρου του έργου.

Ρήγμα Ασσήρου – Ανάληψης (Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας)

Το ρήγμα αυτό αποτελεί την προς ΒΔ συνέχεια του ρήγματος Σχολαρίου. Πρόκειται για κανονικό ρήγμα που οριοθετεί το βύθισμα Λαγκαδά στο Βορειοανατολικό του τμήμα. Έχει διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ ($130^{\circ} - 150^{\circ}$) και μήκος 20 Km. Ουσιαστικά πρόκειται για το ίδιο ρήγμα μόνο που για το τμήμα αυτό δεν υπάρχουν στοιχεία για συγκεκριμένη σεισμική δράση σε ιστορικούς χρόνους.

Το ρήγμα είναι ορατό σε δορυφορικές φωτογραφίες και αεροφωτογραφίες ενώ στο ύπαιθρο η ρηξιγενής του επιφάνεια είναι παρατηρήσιμη μόνο σε ορισμένες θέσεις γιατί λόγω της διάβρωσης αναπτύσσεται ομαλό ανάγλυφο. Σε θέσεις ανατολικά της Ασσήρου εκτείνεται μέσα στα τεταρτογενή ιζήματα, ενώ σε ορισμένες ρηξιγενείς επιφάνειες μετρήθηκαν γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης.

Χαρακτηρίζεται ως ενεργό ρήγμα γιατί οριοθετεί γνωστή νεοτεκτονική ενεργό τάφρο, επηρεάζει πρόσφατα ιζήματα και αποτελεί τη συνέχεια του ρήγματος του Σχολαρίου. Επιπλέον στοιχείο αποτελεί ο σεισμός στις 5 Ιουλίου 1902 ($14:56:30$, $40.8^{\circ}\text{N} - 23.1^{\circ}\text{E}$, $M_s=6.6$), το επίκεντρο του οποίου όμως δεν είναι με ακρίβεια προσδιορισμένο ούτε υπάρχουν περιγραφές ή άλλα στοιχεία για εμφάνιση διαρρήξεων. Για τους λόγους αυτούς δεν τεκμηριώνεται άμεσα η σύνδεση του ρήγματος αυτού με τον παραπάνω σεισμό.

Ρήγμα Σοχού (Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας)

Αποτελεί μια μεγάλου μήκους συνεχή ρηξιγενή γραμμή γενικής διεύθυνσης Α-Δ που διέρχεται από τα χωριά Σοχός – Αυγή – Κρυονέρι – Πέντε Βρύσες και είναι πιθανή η συνέχεια του προς τα Ανατολικά στο χωριό Μαυρούδα στη βόρεια πλευρά της Βρωμολίμνης. Το συνολικό μήκος μαζί με την πιθανή προέκτασή του προς τη Μαυρούδα πλησιάζει τα 40 Km. Το ρήγμα είναι ορατό σε δορυφορικές φωτογραφίες και αεροφωτογραφίες ενώ στο ύπαιθρο η ρηξιγενής του επιφάνεια είναι παρατηρήσιμη σε μεγάλο τμήμα του.

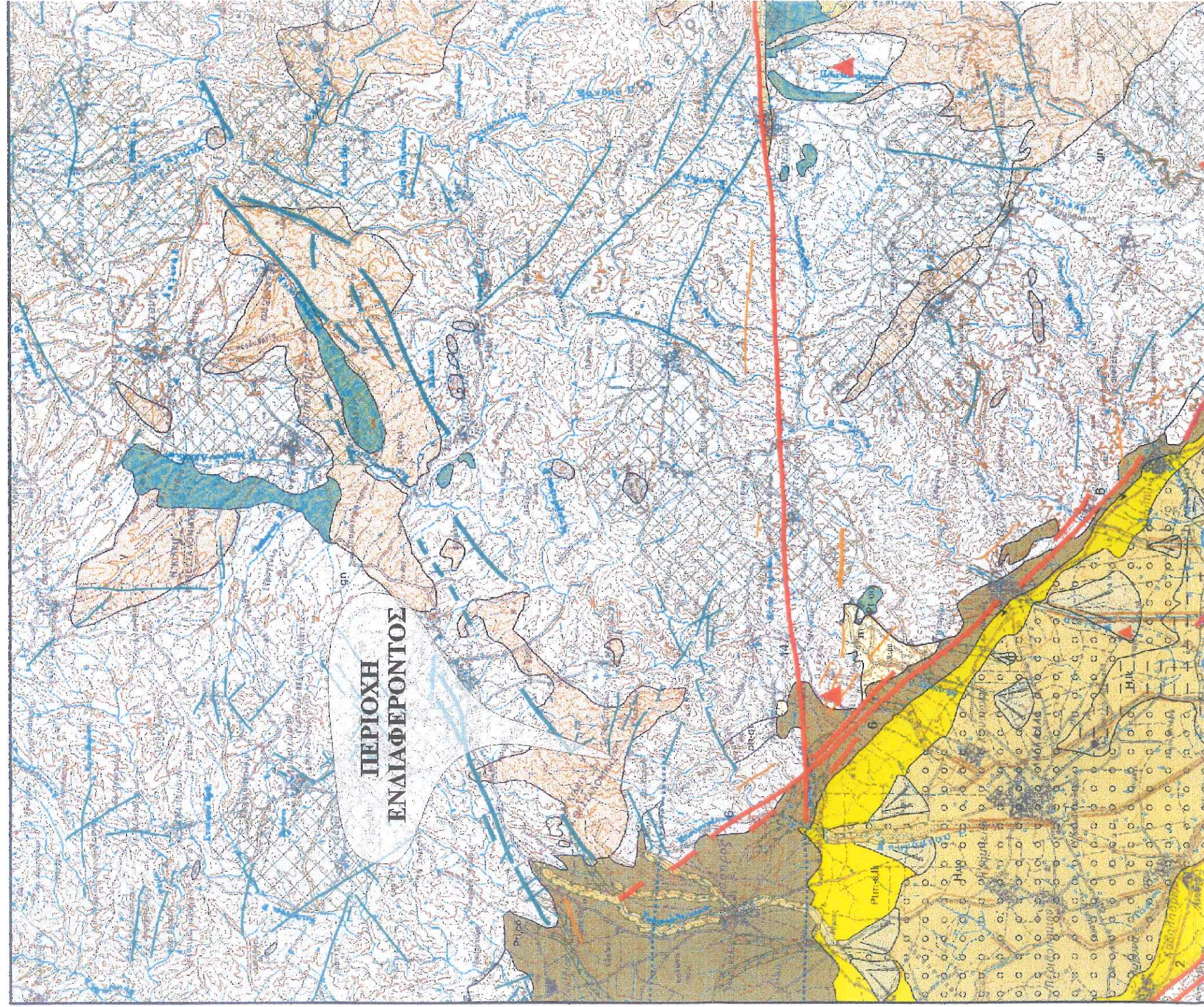
Πρόκειται για τυπικό κανονικό ρήγμα με εντυπωσιακή μετάπτωση προς τα Νότια. Το μεγαλύτερο του ορατό άλμα παρατηρείται στη περιοχή των χωριών Σοχού και Αυγής (130 έως 150m). Το δυτικό τμήμα του ρήγματος, δυτικά του Κρυονερίου,

παρουσιάζεται με συνεχώς μειούμενο ορατό άλμα μέχρι σχεδόν οριστικής εξαφάνισης του μεταξύ του χωριού Πέντε Βρύσες και του ρέματος Μπογδάνου. Μια περαιτέρω προς τα δυτικά συνέχεια του μέσα (εγκάρσια) στην λεκάνη Λαγκαδά θεωρείται πιθανή χωρίς όμως απόδειξη.

Σε όλο το μήκος του επηρεάζει τα κρυσταλλοσχιστώδη και γρανιτικά πετρώματα της σειράς Βερτίσκου της Σερβομακεδονικής μάζας, καθώς και σε ορισμένες θέσεις το προμυγδονιακό σύστημα ιζημάτων (Α. Μειόκαινο – Κ. Πλειστόκαινο).

Ο χαρακτηρισμός του ρήγματος ως ενεργό τεκμηριώνεται από γεωμορφολογικά στοιχεία, όπως π.χ. η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου κατά μήκος του ρήγματος. Επίσης ένα πρόσφατο τεκτονικό βύθισμα (ημιτάφρος) μεταξύ των χωριών Κρυονέρι – Σοχός είναι το αποτέλεσμα της γεωλογικά πρόσφατης επαναδραστηριοποίησης του.

Τέλος, σύμφωνα με τους ερευνητές, είναι πολύ πιθανή η σύνδεση του ρήγματος αυτού με τον σεισμό του 1932 μεγέθους $M_s=6.2$ ($40.8^\circ N - 23.3^\circ E$), ο οποίος είχε μικροσεισμικό επίκεντρο το χωριό του Σοχού (VIII MM)



ΚΑΙΜΑΚΑ

Ενεργό ρήγμα

Ανενεργό ρήγμα

ΣΧ.2.3 Απόσπασμα από τον Νεοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας 1 : 100.000
Φύλλο Λαγκαδά (Α.Π.Θ.)

2.4.2 Νεοτεκτονικά στοιχεία περιοχής μελέτης

Στα όρια της περιοχής μελέτης δεν παρατηρήθηκαν μεγάλα ρήγματα. Όπως αναφέρθηκε σύμφωνα με το νεοτεκτονικό χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000, φύλλο Λαγκαδάς² (Σχήμα 2.3), και το γεωλογικό χάρτη της Ελλάδας σε κλίμακα 1:25.000, φύλλο Λαχανάς³ (Σχέδιο 1), στην περιοχή παρατηρούνται δύο κύρια ρήγματα:

- Ρήγμα παράταξης ΝΔ – ΒΑ στο δυτικό μέρος της περιοχής. Το ρήγμα αυτό βρίσκεται έξω από την περιοχή μελέτης, ωστόσο το ανατολικότερο άκρο του παρατηρείται στο δυτικό όριο της περιοχής όπου και διαχωρίζει το γρανίτη από το γνεύσιο με κλίση προς τα ΝΑ. Στη θέση αυτή υπάρχει μία ζώνη διάρρηξης πάχους 2 – 3 m με θρυμματισμένο υλικό προέλευσης κυρίως γρανιτικής. Η συνέχειά του προς τα ΒΑ στη μάζα του γρανίτη δεν είναι εμφανής. Αντίθετα, η ΝΔ συνέχειά του εκτός της περιοχής μελέτης είναι ορατή.
- Ρήγμα παράταξης ΔΒΔ – ΑΝΑ στο ανατολικό μέρος της περιοχής. Το ρήγμα αυτό δεν ταυτοποιήθηκε από τις παρατηρήσεις υπαίθρου στην περιοχή μελέτης. Ενδείξεις για την ύπαρξή του υπάρχουν στην κοιλάδα ανατολικά της περιοχής, χωρίς ωστόσο να παρατηρείται κάποια ένδειξή του στα όρια της χαρτογράφησης.

² Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας.

³ Kockel F., H. Mollat, Π. Αντωνιάδης και Κ. Ιωαννίδης (1979), Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000 – φύλλο Λαχανάς, ΙΓΜΕ.

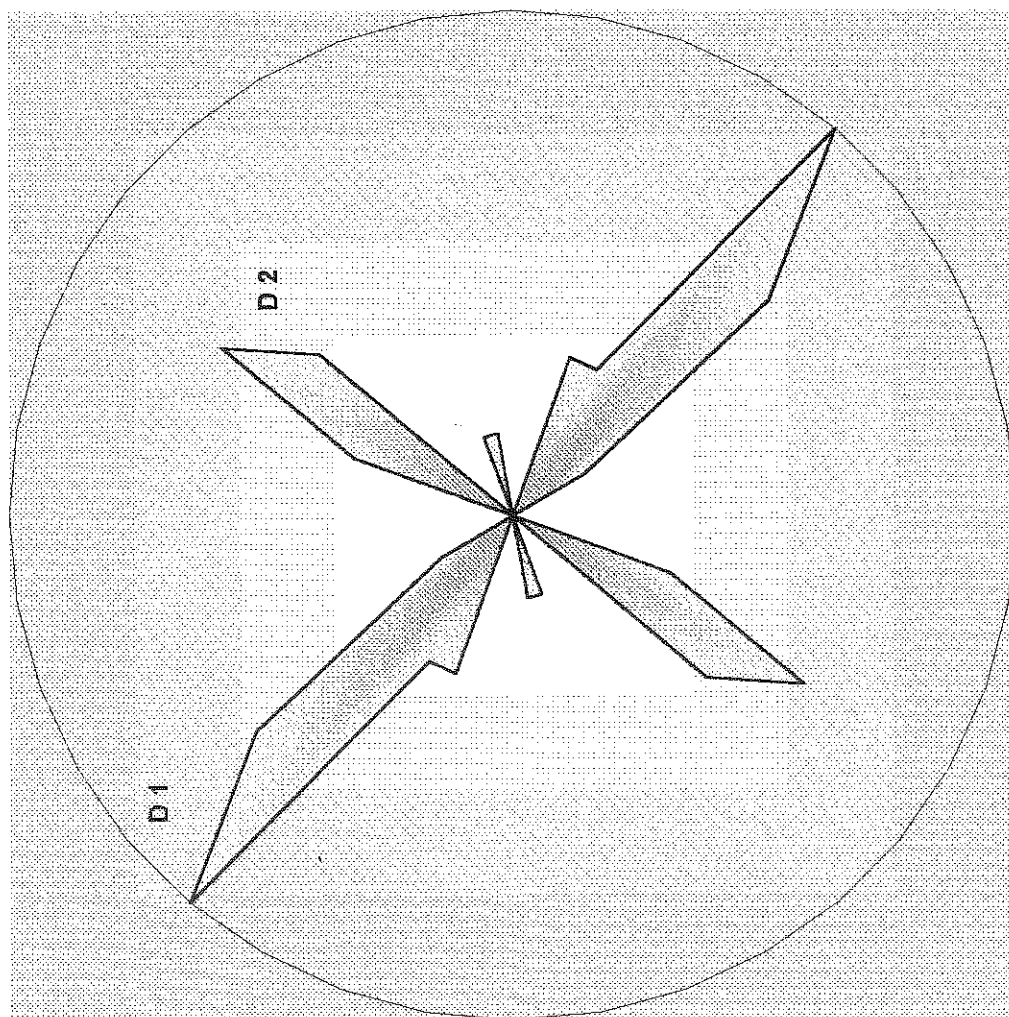
2.4.3 Μικροτεκτονική

Στην περιοχή παρατηρούνται δύο κύρια συστήματα διακλάσεων (Σχήμα 2.4 & 2.5) :

- D1: ΒΔ – ΝΑ. Πρόκειται για την κυριαρχούσα διεύθυνση. Οι διακλάσεις του συστήματος αυτού είναι μεγάλου μήκους και σχετικά μικρής πυκνότητας.
- D2: ΒΑ – ΝΔ. Είναι το δευτερεύον σύστημα. Αποτελείται από μικρού μήκους διακλάσεις, αλλά η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη.

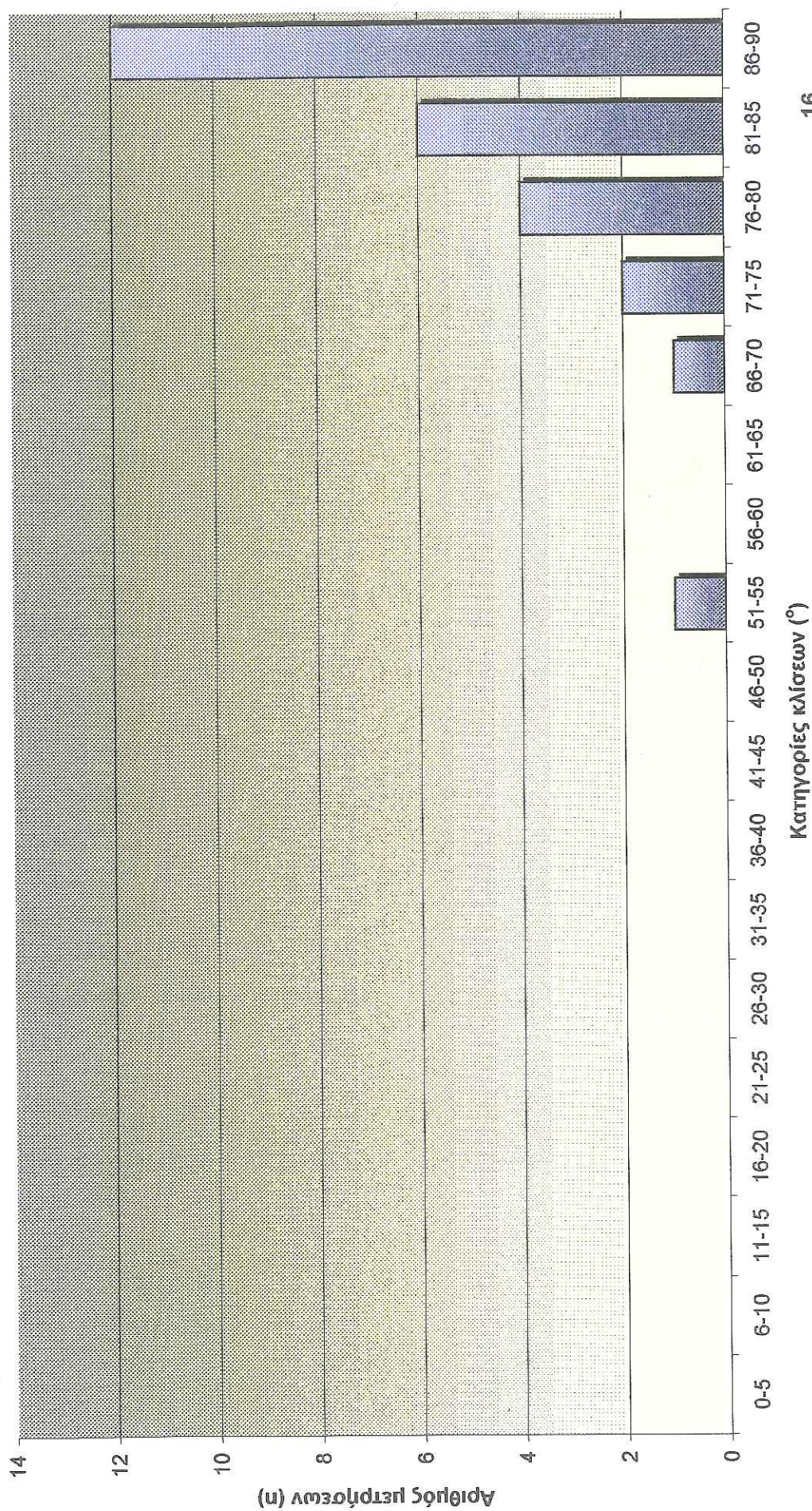
Και τα δύο συστήματα διακλάσεων αποτελούνται από διακλάσεις που έχουν λείες επιφάνειες, ενώ οι διακλάσεις του D1 είναι συχνά εφελκυστικές με άνοιγμα της τάξης του 1 – 2 mm, ενώ πολλές φορές είναι πληρωμένες με χαλαζιακό υλικό. Δεν παρατηρούνται ενδείξεις κίνησης στις διακλάσεις κανενός συστήματος.

Με βάση τις παρατηρήσεις υπαίθρου, δεν παρατηρήθηκε ρηξιγενής ζώνη στα όρια του γρανίτη με το γνεύσιο, εκτός από το δυτικότερο κομμάτι της περιοχής, όπως ήδη αναφέρθηκε. Το όριο γρανίτη – γνευσίου θεωρείται κανονικό, ενώ η σχιστότητα που παρατηρείται κυρίως στο γνεύσιο σε εκείνη την περιοχή θα πρέπει να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα τοπικής μεταμόρφωσης λόγω της επαφής με το γρανίτη. Ασθενής σχιστότητα παρατηρείται επίσης και στο γρανίτη κοντά στο όριο, ωστόσο η κυκλοφορία διαλυμάτων πλούσιων σε χαλαζιακό υλικό έχει «σφραγίσει» τις διακλάσεις (ψύξης και τεκτονικές) και τις ασυνέχειες κατά μήκος της επαφής. Θεωρείται έτσι ότι η επαφή σαν επιφάνεια ασυνέχειας δεν έχει υδροπερατές ιδιότητες.



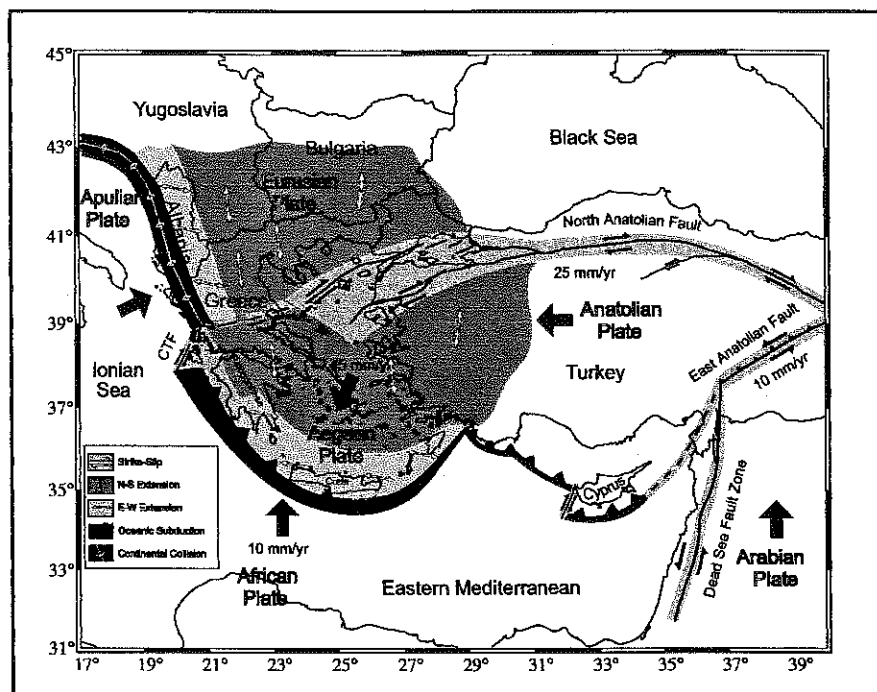
Σχήμα 2.4. Συστήματα διακλάσεων D1-D2

Σχήμα 2.5. Κατανομή κλίσεων διακλάσεων



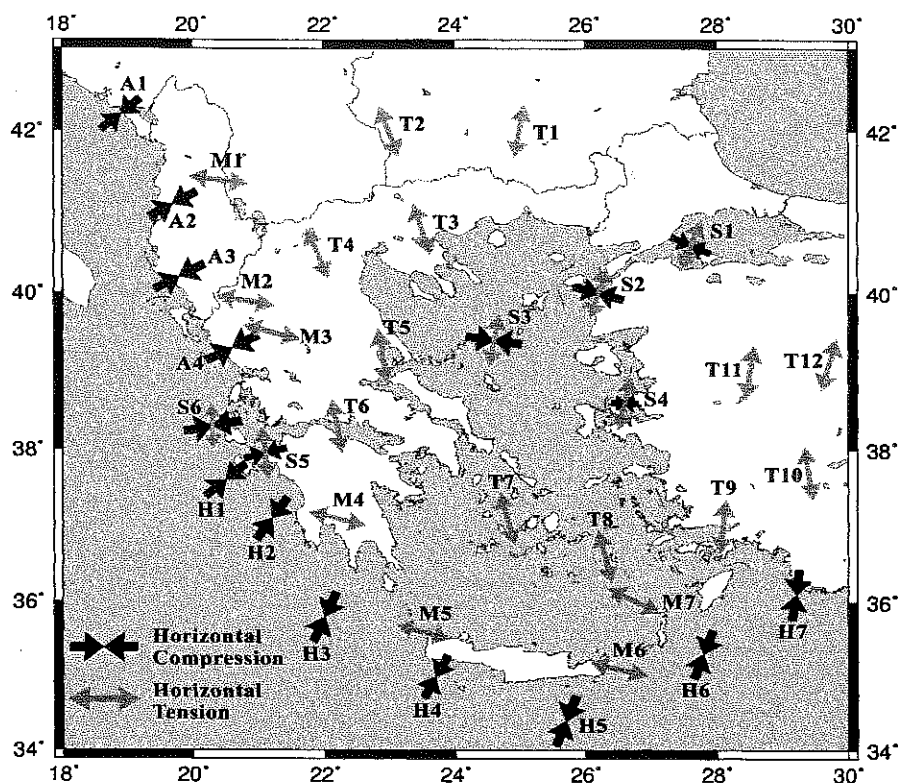
2.5 Σεισμικότητα – Σεισμική Επικινδυνότητα

Τα γεωτεκτονικά και σεισμοτεκτονικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου, καθορίζονται από τις κινήσεις των κύριων τεκτονικών πλακών οι οποίες είναι οι: Ευρασιατική, Αφρικανική και Αραβική τεκτονική πλάκα (Σχήμα. 2.6).



Σχήμα 2.6. Οι κινήσεις των πλακών, οι οποίες επηρεάζουν την ενεργό τεκτονική στο Αιγαίο και τις γύρω περιοχές (Papazachos et al., 1997c).

Στο σχήμα 2.7 βλέπουμε την κύρια σεισμοτεκτονική εικόνα του Αιγαίου και των γύρω περιοχών. Συμπεραίνεται, ότι η εκάστοτε σεισμική δραστηριότητα που αναπτύσσεται στην ευρύτερη περιοχή που μελετάμε οφείλεται κατά κύριο λόγο σε εφελκυστικά πεδία τάσεων με κύρια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ περίπου.



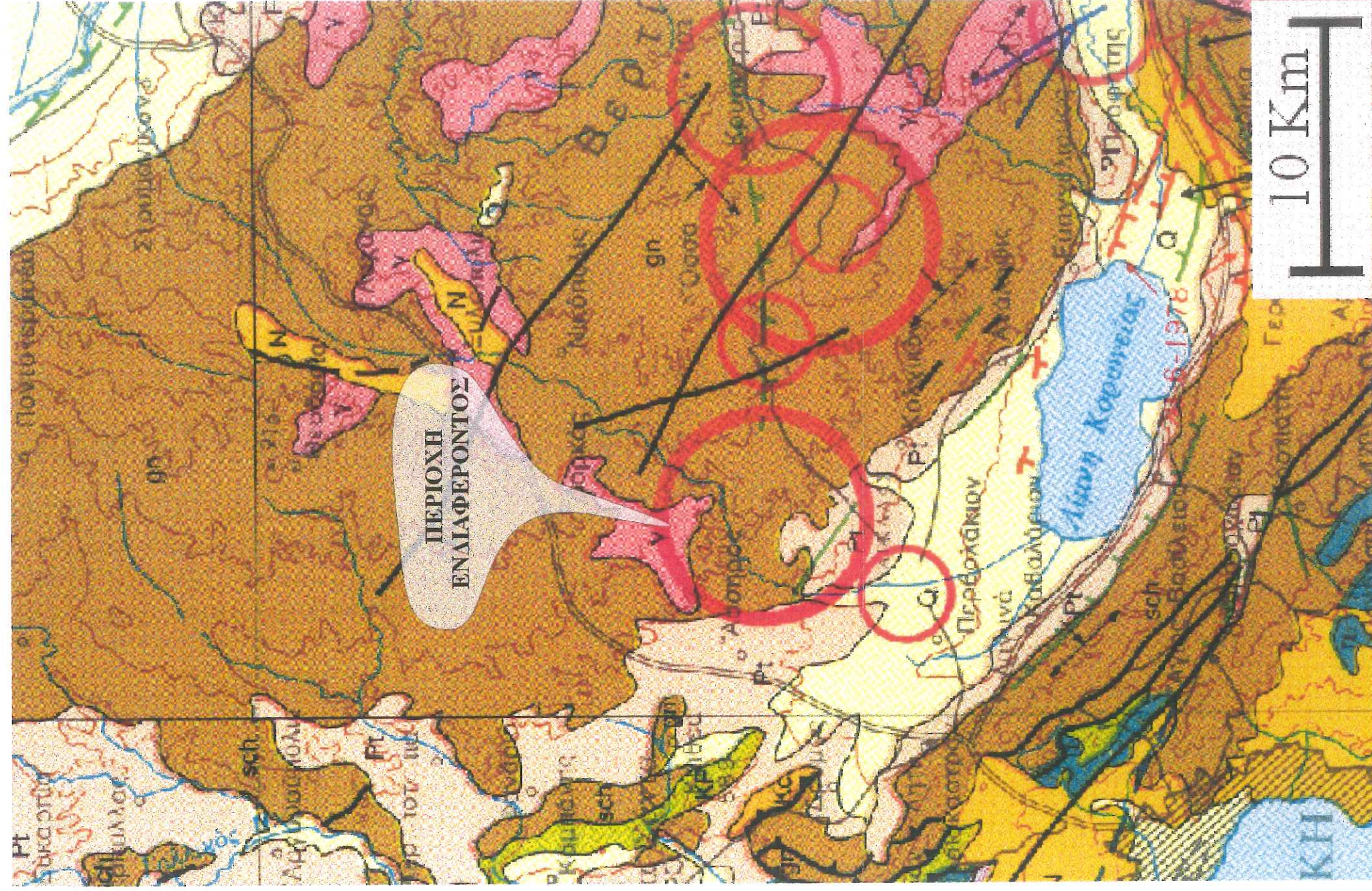
Σχήμα 2.7. Κύρια σεισμοτεκτονική εικόνα του Αιγαίου και των γύρω περιοχών. Οι διευθύνσεις των Ρ-αξόνων (συμπίεσης) παριστάνονται με τα μαύρα συγκλίνοντα βέλη, ενώ οι διευθύνσεις των Τ-αξόνων (εφελκυσμού) με άσπρα αποκλίνοντα βέλη. Τα ρήγματα παράταξης παριστάνονται με δύο αντίθετα βέλη (Parazachos et al., in press).

Η αναφορά στις σεισμοτεκτονικές ιδιότητες που επικρατούν στον ευρύτερο χώρο μελέτης επιβεβαιώνονται από τα ρήγματα που εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή της Βόλβης και έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και μερικώς Α-Δ (σχήμα 2.8.). Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγει και η ερευνητική ομάδα του Α.Π.Θ./Τμήμα Γεωλογίας, η οποία επισημαίνει τα παρακάτω. Από την ανάλυση της σύγχρονης τεκτονικής της περιοχής προκύπτει ότι στην περιοχή επικρατεί ένα εφελκυστικό πεδίο τάσεων με άξονα εφελκυσμού στη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ για ρήγματα με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και με άξονα εφελκυσμού ΒΒΔ-ΝΝΑ για ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ.

Έτσι, λαμβάνοντας υπ' όψη ένα μεγάλο αριθμό σεισμικών δεδομένων, βασισμένα στα όργανα μέτρησης και ιστορικών δεδομένων, καθώς επίσης και Απόσπασμα του Σεισμοτεκτονικού χάρτη της Ελλάδας 1:500.000 (Ι.Γ.Μ.Ε) (σχήμα 2.9) σε συνδιασμό με σεισμογεωλογικά στοιχεία και γεωφυσικά και γεωλογικά δεδομένα, όπως το είδος του ρήγματος, τους ρυθμούς σεισμικότητας, τιμές της παραμέτρου b , προσανατολισμός των ισόσειστων καμπύλων, τάσεις των γεωλογικών ζωνών και ρυθμούς παραμόρφωσης, έγινε ο καθορισμός των σεισμικών ζωνών. Κάθε σεισμική ζώνη περιλαμβάνει ένα κύριο σεισμικό ρήγμα που έλαβε χώρο ένας μέγιστος (χαρακτηριστικός) σεισμός, αλλά μπορεί και να περιλαμβάνει κάποια μικρότερα ρήγματα.

Διάκριση της Ελλάδας και της γύρω περιοχής σε σεισμικές πηγές έχει γίνει από αρκετούς επιστήμονες (Papazachos 1980, 1990; Χατζηδημητρίου, 1984; Hatzidimitriou et al., 1985; Papazachos and Papaioannou 1997).

Στην πρώτη βασική εργασία (Papazachos 1980), ο ελληνικός χώρος και οι γύρω περιοχές διακρίθηκαν σε 19 σεισμικές ζώνες. Τα κριτήρια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τη διάκριση των ζωνών ήταν η κατανομή των σεισμικών εστιών, η διεύθυνση των σεισμικών ρηγμάτων, η διεύθυνση και η κλίση των αξόνων P (μέγιστη συμπίεση) και T (μέγιστος εφελκυσμός) όπως προκύπτουν από τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών, ο τύπος των σεισμικών ρηγμάτων (κανονικά, ανάστροφα, διεύθυνσης), οι τιμές του ρυθμού σεισμικότητας και οι τιμές της παραμέτρου b της σχέσης Gutenberg-Richter. Ακολούθησαν λεπτομερέστερες διακρίσεις όπου λήφθηκαν υπόψη και γεωλογικά κριτήρια (Hatzidimitriou et al., 1985), οι διευθύνσεις των ισόσειστων καμπυλών και ο ρυθμός απελευθέρωσης της σεισμικής ροπής (Papazachos, 1990). Πρόσφατη έρευνα στη σεισμικότητα και την ενεργό τεκτονική του Ελληνικού χώρου και των γύρω περιοχών έδωσε νέες επιστήμονικές πληροφορίες, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την πλέον αξιόπιστη διάκριση σεισμικών πηγών (Papazachos and Papaioannou, 1997). Έτσι, στην Ελλάδα και τις γύρω περιοχές, με βάση την επιφανειακή σεισμική δράση, διακρίθηκαν 67 σεισμικές ζώνες, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.9. Αντίστοιχα ορίστηκαν 7 σεισμικές πηγές, με βάση τη σεισμικότητα ενδιάμεσου βάθους.



