

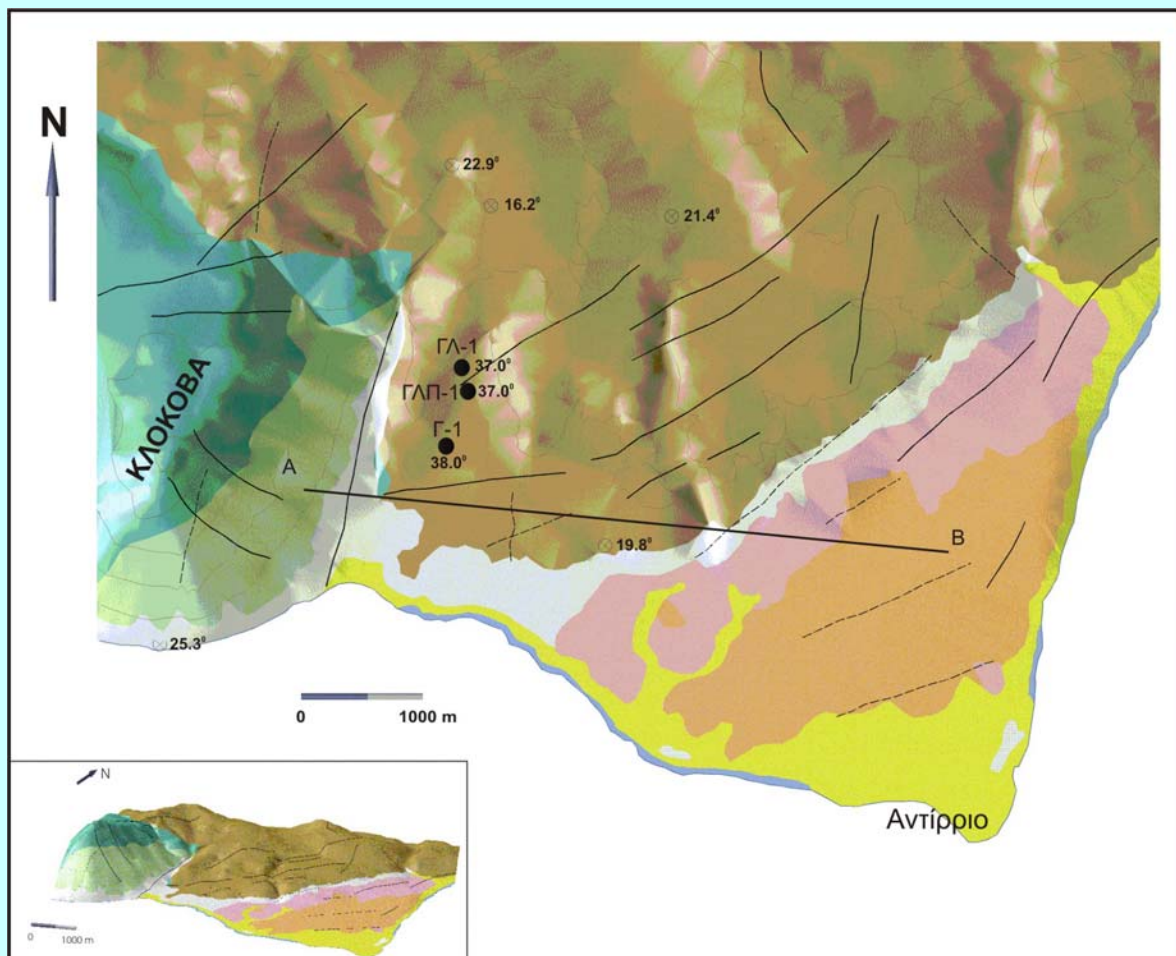


ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ & ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΡΙΖΑΣ ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ

Από

Θ. ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟ, Ε. ΦΑΝΑΡΑ, Γ. ΒΡΕΛΛΗ, Ε. ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ & Α. ΑΡΒΑΝΙΤΗ