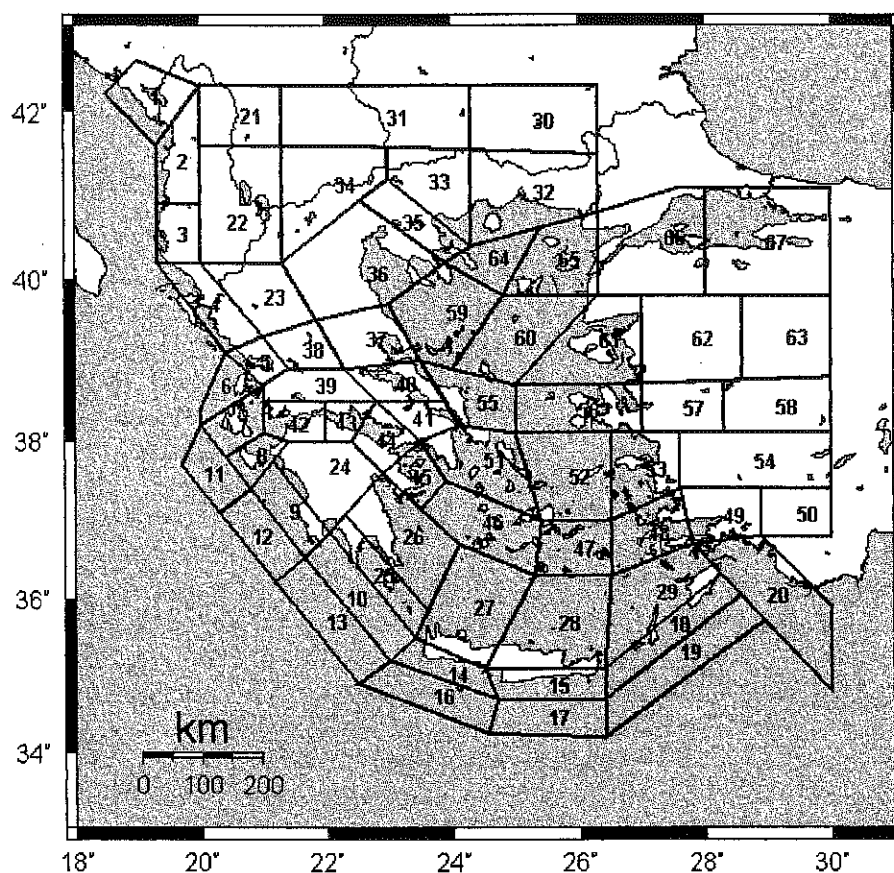
α) Όξια έως ουδέτερα πλουτώνεια και ηφαιστειακά πετρώματα: (γ) γρανίτες, διαρίτες, ρυόλιθοι, τραχείτες κλπ.) προτεταρτογενή (γ) τεταρτογενή (γ) (Q).

β) Παλαιές προσχώσεις, πλευρικά κορήματα, κώνοι κορημάτων και αναβαθμίσεις, πλειστοκαινικής κυρίως ηλικίας: Ερυθρονή, αμώδεις άργιλοι, υψίδες, κροκάλες και λαύτες μικρών συνήθως διαστάσεων, που παρουσιάζουν σαφή εναλλαγή των αδρμερών και λεπτομερών λιθολογικών φάσεων. Αργίεις αργιλοί (λεπτομέρες) ορίζονται είναι σπάνιοι. Στρώση ατελής, συνεκτικότητα συνήθως μέτρια που οφείλεται σε αργιλομαργακό συγκολλητικό υλικό.

Δεν παρατηρείται επιφανειακός υδροφόρος ορίζοντας. Το πάχος τους συνήθως γύρω στα 20 μ. Τοπικά παρατηρήθηκαν πάχη που υπερβαίνουν τα 1000 μ. (B. Πελοπόννησος).

γ) Κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι (sch) γνεύσοι και αμφιολίτες (gn). Φυλλίτες, χαλαζίτες, παλαιοζωικοί σχιστοψαμμίτες, ηφαιστειοζηματογενείς ημιμεταμορφωμένοι σχηματισμοί και γραουδάκες (ph), μάρμαρα, κρυσταλλικοί ασβεστολίθοι και οπсолίνες (mr): Σχηματισμοί με μεγάλο συνήθως πάχος και υψηλή συνεκτικότητα που συνιστούν το γεωλογικό υπόβαθρο.

Σχήμα 2.8 Αποτύπωμα του Σεισμοτεκτονικού χάρτη της Ελλάδας με σεισμογεωλογικά στοιχεία 1:500000 (Ι.Γ.Μ.Ε)



Σχήμα 2.9. Σεισμικές πηγές των επιφανειακών σεισμών της Ελλάδας και των γύρω περιοχών (Papazachos and Papaioannou, 1997).

Η εξεταζόμενη περιοχή ανήκει στη σεισμική ζώνη 35. Ονομάζεται ζώνη της Βόλβης και σύμφωνα με τους ερευνητές παρουσιάζει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

No	Όνομα Πηγής	b-value	a-value	Εμβαδο περιοχής (Km ²)	M _{max}	Ρυθμός M>5.0
35	Βόλβη	0.84	4.04	5903	7.1	0.723

Οι τιμές b και a είναι οι συντελεστές της σχέσης των Gutenberg-Richter. Ειδικότερα, η παράμετρος b συσχετίζεται με το ιδιαίτερο σεισμοτεκτονικό καθεστώς της περιοχής, δηλαδή την ομοιογένεια του υλικού και τις υφιστάμενες τάσεις στο σεισμογόνο χώρο, ενώ η παράμετρος a εξαρτάται από τη σεισμικότητα της περιοχής. Έτσι στη ζώνη αυτή οι τιμές υποδεικνύουν, την ύπαρξη μικρού μήκους ρηγμάτων στην περιοχή άρα τον υψηλό ρυθμό γένεσης σεισμών και την μέση σεισμικότητα της περιοχής, αντίστοιχα. Το M_{max} δίνει τον σεισμό μέγιστης έντασης που καταγράφηκε στην περιοχή ενώ στη τελευταία στήλη δίνεται και ο ετήσιος ρυθμός γένεσης σεισμών με μέγεθος μεγαλύτερο ή ίσο του 5.

Επιπλέον στον πίνακα 2.2 δίνεται η χρονική κατανομή σεισμών μεγέθους $M_W > 5$ R που σημειώθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της Μαυροράχης από το 1902 έως το 1999 (Σεισμολογικός Σταθμός ΑΠΘ).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΒΑΘΟΣ (Km)	M_w
	LatN	LonE		
5/07/1902	40.82	23.04	0.0	6.6
5/11/1905	40.7	23.0	15.0	5.5
18/11/1905	41.0	23.0	0.0	5.6
18/08/1931	40.7	23.5	0.0	5.1
23/04/1932	40.7	23.5	0.0	5.0
26/09/1932	40.5	23.8	0.0	6.0
28/09/1932	40.5	23.8	0.0	5.7
29/09/1932	40.97	23.23	0.0	6.2
21/10/1932	40.5	23.8	7.0	5.0
1/11/1932	40.5	23.8	0.0	5.5
21/12/1932	40.5	23.8	0.0	5.0
29/12/1932	40.5	23.8	7.0	5.0
25/05/1933	40.5	23.8	7.0	5.0
8/04/1936	41.0	23.5	0.0	5.5
27/06/1952	40.7	23.5	0.1	5.0
17/07/1958	40.6	23.4	0.1	5.6
13/07/1960	40.6	23.4	0.1	5.4
16/04/1970	40.62	23.50	8.0	5.2
23/05/1978	40.68	23.34	6.0	5.8
2/06/1978	40.70	23.27	11.0	5.0
19/06/1978	40.73	23.28	30.0	5.3
20/06/1978	40.71	23.27	6.0	6.5
4/07/1978	40.73	23.12	18.0	5.1
3/05/1995	40.54	23.64	8.8	5.0
3/05/1995	40.55	23.65	11.0	5.1
4/05/1995	40.54	23.63	9.9	5.3

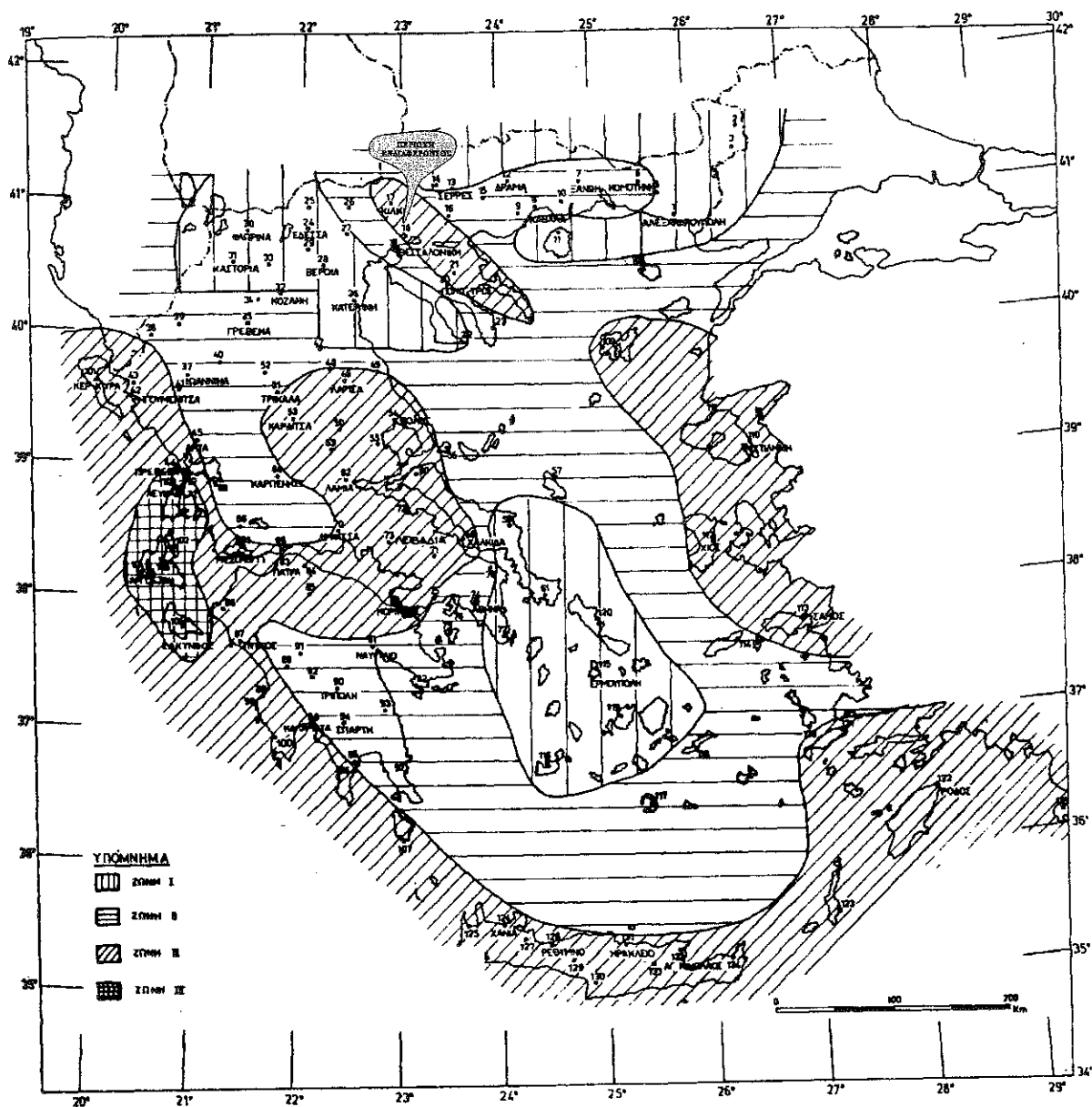
Ειδικότερα, σύμφωνα με τον ισχύοντα Ε.Α.Κ.(2000), η περιοχή ενδιαφέροντος χαρακτηρίζεται ως μέσης σεισμικής επικινδυνότητας, υπαγόμενη στη ζώνη ΙΙΙ (βλέπε χάρτη σχήμα 2.10). Για αυτήν η **σεισμική επιτάχυνση εδάφους** προβλέπεται ίση με **A=0.24g** για οικοδομικά έργα, με πιθανότητα υπέρβασης 10% για περίοδο 50 ετών. Από πλευράς επικινδυνότητας το έδαφος μπορεί να καταταχθεί στην κατηγορία **A & B**.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
A	Βραχώδεις ή ημιβραχώδεις σχηματισμοί εκτεινόμε- νη σε αρκετή έκταση και βάθος, με την προϋπόθε- ση ότι δεν παρουσιάζουν έντονη αποσάθρωση. Στρώσεις πυκνού κοκκώδους υλικού με μικρό ποσοστό ιλυοαργιλικών υλικών προσμίξεων, πάχους μικρότερου των 70μ. Στρώσεις πολύ σκληρής προσυμπιεσμένης αργίλου πάχους μικρότερου των 70μ.
B	Έντονα αποσαθρωμένα βραχώδη ή εδάφη που από μηχανική άποψη μπορούν να εξομοιωθούν με κοκ- κώδη.

Για έλεγχο ευστάθειας πρανών σε σεισμό, μπορεί προσεγγιστικά να ληφθούν οι παρακάτω τιμές σεισμικών επιταχύνσεων.

Οριζόντια σεισμική επιτάχυνση **0.24g**

Κατακόρυφη σεισμική επιτάχυνση **0.12g**



Σχήμα 2.10. Χάρτης ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας (ΕΑΚ-2000)

3 ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Στα πλαίσια της γεωλογικής μελέτης της υπό έρευνα περιοχής αποφασίστηκε και η έρευνα του υπεδάφους με την εφαρμογή γεωφυσικών μεθόδων. Οι γεωφυσικές μέθοδοι που εφαρμόστηκαν ήταν η γεωηλεκτρική μέθοδος της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης και η ηλεκτρομαγνητική μέθοδος VLF.

Στόχος της πρώτης μεθόδου είναι ο καθορισμός της γεωηλεκτρικής στρωματογραφίας σε επιλεγμένες θέσεις και σε όλη την υπό μελέτη περιοχή με ιδιαίτερη έμφαση στον εντοπισμό του πάχους της αποσαθρωμένης ζώνης και του βάθους που συναντάται ανά θέση το "υγιές" υπόβαθρο. "Υγιής" εννοείται ο σχηματισμός του υποβάθρου που στην περιοχή είναι είτε ο γρανίτης είτε ο γνεύσιος που βρίσκεται κάτω από τον μανδύα αποσάθρωσης και είναι συμπαγής, είτε βαθιά τμήματά του που δεν έχουν καταπονηθεί από ρηξιγενείς ζώνες σε βαθμό που υπόγεια υδροφορία να προκαλέσει έντονη αποσάθρωση τους.

Στόχος της ηλεκτρομαγνητικής μεθόδου VLF είναι ο εντοπισμός αγωγίμων ζωνών που είναι πιθανόν να αντιστοιχούν σε ρηξιγενείς ζώνες και έχουν ή όχι εκδήλωση στην επιφάνεια.

Παρακάτω παρουσιάζονται στοιχεία για τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν, ο προγραμματισμός των μετρήσεων και τέλος τα στοιχεία αξιολόγησης της ερμηνείας των μετρήσεων και τα συμπεράσματα της γεωφυσικής έρευνας.

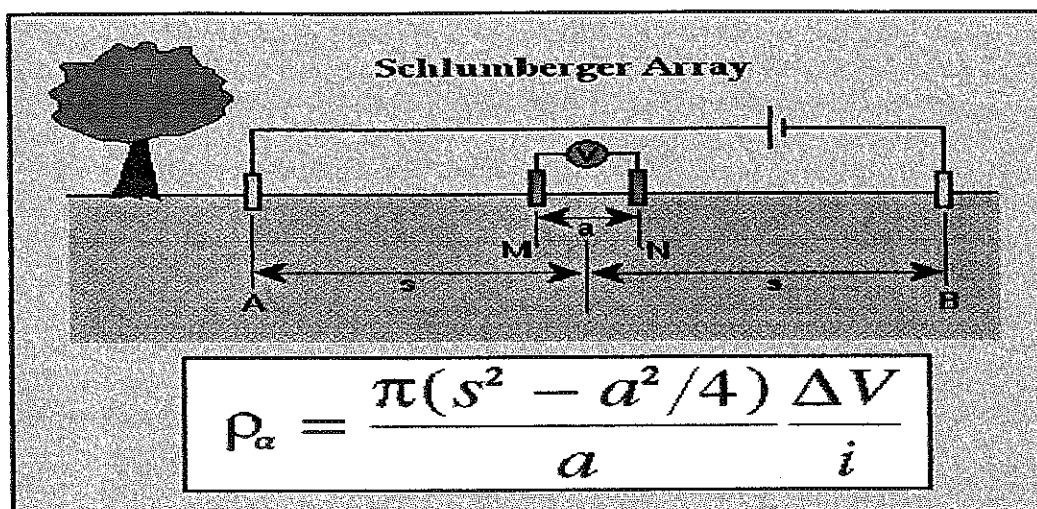
3.1 Γεωηλεκτρική έρευνα

Πραγματοποιήθηκαν δεκαέξι (16) γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις σύμφωνα με τη διάταξη ηλεκτροδίων Schlumberger.

3.1.1 Περιγραφή της μεθόδου ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται πλατύτερα απ' όλες 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 την δομή του υπεδάφους και για τον 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 μετριέται σε διάφορες θέσεις του εδάφους το δυναμικό που δημιουργεί το ρεύμα αυτό με δύο ηλεκτρόδια δυναμικού M, N (βλέπε σχήμα 3.1.).



Σχήμα 3.1 Διάταξη Schlumberger

Πραγματοποιούνται μετρήσεις τόσο της έντασης ρεύματος (i) όσο και του δυναμικού (ΔV) που παράγεται με στόχο τον καθορισμό της κατανομής της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης, ρ , 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 δυσκολίες και απαιτεί συνήθως πρόσθετα στοιχεία (γεωλογικά, γεωφυσικά κλπ). Αρχικά υπολογίζεται μία ανύπαρκτη φυσικώς ποσότητα, η οποία ονομάζεται "φαινόμενη ειδική αντίσταση" (ρ_a), η οποία χρησιμοποιείται για τον καθορισμό της πραγματικής ειδικής αντίστασης στους διάφορους σχηματισμούς του υπεδάφους. Για την πραγματοποίηση των γεωηλεκτρικών μετρήσεων έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι διάταξης των ηλεκτροδίων στην επιφάνεια της γης. Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε η διάταξη Schlumberger.

Στη διάταξη αυτή, η απόσταση $MN=2L$ μεταξύ των ηλεκτροδίων δυναμικού, είναι πολύ μικρότερη από την απόσταση $AB=2l$, μεταξύ των ηλεκτροδίων ρεύματος ($L \gg l$).

Η διάταξη Schlumberger εφαρμόστηκε επειδή παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως 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 H/Y) για την ερμηνεία των παρατηρήσεων έγινε για την εφαρμογή σε διάταξη Schlumberger (B. Παπαζάχος, 1986, "Εισαγωγή στην Εφαρμοσμένη Γεωφυσική").

3.1.2 Προγραμματισμός γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων.

Βασικό στοιχείο για τη χωροθέτηση των θέσεων των βυθοσκοπήσεων ήταν η διασπορά τους στον χώρο με τέτοιο τρόπο ώστε να

(α) να ερευνηθεί ο χώρος με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη πληρότητα,
(β) να γίνει δυνατή η εκμετάλλευση των στοιχείων των ερευνητικών γεωτρήσεων,
(γ) να μπορούν να σχεδιαστούν τομές που θα επιτρέψουν τον συσχετισμό των στοιχείων των βυθοσκοπήσεων μεταξύ τους,

(δ) να είναι δυνατή η ανάπτυξη των ηλεκτροδίων σε ικανό μήκος με τις ελάχιστες υψομετρικές μεταβολές.

Βάσει των στοιχείων αυτών πραγματοποιήθηκαν 16 μετρήσεις, οι θέσεις των οποίων παρουσιάζονται σε χάρτη 1:2.000 (Σχέδιο 4).

3.1.3 Ερμηνεία-Αξιολόγηση γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων

Αφού εφαρμόστηκε η διαδικασία ερμηνείας των βυθοσκοπήσεων, για κάθε βυθοσκόπηση προέκυψε η γεωηλεκτρική στήλη υπό μορφή πάχους και τιμής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης για κάθε στρώμα που συναντάται στο βάθος έρευνας.

Τα αποτελέσματα για κάθε μέτρηση παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες.

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 1			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
113	1,9	0	1.9
68	2,2	1.9	4,1
64	6,4	4,1	10,5
167	11	10,5	21,5
291		21,5	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 2			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
78	1,7	0	1.7
52	1,6	1.7	3.3
33	3,1	3.3	6,4
82	6,7	6,4	13,1
146		13,1	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 3			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
270	2,3	0	2,3
385	2	2,3	4,3
338	12,2	4,3	16,5
182	17,7	16,5	34,2
168	28,4	34,2	62,6
4380		62,6	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 4			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
338	2,5	0	2,5
501	3	2,5	5,5
323	8,9	5,5	14,4
402	5,8	14,4	20,2
743	29,3	20,2	49,5
239		49,5	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 5			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
136	3	0	3
96	1,5	3	4,5
436	11,3	4,5	15,8
390	18,7	15,8	34,5
56	54	34,5	88,5
4072		88,5	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 6			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
235	2	0	2,0
150	5,6	2	7,6
286	10,7	7,6	18,3
184	10,6	18,3	28,9
158	22,7	28,9	51,6
203	42,3	51,6	94
1011		94	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 7			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
292	3,1	0	3,1
330	0,7	3,1	3,8
270	13,7	3,8	17,5
249	34,2	17,5	51,7
198	26	51,7	77,7
4500		77,7	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 8			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
374	2,7	0	2,7
300	6,1	2,7	8,8
456	10,1	8,8	18,9
343	9,8	18,9	28,7
475	18,2	28,7	46,9
448	25,3	46,9	72
219		72	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 9			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
209	1,8	0	1,8
130	6,2	1,8	8
108	13,9	8	21,9
139	10,4	21,9	32,3
62	29,8	32,3	62,1
873		62,1	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 10			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
206	3,3	0	3,3
170	6,8	3,3	10,1
365	11,9	10,1	22
210	27,3	22	49,3
180	43	49,3	92,3
1051		92,3	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 11			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
300	3,4	0	3,4
350	10,4	3,4	13,8
185	5,2	13,8	16
108	7,9	16,0	23,9
139	50	23,9	73,9
197	12	73,9	85,9
115		85,9	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 12			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
110	3	0	3,0
86	6,9	3,0	9,9
107	4,3	9,9	14,2
133	3,3	14,2	17,5
147	8,6	17,5	26,1
250	20,9	26,1	47
140	19	47	66
172	10	66	76
86		76	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 13			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
450	1,6	0	1,6
122	2,5	1,6	4,1
339	4,4	4,1	8,5
242	2,2	8,5	10,7
399	15,5	10,7	26,2
337	15,5	26,2	41,7
159		41,7	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ14			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
317	3	0	3
339	1,9	3,0	4,9
102	10,3	4,9	15,2
234	8,8	15,2	24
215	14,2	24,0	38,2
180	19,2	38,2	57,4
45		57,4	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 15			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
200	3,2	0	3,2
220	3	3,2	6,2
195	15	6,2	21,2
150		21,2	

ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗ Μ 16			
Ειδική ηλεκτρική αντίσταση (Ωm)	Πάχος (μ)	Θέση (μ)	
		Άνω επιφ.	Κάτω επιφ.
130	4,4	0	4,4
155	3,7	4,4	8,1
169	32,9	8,1	41,0
411		41,0	

Οι τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που υπολογίστηκαν συσχετίστηκαν με τους γεωλογικούς σχηματισμούς που συναντώνται στην περιοχή έτσι ώστε κάθε γεωηλεκτρική στήλη να αποδώσει την αντίστοιχη γεωλογική και να συσχετισμούς σε επίπεδο τομών.

Για την πιο κατανοητή παρουσίαση των αποτελεσμάτων και την αποσαφήνιση της γεωλογικής δομής, τα επιμέρους γεωηλεκτρικά στρώματα με συγγενικές γεωηλεκτρικές ιδιότητες ομαδοποιήθηκαν έτσι ώστε να αντιπροσωπεύουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής. Βάσει λοιπόν της γεωηλεκτρικής έρευνας διακρίνονται τέσσερις σχηματισμοί από πλευράς αγωγιμότητας και συνοχής.

1. **Εδαφικό κάλυμμα-Αποσαθρωμένο υλικό:** Αντιστοιχεί στον σχηματισμό που συναντάται επιφανειακά και υφίσταται όλες τις μορφές αποσάθρωσης διάβρωσης αφού είναι εκτεθειμένο στις κλιματολογικές συνθήκες. Αποτελεί το πρώτο στρώμα του μανδύα αποσάθρωσης και στην περιοχή που κυριαρχεί ο γρανίτης παρουσιάζει ιδιαίτερα χαμηλές αντιστάσεις λόγω της καολινιτίωσης που φαίνεται ότι έχει υποστεί ο σχηματισμός του γρανίτη.
2. **Κατακερματισμένες-Αποσαθρωμένες ζώνες:** Πρόκειται για το συνήθως υποκείμενο στρώμα που έχει υποστεί τεκτονική καταπόνηση και παρουσιάζεται

αρκετά αποσαθρωμένο λόγω του νερού που κατεισδύει από τα ανώτερα στρώματα.

3. **Υγιές υπόβαθρο:** Τα τμήματα αυτά του υποβάθρου (γρανίτη ή γνεύσιου) που έχουν παραμείνει το δυνατόν στην πρωτογενή τους κατάσταση. Εκτός από πιθανές διακλάσεις που μπορεί να περιέχουν δεν χαρακτηρίζονται από υδροφορία ή ρηξιγενείς ζώνες πληρωμένες με αργιλικά υλικά.
4. **Ρηγιγενείς ζώνες:** Εντοπίζονται σε σχετικά μεγάλα βάθη και αντιστοιχούν σε ρηξιγενείς ζώνες που η μεγάλη τους αγωγιμότητα οφείλεται είτε σε πιθανή υδροφορία είτε σε αργιλική πλήρωση του ρήγματος.

Σχεδιάστηκαν πέντε (5) μορφολογικές τομές (5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5) με τέτοιο τρόπο ώστε να αποδίδεται πλήρως η γεωλογική δομή στην περιοχή. Οι τομές αυτές συμβολίζονται από το γράμμα R και τον αύξοντα αριθμό τους και παρουσιάζονται στον χάρτη του Σχεδίου 4.

Στις τομές αυτές σχεδιάστηκαν οι γεωηλεκτρικές στήλες σε κάθε βυθοσκόπηση που συμμετέχει στην τομή και δίνεται η εικόνα της πιθανής συνέχειας των γεωηλεκτρικών-γεωλογικών σχηματισμών.

Στις περισσότερες των περιπτώσεων παρουσιάζεται ομαλή πλευρική συνέχεια των σχηματισμών με μόνη την παρουσία μεταπτώσεων που οφείλονται στον τεκτονισμό της περιοχής και με δεδομένο ότι αναμένονται ζώνες με συνεχείς εναλλαγές γρανιτών-γνευσίων και αμφιβολιτών.

Χαρακτηριστική είναι η τομή R5 όπου είναι εμφανής η βύθιση του υγιούς υποβάθρου προς νότο αφού σε βάθος δεν εντοπίζεται νοτιότερα της βυθοσκόπησης M7.

3.2 Ηλεκτρομαγνητική έρευνα VLF

Πραγματοποιήθηκαν δεκαεφτά (17) οδεύσεις VLF συνολικού μήκους 9500 μέτρων. Οι οδεύσεις πραγματοποιήθηκαν σε κύριες διευθύνσεις 40°ΒΑ και 80°ΒΔ, (βλπ. χάρτη Σχέδιο 4) έτσι ώστε να εντοπιστούν όλες οι αγωγίμες ζώνες που αντιστοιχούν σε οποιοδήποτε πιθανό σύστημα ρηγμάτων.

3.2.1 Περιγραφή μεθόδου VLF

Κατά την εφαρμογή των ηλεκτρομαγνητικών (ΗΛΜ) μεθόδων γεωφυσικής διασκόπησης, παράγεται στην επιφάνεια της γης ένα πρωτεύον ηλεκτρομαγνητικό κύμα το οποίο όχι μόνο φτάνει σε ένα δέκτη στην επιφάνεια, αλλά διαδίδεται και μέσα στη γη, όπου αν συναντήσει ένα ηλεκτρικά αγωγίμο σώμα επάγει ηλεκτρικό ρεύμα στο αγωγίμο αυτό σώμα με συνέπεια τη γένεση ενός δευτερογενούς ηλεκτρομαγνητικού κύματος το οποίο επίσης φτάνει στον δέκτη και συμβάλλει με το πρωτεύον κύμα. Το δευτερογενές αυτό κύμα είναι της ίδιας συχνότητας με το πρωτεύον, φτάνει στο δέκτη από διαφορετική διεύθυνση και παρουσιάζει μια διαφορά φάσης σε σχέση με το πρωτεύον. Τον πομπό των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, το αγωγίμο ηλεκτρικά σώμα μέσα στη γη και το δέκτη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μπορούμε να τα θεωρήσουμε ως πηνία.

Η μέθοδος VLF που εφαρμόστηκε, διακατέχεται από τις παρακάτω αρχές:

Οι διάφοροι οργανισμοί επικοινωνιών και ναυσιπλοίας χρησιμοποιούν ισχυρούς πομπούς οι οποίοι εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην περιοχή από 15 έως 25 KHz, δηλαδή στην περιοχή πολύ χαμηλών συχνοτήτων, τα οποία παριστάνονται με το σύμβολο VLF (*Very Low Frequency*), που λαμβάνονται από δέκτες σε αποστάσεις αρκετών χιλιάδων χιλιομέτρων και χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρομαγνητική διασκόπηση.

Ο δέκτης VLF είναι ένα όργανο που αποτελείται από δύο πηνία κάθετα μεταξύ τους τα οποία συντονίζονται στις συχνότητες των πομπών. Αφού καθοριστεί η διεύθυνση του πομπού λαμβάνονται οι μετρήσεις της γωνίας κλίσης σε διάφορα σημεία διατεταγμένα σε τομή που έχει χαραχθεί στην υπό μελέτη περιοχή, κάθετη προς την διεύθυνση διάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Το μέγεθος της γωνίας κλίσης αναφέρεται στην γωνία που σχηματίζει ο μέγιστος άξονας της έλλειψης πόλωσης με την διεύθυνση της έντασης του πρωτογενούς πεδίου πάνω στο επίπεδο πόλωσης.

Οι τιμές των γωνιών αυτών (που μετριοούνται σε τομές σχεδιασμένες κάθετα προς την κύρια διεύθυνση της γεωλογικής δομής), χαρτογραφούνται κατά μήκος κάθε αντίστοιχης τομής.

Ανώμαλες μεταβολές των τιμών των γωνιών κλίσης υποδηλώνουν δομές υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

3.2.2 Μετρήσεις VLF

Οι μετρήσεις VLF πραγματοποιήθηκαν σε ευθείες οδεύσεις με βήμα δειγματοληψίας 10 μέτρων. Οι τομές που υλοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον χάρτη του Σχεδίου 4.

Τα στοιχεία ερμηνείας των μετρήσεων VLF αντιστοιχούν σε

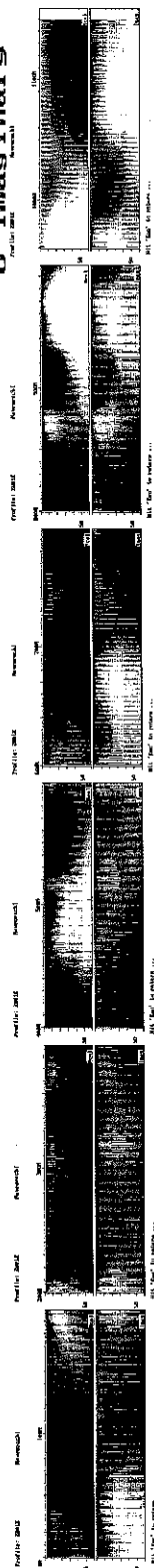
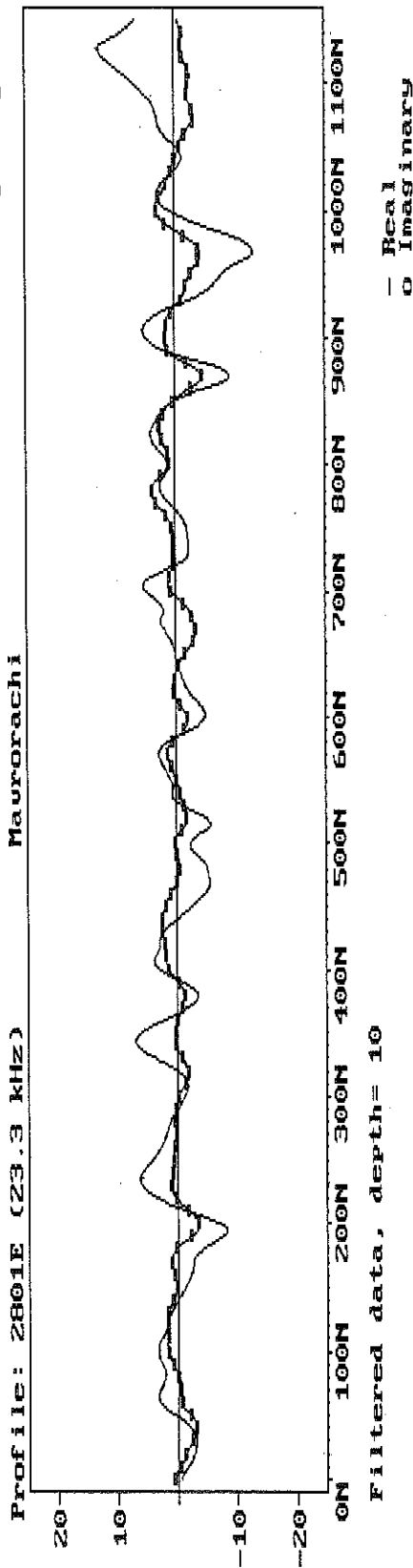
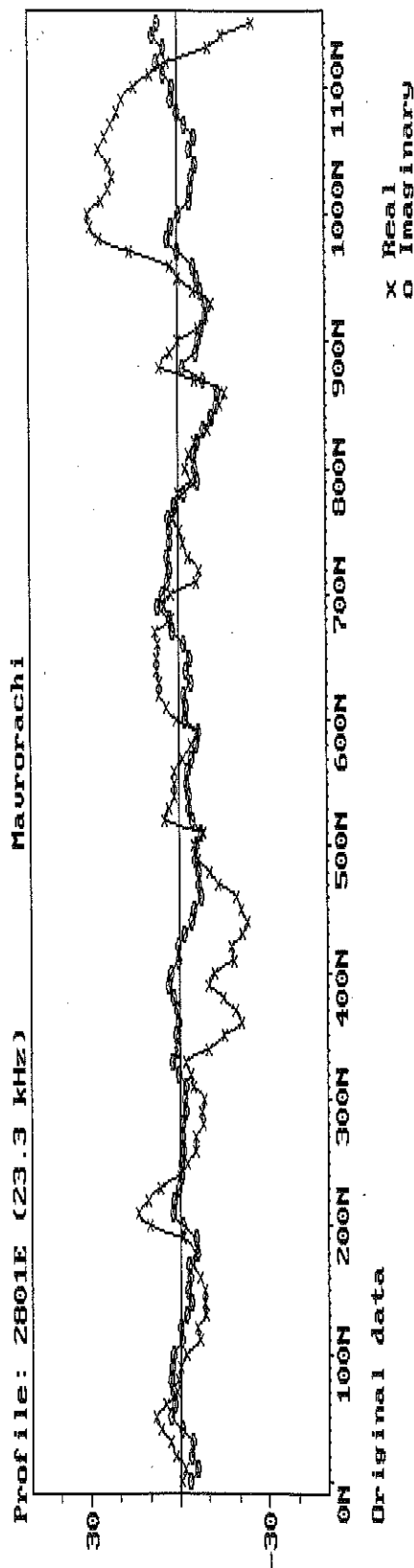
A. Τα πρωτογενή (original) δεδομένα που αντιστοιχούν στις τομές τις πραγματικής και της φανταστικής συνιστώσας του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου.

B. Τα φιλτραρισμένα (filtered) δεδομένα τα οποία έχουν υποστεί την επεξεργασία του φίλτρου Fraser. Στόχος της επεξεργασίας αυτής είναι οι ανωμαλίες που δείχνουν την ύπαρξη και τη θέση αγώγιμων ζωνών να πάρουν την μορφή θετικών κορυφών που είναι πολύ πιο εύκολες στην παρατήρηση και αξιολόγηση.

Γ. Στις ψευδοτομές (cross section) όπου μετά την εφαρμογή του φίλτρου Karous-Hjelt παρουσιάζεται υπό μορφή τομής η εικόνα της κατανομής των τιμών της πραγματικής και φανταστικής συνιστώσας του πεδίου σε δύο διαστάσεις (μήκος 200 μέτρων και βάθος 60 μέτρων).

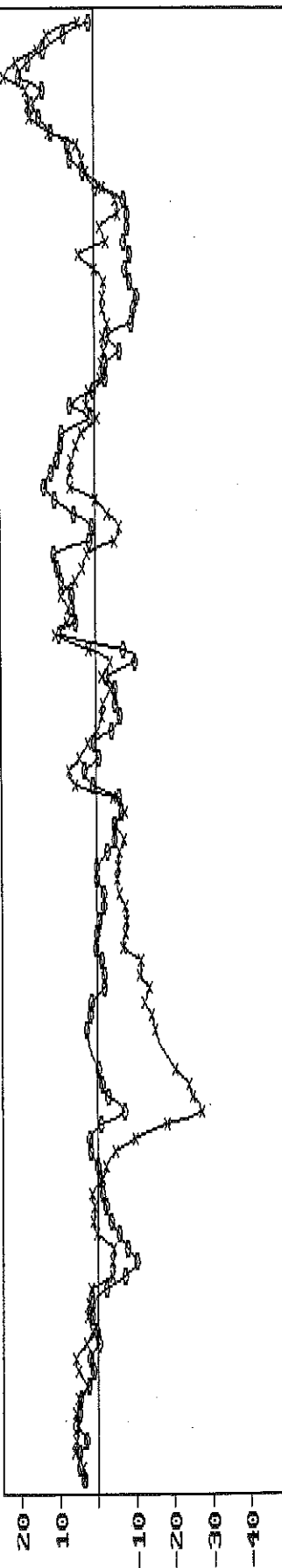
Δεδομένου ότι οι περισσότερες των τομών έχουν σημαντικό μήκος και η περιοχή παρουσιάζει έντονο μορφολογικό ανάγλυφο στις αρχικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκε τοπογραφική διόρθωση.

Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα όπου παρουσιάζονται όλες οι τομές που πραγματοποιήθηκαν σε κλίμακα μήκους 1:5.000.



Profile: 2802E (16 kHz) Maurorachi

100N 200N 300N 400N 500N 600N 700N 800N 900N 1000N 1100N

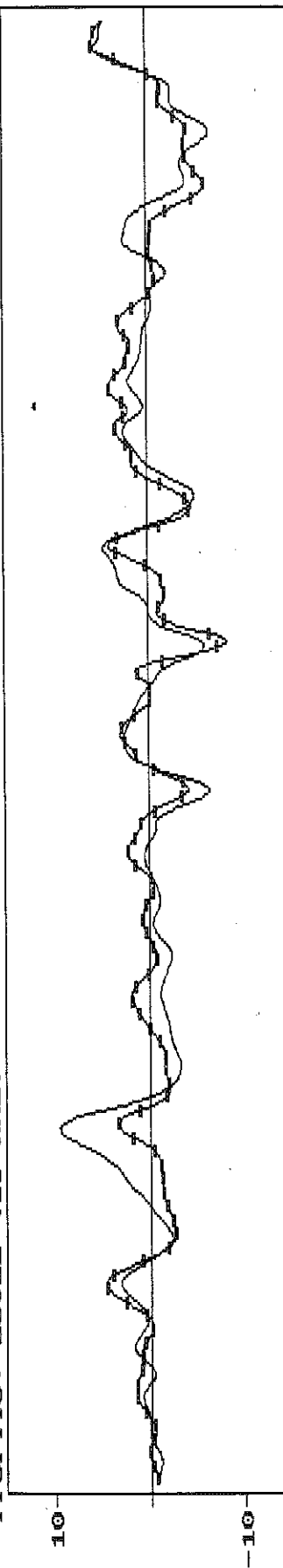


Original data

x Real

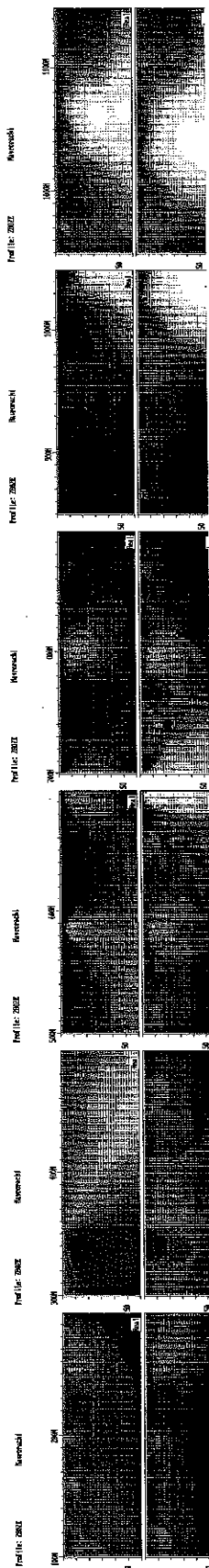
Profile: 2802E (16 kHz) Maurorachi

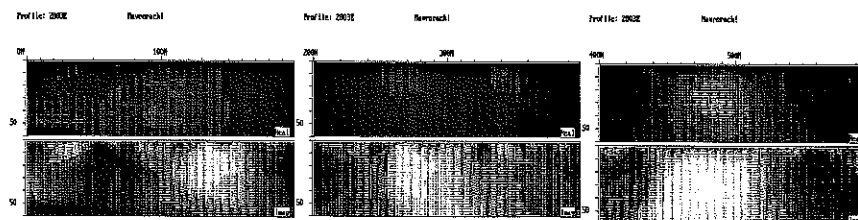
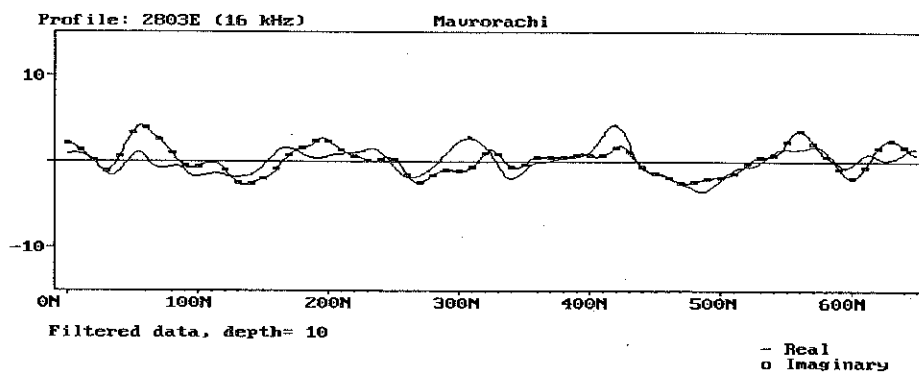
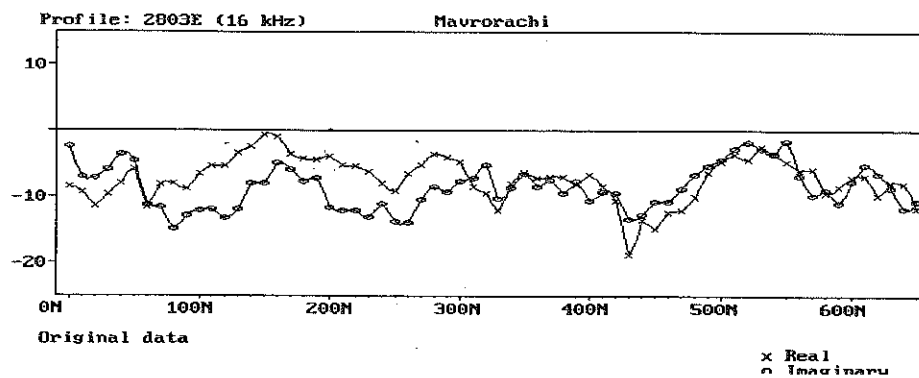
100N 200N 300N 400N 500N 600N 700N 800N 900N 1000N 1100N



Filtered data, depth= 10

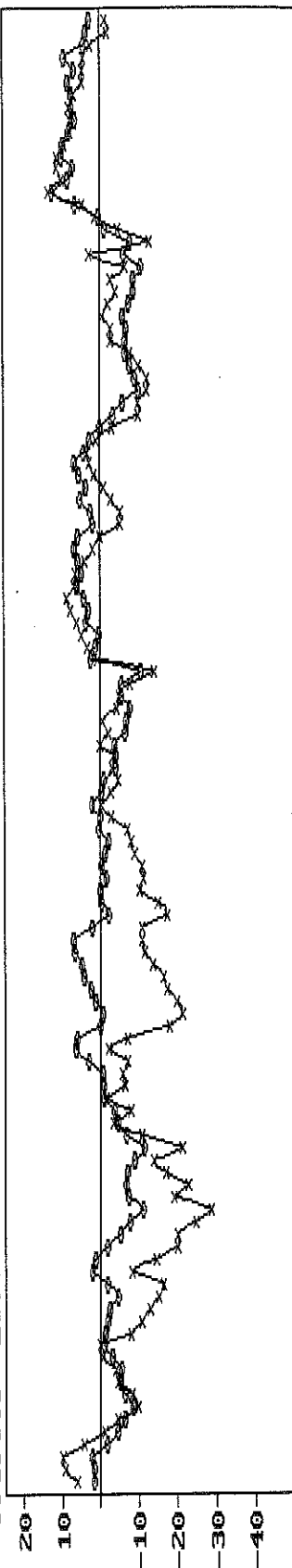
- Real





Profile: 2804E (16 kHz) Maurorachi

ON 100N 200N 300N 400N 500N 600N 700N 800N 900N 1000N 1100N

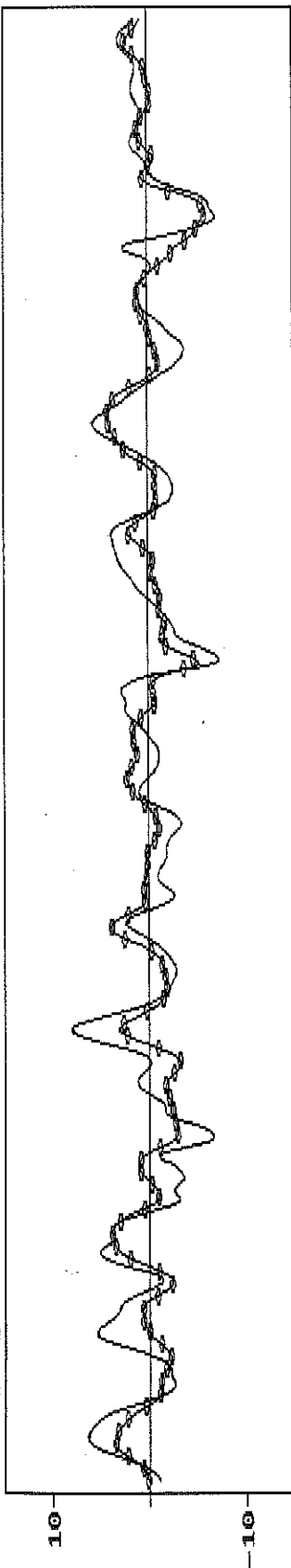


Original data

x Real
o Imaginary

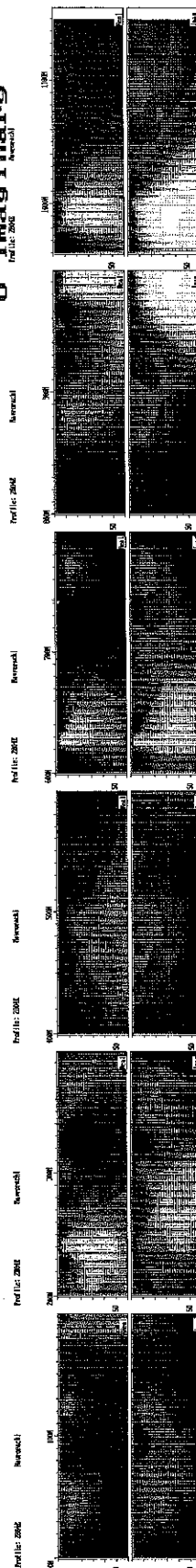
Profile: 2804E (16 kHz) Maurorachi

ON 100N 200N 300N 400N 500N 600N 700N 800N 900N 1000N 1100N

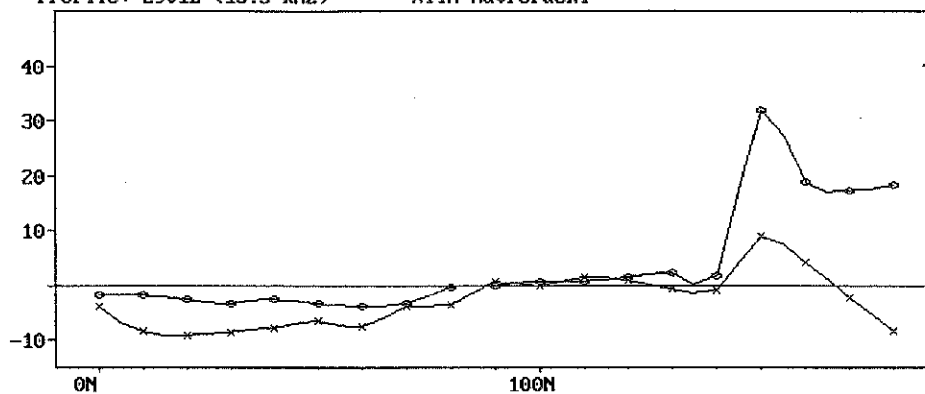


Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginary



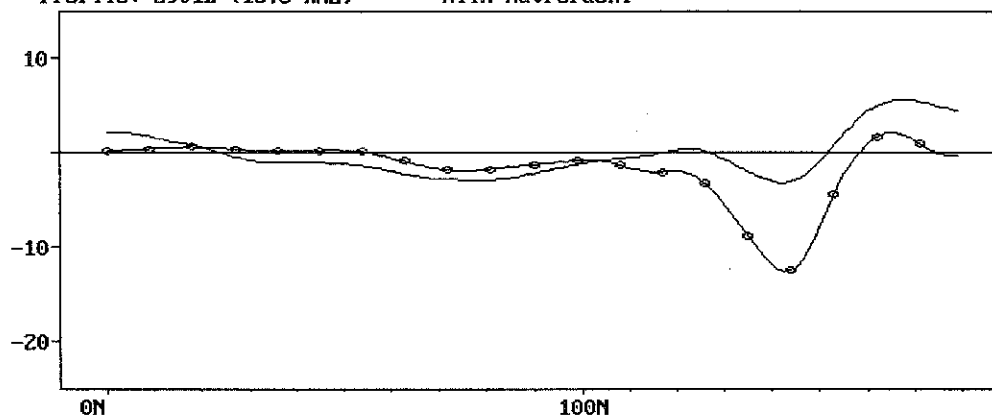
Profile: 2901E (18.3 kHz) XYTA Maurorachi



Original data

x Real
o Imaginary

Profile: 2901E (18.3 kHz) XYTA Maurorachi

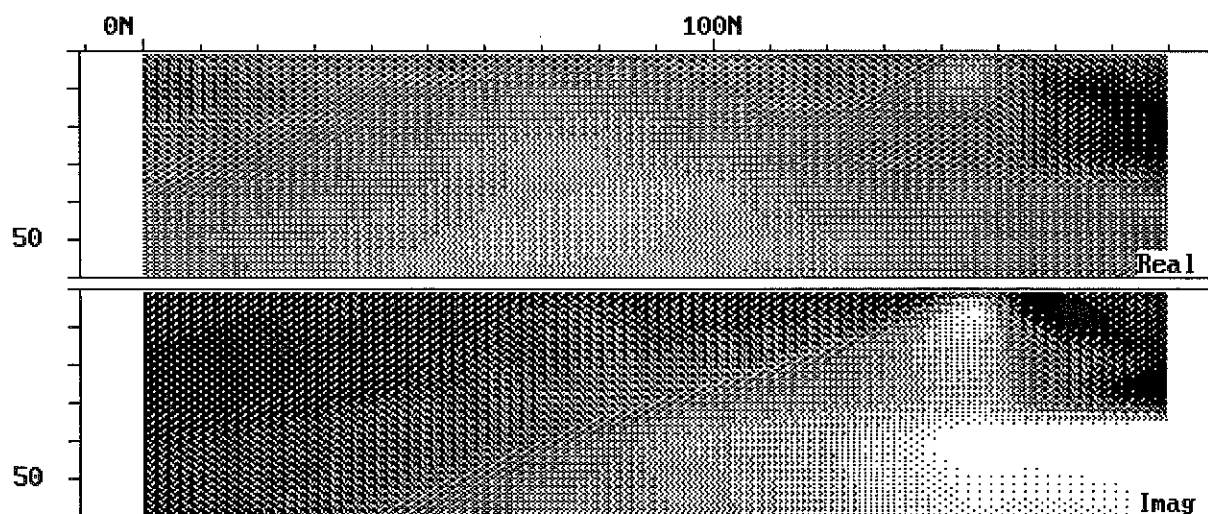


Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginary

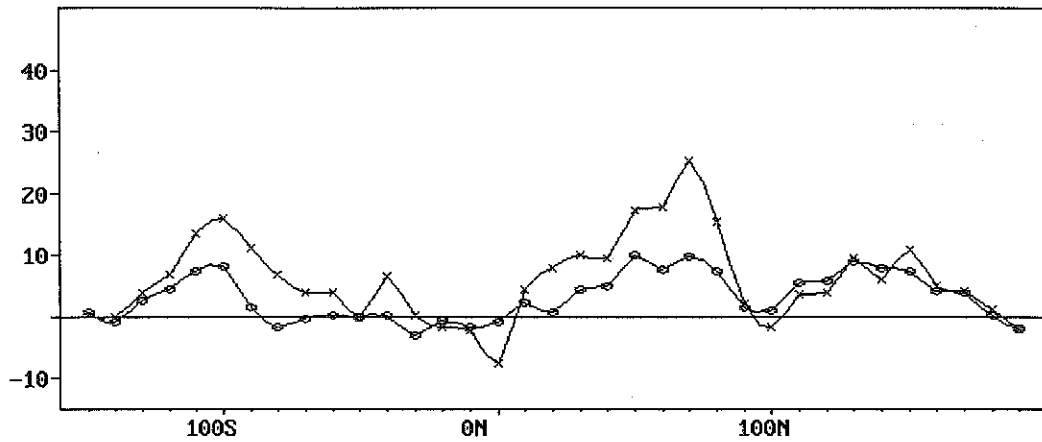
Profile: 2901E

XYTA Maurorachi



Profile: Z90ZE (16.4 kHz)

XYTA Maurorachi

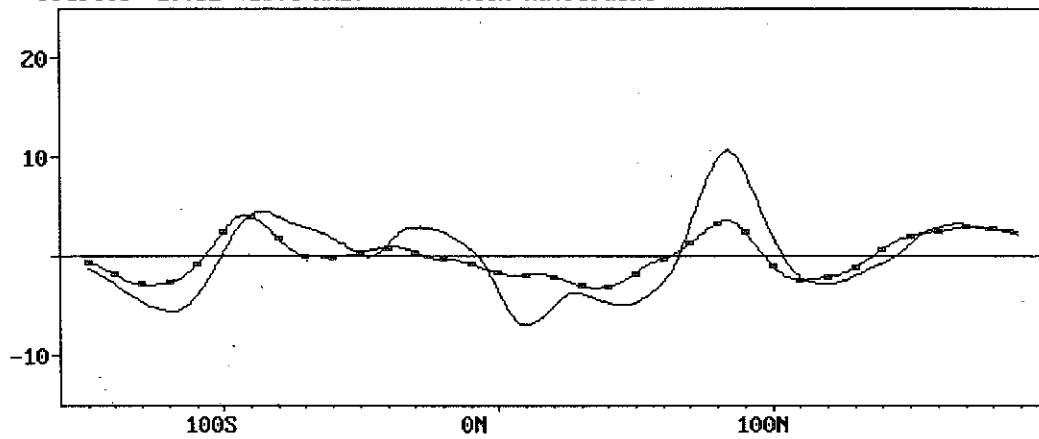


Original data

x Real
o Imaginary

Profile: Z90ZE (16.4 kHz)

XYTA Maurorachi

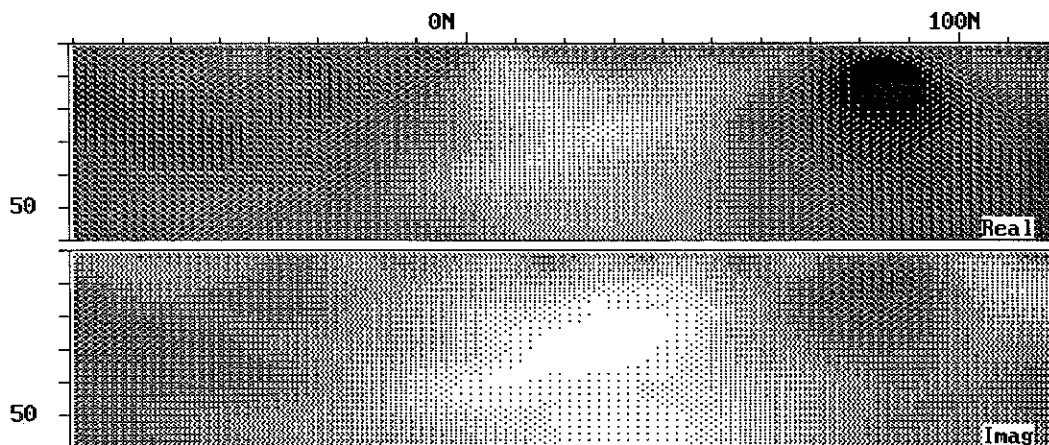


Filtered data, depth= 10

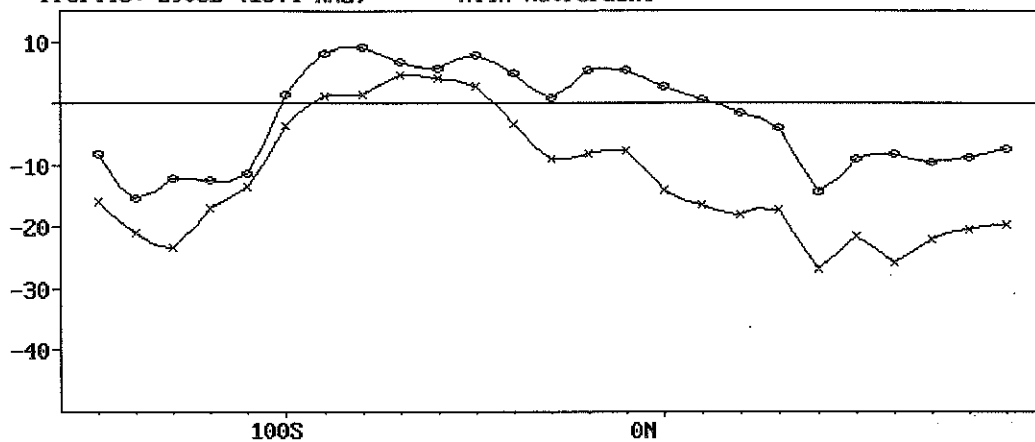
- Real
o Imaginary

Profile: Z90ZE

XYTA Maurorachi

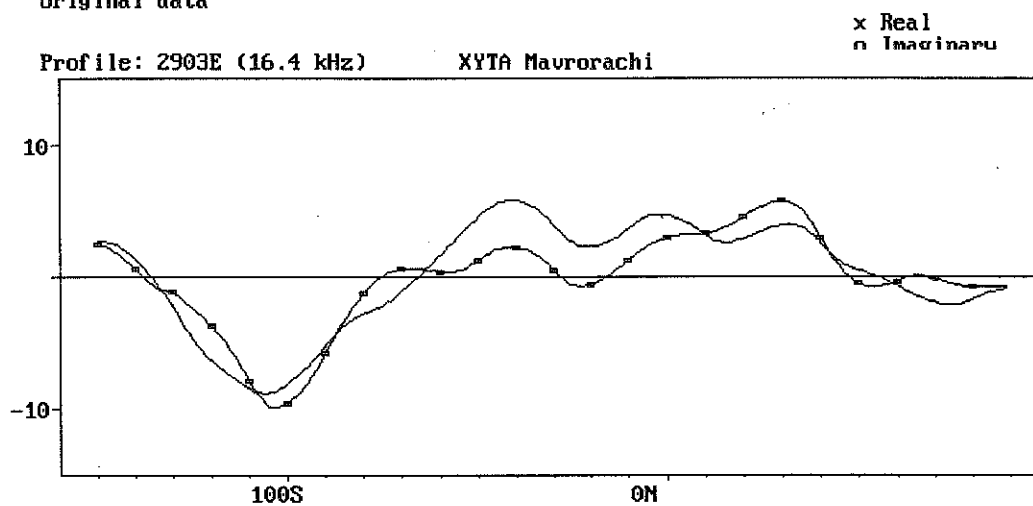


Profile: 2903E (16.4 kHz) XYTA Mavrorachi



Original data

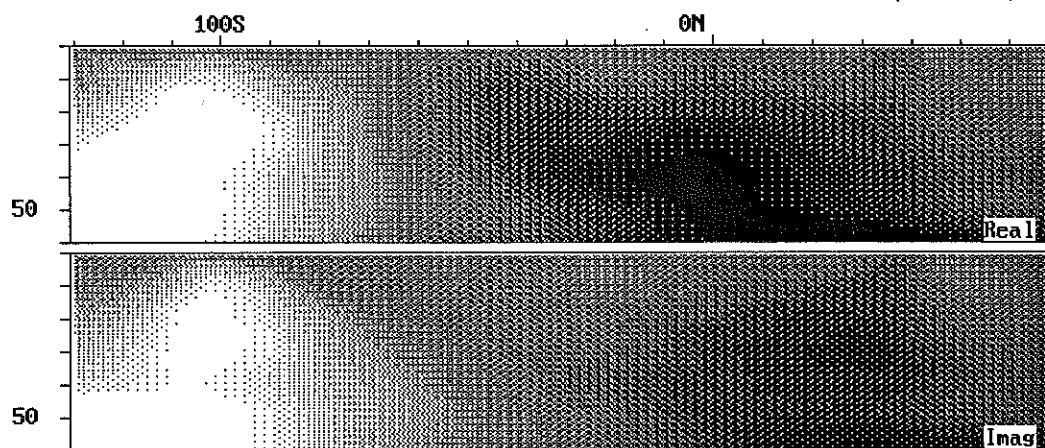
Profile: 2903E (16.4 kHz) XYTA Mavrorachi



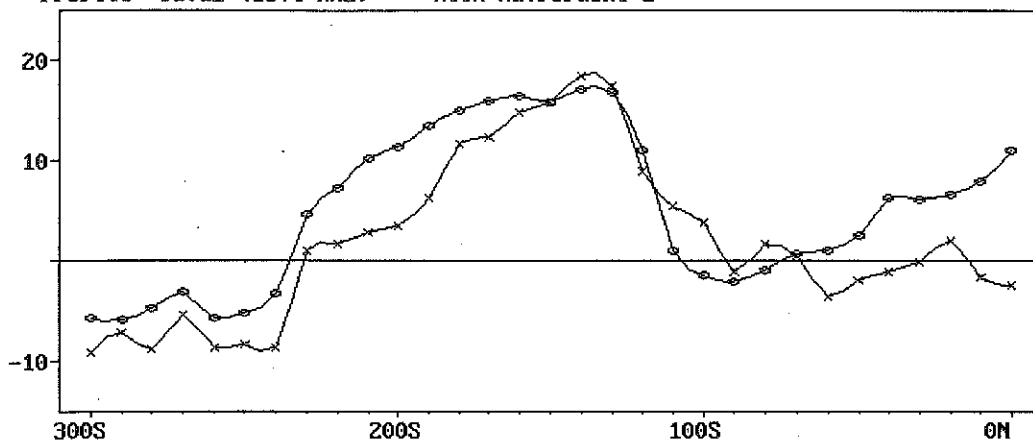
Filtered data, depth= 10

Profile: 2903E

XYTA Mavrorachi



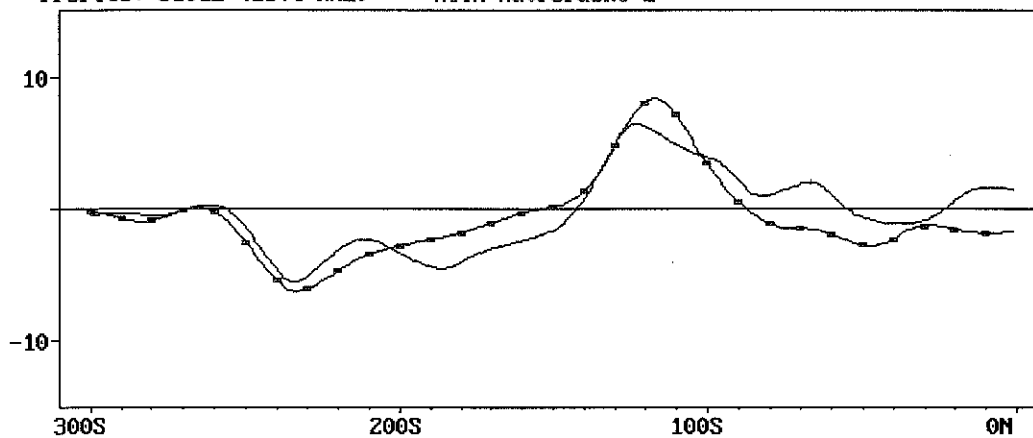
Profile: 3101E (16.4 kHz) XYTA Mavrorachi 2



Original data

x Real
o Imaginaru

Profile: 3101E (16.4 kHz) XYTA Mavrorachi 2

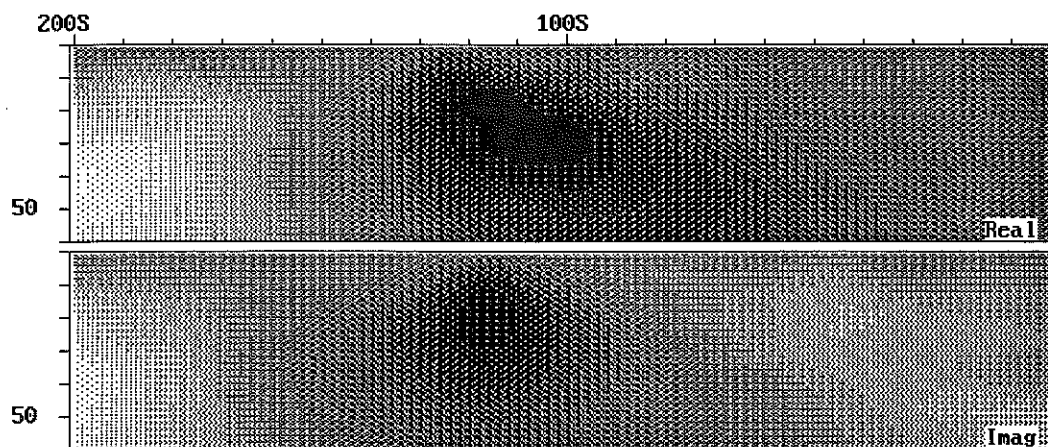


Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginaru

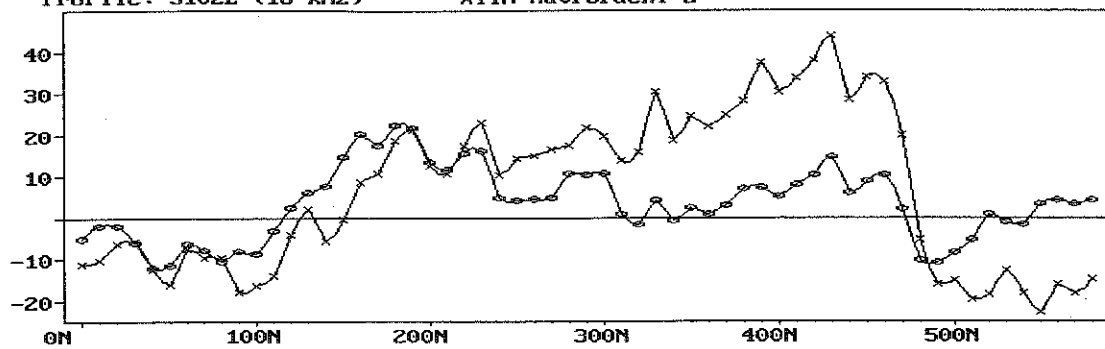
Profile: 3101E

XYTA Mavrorachi 2



Profile: 3102E (16 kHz)

XYTA Maurorachi 2

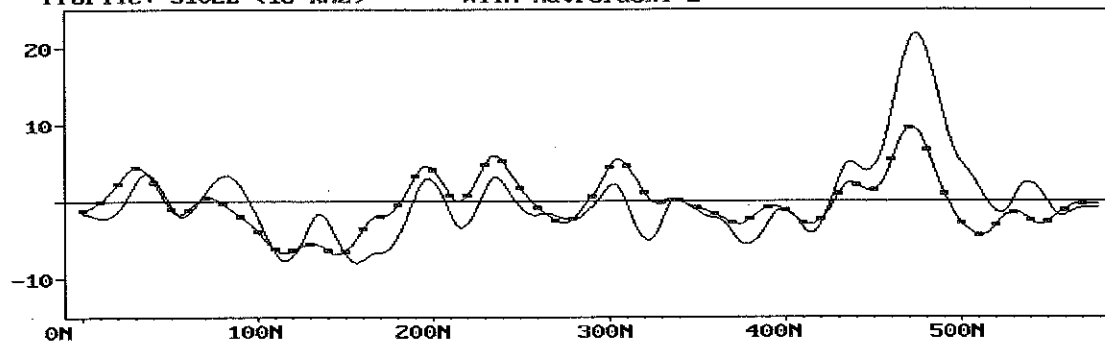


Original data

x Real
o Imaginary

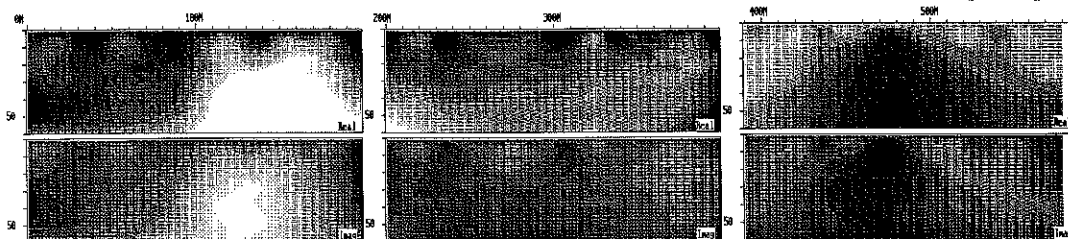
Profile: 3102E (16 kHz)

XYTA Maurorachi 2



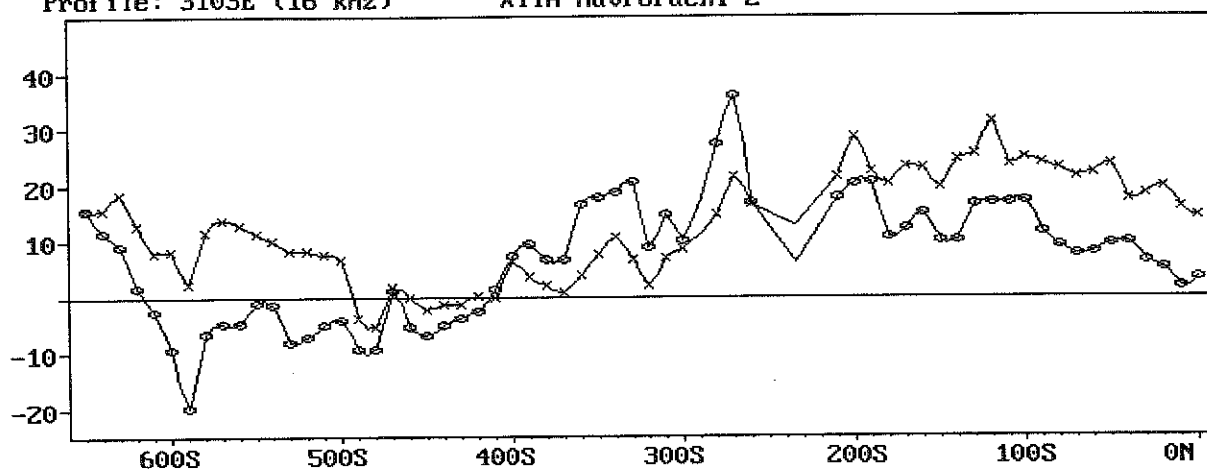
Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginary



Profile: 3103E (16 kHz)

XYTA Mavrorachi 2

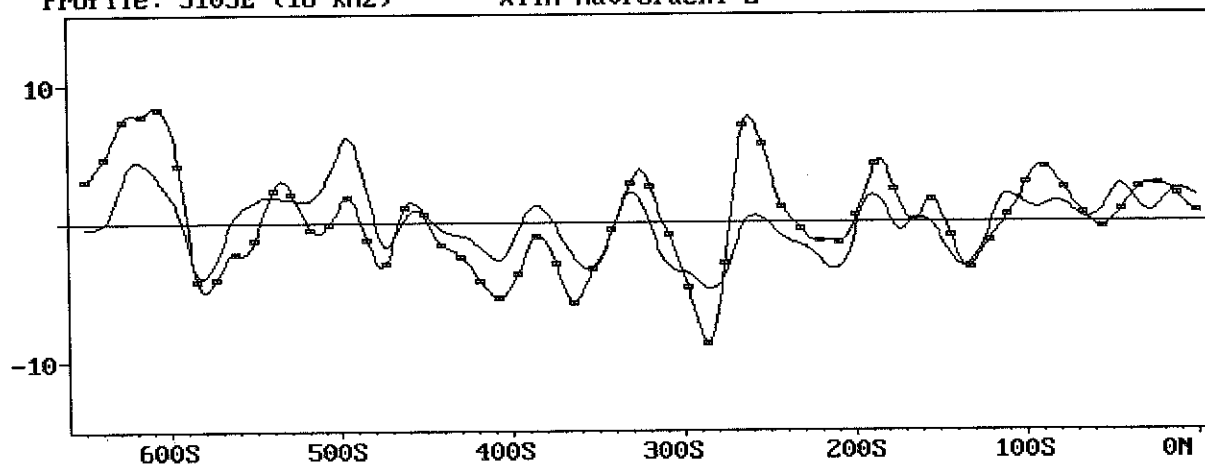


Original data

x Real
o Imaginary

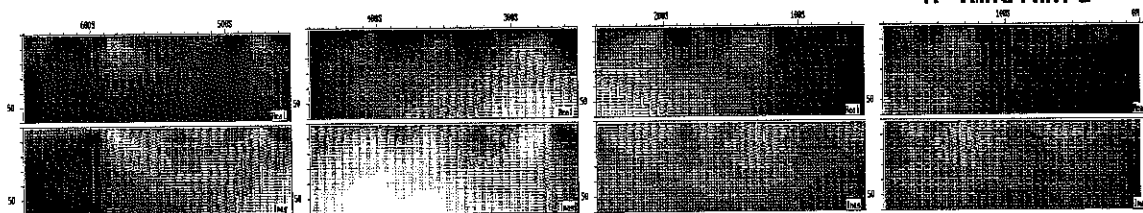
Profile: 3103E (16 kHz)

XYTA Mavrorachi 2

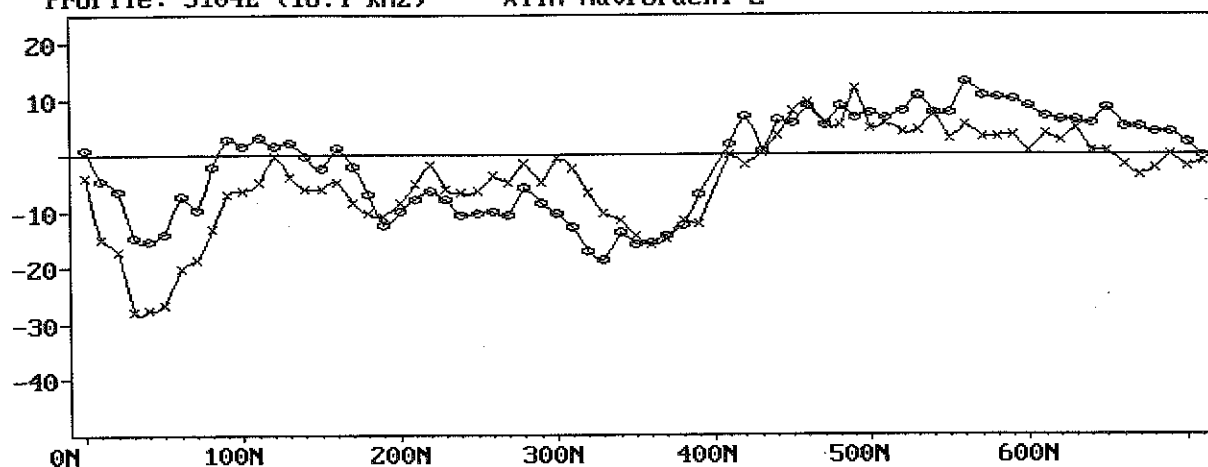


Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginary



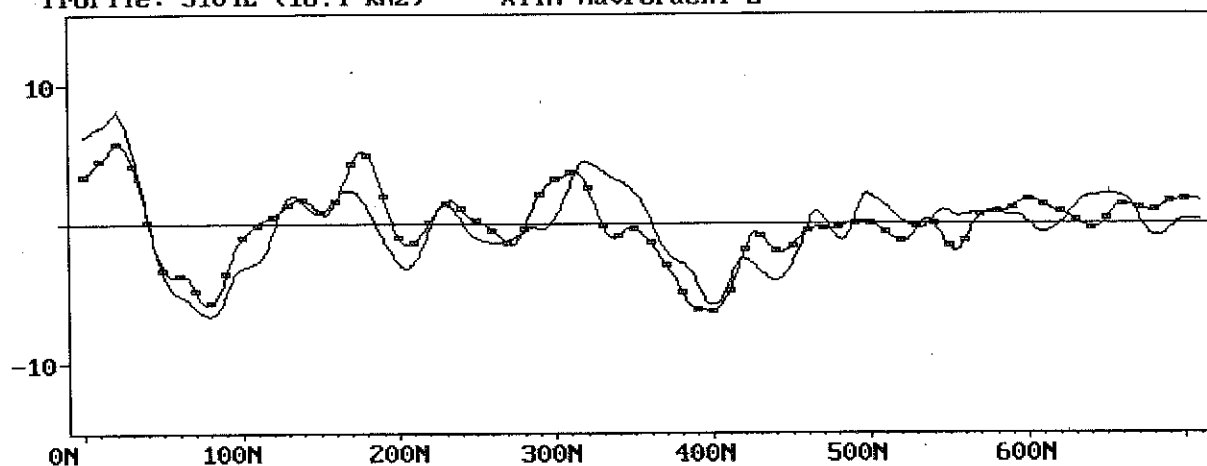
Profile: 3104E (16.4 kHz) XYTA Mavrorachi 2



Original data

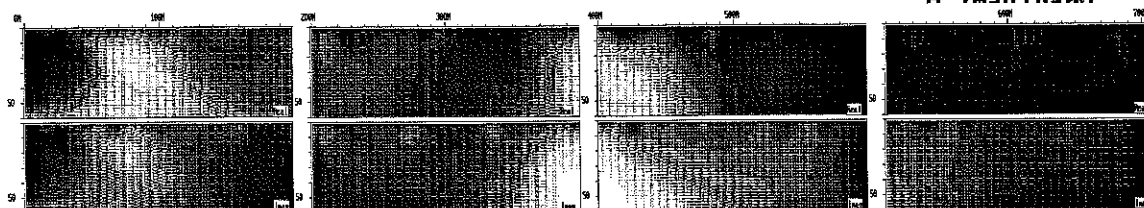
x Real
o Imaginary

Profile: 3104E (16.4 kHz) XYTA Mavrorachi 2

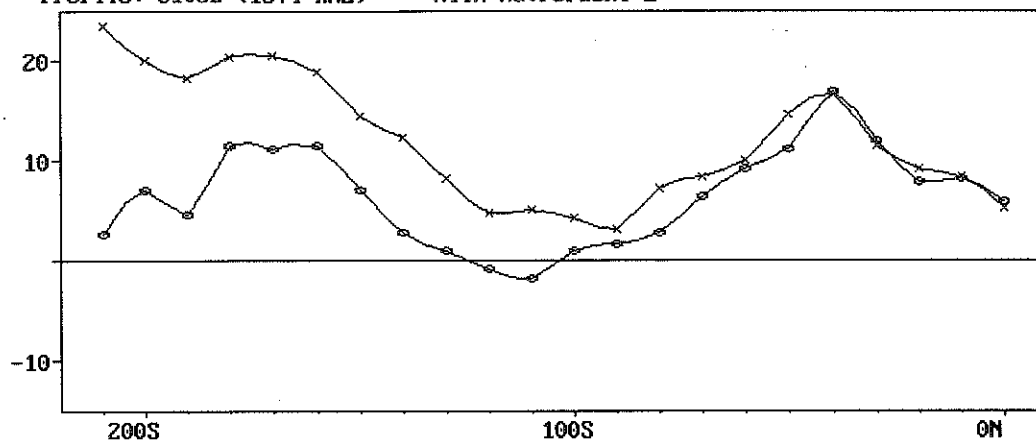


Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginary



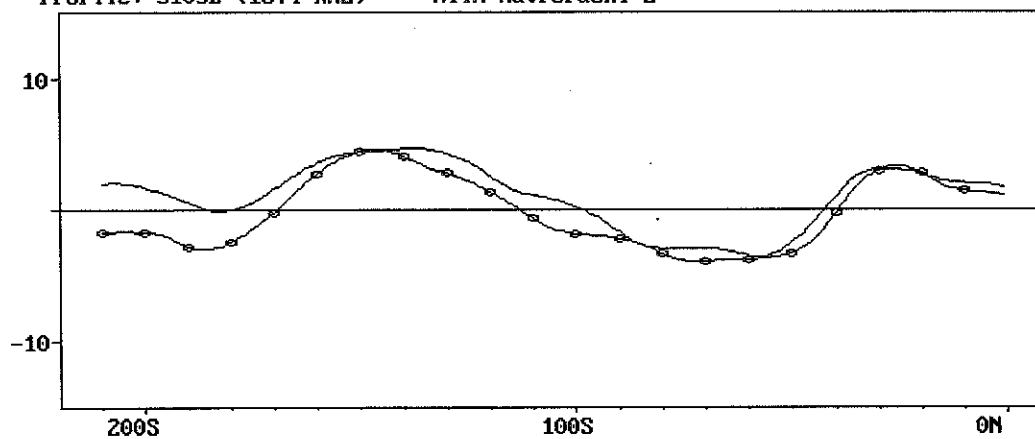
Profile: 3105E (16.4 kHz) XYTA Maurorachi 2



Original data

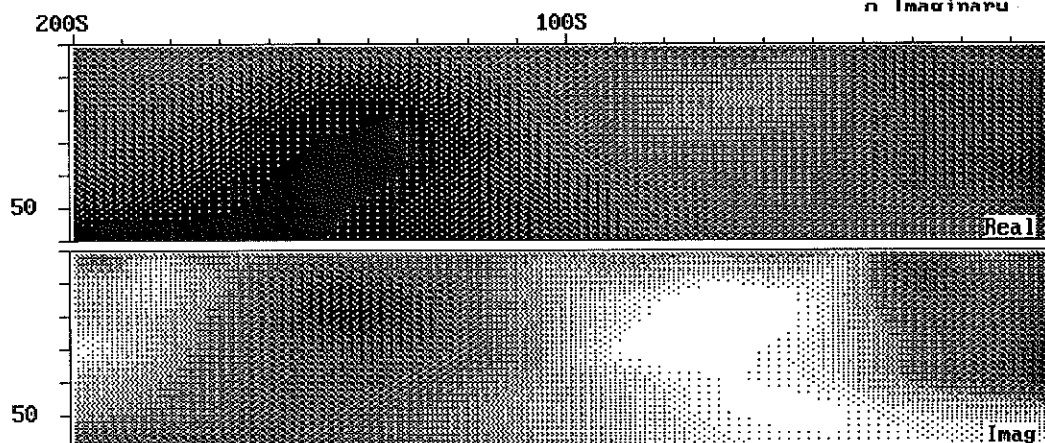
x Real
o Imaginary

Profile: 3105E (16.4 kHz) XYTA Maurorachi 2

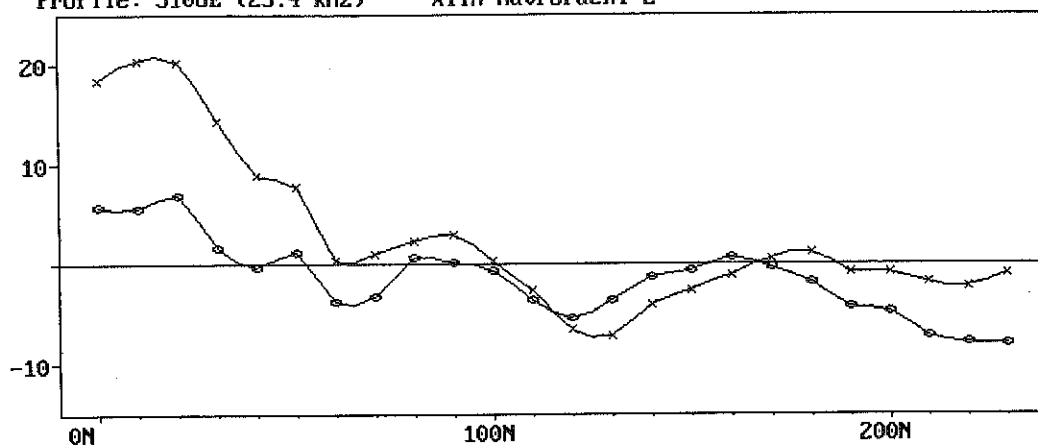


Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginary



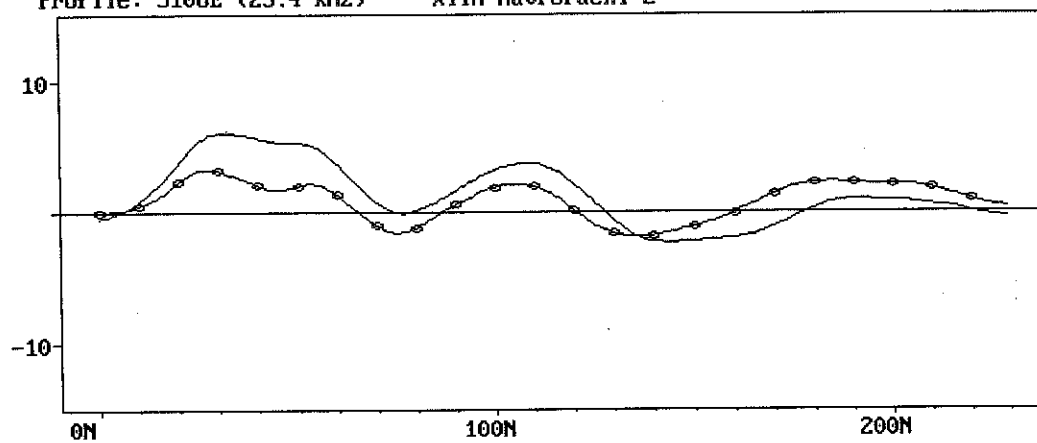
Profile: 3106E (23.4 kHz) XYTA Maurorachi 2



Original data

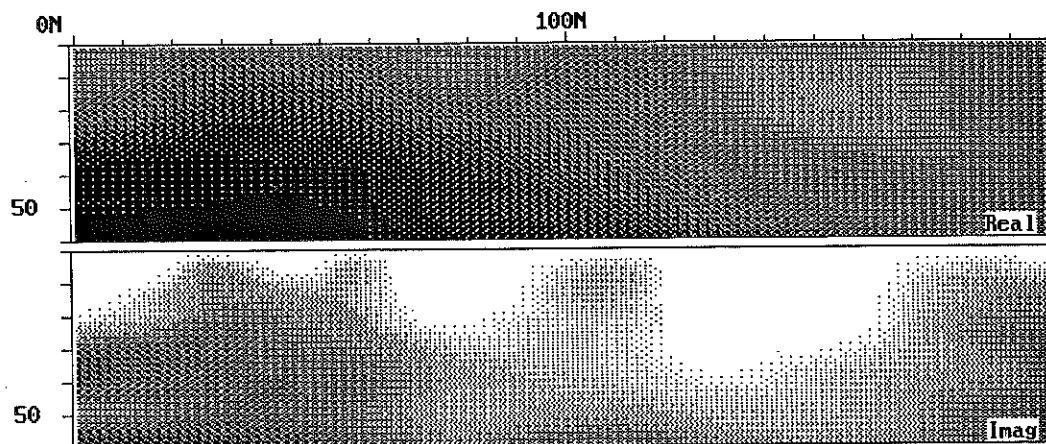
x Real
n Imaginaru

Profile: 3106E (23.4 kHz) XYTA Maurorachi 2

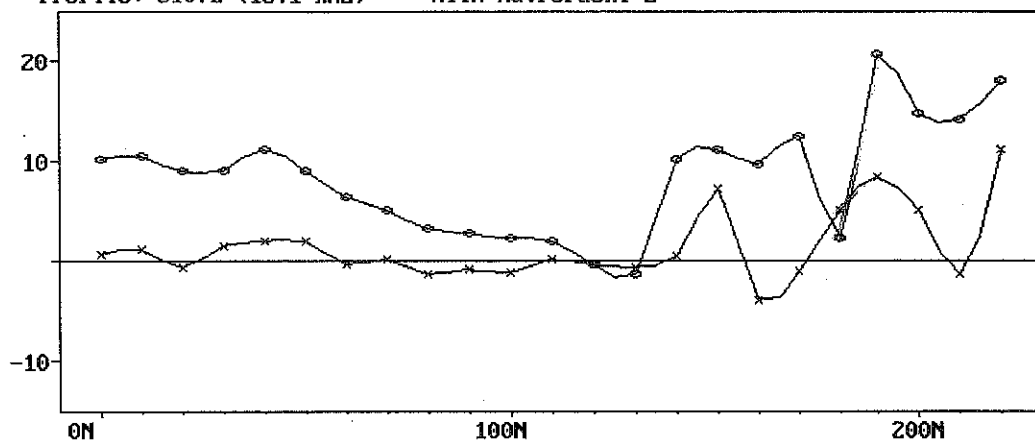


Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginaru



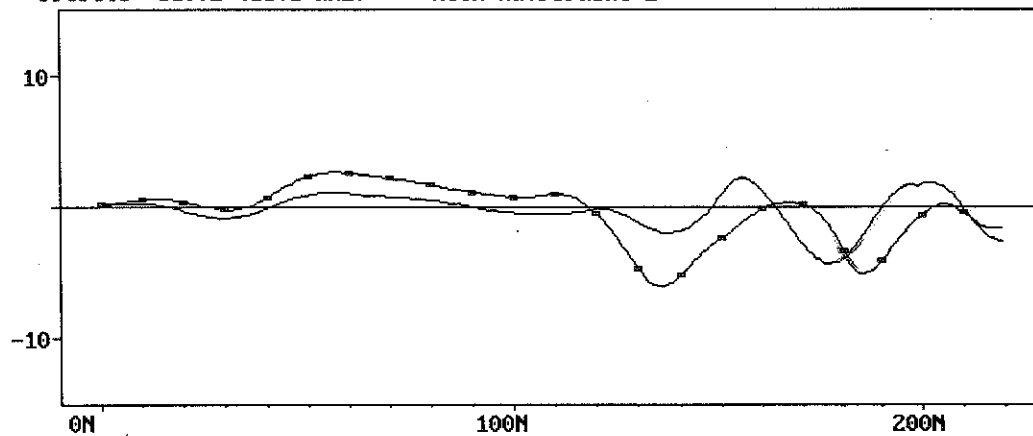
Profile: 3107E (18.1 kHz) XYTA Mavrorachi 2



Original data

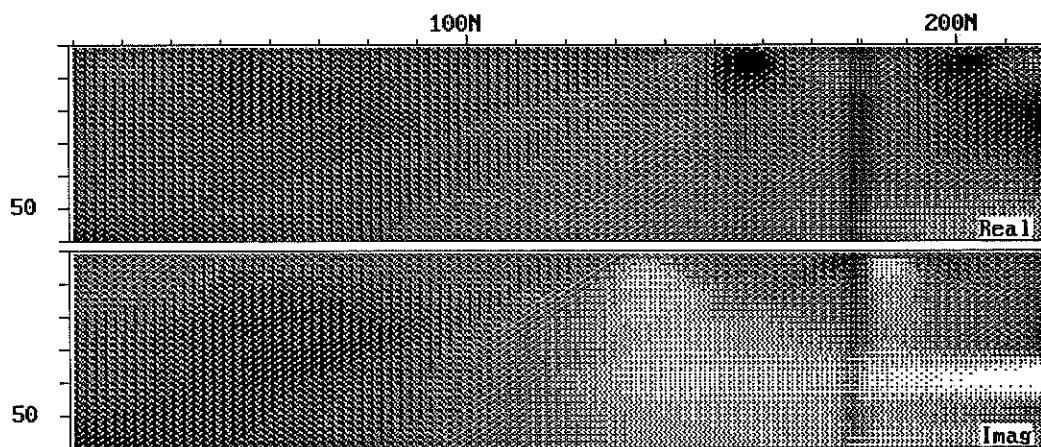
x Real
n Imaginary

Profile: 3107E (18.1 kHz) XYTA Mavrorachi 2

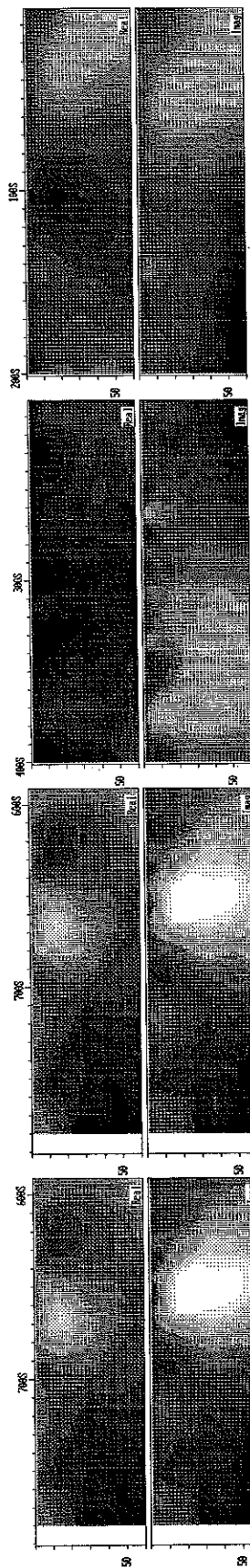
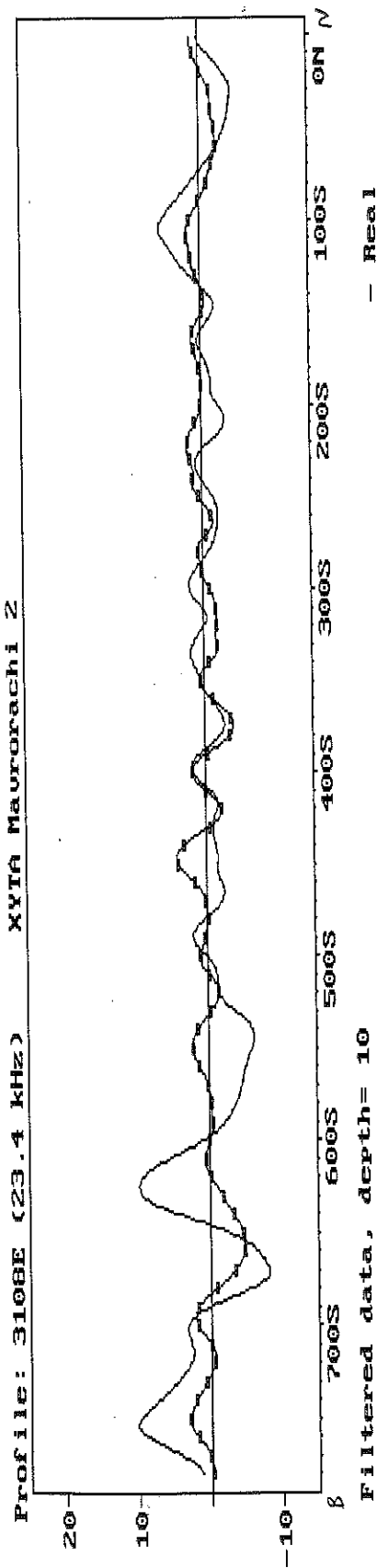
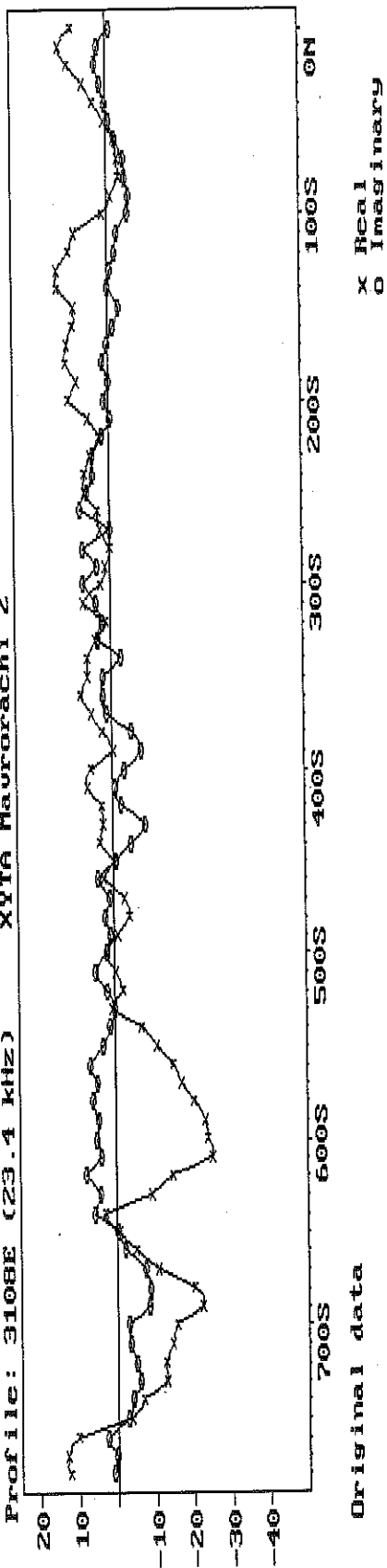


Filtered data, depth= 10

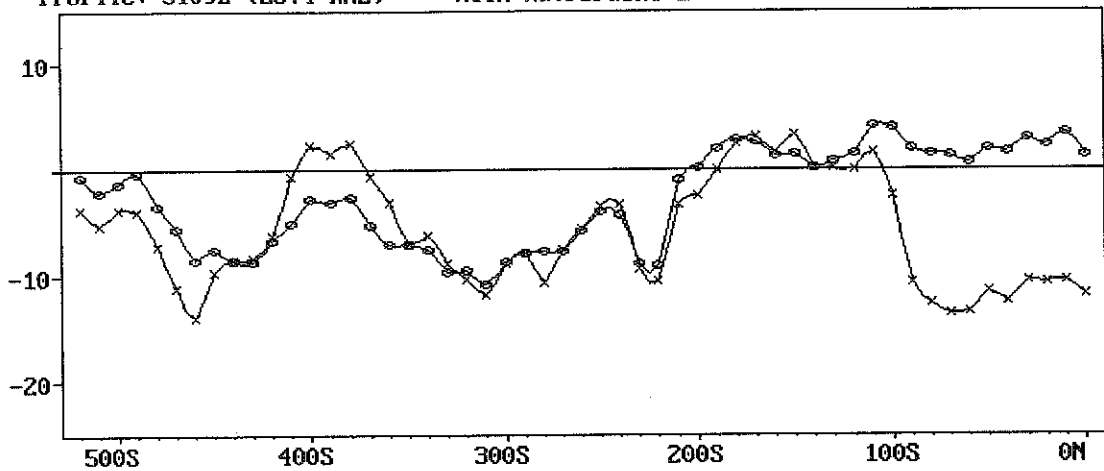
- Real
n Imaginary



Profile: 3108E (23.4 kHz) XYTA Maurorachi 2



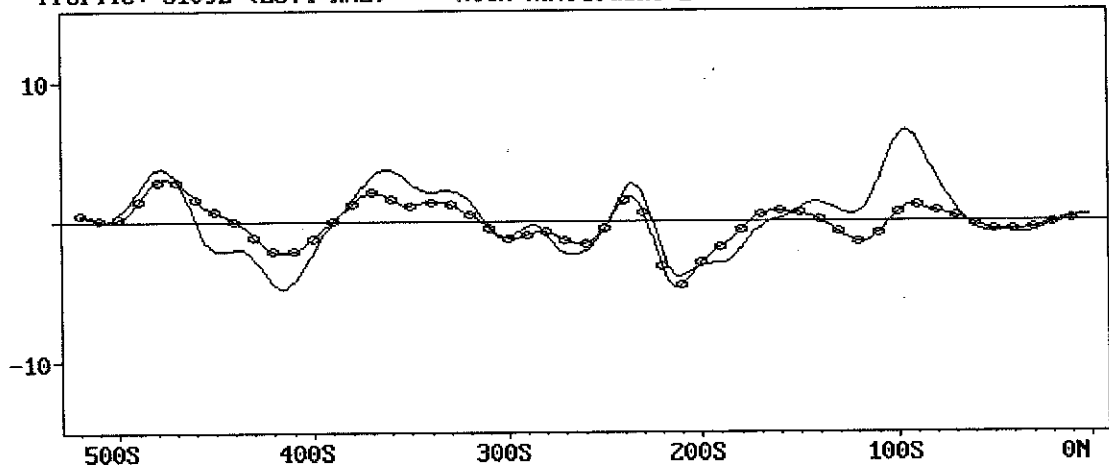
Profile: 3109E (23.4 kHz) XYTA Maurorachi 2



Original data

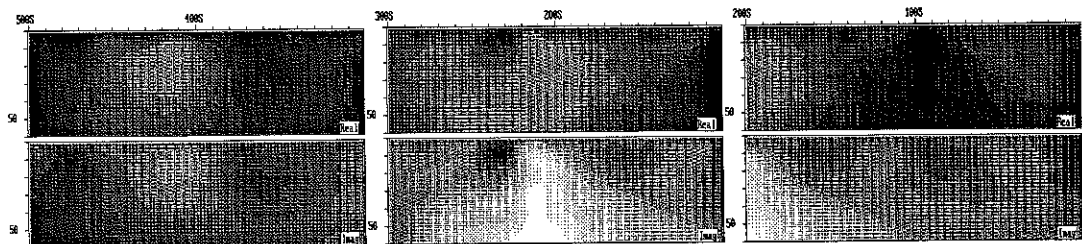
x Real
o Imaginary

Profile: 3109E (23.4 kHz) XYTA Maurorachi 2

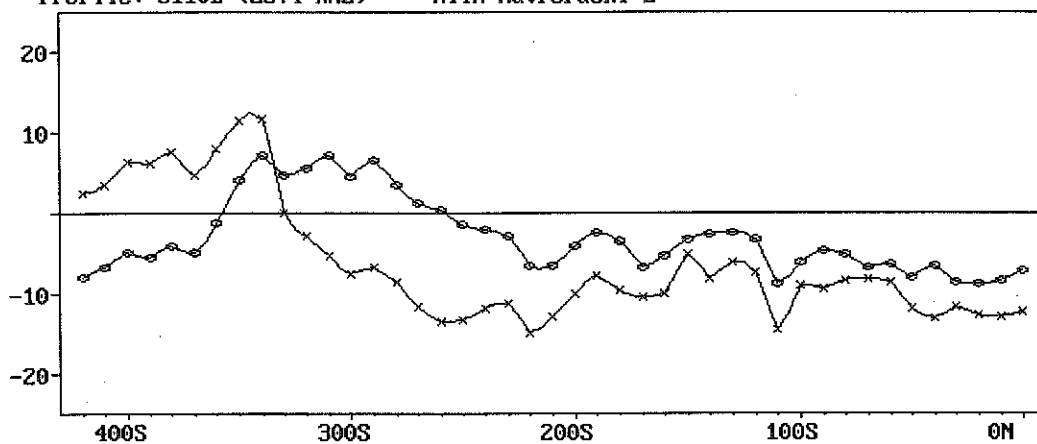


Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginary



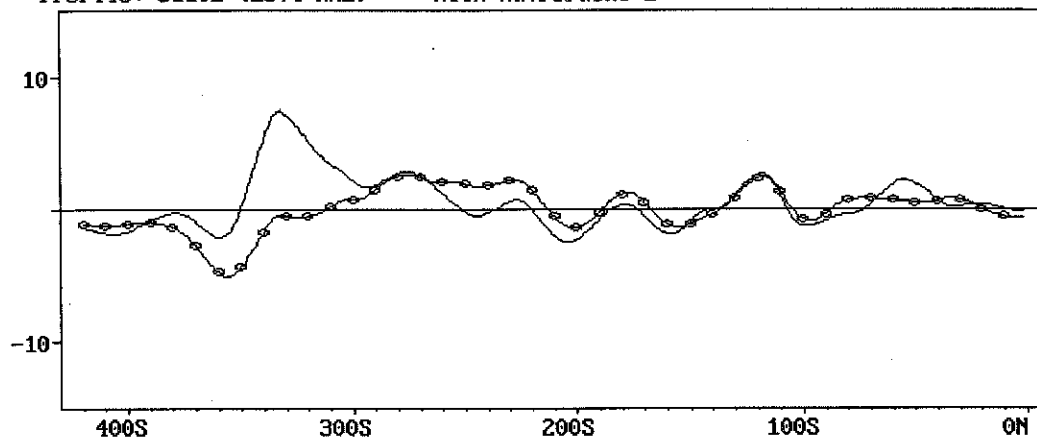
Profile: 3110E (23.4 kHz) XYTA Mavrorachi 2



Original data

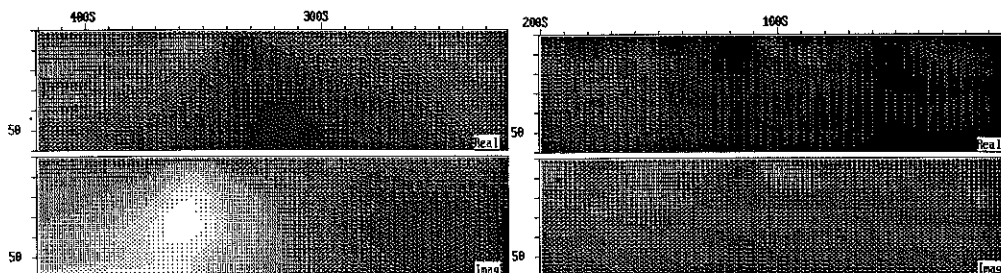
x Real
n Imaginaru

Profile: 3110E (23.4 kHz) XYTA Mavrorachi 2



Filtered data, depth= 10

- Real
o Imaginaru



Κάθε όδευση μελετήθηκε έτσι ώστε να χαρακτηριστούν οι αγωγήμες ζώνες που παρουσιάζουν ενδιαφέρον και κρίθηκε ότι είναι πιθανόν να δείχνουν τεκτονικές ζώνες στην περιοχή μελέτης. Οι ανωμαλίες που σημειώθηκαν σε κάθε όδευση συσχετίστηκαν για διαφορετικές οδεύσεις και τα αποτελέσματα της συσχέτισης παρουσιάζονται στον χάρτη του Σχεδίου 4.

Διακρίθηκαν τριών ειδών αγωγήμες ζώνες που συμβολίζονται αντίστοιχα με τα γράμματα V, L και F και αντιστοιχούν σε:

V : Πολύ πιθανές ρηξιγενείς ζώνες

L: Αγωγήμη ζώνη με μεγάλου πλάτους ανωμαλία που δείχνει την επαφή των σχηματισμών γρανίτη και γνεύσιου.

F: Αγωγήμες ζώνες που συγκροτούνται από ανωμαλίες που οφείλονται σε ρωγματώσεις δεν είναι βέβαιο όμως ότι αποτελούν σημαντικές ρηξιγενείς δομές.

Η γενική εικόνα από την ηλεκτρομαγνητική έρευνα VLF δείχνει ότι ο πλέον καταπονημένος τεκτονικά σχηματισμός στην περιοχή είναι αυτός του γρανίτη που συναντάται στο βόρειο τμήμα της περιοχής, χωρίς όμως να παρουσιάζει σημαντικά στοιχεία υδροφορίας των ρηγμάτων.

4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

4.1 Υδρογεωλογικά στοιχεία ευρύτερης περιοχής

Η εξεταζόμενη περιοχή αποτελεί μέρος της Λεκάνης Μυγδονίας (Λεκάνη 11, υδατικό διαμέρισμα 10) και ανήκει στην υδρογεωλογική ενότητα της Κορώνειας (υπολεκάνη Λαγκαδά). Στην υπολεκάνη Λαγκαδά βασικός αποδέκτης των αποστραγγιζόμενων νερών της περιοχής είναι η λίμνη Κορώνεια. Σε αυτή συγκεντρώνονται τα νερά των βορειοανατολικών κλυτιών του Χορτιάτη και των νοτιοδυτικών του Βερτίσκου μέχρι τη γραμμή Κρυσονερίου-Λαχανά.

Η λεκάνη της Μυγδονίας σχηματίστηκε στα μέσα του Παλαιογενούς εξ'αίτίας έντονων τεκτονικών κινήσεων. Κατά το Α. Πλειόκαινο, λόγω ανυψωτικών κινήσεων η Προμυγδονιακή λεκάνη χέρσωσε. Κατά το Κ Πλειστόκαινο λόγω της έντασης των τεκτονικών φαινομένων το μεταξύ Καμήλας και Ρεντίνας τμήμα έσπασε και βυθίστηκε με συνέπεια τον σχηματισμό της λεκάνης Μυγδονίας. Η συγκέντρωση νερών δημιούργησε την λίμνη της Μυγδονίας. Κατά το τέλος του Τεταρτογενούς εξ'αίτίας φαινομένων διάβρωσης, άνοιξαν τα στενά της Ρεντίνας με αποτέλεσμα μέσω του Ρήχιου ποταμού να αδειάσει ένα μέρος της λεκάνης στο Στρυμονικό κόλπο και να δημιουργηθούν οι δύο λίμνες.

Οι ιζηματογενείς σχηματισμοί που γέμισαν την λίμνη διακρίνονται σε δύο συστήματα το Προμυγδονιακό και το Μυγδονιακό (Ψιλοβίκος 1977).

Προμυγδονιακό Σύστημα

Οι προμυγδονιακοί σχηματισμοί είναι οι παλαιότεροι αποτέθηκαν από το Μειόκαινο – Κ. Πλειστόκαινο και παρουσιάζουν την ακολουθία από κάτω προς τα πάνω:

Αργιλικά Υλικά με ασβεστιτικά συγκρίματα από αποσάθρωση μαρμαρυγιακού σχιστολίθου και γνευσίου.

Χαλαρά κροκαλοπαγή με κροκάλες από γνεύσιο, μαρμαρυγιακό σχιστόλιθο, χαλαζία, αμφιβολίτη με ψαμμιτικό συγκολλητικό υλικό.

Ψαμμίτες που επικάθονται στα κροκαλοπαγή και αποτελούνται από χαλαζία, αστρίους, μαρμαρυγία, αμφιβολίες, ασβεστίτες, και αργιλικά υλικά.

Αργιλοψαμμιτικά ιζήματα

Ερυθροστρώματα : από αποθέσεις αργίλων ερυθρού χρώματος με άμμους και κροκάλες.

Μυγδονιακό Σύστημα

Οι κυριότεροι Μυγδονιακοί ιζηματογενείς σχηματισμοί που αποτέθηκαν στην διάρκεια του Κ. Πλειστοκαίνου μετά την απόθεση των ερυθροστρωμάτων είναι:

Κατώτερη ιζηματογενής σειρά από:

Στρώμα κροκαλών και άμμου

Στρώμα άμμου με σαφή διαβάθμιση

Εναλλασσόμενες στρώσεις ιλύος και άμμου

Στρώμα αργιλικών στρώσεων

Ανώτερη ιζηματογενής σειρά
Στρώμα αργιλικών στρώσεων
Στρώμα με εναλλασσόμενες στρώσεις ιλύος και άμμου
Στρώμα άμμου με σαφή διαβάθμιση
Στρώμα παράκτιων κροκαλών και άμμου
Στρώμα χημικών ιζημάτων

Η ανάπτυξη των διαφόρων στρωμάτων καθώς και οι ειδικότεροι ιζηματολογικοί χαρακτήρες των παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Γενικά τα λιμναία αργιλικά στρώματα αποκτούν μεγάλο πάχος > 150 μ. στο χαμηλότερο κεντρικό τμήμα της λεκάνης, ενώ στα περιθώρια η παρουσία παρακτίων δελταϊκών, ριπιδιοδελταϊκών, και άλλων ποταμολιμναίων ιζημάτων είναι σημαντική.

Οι περισσότεροι από τους χείμαρρους της περιοχής δεν διατηρούν εντός της κοίτης των νερό παρά μόνο για μικρό χρονικό διάστημα μετά από ραγδαίες βροχές κατά τις οποίες σε μικρό χρονικό διάστημα δέχονται μεγάλες ποσότητες νερού. Τα ρέματα της περιοχής του έργου έχουν διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ. Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης ο κυριότερος χείμαρρος είναι το ρέμα του Μπογδάνου που συγκεντρώνει τα νερά της περιοχής νοτίως του Λαχανά, διέρχεται δυτικά του Λαγκαδά και εκβάλλει στο μέσο περίπου της δυτικής πλευράς της λίμνης.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της ευρύτερης περιοχής χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, σε κάθε μια από τις οποίες η ικανότητα αποθήκευσης και διακίνησης του υπόγειου νερού παρουσιάζει αξιοσημείωτες διαφορές ⁴.

Στην πρώτη περιλαμβάνονται τα μεταμορφωμένα, ημιμεταμορφωμένα και γρανιτογενευσιακά πετρώματα. Το πρωτογενές πορώδες των πετρωμάτων αυτών είναι πολύ μικρό, περίπου 3%, και μόνο κατά μήκος ζωνών διάρρηξης των πετρωμάτων αυτών ή σε επιφάνειες ασυνεχειών και κυρίως ρηγμάτων μπορεί να αναπτύσσονται διαπερατότητες και δευτερογενή ενεργά πορώδη που επιτρέπουν τη διακίνηση και αποθήκευση ποσοτήτων νερού. Οι παροχές υδρομαστευτικών έργων σε αυτά τα πετρώματα παρουσιάζουν σημαντικές μειώσεις διαχρονικά. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι αρχικά το αντλούμενο νερό προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις ρωγμές και στη συνέχεια μόνο από το ασήμαντο ενεργό πορώδες, με άμεσο αποτέλεσμα την αύξηση της πτώσης στάθμης και την μείωση της απόδοσης με το χρόνο.

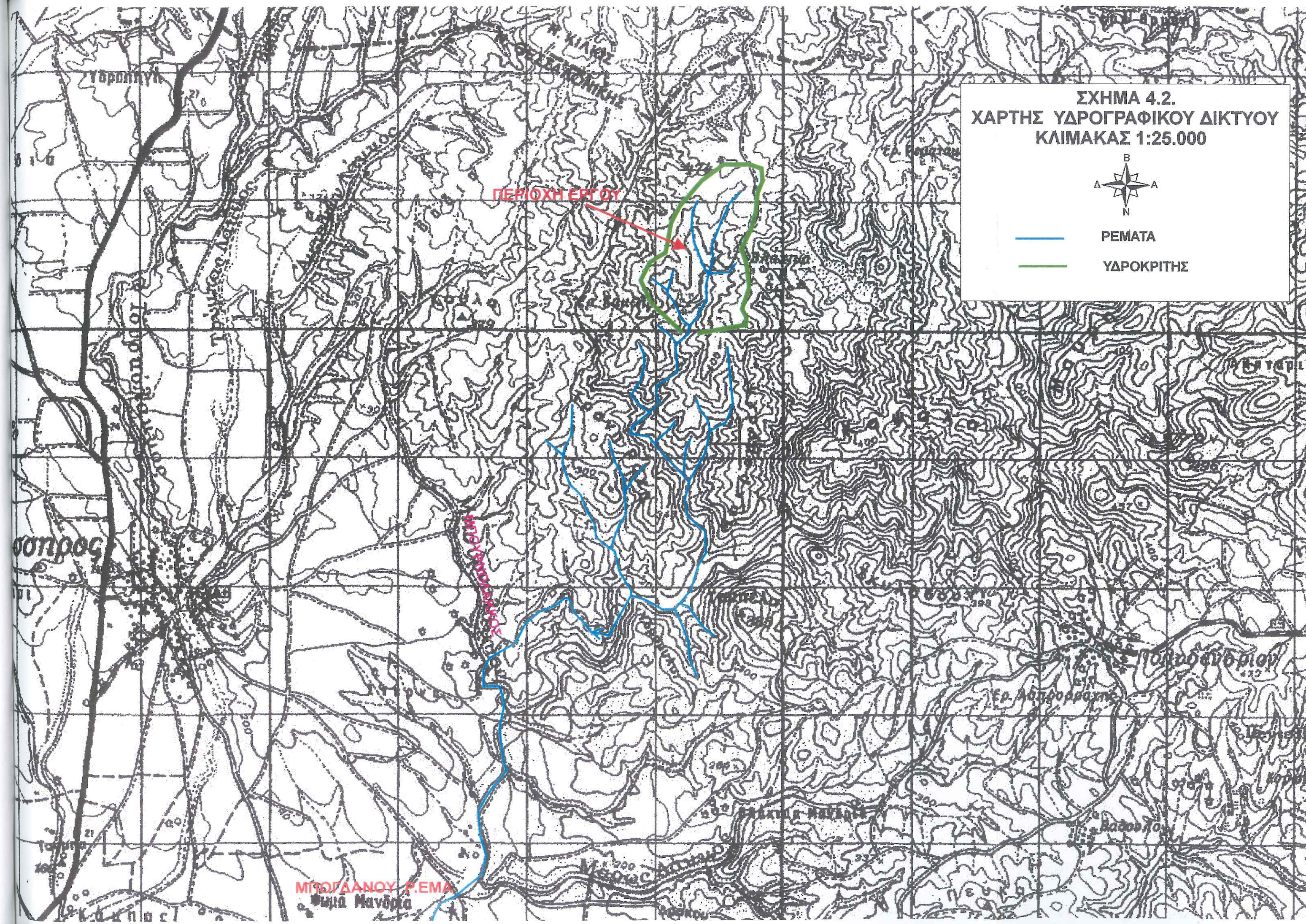
Στην δεύτερη περιλαμβάνονται οι κοκκώδεις σχηματισμοί, δηλ. τα νεογενή ιζήματα και οι χαλαρές τεταρτογενείς αποθέσεις. Τα νεογενή επειδή παρουσιάζουν μικρό πάχος αδρομερών διαπερατών στρώσεων οι αποδόσεις των υδροφόρων είναι μικρές. Τα τεταρτογενή παρουσιάζουν υδρογεωλογική συμπεριφορά ανάλογα με το πάχος και την κοκκομετρική τους σύσταση.

⁴Βαφειάδης, Π., 1988, Υδρογεωλογική Προμελέτη της λεκάνης Βόλβης Ν. Θεσσαλονίκης, Υπ. Γεωργίας, ΙΙ Περ/κη Δνση Εγγ. Βελτιώσεων.

ΣΧΗΜΑ 4.2.
ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ
ΚΛΙΜΑΚΑΣ 1:25.000



- ΠΕΜΑΤΑ
- ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ



4.2 Επιφανειακά Νερά

4.2.1 Υδρογραφικό δίκτυο

Στην εξεταζόμενη περιοχή η επιφανειακή απορροή γίνεται με ένα καλά ανεπτυγμένο σύστημα ρυακιών και χειμάρρων με αποδέκτη τον Μπογδόνα χείμαρο και τελικό αποδέκτη την λίμνη της Κορώνειας.

Στο παρακάτω σχήμα 4.1. παρουσιάζονται τα όρια του υδρογραφικού δικτύου της ευρύτερης περιοχής και τα όρια της Λεκάνης της «Μυγδονίας» στην οποία καταλήγουν όλα τα νερά (επιφανειακά και υπόγεια) και εμπλουτίζουν τόσο τους υδροφόρους ορίζοντες όσο και τις δύο λίμνες του Λαγκαδά και της Βόλβης.



Υδρογραφικά στοιχεία λεκάνης Μυγδονίας (Α. Ψιλοβίκος) ⁵

Σχήμα 4.1 Υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής

Στην ευρύτερη περιοχή του έργου αναπτύσσεται ένα αρκετά μεγάλο δενδριτικό – υδρογραφικό δίκτυο που από το μήκος του, το εύρος των κυρίων κλάδων του αλλά και από το βάθος των επιμέρους κλάδων του, σημαίνει ότι έχουμε μεγάλη επιφανειακή απορροή με έντονα φαινόμενα διάβρωσης και στερεοπαροχής. Το δενδριτικό – υδρογραφικό δίκτυο έχει άμεση σχέση και με την επικρατούσα τεκτονική της ευρύτερης περιοχής. Στην υπολεκάνη Λαγκαδά συγκεντρώνονται τα νερά από τις Βορειοα-

⁵ Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης και της λίμνης της Μυγδονίας (Λαγκαδά – Βόλβη) Διδ. Διατριβή Α. Ψιλοβίκος ΑΠΘ Θεσ/νίκη 1977

νατολικές κλιτείς του Χορτιάτη και των Νοτιοδυτικών προβούνων του Βερτίσκου, μέχρι τη γραμμή Κρουονερίου – Λαχανά.

Ο κυριότερος χειμάρρος, ως αποδέκτης των απορροών, στην εξεταζόμενη περιοχή είναι :

Ο Μπογδάνου που συγκεντρώνει τα ύδατα της περιοχής νότια του Λαχανά, διέρχεται ανατολικά της Ασσήρου, δυτικά του Λαγκαδά και εκβάλλει στο μέσον περίπου της δυτικής πλευράς της λίμνης Κορώνειας. Ο χειμάρρος δεν είναι συνεχούς ροής, αν και λειτουργεί το μεγαλύτερο διάστημα του έτους, και τα έργα διευθέτησης έχουν θετική επίπτωση όσον αφορά την μείωση των φερτών υλών που καταλήγουν στην λίμνη, αλλά ταυτόχρονα μειώνουν την άμεση τροφοδοσία της καθώς αυξάνουν την διάρκεια του χρόνου της απορροής των πλημμυρικών παροχών. Λόγω της μικρής κλίσης της επιφάνειας της περί την λίμνη Λαγκαδά πεδινή περιοχή και της χειμαρρώδους ροής του, προέκυπταν κατά το παρελθόν σοβαρά προβλήματα υπερχείλισης και κατάκλισης της πεδινής περιοχής από ύδατα ιδίως τις βροχερές περιόδους με αποτέλεσμα να κατασκευαστεί τεχνικό έργο διευθέτησης της κοίτης από το σημείο εισόδου μέχρι τις εκβολές.

Η λίμνη Λαγκαδά (Κορώνεια ή Αγίου Βασιλείου) βρίσκεται στην ανατολική περιοχή της υπολεκάνης Λαγκαδά και έχει σχήμα περίπου ελλειψοειδές. Είναι αβαθής και στο δυτικό τμήμα της λόγω της εκβολής μεγάλων χειμάρρων το βάθος κυμαίνεται από 1 έως 3 μέτρα. Η ελεύθερη στάθμη της λίμνης υφίσταται διακυμάνσεις κατά την διάρκεια του έτους. Η λίμνη δέχεται μεγάλες ποσότητες φερτών υλικών που μεταφέρονται από τους χειμάρρους της πέριξ περιοχής, με αποτέλεσμα να προσχώνεται και να καθίσταται διαρκώς πιο αβαθής.

4.2.2 Υδρογραφικό δίκτυο στην εξεταζόμενη περιοχή

Το υδρογραφικό δίκτυο στην ευρύτερη περιοχή του έργου χαρακτηρίζεται από επιφανειακά ρέματα μικρού βάθους με γενική διεύθυνση B-N. (Σχήμα 4.2)

Η λεκάνη απορροής στην εξεταζόμενη περιοχή έχει πυκνό υδρογραφικό δίκτυο δενδριτικής μορφής με μεγάλο συντελεστή διακλαδώσεων. Η αυξημένη πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου με την υψηλή τιμή του συντελεστή διακλαδώσεων, μαρτυρούν την αυξημένη επιφανειακή απορροή σε σχέση με την κατείσδυση, γεγονός που επαληθεύεται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που δομούν την περιοχή και οι οποίοι στο σύνολό τους χαρακτηρίζονται γενικά ως αδιαπέρατοι και συντελεστή βαθιάς κατείσδυσης με πολύ μικρή τιμή της τάξης από 3% έως 12%. Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης συνδέεται σε μεγάλο βαθμό και με την τεκτονική δομή της περιοχής. Το υδρογραφικό δίκτυο των επιμέρους λεκανών 2ης τάξης είναι ανομοιόμορφο και εξαρτάται όπως αναφέρθηκε κυρίως από την υδροπερατότητα των πετρωμάτων και τον τεκτονισμό. Η ανάπτυξη των δευτερευουσών κοιλάδων σε γενικές γραμμές γίνεται με γωνία 30° - 45° προς την διεύθυνση της κυρίως λεκάνης. Οι λεκάνες αυτές σε ότι αφορά την ηλικία και την εξέλιξη των παρουσιάζουν μορφή νεαρών κοιλάδων, με το χαρακτηριστικό σχήμα V όπου η κατακόρυφος διαβρωτική ενέργεια υπερτερεί της πλευρικής. Οι δευτερεύουσες λεκάνες δημιουργήθηκαν στους νεότερους χρόνους και μπορεί να χαρακτηρισθούν ότι διανύουν το στάδιο της νεότητας. Οι δυνάμεις που επέδρασαν για την δημιουργία τους είναι κυρίως εξωγενείς και σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις η δημιουργία των οφείλεται σε τεκτονικά γεγονότα.

Εντός του εξεταζόμενου χώρου ο κεντρικός κλάδος είναι 3ης τάξης με γενική διεύθυνση B -N που ξεκινά από το κεντρικό τμήμα του εξεταζόμενου χώρου από 2 λεκάνες 2ης τάξης. Η υφή του δικτύου (βάθος ρεμάτων, μορφή ρεμάτων σε σχήμα V, μικρό πάχος αποθέσεων κοίτης, λίγοι μεανδρισμοί, μεγάλα ευθύγραμμα τμήματα, λιγοστή φυτοκάλυψη κυρίως εντός της κοίτης, αρκετά έντονη κατά μήκος κλίση) προσδιορίζει αρκετά μεγάλες ταχύτητες απορροής των υδάτων και πολύ μικρή κατείσδυση σε συνδιασμό με την ύπαρξη του πρακτικά αδιαπέρατου γεωλογικού υποβάθρου. Δεν παρουσιάζεται επιφανειακή ροή και λειτουργεί μόνο σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων μεγάλης έντασης.

Εντός του μανδύα αποσάθρωσης επί της οροφής του αδιαπέρατου υποβάθρου, αναπτύσσονται τοπικοί 'επικρεμάμενοι' ορίζοντες υπόγειου νερού με μικρή παροχή και υδροχωρητικότητα λόγω της μικρής υδροπερατότητας των εδαφικών στρωμάτων.

Εκτιμάται ότι δεν υπάρχουν υπόγειες απώλειες νερού από την λεκάνη προς γειτονικές λεκάνες, ούτε τροφοδοσία νερού από γειτονικές λεκάνες προς την λεκάνη της περιοχής του έργου, λόγω της απουσίας μεγάλων τεκτονικών ασυνεχειών που να συνδέουν την εξεταζόμενη υδρολογική λεκάνη με γειτονικές λεκάνες.

Το στόμιο εξόδου της εξεταζόμενης λεκάνης βρίσκεται σε ρέμα 3ης τάξης, νότια των ερειπίων Καμέλη και αποτελεί τη μοναδική έξοδο της λεκάνης απορροής προς το νότο. Στο ρέμα αυτό καταλήγουν τα υπόλοιπα, μικρότερα ρέματα της περιοχής με τελικό αποδέκτη το ρέμα του Μπογδάνα, που τελικά καταλήγει στη λίμνη Κορώνεια, σε απόσταση 20 Km. (Σχήμα 4.3 Χάρτης 1:25.000)

Στάσιμα νερά δεν υπάρχουν

4.2.2.1 Παράμετροι Υδρογραφικού Δικτύου

Η οριοθετημένη από τα σημεία Α – Β - – Π1 εξεταζόμενη περιοχή με συνολική έκταση 757,421 στρμ. έχει ορισθεί από την υδροκριτική γραμμή και αποτελεί ουσιαστικά την έκταση της λεκάνης απορροής. Στο Σχήμα 4.4 απεικονίζεται το υδρογραφικό δίκτυο σε τρισδιάστατη εικόνα.

Τάξη κοίτης ρέματος

3ης τάξης

Αριθμός των κοιτών 1ης, 2ης, 3ης τάξης

1ης τάξης: 18

2ης τάξης: 5

1ης τάξης: 1

Συνολικό Μήκος των κοιτών των ρεμάτων 1ης 2ης 3ης τάξης

$L = 4,455 \text{ Km}$

4.2.2.2 Παράμετροι της Λεκάνης απορροής

Εμβαδό

$S = 0,757 \text{ km}^2$

Υδρογραφική πυκνότητα

Ο λόγος του συνολικού μήκους των όλων των ρευμάτων προς το εμβαδόν της λεκάνης απορροής, και εκφράζει την λεπτότητα της υφής και του διαμελισμού του αναγλύφου.

$D = L / S = 5,88 \text{ Km} / \text{Km}^2$

Υδρογραφική συχνότητα F

Ο λόγος του συνολικού αριθμού των ρευμάτων προς το εμβαδόν της λεκάνης

$F = 23 / 0,757 = 30,38 / \text{Km}^2$

Μήκος της Λεκάνης Lb

Από το στόμιο της λεκάνης μέχρι το υψηλότερο σημείο του υδροκρίτη

$Lb = 1380 \text{ m}$

Λόγος αναγλύφου Rh

$Rh = Hb/Lb = (462 - 336) / 1380 = 0,091$ εκφράζει τον βαθμό της έντασης των διεργασιών διάβρωσης και σχετίζεται με την γεωλογική δομή, την βλάστηση και το κλίμα.

Για το τμήμα στο γρανίτη

$$Rh_{\text{γραν}} = 50 / 400 = 0,125$$

Για το τμήμα στο γνεύσιο

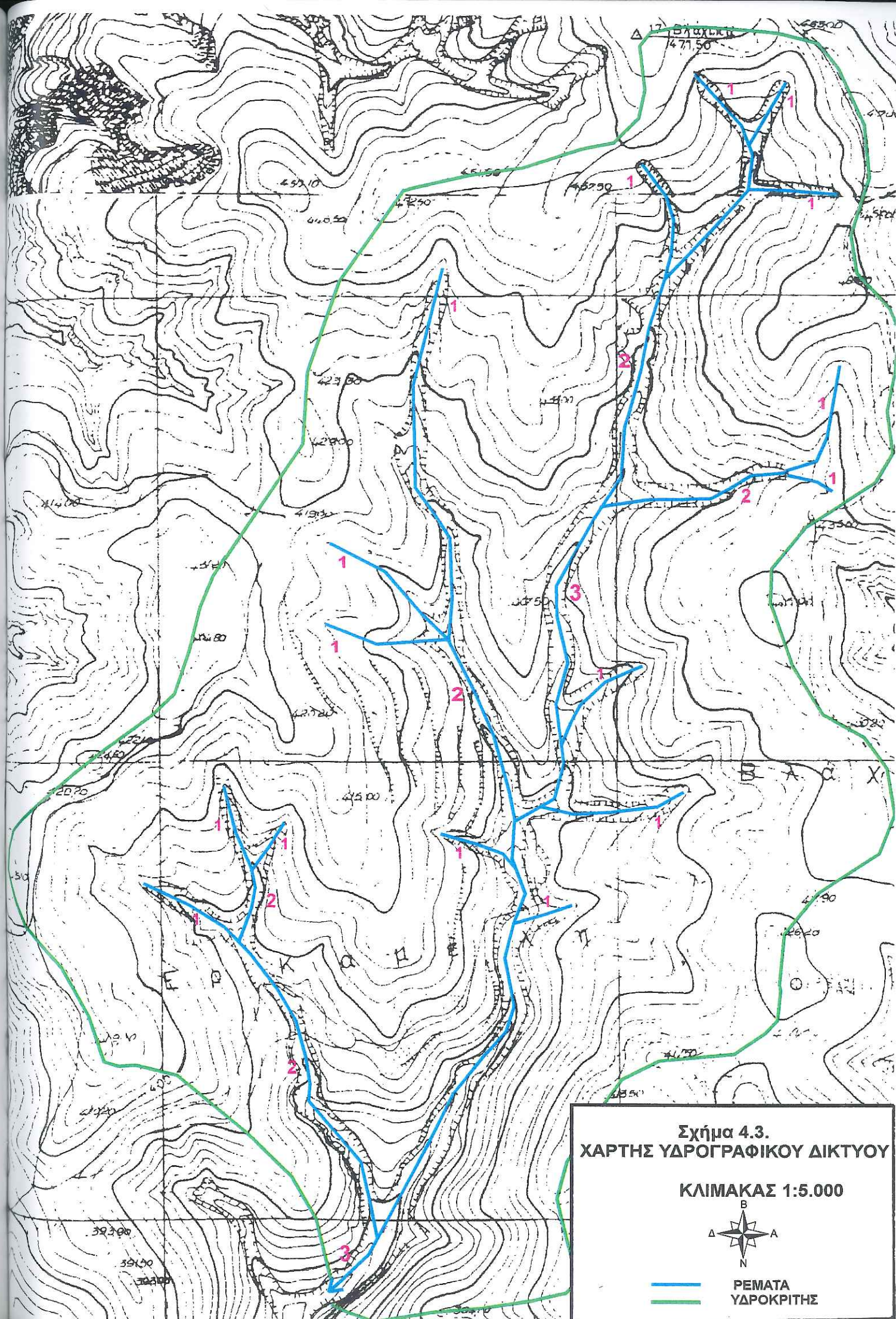
$$Rh_{\text{γνευσ}} = 76 / 980 = 0,077$$

Βαθμός ταχύτητας του αναγλύφου Rn

$$Rn = D \times Hb = 0,821$$

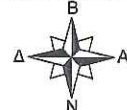
Η ανάπτυξη του δικτύου αρχίζει με την δράση των νερών της βροχής πάνω στην επιφάνεια του εδάφους και στη συνέχεια σχηματίζουν μικροαυλακώσεις οι οποίες δημιουργούν το αρχικό ρεύμα 1ης τάξης. Η διάβρωση ξεκινά από τα κατόντη και προχωρά προς τα ανάντη. Έτσι όσο προχωρά η διάβρωση προς τα ψηλότερα σημεία τόσο πιο ψηλά ανεβαίνει η κεφαλή του ρεύματος ώσπου κάποτε να διακλαδωθεί σχηματίζοντας δύο ρεύματα 1ης τάξης. Επομένως το σημερινό ρεύμα 3ης τάξης δεν είναι παρά ένα παλαιό τμήμα ενός ρεύματος 2ης τάξης και τα χαρακτηριστικά του αποτελούν τμήμα των χαρακτηριστικών του παλαιού ρεύματος 2ης τάξης.

Οι τιμές αναγλύφου από βορρά προς νότο έχουν φθίνουσα τάση και οι αυξημένες τιμές στο τμήμα του γρανίτη οφείλονται κυρίως στον μεγαλύτερο βαθμό αποσάθρωσης.



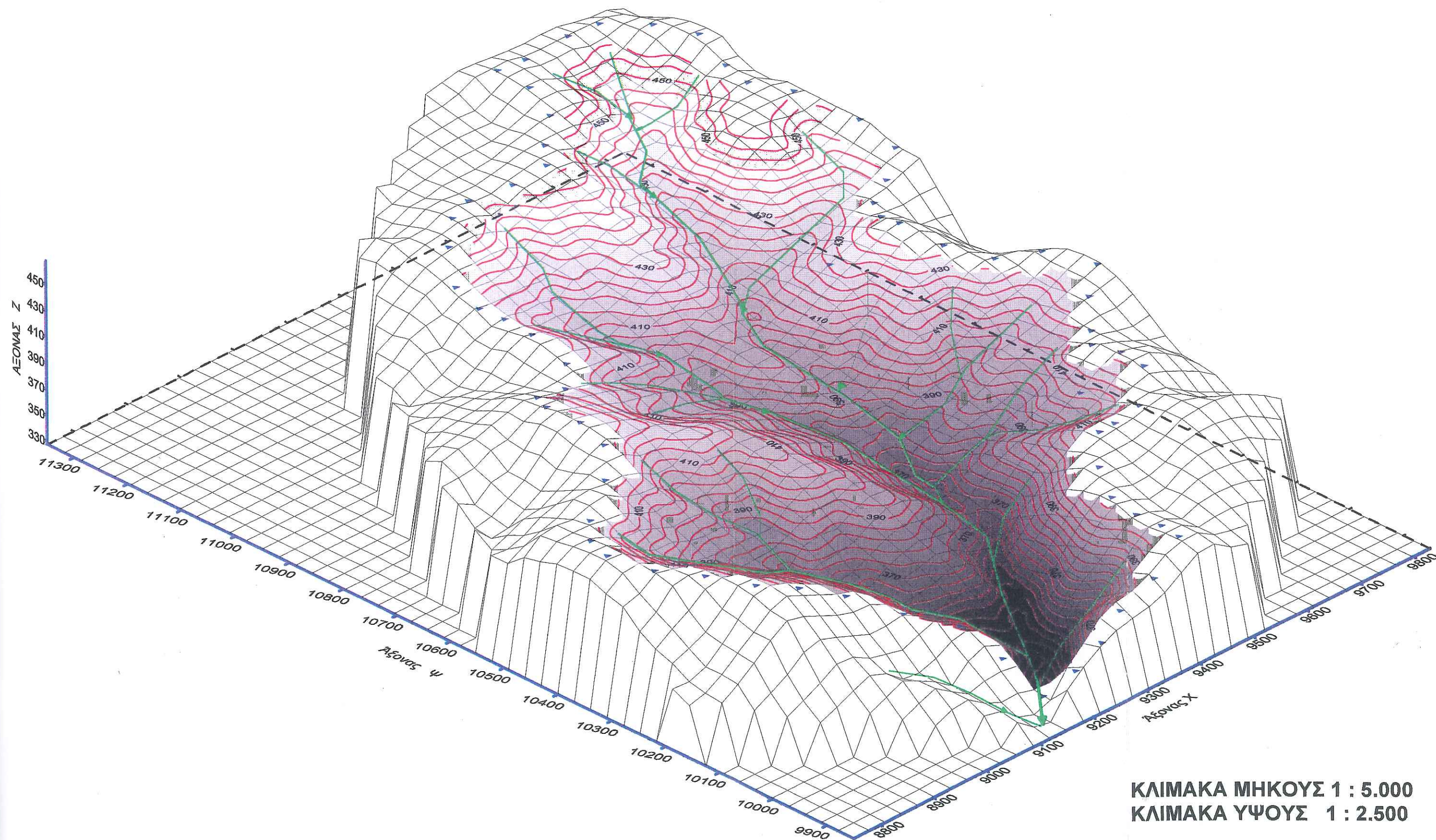
Σχήμα 4.3.
ΧΑΡΤΗΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

ΚΛΙΜΑΚΑΣ 1:5.000



— ΠΕΜΑΤΑ
— ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ

Σχήμα 4.4. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ



4.2.3 Μορφολογικά στοιχεία της εξεταζόμενης περιοχής

Η μορφολογική εικόνα της εξεταζόμενης περιοχής σε τρισδιάστατη απεικόνιση παρουσιάζεται στο σχήμα 4.5.

Σε τομή παράλληλη με την λεκάνη R5-R5' (Σχέδιο 2 & 2.1) κατά τον άξονα Βορρά – Νότο οι κλίσεις είναι ήπιες κυρίως στο τμήμα από 380 έως 440 μ. (6–12%) ενώ σε υψόμετρα μικρότερα των 380 μ. οι κλίσεις αυξάνονται μέχρι και 28,5% και στο βόρειο τμήμα εντός του γρανίτη είναι της τάξης του 22%.

Κατά άξονα R5 – R5'	
Διαφορά υψομέτρου	Κλίση εδάφους
460-440	21,7%
440-420	9,9%
420-400	12,2%
400-380	5,9%
380-360	28,5%

Σε τομή κάθετα με την λεκάνη R2-R2' (Σχέδιο 2 & 2.1) κατά τον άξονα Δύση – Ανατολή οι κλίσεις είναι ήπιες κυρίως στο τμήμα από 440 έως 420 μ. (15%) ενώ σε υψόμετρα μικρότερα των 420 μ. οι κλίσεις κυμαίνονται από 19,7% έως 31%. Οι μεγαλύτερες κλίσεις σημειώνονται στο ανατολικό πρηνές

Κατά άξονα R2 – R2'	
Διαφορά υψομέτρου	Κλίση εδάφους
440-420	15%
420-400	19,7 - 31%

Για την εκτίμηση της μέσης κλίσης χρησιμοποιήθηκε ο τύπος του J. W. ALVORD

: $P = D * L / E$ όπου:

P : Μέση κλίση

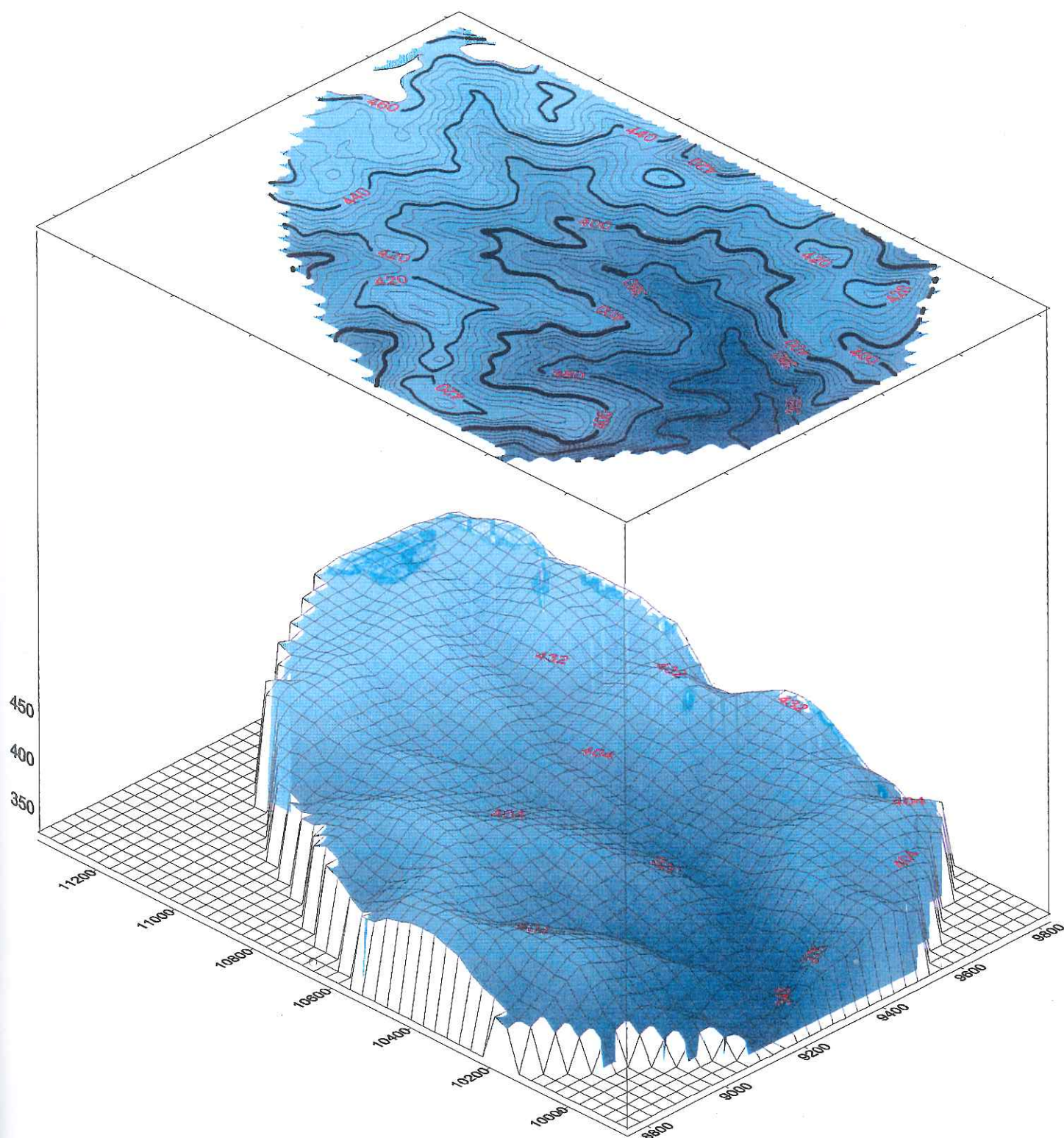
D : Ισοδιάσταση σε m

L : Συνολικό μήκος ισοϋψών (m)

E : Έκταση σε m²

P = 0,27 ή 27 %.

Σχήμα 4.5. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΗΣ



ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΗΚΟΥΣ 1 : 10.000
ΚΛΙΜΑΚΑ ΥΨΟΥΣ 1 : 5.000

Μέγιστο – Τοπικό ανάγλυφο

Μορφολογικά η περιοχή είναι λοφώδης ως ημιορεινή με υψόμετρα από 336 έ-
ως 462 μ. με μέτριες κλίσεις. Το μεγαλύτερο υψόμετρο της λεκάνης $h_{\max} = 462$

Το τοπικό ανάγλυφο της λεκάνης H_b (η διαφορά μεταξύ του υψηλότερου ση-
μείου του υδροκρίτη και του χαμηλότερου στο στόμιο εξόδου) $H_b = 462 - 336 = 126$.

Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται επίσης αρκετές μορφολογικές επίπεδες
επιφάνειες. Συγκεκριμένα παρατηρούνται επιφάνειες στα 410 m, 405 m και 395 m.
Ειδικά στα 410 m παρατηρούνται επιφάνειες εκατέρωθεν του κύριου ρέματος, οδη-
γώντας έτσι στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για παλαιές ποτάμιες αναβαθμίδες. Η μι-
κρή υψομετρική διαφορά όλων των επιφανειών εξηγείται πιθανώς με την ερμηνεία ότι
αποτελούν υπολείμματα μίας παλαιότερης και μεγαλύτερης επιφάνειας επιπέδωσης.
Παρόμοιες επιφάνειες επιπέδωσης έχουν παρατηρηθεί σε αρκετά σημεία της ευρύτε-
ρης λεκάνης της Μυγδονίας, και συνδέονται με τις διάφορες διαδοχικές εφελκυστικές
τεκτονικές φάσεις οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα την ταπείνωση του βασικού επι-
πέδου και τη δημιουργία κατά βάθος διάβρωσης.

4.3 Υδρολογικό ισοζύγιο

4.3.1 Υδρολογικό ισοζύγιο Μυγδονίας Λεκάνης

Το υδρολογικό ισοζύγιο της «Μυγδονίας» Λεκάνης έχει ως εξής: ⁶

Βροχοπτώσεις $N = 100\%$, εξάτμιση + εξατμησοδιαπνοή $E = 78,8\% \times N$, η επιφανειακή απορροή $A_o = 4,25\% \times N$, υπόγεια απορροή $A_u = 2,15\% \times N$ και η ποσότητα που εμπλουτίζει τα υπόγεια στρώματα είναι της τάξης του $14,8\% \times N$. Οι ετήσιες μεταβολές των αποθεμάτων των υπόγειων νερών φθάνουν το $R = 0,11\% \times N$, ενώ οι απολήψιμες ποσότητες της λεκάνης είναι $F = 12,3\% \times N$.

Η υδραυλική κλίση των υπόγειων υδροφόρων είναι κατά θέσεις $\approx 2,0\%$ και η διεύθυνση ροής ΒΔ – ΝΑ, ροή δηλ. προς την λίμνη Λαγκαδά.

Η λίμνη της Κορώνειας βρίσκεται 8,5 Km νότια του έργου, έχει έκταση 46,2 Km² και βρίσκεται σε υψόμετρο +75 μ. Σύμφωνα με τα δεδομένα των εξατμησομέτρων από τη λίμνη Λαγκαδά εξατμίζονται ετησίως ποσότητες $E_o = 1029,2$ mm/έτος. Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε απώλειες $110,61 \times 10^6$ m³ νερού το έτος λόγω εξάτμισης.

4.3.2 Υδρολογικό ισοζύγιο της εξεταζόμενης περιοχής

Τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής είναι απαραίτητα για τον υπολογισμό των επιφανειακών απορροών που πρέπει να αναμένονται στο ΧΥΤΑ. Επίσης είναι απαραίτητα για την εκτίμηση των παροχών των απόνερων που δημιουργούνται από κατείσδυση τμήματος των βροχοπτώσεων εντός των αποτιθέμενων απορριμμάτων. Κατά τη διάρκεια μιας βροχής ένα μέρος του νερού διηθείται στα βαθύτερα στρώματα, ένα μέρος συγκρατείται σε φυσικές κοιλότητες του εδάφους, ένα μέρος εξατμίζεται και το υπόλοιπο το οποίο το ονομάζουμε 'περίσσευμα βροχής' απορρέει προς τα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης ακολουθώντας τα φυσικά ρεύματα.

Για τον υπολογισμό σε ετήσια βάση του υδρολογικού ισοζυγίου και της ετήσιας επιφανειακής απορροής αξιοποιούνται τα μετεωρολογικά δεδομένα. Αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού του Λαχανά, και όχι του Σταθμού του Λαγκαδά που είναι πλησιέστερος αλλά υπολείπεται πολύ σε υψόμετρο, επειδή η μορφολογία και το μέσο υψόμετρο της εξεταζόμενης περιοχής είναι πλησιέστερα προς το περιβάλλον του Λαχανά. Άλλωστε οι υπολογιζόμενες τιμές απορροών από τον Σταθμό Λαχανά είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις τιμές του Σταθμού Λαγκαδά και ο συντελεστής ασφάλειας είναι μεγαλύτερος.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Μετεωρολογικού σταθμού του Λαχανά σε υψόμετρο 634 με $\varphi=40^\circ 56'$ και $\lambda=23^\circ 34'$, (βλπ. πίνακες 4.1 & 4.2 του Υπουργείου Γεωργί-

⁶ ΥΠΕΧΩΔΕ 1996, Πρόγραμμα αντιμετώπισης ειδικών περιβαλλοντικών προβλημάτων και συστήματος λειτουργίας και διαχείρισης της προστατευόμενης περιοχής των λιμνών Κορώνειας και Βόλβης, των Μακεδονικών Τεμπών και της ευρύτερης περιοχής τους.

ας 1961-85) υπολογίστηκε η πραγματική εξατμισοδιαπνοή με βάση την μέθοδο του Turc και του Thornthwaite.

Υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής

A) Βάσει της μεθόδου του Turc⁷ για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με την βοήθεια της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας και του μέσου ετήσιου ύψους βροχής, χρησιμοποιείται η παρακάτω σχέση:

$$E_{\pi} = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

όπου: E_{π} = πραγματική ετήσια εξατμισοδιαπνοή σε χιλιοστά

$$L = 300 + 25T + 0,05T^3$$

P = μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε χιλιοστά

T = μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα σε °C.

Για την περιοχή Λαχανά όπου $T = 12,067$ °C, $L = 689,5$ mm και για ετήσια κατακρημνίσματα ύψους 574,3 mm, από την εφαρμογή της προηγούμενης σχέσης προκύπτει $E_{\pi} = 455$ mm

B) Βάση της μεθόδου του Thornthwaite

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή δίνεται από τη σχέση:

$$E_{\Delta} = 16 \times \left(\frac{10 \times T}{I} \right)^{\alpha}$$

Όπου:

E_{Δ} = η μέση μηνιαία δυνητική εξατμισοδιαπνοή σε mm

T = η μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρος σε °C

$$\alpha = 0,49239 + 1792 \cdot 10^{-5} \cdot I - 771 \cdot 10^{-7} \cdot I^2 + 675 \cdot 10^{-9} \cdot I^3$$

I = ο ετήσιος θερμικός δείκτης $I = \sum_{i=1}^{12} i$

i = ο μηνιαίος θερμικός δείκτης $i = \left(\frac{T}{5} \right)^{1,514}$

Με βάση τα στοιχεία του σταθμού Λαχανά η εξίσωση γράφεται :

$$E_{\Delta} = 16 \times \left(\frac{10 \times T}{52,77} \right)^{1,3225}$$

Για τον υπολογισμό της μέσης μηνιαίας πραγματικής εξατμισοδιαπνοής (βλπ. πίνακα 4.3) σύμφωνα με τη μέθοδο Thornthwaite and Mather (1957) και τιμές μέσων

⁷ Γ. Α. Καλλέργης Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία TEE 1986 τόμος Α σελ. 2-19

μηνιαίων θερμοκρασιών και κατακρημνισμάτων στους μήνες από Ιανουάριο μέχρι και Δεκέμβριο, διαπιστώνεται τιμή $E_{\pi} = 487,01 \text{ mm}$

Με βάση τα αποτελέσματα εφαρμογής των δύο μεθόδων (Α) και (Β) η τιμή της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής με την μέθοδο Thornthwaite and Mather που θεωρείται και η πιο αξιόπιστη προσδιορίζεται σε **487 mm**.

4.3.3 Υπολογισμός του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής

Η γενική μορφή του υδρολογικού ισοζυγίου εκφράζει την ισότητα εισροών και εκροών στην λεκάνη, είναι χαρακτηριστική σε κάθε περιοχή και δίνεται από τη σχέση:

$$P = E_{\pi} + I + R$$

Όπου :

P = ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα σε mm

R = απορροή σε mm

E_{π} = πραγματική εξατμισοδιαπνοή

I = κατείσδυση σε mm

Η περιοχή που εξετάζεται έχει συνολική επιφάνεια $F_{ολ} = 757.421 \text{ m}^2$. Ο όγκος του νερού που δέχεται κατά την διάρκεια του έτους είναι :

$$V_1 = P \times F_{ολ} = 574,4 \text{ mm} \times 757.421 \text{ m}^2 = 435.063 \text{ m}^3$$

Από την ποσότητα αυτή του νερού ένα ποσοστό που αντιστοιχεί σε 487 mm δηλ. $V_2 = E_{\pi} \times F_{ολ} = 487 \text{ mm} \times 757.421 \text{ m}^2 = 368.864 \text{ m}^3$ καταναλώνεται στην εξατμισοδιαπνοή.

Συνεπώς από το σύνολο των κατακρημνισμάτων απομένει ένα πλεόνασμα $Q = P - E_{\pi} = 435.063 - 368.864 = 66.199 \text{ m}^3$ που αντιστοιχεί στην ολική απορροή (επιφανειακή απορροή + κατείσδυση).

Από τον πίνακα 4.3 διαπιστώνεται ότι υπάρχει πλεόνασμα 140,49 mm στήλης νερού που αντιστοιχεί σε όγκο $V_3 = 106.410 \text{ m}^3$. Παρατηρείται επομένως πλεόνασμα που δεν ανταποκρίνεται στην πραγματική διαφορά $P - E_{\pi}$, αλλά υπερέχει κατά $V_4 = V_3 - Q = 106.410 - 66.199 = 40.211 \text{ m}^3$ ή 53,09 mm στήλης νερού. Η ποσότητα αυτή υπολείπεται για να συμπληρώσει τα αποθέματα νερού του εδάφους που διατίθενται για την βλάστηση. Επομένως το πραγματικό πλεόνασμα που θα διατεθεί για κατείσδυση και επιφανειακή απορροή είναι $Q = 66.199 \text{ m}^3$

Με βάση τα στοιχεία του πίνακα 4.3 παρατηρείται απορροή (επιφανειακή και υπόγεια) μόνο κατά τους τρεις πρώτους μήνες του χρόνου ενώ κατά τους υπόλοιπους μήνες δεν παρατηρείται. Η ποσότητα του νερού που απορρέει και κατεισδύει συνολικά σε καθένα μήνα είναι: $V_{\text{Ιανουα}} = 42.340 \text{ m}^3$, $V_{\text{Φεβρ.}} = 41.983 \text{ m}^3$, $V_{\text{Μαρτ.}} = 22.094 \text{ m}^3$

Από την ολική απορροή προσδιορίζεται η κατείσδυση (I) με βάση τη σχέση :

$$I = Q \times I_c \text{ (συντελεστή κατείσδυσης)}$$

Στην εξεταζόμενη περιοχή έχουν χαρτογραφηθεί δύο διαφορετικοί πετρογραφικοί σχηματισμοί (γρανίτης, γνεύσιοι) με διαφορετικούς συντελεστές κατείσδυσης. Στο γρανίτη κυμαίνεται από 5 – 12% ενώ στον γνεύσιο 3 – 7%. Θεωρώντας την λεκάνη ομογενή ο ενιαίος συντελεστής κατείσδυσης υπολογίζεται σε:

$$I_{\sigma} = \frac{I_{\gamma\rho\alpha\nu} \times F_{\gamma\rho\alpha\nu} + I_{\gamma\nu\epsilon\upsilon\sigma} \times F_{\gamma\nu\epsilon\upsilon\sigma}}{F_{\sigma\lambda}} = \frac{8\% \times 160.000\text{m}^2 + 5\% \times 597.421\text{m}^2}{757.421\text{m}^2} = 5,763 \%$$

Επομένως η κατείσδυση είναι : $I = Q \times I_{\sigma} = 66.199 \times 5,63\% = 3.727\text{m}^3$ και προσδιορίζει την ποσότητα του νερού που εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς.

Η ποσότητα που απορρέει επιφανειακά είναι : $R = Q - I = 66.199 - 3.727 = 62.472 \text{ m}^3$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1 : Μέση μηνιαία θερμοκρασία του Μετεωρολογικού Σταθμού Λαχανά (Υπουργείο Γεωργίας 1961 – 1985)

Υψόμετρο Σταθμού : 634 μ

ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚΕΜ.	Μέσο ετήσιο
1961	1,7	2,7	8,1	13,8	15,4	20,3	23,0	23,5	19,5	14,2	10,2	13,0
1962	3,4	1,1	5,9	11,3	18,7	19,9	23,7	26,0	19,9	13,2	10,1	12,9
1963	-0,6	3,6	4,4	10,4	15,9	20,6	24,1	25,0	20,3	12,7	10,4	12,6
1964	-0,8	1,8	5,6	11,7	14,8	21,0	22,0	22,1	17,3	14,2	8,3	11,9
1965												
1966							25,0	21,7	18,9	16,7	9,2	4,2
1967					19,1	22,2	23,3	16,3	14,6	9,7	4,1	
1968				10,5	20,2	24,1	21,7	19,4	13,5	8,6	2,1	
1969	2,1	4,3	4,4	10,1	19,6	21,7	22,8	19,8	13,8	10,1	4,1	12,8
1970	3,1	4,5	6,7	13,6	14,1	20,6	23,4	17,0	13,0	10,0	4,3	12,9
1971	4,7	2,7	4,9	10,6	17,4	20,2	22,5	16,3	11,8	7,8	4,6	12,2
1972	1,3	3,1	7,3	12,2	16,1	21,9	21,6	15,4	9,4	8,0	2,5	11,7
1973	0,3	3,8	3,0	10,0	17,5	19,3	22,1	18,7	12,9	5,7	3,4	11,5
1974	1,2	4,4	5,0	8,4	14,6	19,5	23,2	19,3	14,9	8,1	4,0	12,1
1975	2,5	1,6	8,8	12,1	16,7	19,9	21,9	20,0	12,3	5,7	2,4	12,0
1976	3,3	1,2	4,3	10,8	15,1	18,2	20,6	18,4	14,0	8,0	2,8	11,1
1977	2,9	7,5	9,4	11,3	16,9	20,2	22,6	16,0	11,9	8,5	3,5	12,7
1978	0,3	3,8	7,5	9,2	14,9	20,4	23,4	15,7	11,4	6,1	4,3	11,5
1979	0,9	4,0	8,8	9,2	16,5	22,1	21,4	17,3	9,2	5,4	5,9	11,7
1980	-0,7	2,4	5,2	10,1	13,0	19,4	22,6	17,3	13,2	8,8	4,2	11,4
1981				12,0	15,3	23,0	21,0	18,0	15,6	4,8	4,6	
1982	1,1	0,3	4,2	9,2	16,0	21,4	21,2	20,3	13,5	6,5	3,9	11,6
1983	1,5	-0,2	6,6	13,7	16,8	17,9	21,9	18,1	11,8	4,3	3,9	11,4
1984	3,5	2,4	4,3	8,3	17,0	20,4	22,1	19,3	16,4	7,1	2,5	11,9
1985	2,0	-1,1	5,0	13,7	18,0	20,5	23,7	18,7	11,7	7,4	5,6	12,6
Μέση τιμή	1,7	2,7	6,0	11,2	16,4	20,3	22,5	21,9	18,1	7,8	3,8	

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2 : Μέση μηνιαία και μέσα ετήσια ύψη κατακρηνισμάτων του Μετεωρολογικού Σταθμού Λαχανά (Υπουργείο Γεωργίας 1961 – 1985)

Υψόμετρο Σταθμού : 634 μ

	ΙΑΝ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤ.	ΑΠΡΙΛ.	ΜΑΪΟΣ	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	ΣΕΠΤ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚΕΜ.	Μέσο ετήσιο
1961 - 62	0,0	64,4	31,9	7,6	15,5	69,3	15,0	20,1	74,3	30,9	38,8	16,1	383,9
1962 - 63	50,5	74,3	12,9	26,4	61,3	44,3	32,7	64,7	41,1	31,7	36,7	9,4	486,0
1963 - 64	39,4	28,0	59,9	8,5	7,6	40,6	20,4	79,3	28,9	34,7	17,2	48,4	412,9
1972 - 73	154,7	12,4	0,0	64,4	25,3	68,8	33,0	5,0	100,3	175,6	36,2	3,1	678,8
1973 - 74	51,1	26,7	83,3	71,9	40,5	57,2	57,2	55,9	63,8	1,5	29,2	13,1	551,4
1974 - 75	83,2	126,1	49,8	34,8	27,8	17,6	26,8	54,9	58,1	72,0	53,6	26,3	631,0
1975 - 76	44,0	45,3	22,3	24,5	26,3	42,0	18,5	87,7	109,7	74,5	60,2	4,0	559,0
1978 - 79	81,0	29,0	62,2	36,0	46,0	45,0	92,0	168,2	32,3	15,0	38,5	101,0	746,2
1979 - 80	122,5	104,3	70,6	48,3	5,0	51,8	77,4	94,4	18,0	51,0	81,0	41,6	765,9
1980 - 81	86,5	32,0	71,0	45,0	41,0	44,0	18,0	40,9	23,7	43,4	76,5	5,1	527,1
1981 - 82	36,5	98,0	72,0	18,0	43,5	69,0	104,0	34,0	6,0	62,0	45,0	16,0	604,0
1982 - 83	47,0	100,0	49,0	15,0	35,0	22,0	18,0	69,0	130,0	155,0	78,0	10,0	728,0
1983 - 84	19,0	67,0	74,0	49,0	73,0	2,0	55,0	17,0	75,0	21,0	98,0	18,0	568,0
1984 - 85	9,0	45,0	23,0	12,0	28,0	73,0	17,5	127,0	24,0	0,0	20,0	20,0	398,5
Μέση Τιμή	58,9	60,9	48,7	33,0	34,0	46,2	41,8	65,6	56,1	54,9	50,6	23,7	574,3

4.4 Γεωτρήσεις – Εκσκαφές

4.4.1 Γενικά

Εντός της περιοχής πραγματοποιήθηκαν ερευνητικά έργα (γεωτρήσεις-εκσκαφές) για τη λήψη όσο το δυνατόν ασφαλέστερων πληροφοριών του υπεδάφους.

Ειδικότερα ο στόχος των ερευνητικών έργων ήταν η διερεύνηση:

- α) της δομής και της σύστασης των γεωλογικών σχηματισμών
- β) τον προσδιορισμό ρηγμάτων και τεκτονικών ασυνεχειών
- γ) τις ιδιότητες και την πιθανή συμπεριφορά των σχηματισμών κάτω από τις συνθήκες που θα δημιουργηθούν με την κατασκευή και λειτουργία του τεχνικού έργου
- δ) τη λήψη δειγμάτων για τις εργαστηριακές δοκιμές
- ε) την εκτέλεση δοκιμών εντός των οπών των γεωτρήσεων για τον προσδιορισμό των φυσικών και μηχανικών ιδιοτήτων του σχηματισμού
- στ) τη γνώση των συνθηκών εκσκαφής
- ζ) τον εντοπισμό υπόγειων νερών
- η) τον έλεγχο της πιεζομετρίας της περιοχής

4.4.2 Γεωτρήσεις

Οι γεωτρήσεις χωροθετήθηκαν μετά τη γεωλογική χαρτογράφηση και τις γεωφυσικές εργασίες υπαίθρου και προσδιορίστηκε ως αναγκαίο βάθος διερεύνησης τα 50 περίπου μέτρα.

Η ακριβής χωροθέτηση των γεωτρήσεων παρουσιάζεται στον πίνακα 4.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4

Κωδικός	Χ*	Ψ	Ζ	Βάθος
Γ 1	9516,79	10981	427,60	50 μ
Γ 2	9531,88	10402,09	395,07	51 μ
Γ 3	9252,63	10098,71	354,51	50 μ
Γ 4	9247,91	10656,72	401,16	50 μ

* από ΚΦΧ 1:100.000 Θεσ/νίκη με $\Phi = 40^\circ 45'$ & $\Lambda = -0^\circ 45'$

** υψόμετρο στο χείλος της γεώτρησης

Ειδικότερα:

Η γεώτρηση Γ1 χωροθετήθηκε εντός του γρανιτικού υποβάθρου κοντά στην επαφή με τους γνεύσιους για να διαπιστωθεί ο βαθμός καταπόνησης και αποσάθρωσής του.

Η γεώτρηση Γ3 στο νοτιότερο τμήμα της εξεταζόμενης περιοχής χωροθετήθηκε πάνω σε ρηγματωμένη ζώνη (η οποία εντοπίστηκε μόνο από μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικών VLF) για να ελεγχθούν οι υδραυλικοί παράμετροι και η κατάσταση και συμπεριφορά του πετρώματος σε τμήμα της περιοχής (έντονα τεκτονισμένη) με πολύ αρνητικά χαρακτηριστικά.

Οι γεωτρήσεις Γ2 και Γ4 εντός του σχηματισμού των γνευσίων τοποθετήθηκαν σε θέσεις τέτοιες ώστε να δημιουργηθεί δίκτυο τριγωνισμού για τον έλεγχο της πιεζομετρίας.

Μετά το πέρας της γεωτρητικής διαδικασίας οι οπές σωληνώθηκαν με μεταλλικό γαλβανισμένο σωλήνα 2 ιντσών (διάτρητο κάτω από τα 6 μ) και χαλικώθηκαν με διαβαθμισμένο χαλίκι γεωτρήσεων ώστε να αποτελούν μόνιμα σημεία ελέγχου της πιεζομετρίας.

Παρακάτω παρατίθενται οι τομές των γεωτρήσεων όπως προκύπτουν από την περιγραφή των δειγμάτων απόληψης.

4.4.3 Εκσκαφές

Εντός του χώρου πραγματοποιήθηκαν 6 ερευνητικά ορύγματα Σ1 ... Σ6 (Σχέδιο 2) με μηχανικά μέσα για την διαπίστωση του πάχους του εδαφικού καλύμματος και την δυνατότητα εκσκαφής του πετρώματος με μηχανικά μέσα. Επίσης τομές εδάφους έγιναν κατά την κατασκευή των δρόμων προσπέλασης των γεωτρητικών μηχανημάτων.

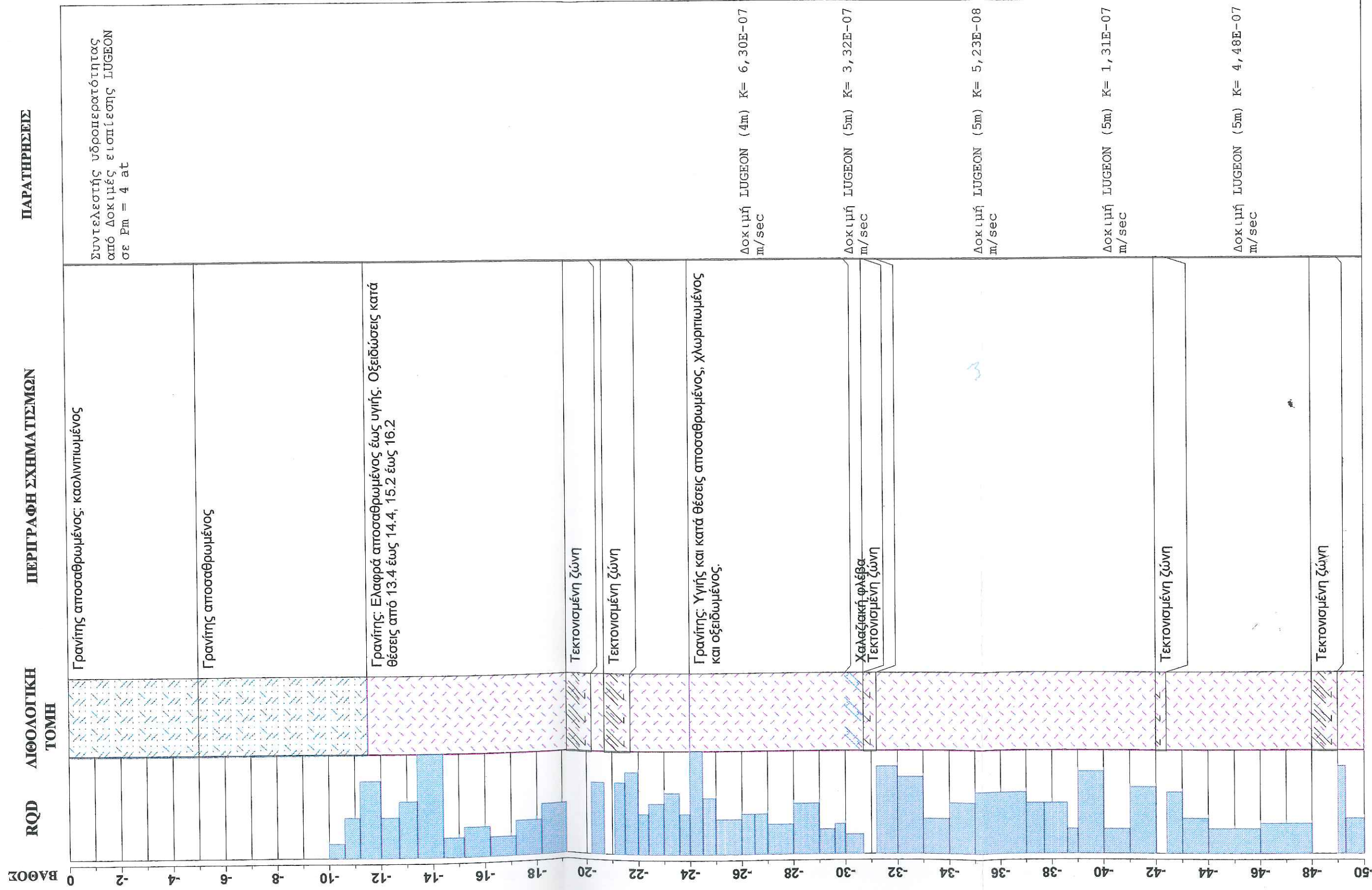
Από τα στοιχεία των εκσκαφών διαπιστώθηκε ότι το πάχος του εδαφικού καλύμματος δεν υπερβαίνει τα 70 cm (ως Μέσος Όρος). Ειδικότερα στο βόρειο τμήμα με γρανιτικό υπόβαθρο το εδαφικό υλικό είναι 45 cm ενώ στο νότιο τμήμα 1 m και κατά θέσεις φθάνει μέχρι και 5 μ. (νότια από τα ερείπια Καμέλη).

Η εκσκαψιμότητα με συνήθη μηχανικά μέσα θεωρείται καλή μέχρι το βάθος του εδαφικού καλύμματος, και μέτρια ως κακή για το αποσαθρωμένο και καταπονημένο πέτρωμα με χαμηλές τιμές RQD.

ΕΡΓΟ : ΧΥΤΑ ΒΔ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (ΜΑΥΡΟΡΑΧΗ 2)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ 1

ΝΑΓΚΟΥΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Γεωλόγος



ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ 2

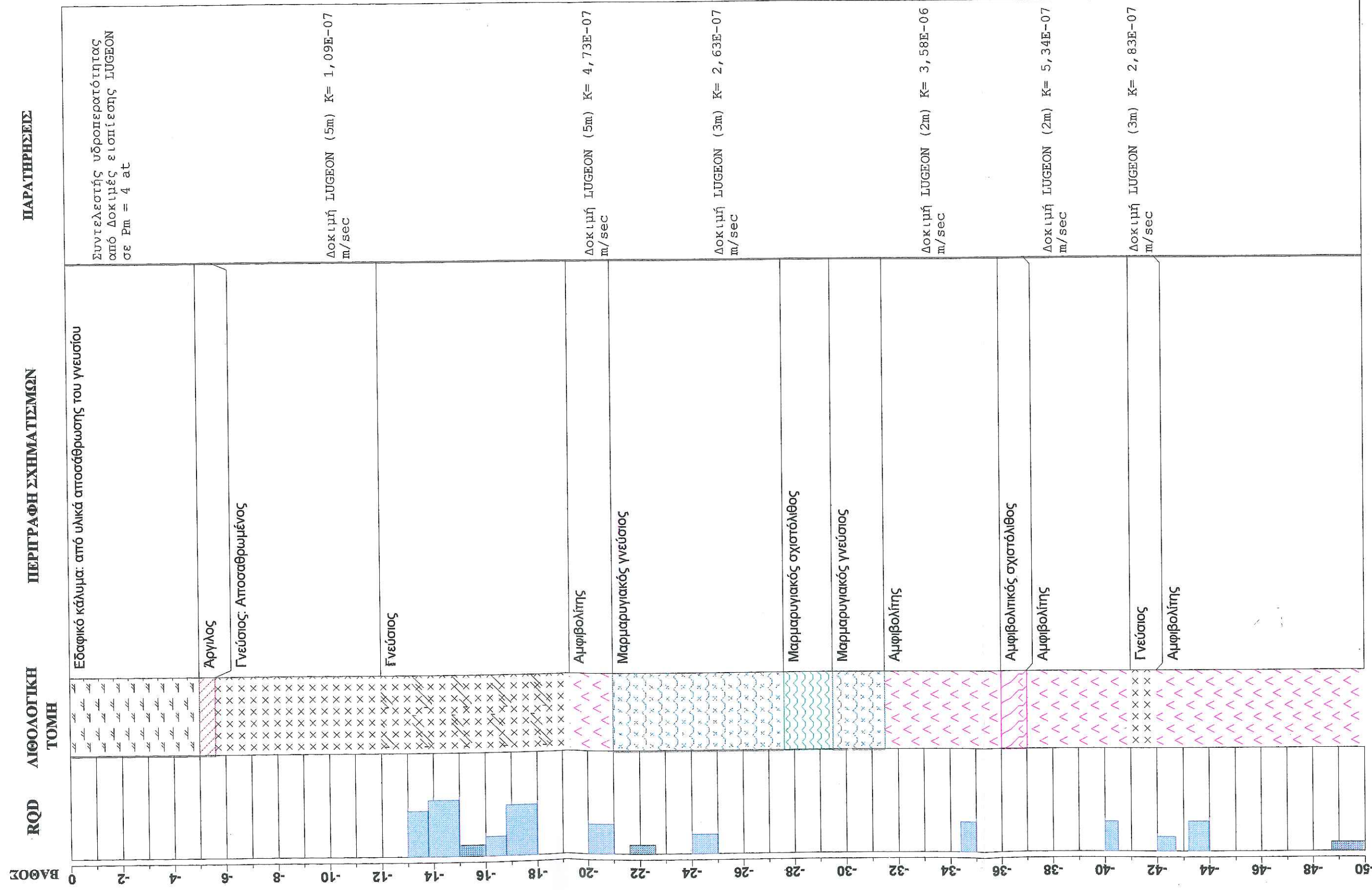
ΝΑΓΚΟΥΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Γεωλόγος

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ		ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
RQD				
0 ΒΑΘΟΣ		Εδαφικό κάλυμα		Συντελεστής υδροπερατότητας από Δοκιμές εισπίεσης LUGEON σε Pm = 4 at
-2		Γνεύσιος: Πρασινονεύσιος με μαρμαρυγίες (μοσχοβίτη, βιοτίτη)		
-4		Γνεύσιος: Ελαφρά τεκτονισμένος & οξειδωμένος με φλεβίδια χαλαζία		Δοκιμή LUGEON (3m) K=1,37E-05 m/sec
-6		Μαρμαρυγιακός γνεύσιος		Δοκιμή LUGEON (3m) K= 1,19E-06 m/sec
-8		Γνεύσιος: στα 12.80, 15.80, και 18.90 πηγμαπτικές φλέβες 15 - 20 cm		Δοκιμή LUGEON (3m) K= 1,93E-06 m/sec
-10				
-12				
-14				
-16				Δοκιμή LUGEON (3m) K=6,51E-06 m/sec
-18				
-20				
-22		Αμφιβολίτης		Δοκιμή LUGEON (3m) K=7,3E-07 m/sec
-24		Γνεύσιος: στα 22.10 πηγμαπτική φλέβα 20 cm		
-26		Αμφιβολίτης		Δοκιμή LUGEON (3m) K= 6,57E-07 m/sec
-28		Γνεύσιος		
-30		Αμφιβολίτης: με χαλαζιακές φλέβες από 36.10 έως 36.40, καθώς και στα 38.20 και 38.80 πάχους 20 cm		Δοκιμή LUGEON (3m) K=6,38E-07 m/sec
-32				
-34				Δοκιμή LUGEON (3m) K=3,12E-07 m/sec
-36				
-38				
-40				Δοκιμή LUGEON (3m) K=2,9E-07 m/sec
-42				
-44		Χαλαζίας		Δοκιμή LUGEON (3m) K= 3,03E-07 m/sec
-46		Αμφιβολίτης: στα 46 έως 47.10 μιλωνιτωμένη ζώνη		Δοκιμή LUGEON (3m) K= 3,11E-07 m/sec
-48				Δοκιμή LUGEON (3m) K= 3,82E-07 m/sec
-50		Χαλαζίας		

ΕΡΓΟ : ΧΥΤΑ ΒΔ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (ΜΑΥΡΟΡΑΧΗ 2)

ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ 3

ΝΑΓΚΟΥΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Γεωλόγος



ΓΕΩΤΡΗΣΗ : Γ 4

ΝΑΓΚΟΥΛΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Γεωλόγος

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ		ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
RQD			
0	BAΘΟΣ	Εδαφικό κάλυμα: από υλικά αποσάθρωσης με διάσπαρτα τεμάχια πρασινογνευσίων	Συντελεστής υδροπερατότητας από Δοκιμές εισπίεσης LUGEON σε Pm = 4 at
-2		Μαρμαρυγιακός γνεύσιος: με οξειδώσεις μαγγανίου και σιδήρου.	Δοκιμή LUGEON (3m) K=1,37E-05 m/sec
-4			Δοκιμή LUGEON (3m) K= 1,19E-06 m/sec
-6		Γνεύσιος: πρασινογνεύσιος στα 13.9 έως 14 χαλαζακή φλέβα	Δοκιμή LUGEON (3m) K= 1,93E-06 m/sec
-8			
-10		Μαρμαρυγιακός γνεύσιος: έντονα αποσθρωμένος και τεκτονισμένος	Δοκιμή LUGEON (3m) K=6,51E-06 m/sec
-12			
-14		Γνεύσιος: πρασινογνεύσιος στα 18.2-18.3 χαλαζακή φλέβα	Δοκιμή LUGEON (3m) K=7,3E-07 m/sec
-16			
-18		Μαρμαρυγιακός γνεύσιος	Δοκιμή LUGEON (3m) K= 6,57E-07 m/sec
-20			
-22		Γνεύσιος: από 24.4-25.5 έντονα τεκτονισμένος	Δοκιμή LUGEON (3m) K=6,38E-07 m/sec
-24			
-26		Μαρμαρυγιακός γνεύσιος: υγής γνεύσιος κάτω από τα 28μ.	Δοκιμή LUGEON (3m) K=3,12E-07 m/sec
-28			
-30		Μαρμαρυγιακός γνεύσιος: υγής γνεύσιος	Δοκιμή LUGEON (3m) K=2,9E-07 m/sec
-32			
-34			Δοκιμή LUGEON (3m) K= 3,03E-07 m/sec
-36			
-38			Δοκιμή LUGEON (3m) K= 3,11E-07 m/sec
-40			
-42			Δοκιμή LUGEON (3m) K= 3,82E-07 m/sec
-44			
-46			
-48			
-50			

4.5 Υπόγεια Νερά

4.5.1 Υδατικό ισοζύγιο λεκάνης Κορώνειας

Η πτώση στάθμης της λίμνης Κορώνειας τουλάχιστον από το 1988-89 μέχρι το 1994-95 ήταν συνεχής με μικρές εποχιακές σταθεροποιήσεις την υγρή περίοδο και συνολικά ήταν της τάξεως των 2,40m. Αυτή η πτώση στάθμης αντιστοιχεί σε μείωση του όγκου κατά $91 \times 10^6 \text{m}^3$ περίπου.

Το υπόγειο δυναμικό της περιοχής είναι βέβαιο ότι μειώθηκε επίσης σημαντικά. Σχετικά στοιχεία δεν βρέθηκαν, εκτιμάται όμως ότι θα είναι ίσου τουλάχιστον μεγέθους με τη μείωση του όγκου της λίμνης. Με βάση τα στοιχεία αυτά αλλά και άλλων μελετών, είναι λογικό να εκτιμηθεί ότι το ισοζύγιο της λίμνης την περίοδο 1988-1995 είναι έντονα αρνητικό με μία μέση τιμή της τάξεως των $30 \times 10^6 \text{m}^3/\text{έτος}$. Η παρατηρηθείσα αύξηση της στάθμης την περίοδο 95-96 βοήθησε αντικειμενικά στην ανάκαμψη της λίμνης στα επίπεδα του 1994 και έδωσε μικρή προθεσμία για τη λήψη μέτρων και προγραμματισμό δράσεων.

Το ελλειμματικό ισοζύγιο ιδιαίτερα την τρέχουσα δεκαετία οφείλεται στην μείωση των βροχοπτώσεων την περίοδο αυτή και στις αντλήσεις για αρδεύσεις και βιομηχανική χρήση σε μικρότερο βαθμό στο πεδινό κυρίως τμήμα της λεκάνης.

Το μέσο υδατικό ισοζύγιο δεν έχει πολύ μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον καθώς τα αποθέματα της λίμνης (όγκος) είναι ιδιαίτερα μικρά ώστε να μπορούν να αντεπεξέλθουν σε περιόδους χαμηλών βροχοπτώσεων εάν παράλληλα η κατανάλωση έχει αυξητική πορεία.

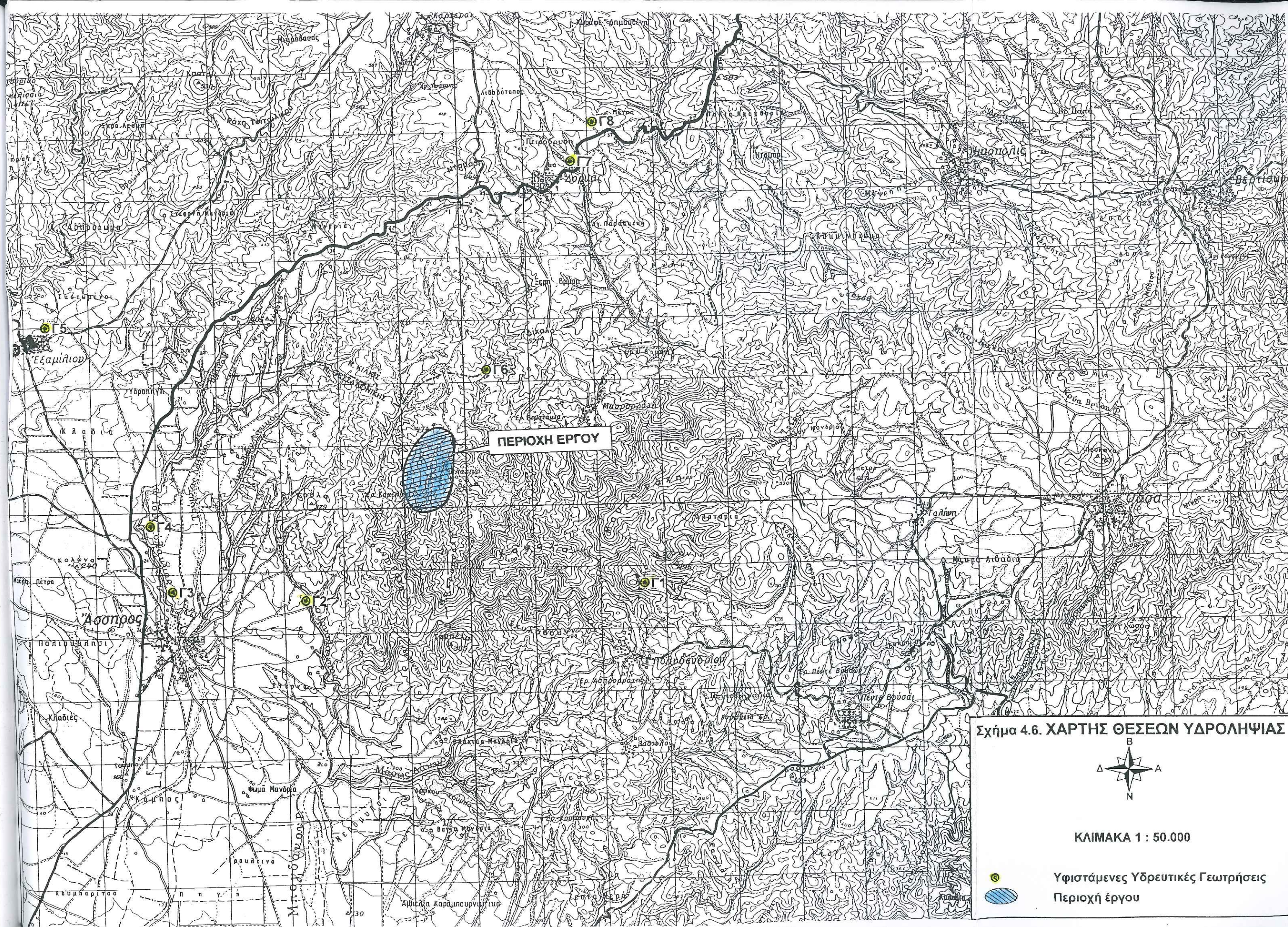
4.5.2 Χρήση – Εκμετάλλευση υπόγειων Νερών

ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ - ΝΕΡΟ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Στην περιοχή του έργου και σε ακτίνα 1Km δεν υπάρχουν υδρευτικές ή αρδευτικές γεωτρήσεις.

Η πλησιέστερη δημοτική υδρευτική γεώτρηση Γ6 είναι του οικισμού της Μαυροράχης 1200 μ. βόρεια του βορειότερου άκρου του χώρου (βλπ. χάρτη Σχήμα 4.6). Οι γεωτρήσεις Γ2, Γ3 & Γ4 που υδροδοτούν τον οικισμό της Ασσήρου και βρίσκονται νότια και νοτιοδυτικά του χώρου και σε απόσταση μεγαλύτερη των 2 Km υπολείπονται λόγω σημαντικής μείωσης της παροχής των αλλά και λόγω ποιοτικών προβλημάτων του νερού των από την αυξημένη παρουσία ιόντων φθορίου (F). Σύμφωνα με το νέο σχεδιασμό του Δήμου η υδροδότηση του οικισμού θα γίνει από γεωτρήσεις που έχουν κατασκευαστεί πολύ ανατολικότερα στην κτηματική περιοχή της Κριθιάς.

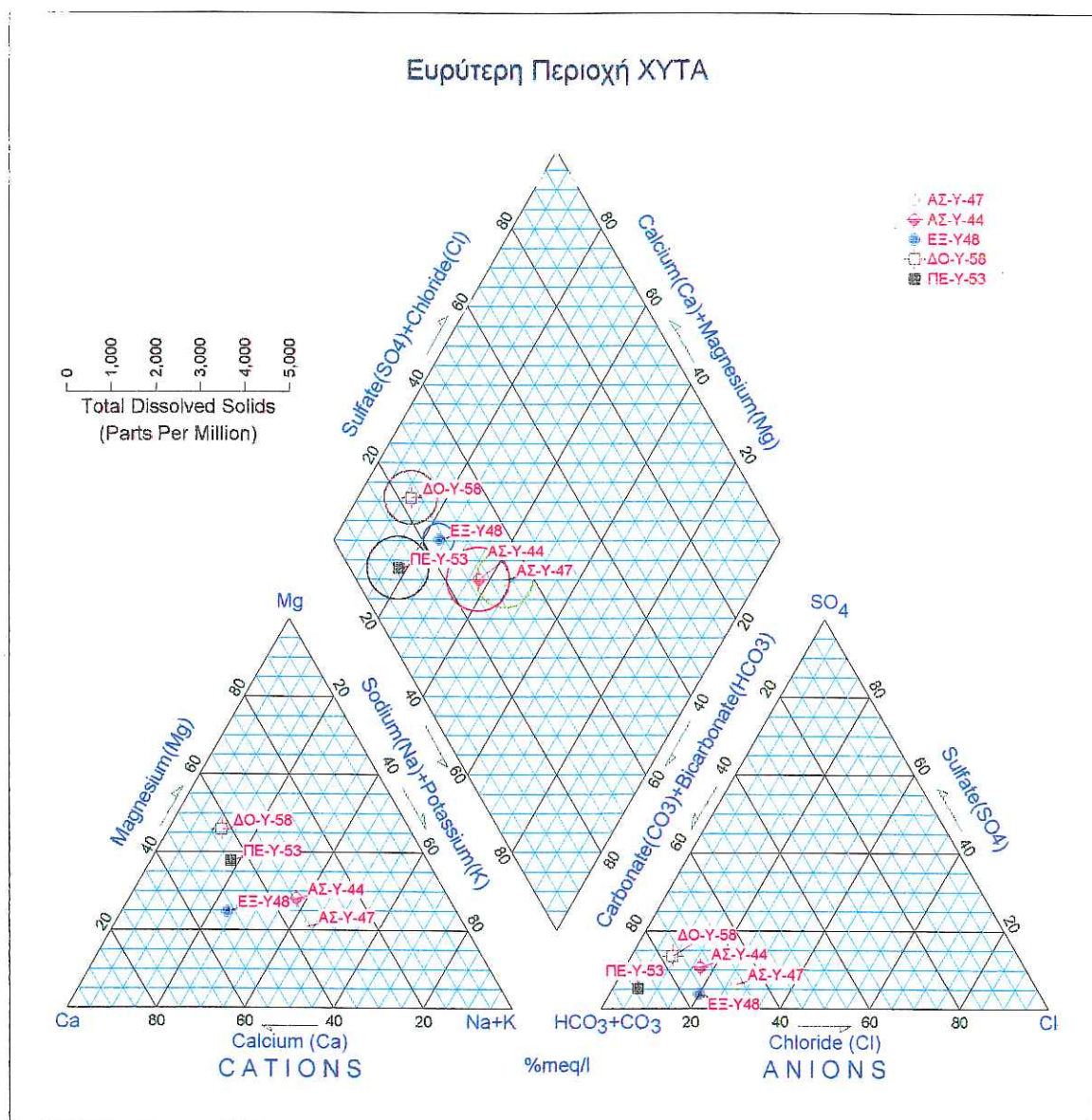
Με βάση τα στοιχεία των χημικών αναλύσεων του ΙΓΜΕ από την «Μελέτη ποιοτικής κατάστασης επιφανειακών νερών του Ν. Θεσσαλονίκης» (βλπ. πίνακα 4.5) αξιολογήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών της ευρύτερης περιοχής. Η ποιοτική αξιολόγηση των νερών απεικονίζεται στο διάγραμμα Piper του σχήματος 4.7.



ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5

Θερμοκρασία νερού σε °C	Υδρευτική Πολυδενδρίου Γ1 ΠΟ-Υ-53 ΙΓΜΕ	Υδρευτική Ασσήρου Γ2 ΑΣ-Υ-44 ΙΓΜΕ	Υδρευτική Ασσήρου Γ3 ΑΣ-Υ-47 ΙΓΜΕ	Υδρευτική Ασσήρου Γ4 ΑΣ-Υ-46 ΙΓΜΕ	Υδρευτική Εξαμίλιου Γ5 ΕΞ-Υ-48 ΙΓΜΕ	Υδρευτική Δορκάδας Γ7 ΔΟ-Υ-58 ΙΓΜΕ	Υδρευτική Δορκάδας Γ8 ΔΟ-Υ-59 ΙΓΜΕ
	19,0	19,0	18,0	19,0	17,8	17,0	16
PH	8,07	7,81	8,08	7,86	8,10	7,89	7,99
Αγωγιμότητα μS/cm	672	763	639	797	413	638	514
Σκληρότητα : Ολική σε (Γαλ. Βαθμούς)	15,1	29,4	22	33,1	19,2	38,3	26,6
Κατόντα : Na ⁺ σε mg/lit	31,72	76,78	75,40	74,94	24,83	20,92	20,92
K ⁺	6,26	6,65	3,52	4,69	3,52	4,69	4,30
Ca ⁺⁺	75,75	64,93	55,71	66,53	52,10	73,75	60,92
Mg ⁺⁺	39,39	32,09	19,69	40,85	15,07	48,38	27,72
NH ₄ ⁺	0,03	0,01	0,08	0,13	0,00	0,08	0,00
Ανιόντα : Cl ⁻ σε mg/lit	17,72	54,59	81,53	44,31	31,90	24,81	12,41
SO ₄ ⁼⁼	22,57	47,07	25,95	69,20	8,17	49,95	51,87
NO ₃ ⁻	2,48	8,68	11,16	3,72	6,82	1,86	1,24
NO ₂ ⁻	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
HCO ₃ ⁻	458,21	408,17	446,55	413,67	211,10	360,58	279,44
PO ₄ ⁼⁼	0,17	0,16	0,15	0,10	0,35	0,14	0,15
Ιχνοστοιχεία σε μg/l							
Pb	0	0	10	0	20	20	0
Cu	1	9	2	4	2	2	2
Fe	420	30	0	780	40	290	0
Zn	60	10	10	40	10	20	20
F	350	750	1530	870	360	300	500
Mn	0	0	3	54	1	90	136
B	100	0	0	0	0	0	0
As	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Ποιότητα νερών της ευρύτερης περιοχής σύμφωνα με το διάγραμμα κατά PIPER



Σχήμα 4.7 Τριγωνικό διάγραμμα κατά PIPER

Η ποιότητα των νερών διαφοροποιείται στις επιμέρους περιοχές αναλόγως του γεωλογικού περιβάλλοντος και του τρόπου και χρόνου κυκλοφορίας των νερών. Οι γεωτρήσεις της Ασσήρου παρουσιάζουν αυξημένες περιεκτικότητες σε ιόντα φθορίου (F) και νατρίου (Na), ενώ οι γεωτρήσεις στην περιοχή της Δορκάδας παρουσιάζουν αυξημένες περιεκτικότητες μαγγανίου (Mn).

Αρδευτικές γεωτρήσεις στην ευρύτερη περιοχή δεν υπάρχουν.

4.6 Υδρολιθολογία

Οι σχηματισμοί της περιοχής (γνεύσιοι, γρανίτες) ανήκουν γενικά στην κατηγορία των αδιαπέρατων πετρωμάτων λόγω μικρού πρωτογενούς πορώδους. Λόγω όμως της τεκτονικής και της αποσάθρωσής των δημιουργείται συνθήκη δευτερογενούς υδροφορίας και επιτρέπουν περιορισμένη κυκλοφορία νερού στη μάζα τους, σε ανεξάρτητες μεταξύ τους γραμμές υπόγειας ροής, το οποίο είτε εκφορτίζεται σε σημεία της διαδρομής του υπό μορφή μικροπηγών, είτε τροφοδοτεί πλευρικά τις αδρομερές στερες από τις προσχωματικές αποθέσεις του πεδινού τμήματος της λεκάνης. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι στους σχηματισμούς αυτούς η υδροπερατότητα μειώνεται αισθητά με το βάθος.

Γνεύσιοι

Το πορώδες των υγιών γνευσίων είναι 0,1-3%. (Καλλέργης, 1986). Στη ζώνη αποσάθρωσης το πορώδες αυτό μπορεί να φτάσει και το 50%. Οι ρωγμές κάτω από τη ζώνη αποσάθρωσης είναι είτε κλειστές είτε στενότερες από 2 mm, και γι' αυτό ελάχιστα συμβάλλουν στην αύξηση του πορώδους.

Η υδροπερατότητα στα σχιστοποιημένα πετρώματα είναι παράμετρος που εξαρτάται από τον προσανατολισμό των ασυνεχειών και το εύρος των ρωγμών. Για τα υγιή γνευσιακά πετρώματα είναι χαμηλή και κυμαίνεται μεταξύ 10^{-8} - 10^{-6} m/sec. Αξιόλογες υδροπερατότητες απαντούνται μόνο στη ζώνη αποσάθρωσης, όπου οι πιο πάνω τιμές είναι μεγαλύτερες.

Μερικές αντιπροσωπευτικές τιμές πορώδους και υδροπερατότητας γνευσίων δίνει και ο BOWEN (1980), ο οποίος για το πορώδες στους γνεύσιους δίνει τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 0,0001 έως 1% και τιμές υδροπερατότητας που κυμαίνονται μεταξύ 5×10^{-14} - 10^{-11} m/sec.

Γρανίτες

Το πορώδες του υγιούς πετρώματος είναι μικρότερο του 1-3%. Οι πόροι είναι γενικά μικροί και συνήθως δεν επικοινωνούν μεταξύ των με αποτέλεσμα η πρωτογενής υδροπερατότητα του πετρώματος να είναι ασήμαντη. Η ωφέλιμη υδροπερατότητα προέρχεται μόνο από τις ρωγμές και την αποσάθρωση. Το πορώδες του κατακερματισμένου μπορεί επιφανειακά να φθάνει το 50% και ελαττώνεται με το βάθος μέχρι 2-10%. Η υδροπερατότητα του υγιούς γρανίτη είναι $0,5 \cdot 10^{-12}$ m/sec (Louis 1968) και αυξάνεται καθώς ο γρανίτης αποσαθρώνεται, οπότε μπορεί να σημειωθούν τιμές της τάξης του $3 \cdot 10^{-6}$ – $5 \cdot 10^{-5}$ m/sec.⁸

⁸ Γ. Α. Καλλέργης Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία Τόμος Β σελ. 10-63 & 10-74

4.7 Περιγραφή υδροφορέα

Η στάθμη της ελεύθερης πιεζομετρικής επιφάνειας αναπτύσσεται ομαλά. Το γεγονός ότι σε φυσικές τομές του εδάφους κατάντη των γεωτρήσεων με απόλυτα υψόμετρα μικρότερα από αυτά της ελεύθερης πιεζομετρικής επιφάνειας, δεν παρατηρήθηκαν εκδηλώσεις μικροπηγών και ίχνη υγρασίας, ενισχύει την αρχική εκτίμηση ότι τα υπόγεια νερά οφείλονται σε τοπικό υδροφόρο ορίζοντα.

4.7.1 Πάχος και πιεζομετρική επιφάνεια

Η πιεζομετρική επιφάνεια συχνά αναπτύσσεται σε συνάρτηση με την μορφολογική επιφάνεια. Παρόμοια εικόνα σε γενικές γραμμές ακολουθούν οι ισοπιεζομετρικές γραμμές της περιοχής μελέτης. Ο ισοπιεζομετρικός χάρτης της περιοχής κατασκευάστηκε με βάση τα στοιχεία των τεσσάρων ερευνητικών γεωτρήσεων. Οι στάθμες ηρεμίας όπως αυτές μετρήθηκαν την 20-12-2000 μετά την παρέλευση ικανού χρόνου ισορροπίας του συστήματος παρουσιάζονται στον πίνακα 4.6.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.6

Κωδικός	Z*	Στάθμη**
Γ 1	427,60	29,31
Γ 2	395,07	22,47
Γ 3	354,51	12,32
Γ 4	401,16	25,02

* υψόμετρο στο χείλος της γεώτρησης

** στάθμη από το έδαφος

Με βάση τις μετρήσεις της στάθμης ηρεμίας χαράχθηκαν οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες και οι γραμμές ροής (Χάρτης Ισοπιεζομετρικών καμπυλών Σχέδιο 1).

Η μορφή των ισοπιεζομετρικών καμπυλών χαρακτηρίζει τον υδροφόρο ως ακτινωτό και επιτρέπει την εξαγωγή ορισμένων συμπερασμάτων.

Οι ισοπιεζομετρικές καμπύλες διαφοροποιούνται σε τρία τμήματα .

α) το ανώτερο

β) το κεντρικό και

γ) το κατώτερο (νότιο).

Στο ανώτερο τμήμα του χώρου το κοίλο μέρος των ισοπιεζομετρικών καμπυλών προσανατολίζεται προς τα ανάντη με σταθερή απόσταση γραμμών και συνεπώς σταθερή υδραυλική κλίση, σταθερή μοναδιαία παροχή και σταθερή υδροπερατότητα. (τύπος ζώνης τροφοδοσίας).

Στο κεντρικό τμήμα η σταθερή απόσταση και το γραμμικό περίπου προφίλ χαρακτηρίζει (ομοιόμορφη κυκλοφορία).

Στο νότιο τμήμα το κοίλο μέρος προσανατολίζεται προς τα κατάντη, η απόσταση των καμπυλών ελαττώνεται και συνεπώς την αύξηση της υδραυλικής κλίσης,

την ελάττωση των τιμών υδροπερατότητας και την αύξηση της μοναδιαίας παροχής⁹.
(τύπος ζώνης στράγγισης).

Οι γραμμές ροής προς την διεύθυνση κατά την οποία ελαττώνεται το υδραυλικό φορτίο, παριστάνουν την διαδρομή που ακολουθούν τα σωματίδια του νερού. Ο άξονας ροής αρχικά αποκλίνει στο ανώτερο τμήμα και συγκλίνει το νοτιότερο τμήμα. Η γενική του διεύθυνση είναι ΒΒΑ προς ΝΝΔ και δεν ταυτίζεται ακριβώς με το κεντρικό υδατόρεμα 3ης τάξης που αποτελεί και τον φυσικό αποδέκτη της επιφανειακής απορροής από Β προς Ν.

4.7.2 Υδραυλικοί Παράμετροι

Με βάση τα στοιχεία των ερευνητικών γεωτρήσεων, τις περατότητες από τις δοκιμές εισπίεσης LUGEON (τιμές για $P_m=4$ at), και τον ισοπιεζομετρικό χάρτη υπολογίστηκαν οι υδραυλικοί παράμετροι.

4.7.2.1 Περατότητα

α) Από τις λιθοστρωματογραφικές στήλες των γεωτρήσεων και τις γεωλογικές τομές παρατηρείται μια αλληλουχία στρωμάτων με διαφορετικές περατότητες. Για τον υπολογισμό της οριζόντιας περατότητας σε διεύθυνση Βορρά – Νότο, προσδιορίζονται τρεις τιμές περατότητας με βάση τις μερικές περατότητες των σχηματισμών σε διαφορετικά βάθη. Η ολική οριζόντια περατότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_o = \frac{H}{\frac{h_1}{k_1} + \frac{h_2}{k_2} + \dots + \frac{h_v}{k_v}} \cdot 10$$

Όπου h_1, \dots, h_v = τα πάχη των δοκιμαζόμενων τμημάτων
 k_1, \dots, k_v = οι αντίστοιχες περατότητες

1. Ανώτερο τμήμα η υπολογιζόμενη τιμή είναι $K_o = 3,06 \cdot 10^{-7}$ m/sec
2. Κεντρικό τμήμα η υπολογιζόμενη τιμή είναι $K_o = 2,28 \cdot 10^{-6}$ m/sec (μέση τιμή) ..
3. Στο νότιο τμήμα η υπολογιζόμενη τιμή είναι $K_o = 3,17 \cdot 10^{-7}$ m/sec

β) Για τον υπολογισμό της κάθετης (κατακόρυφης) περατότητας προσδιορίζονται επίσης τρεις τιμές περατότητας με βάση τις μερικές περατότητες των σχηματισμών σε διαφορετικά βάθη. Η ολική κατακόρυφη περατότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K_k = \frac{h_1 k_1 + h_2 k_2 + \dots + h_v k_v}{H}$$

Υπολογίστηκαν οι επιμέρους τιμές περατότητας για το ακόρεστο τμήμα και για το κορεσμένο τμήμα:

⁹ Γ. Α. Καλλέργης Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία ΤΕΕ 1986 Τόμος Β σελ (15-50 έως 15-60)

¹⁰ Γ. Χ. Σούλιος Γενική Υδρογεωλογία Θεσ/νίκη 1981 Τόμος Α σελ (246 έως 249)

A Ακόρεστο τμήμα

1. Κεντρικό τμήμα η υπολογιζόμενη τιμή είναι $K_k = 1,28 \cdot 10^{-6} \text{ m/sec}$ (μέση τιμή).
2. Στο νότιο τμήμα η υπολογιζόμενη τιμή είναι $K_k = 1,09 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$

B Κορεσμένο τμήμα

1. Ανώτερο τμήμα η υπολογιζόμενη τιμή είναι $K_k = 1,44 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$
2. Κεντρικό τμήμα η υπολογιζόμενη τιμή είναι $K_k = 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ m/sec}$ (μέση τιμή).
3. Στο νότιο τμήμα η υπολογιζόμενη τιμή είναι $K_k = 3,58 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$

Η περατότητα ως Μ.Ο. (ως Μέσος Όρος) στο σύνολο της εξεταζόμενης περιοχής προσδιορίζεται :

Για την οριζόντια κίνηση σε $1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m/sec}$

Για την κατακόρυφη κίνηση σε ακόρεστη ζώνη $7,97 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$ και σε κορεσμένη ζώνη $6,54 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$

4.7.2.2 Ταχύτητα ροής

Από τον ισοπιεζομετρικό χάρτη υπολογίζεται η υδραυλική κλίση i .

$$i = dh / ds \quad (1)$$

1. στο ανώτερο τμήμα $i_a = \frac{396 - 390}{118,4} = 0,05 \quad \text{ή} \quad 50 \text{ ‰}$
2. στο κεντρικό τμήμα $i_k = \frac{390 - 370}{362,36} = 0,055 \quad \text{ή} \quad 55 \text{ ‰}$
3. στο νότιο τμήμα $i_v = \frac{370 - 343}{367,94} = 0,073 \quad \text{ή} \quad 73 \text{ ‰}$

Με βάση τις τιμές της σχέσης 1 και τις τιμές υδροπερατότητας για οριζόντια και κατακόρυφη κίνηση που υπολογίστηκαν παραπάνω υπολογίζεται η ταχύτητα V

$$V = - K \times i \quad (2)$$

α) Οριζόντια κίνηση

1. στο ανώτερο τμήμα $V_a = 1,53 \quad 10^{-8} \text{ m/sec}$
2. στο κεντρικό τμήμα $V_k = 1,25 \quad 10^{-7} \text{ m/sec}$
3. στο νότιο τμήμα $V_v = 2,31 \quad 10^{-8} \text{ m/sec}$

β) Κατακόρυφη κίνηση

Στην ακόρεστη ζώνη με υδραυλική κλίση μοναδιαία

1. στο κεντρικό τμήμα $V_k = 1,5 \quad 10^{-6} \text{ m/sec}$
2. στο νότιο τμήμα $V_v = 1,09 \quad 10^{-7} \text{ m/sec}$

Στην κορεσμένη ζώνη

1. στο ανώτερο τμήμα $V_a = 7,21 \quad 10^{-9} \text{ m/sec}$
2. στο κεντρικό τμήμα $V_k = 1,55 \quad 10^{-8} \text{ m/sec}$
3. στο νότιο τμήμα $V_v = 2,61 \quad 10^{-8} \text{ m/sec}$

Η ταχύτητα ως Μ.Ο. (ως Μέσος Όρος) στο σύνολο της εξεταζόμενης περιοχής προσδιορίζεται :

Για την οριζόντια κίνηση σε $7,21 \cdot 10^{-8} \text{ m/sec}$

Για την κατακόρυφη κίνηση στο ακόρεστο τμήμα $8 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$ και $3,74 \cdot 10^{-8} \text{ m/sec}$ στο κορεσμένο τμήμα.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας επιγραμματικά η περιοχή μελέτης :

➤ γεωτεκτονικά ανήκει στη Σερβομακεδονική ζώνη, κοντά στο δυτικό όριο με την Περιροδοπική Ζώνη.

➤ οι κυριότεροι πετρογραφικοί σχηματισμοί είναι :

ο **γρανίτης** που απαντάται στο βορειότερο τμήμα είναι αδρόκοκκος, ανοικτού χρώματος με μετρίου έως μεγάλου μεγέθους κρυστάλλους. Είναι γρανίτης «τύπου Αρναίας» με σημαντική συμμετοχή αστρίων.

οι **γνεύσιοι** της σειράς Βερτίσκου και αποτελούνται από πετρογραφικές εναλλαγές διαφόρων ομοειδών πετρωμάτων (*διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι, διμαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι, μαρμαρυγικοί γνεύσιοι, μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι τυπικοί γνεύσιοι αμφιβολίτες*)

οι **πηγματίτες** ως φλέβες διατρέχουν τόσο τη μάζα του γρανίτη όσο και των γνευσίων

➤ Η αποσάθρωση για μεν το γρανιτικό υπόβαθρο είναι έντονη κυρίως στις επιφάνειες ασυνέχειας και στο ανώτερο τμήμα του γρανίτη μέχρι τα 11 μέτρα. Στο σχηματισμό του γνευσίου λόγω της συνεχούς ποιοτικής του διαφοροποίησης στις επαφές των αλλαγών του πετρώματος, παρατηρείται αποσάθρωση της βραχομάζας σε πολύ μεγαλύτερο βάθος.

➤ Λόγω της φύσης των πετρωμάτων δεν παρατηρούνται στην περιοχή καρστικά φαινόμενα.

➤ Η κυριότερη επώθηση της ευρύτερης περιοχής παρατηρείται Δ και ΝΔ της περιοχής μελέτης και αφορά την επώθηση της Σερβομακεδονικής (SM) στην Περιροδοπική (CRB). Η επώθηση αυτή έχει γενική διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ και συμφωνεί με την τοποθέτηση των σχηματισμών. Λόγω της άμεσης γεινίασης της περιοχής μελέτης με τη μετωπική επώθηση, παρατηρούνται στη μάζα του γνευσίου μικρότερες εσωτερικές επωθήσεις, οι οποίες έγιναν αντιληπτές κυρίως από τις γεωτρήσεις. Οι επωθήσεις αυτές είναι ορατές ως ζώνες διάρρηξης μικρού πάχους και μικρής γωνίας κλίσης (υπο-οριζόντιες). Συχνά παρατηρούνται μυλωνιτωμένες ζώνες και ζώνες τεκτονικών λατυπτοπαγών με μεγάλα γνευσιακά τεμάχια συγκολλημένα μεταξύ τους με λεπτόκοκκο υλικό.

➤ μεγάλα ρήγματα δεν παρατηρήθηκαν Τα κύρια ρήγματα είναι δύο:

Ρήγμα παράταξης ΝΔ – ΒΑ στο δυτικό μέρος της περιοχής. Το ρήγμα αυτό βρίσκεται έξω από την περιοχή μελέτης, ωστόσο το ανατολικότερο άκρο του παρατηρείται στο δυτικό όριο της περιοχής όπου και διαχωρίζει το γρανίτη από το γνεύσιο με κλίση προς τα ΝΑ. Στη θέση αυτή υπάρχει μία ζώνη διάρρηξης πάχους 2 – 3 m με θρυμματισμένο υλικό προέλευσης κυρίως γρανιτικής. Η συνέχειά του προς τα ΒΑ στη μάζα του γρανίτη δεν είναι εμφανής. Αντίθετα, η ΝΔ

συνέχειά του εκτός της περιοχής μελέτης είναι ορατή.

Ρήγμα παράταξης ΔΒΔ – ΑΝΑ στο ανατολικό μέρος της περιοχής. Το ρήγμα αυτό δεν ταυτοποιήθηκε από τις παρατηρήσεις υπαίθρου στην περιοχή μελέτης. Ενδείξεις για την ύπαρξή του υπάρχουν στην κοιλάδα ανατολικά της περιοχής, χωρίς ωστόσο να παρατηρείται κάποια ένδειξή του στα όρια της χαρτογράφησης.

➤ παρατηρούνται δύο κύρια συστήματα διακλάσεων :

ΒΔ – ΝΑ. Πρόκειται για την κυριαρχούσα διεύθυνση. Οι διακλάσεις του συστήματος αυτού είναι μεγάλου μήκους και σχετικά μικρής πυκνότητας

ΒΑ – ΝΔ. Είναι το δευτερεύον σύστημα. Αποτελείται από μικρού μήκους διακλάσεις, αλλά η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη.

➤ Με βάση τις παρατηρήσεις υπαίθρου, δεν παρατηρήθηκε ρηξιγενής ζώνη στα όρια του γρανίτη με το γνεύσιο, εκτός από το δυτικότερο τμήμα. Το όριο γρανίτη – γνευσίου θεωρείται κανονικό, ενώ η σχιστότητα που παρατηρείται κυρίως στο γνεύσιο σε εκείνη την περιοχή θα πρέπει να θεωρηθεί ως αποτέλεσμα τοπικής μεταμόρφωσης λόγω της επαφής με το γρανίτη. Ασθενής σχιστότητα παρατηρείται επίσης και στο γρανίτη κοντά στο όριο, ωστόσο η κυκλοφορία διαλυμάτων πλούσιων σε χαλαζιακό υλικό έχει «σφραγίσει» τις διακλάσεις (ψύξης και τεκτονικές) και τις ασυνέχειες κατά μήκος της επαφής. Θεωρείται έτσι ότι η επαφή σαν επιφάνεια ασυνέχειας δεν έχει υδροπερατές ιδιότητες.

➤ η εξεταζόμενη περιοχή ανήκει στη σεισμική ζώνη 35 της Βόλβης με τα εξής χαρακτηριστικά:

b-value	a-value	M_{max}	Ρυθμός $M > 5.0$
0.84	4.04	7.1	0.723

➤ σύμφωνα με τον ισχύοντα Ε.Α.Κ.(2000), η περιοχή χαρακτηρίζεται ως μέσης σεισμικής επικινδυνότητας, υπαγόμενη στη ζώνη ΙΙΙ. Για τη ζώνη αυτή η οριζόντια σεισμική επιτάχυνση εδάφους προβλέπεται ίση με 0,24g και η κατακόρυφη 0,12 g, για οικοδομικά έργα, με πιθανότητα υπέρβασης 10% για περίοδο 50 ετών. Από πλευράς επικινδυνότητας το έδαφος μπορεί να καταταχθεί στην κατηγορία Α & Β.

➤ από τις γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις που έγιναν εντός του χώρου, οι τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης που υπολογίστηκαν συσχετίστηκαν με τους γεωλογικούς σχηματισμούς και μετά την ομαδοποίηση προσδιορίστηκαν τέσσερις σχηματισμοί από πλευράς αγωγιμότητας και συνοχής:

Εδαφικό κάλυμμα-Αποσαθρωμένο υλικό: Αντιστοιχεί στον σχηματισμό που συναντάται επιφανειακά και υφίσταται όλες τις μορφές αποσάθρωσης διάβρωσης.

Κατακερματισμένες-Αποσαθρωμένες ζώνες: Πρόκειται για το συνήθως υποκείμενο στρώμα που έχει υποστεί τεκτονική καταπόνηση και παρουσιάζεται αρκετά αποσαθρωμένο.

Υγιές υπόβαθρο: Τα τμήματα αυτά του υποβάθρου (γρανίτη ή γνεύσιου) που έχουν παραμείνει το δυνατόν στην πρωτογενή τους κατάσταση.

Ρηξιγενείς ζώνες: Εντοπίζονται σε σχετικά μεγάλα βάθη και αντιστοιχούν σε ρηξιγενείς ζώνες που η μεγάλη τους αγωγιμότητα οφείλεται είτε σε πιθανή υδροφορία είτε σε αργιλική πλήρωση ή μεταλλοφορία.

➤ με βάση τις ηλεκτρομαγνητικές τομές VLF διακρίθηκαν τριών ειδών αγωγιμες:

V : Πολύ πιθανές ρηξιγενείς ζώνες

L : Αγώγιμη ζώνη με μεγάλου πλάτους ανωμαλία που δείχνει την επαφή των σχηματισμών γρανίτη και γνεύσιου.

F : Αγώγιμες ζώνες που συγκροτούνται από ανωμαλίες που οφείλονται σε ρωγματώσεις δεν είναι βέβαιο όμως ότι αποτελούν σημαντικές ρηξιγενείς δομές.

Η γενική εικόνα από την ηλεκτρομαγνητική έρευνα VLF δείχνει ότι ο πλέον καταπονημένος τεκτονικά σχηματισμός στην περιοχή είναι αυτός του γρανίτη που συναντάται στο βόρειο τμήμα της περιοχής, χωρίς όμως να παρουσιάζει σημαντικά στοιχεία υδροφορίας των ρηγμάτων

➤ Στην περιοχή η επιφανειακή απορροή γίνεται με ένα καλά ανεπτυγμένο σύστημα ρυακιών και χειμάρρων με αποδέκτη τον Μπογδάνα χείμαρο και τελικό αποδέκτη την λίμνη της Κορώνειας. Η λεκάνη απορροής έχει πυκνό υδρογραφικό δίκτυο δενδριτικής μορφής με μεγάλο συντελεστή διακλαδώσεων. Δεν παρουσιάζεται επιφανειακή ροή και λειτουργεί μόνο σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων μεγάλης έντασης. Ο κεντρικός κλάδος είναι 3ης τάξης με γενική διεύθυνση Β -Ν που ξεκινά από το κεντρικό τμήμα του εξεταζόμενου χώρου από 2 λεκάνες 2ης τάξης, ενώ στο βόρειο τμήμα ξεκινά από λεκάνες 1ης τάξης. Το στόμιο εξόδου της εξεταζόμενης λεκάνης βρίσκεται σε ρέμα 3ης τάξης, νότια των ερειπίων Καμέλη και αποτελεί τη μοναδική έξοδο της λεκάνης απορροής προς το νότο.

➤ δεν παρατηρούνται στάσιμα νερά

➤ Η οριοθετημένη από τα σημεία Α – Β - – Π1 εξεταζόμενη περιοχή με συνολική έκταση 757,421 στρμ. έχει ορισθεί από την υδροκριτική γραμμή και αποτελεί ουσιαστικά την έκταση της λεκάνης απορροής. Μορφολογικά είναι λοφώδης ως ημιορεινή με υψόμετρα από 336 έως 462 μ. με μέτριες κλίσεις από 5,9 έως 31% και δεν παρατηρούνται κατολισθητικά φαινόμενα.

➤ στο σύνολο της λεκάνης απορροής η κατείσδυση είναι **3.727 m³** και προσδιορίζει την ποσότητα του νερού που εμπλουτίζει τους υπόγειους υδροφορείς ενώ η ποσότητα που απορρέει επιφανειακά είναι **62.472 m³**

➤ το πάχος του εδαφικού καλύμματος δεν υπερβαίνει τα 70 cm (ως Μέσος Όρος), ενώ η εκσκαψιμότητα με συνήθη μηχανικά μέσα θεωρείται καλή μέχρι το βάθος του εδαφικού καλύμματος, και μέτρια ως κακή για το αποσαθρωμένο και καταπονημένο πέτρωμα με χαμηλές τιμές RQD.

➤ οι σχηματισμοί της περιοχής (γνεύσιοι, γρανίτες) ανήκουν γενικά στην κατηγορία των αδιαπέραστων πετρωμάτων λόγω μικρού πρωτογενούς πορώδους. Λόγω όμως της τεκτονικής και της αποσάθρωσής των δημιουργείται συνθήκη δευτερογενούς υδροφορίας και επιτρέπουν περιορισμένη κυκλοφορία νερού στη μάζα τους.

➤ ο τύπος του υδροφορέα χαρακτηρίζεται ως 'επικρεμάμενος' υδροφόρος ορίζοντας εντός του μανδύα αποσάθρωσης επί της οροφής του αδιαπέραστου υποβάθρου με μικρή παροχή και υδροχωρητικότητα λόγω της μικρής υδροπερατότητας των εδαφικών στρωμάτων.

➤ Η μορφή των ισοπιεζομετρικών καμπυλών χαρακτηρίζει τον υδροφόρο ως ακτινωτό όπου στο ανώτερο τμήμα του χώρου χαρακτηρίζεται ως τύπου ζώνης τροφοδοσίας, στο κεντρικό τμήμα η σταθερή απόσταση και το γραμμικό περίπου προφίλ χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφη κυκλοφορία, ενώ στο νότιο τμήμα ως τύπου ζώνης στράγγισης. Ο άξονας ροής αρχικά αποκλίνει στο ανώτερο τμήμα και συγκλίνει το νοτιότερο τμήμα. Η γενική του διεύθυνση είναι ΒΒΑ προς ΝΝΔ και δεν ταυτίζεται ακριβώς με το κεντρικό υδατόρεμα 3ης τάξης που αποτελεί και τον φυσικό αποδέκτη της επιφανειακής απορροής από Β προς Ν.

➤ Η ολική περατότητα υπολογίζεται σε :

Για την οριζόντια κίνηση σε

$$1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m/sec}$$

Για την κατακόρυφη κίνηση σε ακόρεστη ζώνη $7,97 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$ και σε κορεσμένη ζώνη $6,54 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$

➤ Η ταχύτητα ως Μ.Ο. προσδιορίζεται :

Για την οριζόντια κίνηση σε

$$7,21 \cdot 10^{-8} \text{ m/sec}$$

Για την κατακόρυφη κίνηση στο ακόρεστο τμήμα $8 \cdot 10^{-7} \text{ m/sec}$ και $3,74 \cdot 10^{-8} \text{ m/sec}$ στο κορεσμένο τμήμα

➤ Στην περιοχή του έργου και σε ακτίνα 1Κm δεν υπάρχουν υδρευτικές γεωτρήσεις. Η πλησιέστερη δημοτική υδρευτική γεώτρηση είναι του οικισμού της Μαυροράχης 1200 μ. βόρεια του βορειότερου άκρου του χώρου. Αρδευτικές γεωτρήσεις στην ευρύτερη περιοχή δεν υπάρχουν

➤ Η ποιότητα των νερών διαφασσποποιείται στις επιμέρους περιοχές αναλόγως του γεωλογικού περιβάλλοντος και του τρόπου και χρόνου κυκλοφορίας των νερών. Οι γεωτρήσεις σε σχηματισμούς του υποβάθρου παρουσιάζουν αυξημένες περιεκτικότητες σε ιόντα φθορίου (F) και νατρίου (Na) και μαγγανίου (Mn).

6 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι παρακάτω προτάσεις αναφέρονται σε εργασίες και ενέργειες που απαιτούνται για την βέλτιστη λειτουργία και τον έλεγχο της ποιότητας των υπόγειων νερών έξω από την περίμετρο της περιοχής επέμβασης.

1. Η υδρευτική γεώτρηση της Μαυροράχης που βρίσκεται σε απόσταση 1200 μ. βόρεια του βορειότερου άκρου απόθεσης, να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες λειτουργίας του ΧΥΤΑ και η ύδρευση του οικισμού να γίνει με κατασκευή νέων γεωτρήσεων βόρεια του οικισμού.
2. Επιλογή χώρου δανειοθαλάμου για την λήψη συμπληρωματικών υλικών επικάλυψης, δεδομένου ότι σημαντικός όγκος υλικών κυρίως από το εδαφικό κάλυμα και τμήμα του αποσασθρωμένου υποβάθρου είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί ως υλικό επικάλυψης.
3. Ο καθορισμός της περιμέτρου προστασίας αποτελεί αντικείμενο της Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. Θεωρήθηκε όμως σκόπιμο να υποδειχθούν από την παρούσα μελέτη θέσεις (κατ' ελάχιστον) πιεζομετρικών γεωτρήσεων ελέγχου, ώστε το δίκτυο που έχει κατασκευαστεί με τις νέες γεωτρήσεις να έχει τις δυνατότητες ελέγχου και αυτόματης προειδοποίησης για την ποιότητα των νερών του υπόγειου υδροφορέα. Ειδικότερα οι θέσεις που παρουσιάζονται στο (Σχήμα 6.1) είναι:

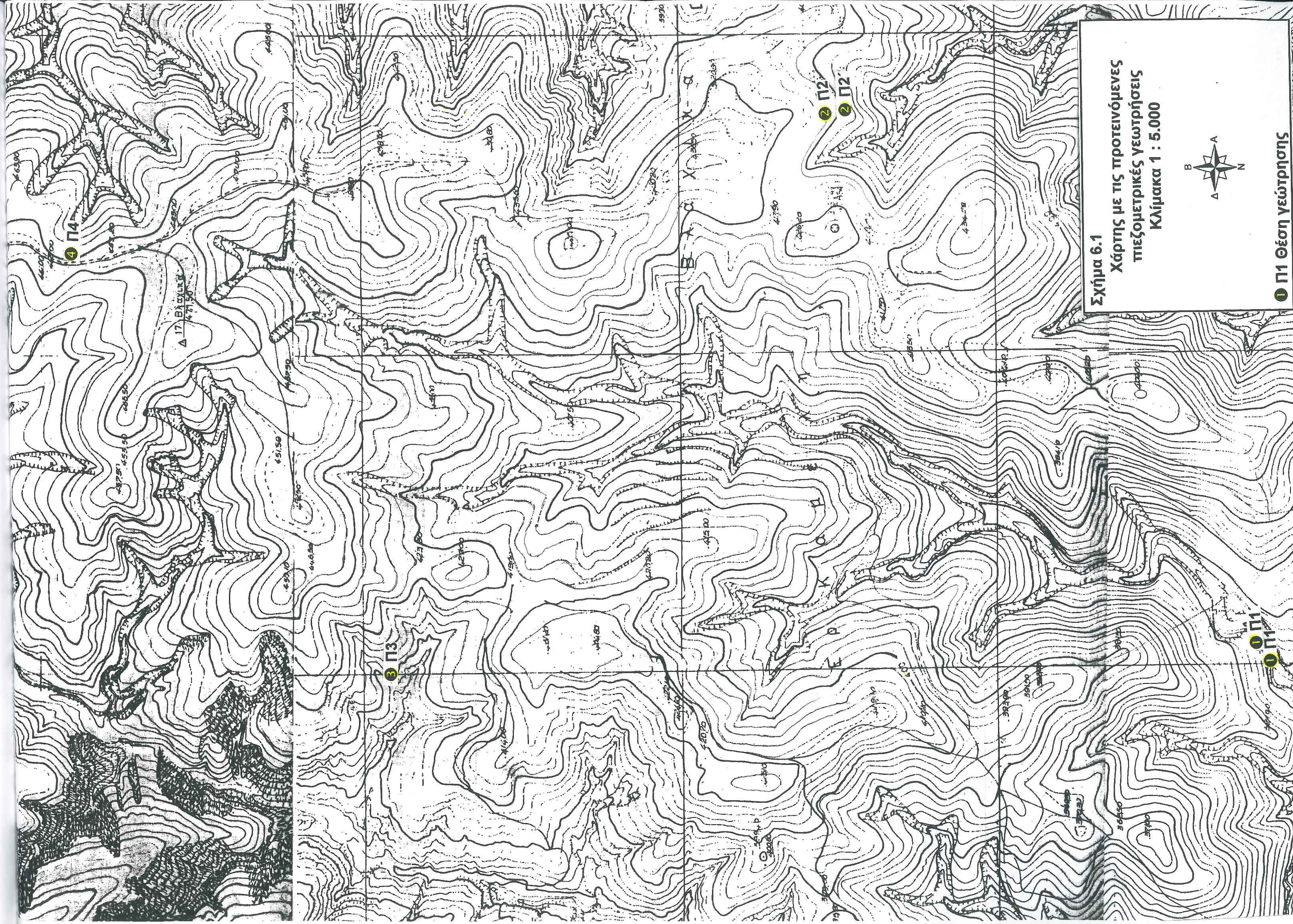
Γεώτρηση Π1 & Π1' 500 μ. νότια του νοτιότερου άκρου του χώρου απόθεσης. Πρόκειται για ζεύγος γεωτρήσεων διαμέτρου σωλήνωσης 6 ιντσών* όπου η μεν Π1 με βάθος 100 μ. και απομονωμένο το τμήμα από 0 έως 50 μ. (τσιμέντωση) ελέγχει τα υπό των 50 μ. υδροφόρα, η δε γεώτρηση Π1' επίσης διαμέτρου 6 ιντσών με τελικό βάθος 50 μ. ελέγχει την επιφανειακή υδροφορία από 0 έως 50 μ. Η απόσταση των δύο γεωτρήσεων 10 μ.

Γεώτρηση Π2 ανατολικά του χώρου και εκτός της εξεταζόμενης υδρολογικής λεκάνης αλλά σε τμήμα του χώρου με τις μεγαλύτερες (σχετικά) τιμές υδροπερατότητας. Η γεώτρηση αυτή βάθους 150 μ. με διάμετρο 6 ίντσες.

Γεώτρηση Π3 & Π3' δυτικά του χώρου. Ζεύγος δύο γεωτρήσεων βάθους 60 και 120 μέτρα και σε απόσταση 10 μ. πάνω στην προέκταση του ρήγματος που παρατηρήθηκε στην επαφή του γρανίτη με το γνεύσιο.

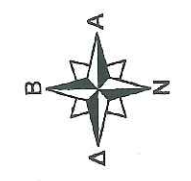
Γεώτρηση Π4 βόρεια του χώρου εντός του γρανιτικού υποβάθρου, βάθους 120 μέτρων.

* η επιλογή των 6 ιντσών γίνεται για να δοθεί η δυνατότητα τοποθέτησης καταγραφικών οργάνων, αντλητικού συγκροτήματος αλλά και δειγματοληψίας με δειγματολήπτη βάθους.



Σχήμα 6.1

Χάρτης με τις προτεινόμενες
πιεζομετρικές γεωτρήσεις
Κλίμακα 1 : 5.000



1 Π1 Θέση γεώτρησης

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Hatzidimitriou, P.M., Papadimitriou, E.E., Mountrakis, D.M. and Papazachos, B.C.,
The seismic parameter b of the frequency-magnitude relation and its association with the geological zones in the area of Greece. *Tectonophysics*, 120, 141-151, 1985.
- Papazachos, B.C., Seismicity rates and long term earthquake prediction in the Aegean area. *Quaterniones Geodaeiae*, 3, 171-190, 1980.
- Papazachos, B.C., Seismicity of the Aegean and surrounding area. *Tectonophysics*, 178, 287-308, 1990.
- Papazachos, B.C, Papaioannou, C.A, Papazachos, C.B, Savvaidis, A.S , Rupture Zones in the Aegean Region, *Tectonophysics*, in press.
- Papazachos, C.B. & Papaioannou C.A., Seismic hazard in Greece based on new seismotectonic data. Abstracts: IASPEI 29th General Assembly, Thessaloniki, 18-28 August 1997, 294, 1997.
- Α.Π.Θ. Διαχείριση και περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την κατασκευή νέου ΧΥΤΑ στη θέση Μαυροράχη Ν. Θεσ/νίκης. 1998
- Ι.Γ.Μ.Ε. Σεισμοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας με σειсмоγεωλογικά στοιχεία (1:500.000).
- Ι.Γ.Μ.Ε. Γεωλογικός χάρτης φύλλο ΛΑΧΑΝΑΣ 1 : 50.000
- Ι.Γ.Μ.Ε. Θεσ/νίκης Μελέτη Ποιοτικής Κατάστασης Επιφανειακών & Υπόγειων Νερών Θεσσαλονίκης 1996
- Δεμίρης Κ.Α. Τεχνική Γεωλογία Μέρος Β Α.Π.Θ. 1986
- Καλλέργης Γ. Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία τόμος Α & Β ΤΕΕ 1986
- Μουντράκης Δ. και συνεργάτες, Εκπόνηση Νεοτεκτονικού Χάρτη της Ελλάδας (1:100.000), Α.Π.Θ.
- Μουντράκης Δ. Γεωλογία της Ελλάδας, Α.Π.Θ. 1985
- Σούλιος Γ. Γενική Υδρογεωλογία Τόμος Α & Β Α.Π.Θ. 1981
- Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. (Νομαρχιακή Αυτ/ση Θεσ/νίκης – Χαλ/κής) Πρόγραμμα αντιμετώπισης ειδικών περιβαλλοντικών προβλημάτων & συστήματος λειτουργίας και διαχείρισης της προστατευόμενης περιοχής των λιμνών Κορώνειας, Βόλβης, Μακεδονικών Τεμπών 1996
- Χατζηδημητρίου, Π.Μ., Σεισμογόνοι χώροι και σεισμικές πηγές στο χώρο του Αιγαίου και τις γύρω περιοχές. Διδακτορική διατριβή στο Α.Π.Θ. 162 σελ., 1984.
- Ψιλοβίκος Α. Παλαιογεωγραφική Εξέλιξις της λεκάνης και της λίμνης Μυγδονίας Διδ. Διατρ. Α.Π.Θ. 1977

Ο Συντάξας

**Για τον Ανάδοχο
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ Α.Ε.**

ΝΑΓΚΟΥΛΗΣ Ν. ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ
ΓΕΩΛΟΓΟΣ Α.Π.Θ.
Κ. ΝΤΟΓΡΑ 15 - ΤΗΛ: 904.048
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΑΦΜ: 031585701 - Δ.Ο.Υ. ΤΟΥΜΠΑΣ

Ναγκούλης Αθανάσιος
Γεωλόγος

Σ. Φάμελλος
Χημικός Μηχανικός
Υπεύθυνος της Μελετητικής Ομάδας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ



Φ3 & Φ4 : Η γεώτρηση Γ4 στην φάση κατασκευής και η τελική θέση του πιεζόμετρου



Φ5 : Η γεώτρηση-πιεζόμετρο Γ1



Φ6 : Η γεώτρηση-πιεζόμετρο Γ3



Φ7 : Γνεύσιος στην τομή της εκσκαφής Σ1



Φ8 : Εκσκαφή Σ5



Φ9 : Γεώτρηση Γ1

10-14,4m Γρανίτης ελαφρά αποσαθρωμένος με οξειδώσεις



Φ10 : Γεώτρηση Γ1

29-34m Γρανίτης και χαλαζιακή φλέβα στα 30,3m



**Φ11 : Γεώτρηση Γ2 40,4-43,8m Αμφιβολίτης
43,8-46m Χαλαζίας**



Φ12 : Γεώτρηση Γ2 46-51m Αμφιβολίτης



Φ13 : Γεώτρηση Γ3 Εδαφικό κάλυμμα 0-5m από υλικά αποσάθρωσης



**Φ14 : Γεώτρηση Γ3 Μαρμαρυγιακός γνεύσιος και μαρμαρυγιακός
σχιστόλιθος από 25-31,2m**



Φ15 : Γεώτρηση Γ4 24,4-29m Γνεύσιος



Φ16 : Γεώτρηση Γ4 34,1-39,6m Αμφιβολίτης