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ» Γ' ΚΠΣ
ΕΡΓΟ: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ &
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ
(ΚΩΔ. ΕΡΓΟΥ 7.3.1.4)
ΥΠΟΕΡΓΟ 7.3.1.4.14

ΑΘΗΝΑ, Ιούλιος 2009

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ**

**ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΡΙΖΑΣ ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ**

Από

Θ. ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟ, Ε. ΦΑΝΑΡΑ, Γ. ΒΡΕΛΛΗ, Ε. ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Α. ΑΡΒΑΝΙΤΗ

**ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ» Γ΄ΚΠΣ
ΕΡΓΟ:ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ &
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ
(ΚΩΔ. ΕΡΓΟΥ 7.3.1.4.)
ΥΠΟΕΡΓΟ 7.3.1.4.14**

ΑΘΗΝΑ, Ιούλιος 2009

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΣΥΝΟΨΗ	4
ABSTRACT	4
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ	8
2.1 Γεωθερμικό πεδίο και πώς δημιουργείται	11
2.2 Γεωθερμία στη Δυτ. Ελλάδα.....	13
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	14
3.1 Γενικά	14
3.2 Γεωλογική Δομή	14
3.2.1 Λιθολογική Στήλη.....	18
3.3 Αλπικοί σχηματισμοί	20
3.3.1 Ασβεστόλιθοι.....	20
3.3.2 Φλύσσης.....	21
3.4 Νεογενές - Τεταρτογενές	23
3.5 Υδρογεωλογικές Συνθήκες της Περιοχής Ρίζας – Αντιρρίου.....	26
4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ	27
4.1 Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν.....	27
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ	32
5.1 Γεωλογία και στοιχεία τεκτονικής ευρύτερης περιοχής Ρίζας Αντιρρίου	32
5.2 Γεωφυσική Διασκόπηση	36
5.2.1 Γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις.....	36
5.2.2 Βαρυτομετρική μέθοδος	41
5.3 Γεωθερμικά στοιχεία περιοχής έρευνας	43
5.4 Γεωχημική έρευνα	44
5.4.1 Υδροχημικός προσδιορισμός των νερών.....	51
5.4.2 Γεωχημική - υδροχημική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, ερμηνεία της χημικής σύστασης των νερών και συσχετισμός τους με το γεωλογικό περιβάλλον της περιοχής	61
5.4.3 Γεωθερμομετρία.....	69
5.4.4 Τάσεις επικαθήσεων και διάβρωσης του γεωθερμικού νερού της γεώτρησης ΓΛ-1	71
5.4.5 Η περιεκτικότητα σε ουράνιο (U) υδράργυρο (Hg) του γεωθερμικού νερού της γεώτρησης ΓΛ-1.....	73
5.5 Ερευνητικές Γεωτρήσεις.....	74
5.6 Τεχνικά Γεωτρητικά Στοιχεία.....	77
5.6.1 Δοκιμαστική Αντληση Γεώτρησης ΓΛΠ-1.....	78
5.7 Διαγραφή στη γεώτρηση (Logging)	92
5.8 Λειτουργία του Γεωθερμικού Πεδίου Ρίζας Αντιρρίου.....	94
5.8.1 Εκτιμώμενη Λειτουργία Γεωθερμικού Πεδίου.....	94
6. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ	97
6.1 Τεχνικό Πλαίσιο Εκμετάλλευσης Γεωθερμικού Πεδίου	97
6.2 Χημισμός ρευστών.....	98
6.3 Αντιμετώπιση Προβλημάτων	98

7. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ.....	99
7.1 Γεωλογικό μοντέλο (conceptual model).....	99
7.1.1 Γενικά.....	99
7.2 Γεωθερμικά χαρακτηριστικά.....	99
7.3 Ψηφιοποίηση - Εισαγωγή και Επεξεργασία στοιχείων.....	101
7.3.1 Τοπογραφικός και γεωλογικός χάρτης, γεωλογικές τομές.....	101
7.3.2 Γεωτρήσεις – Θερμομετρήσεις σε εμφανίσεις ύδατος.....	102
7.4 Γεωμετρικό μοντέλο.....	103
7.5 Μοντέλο ιδιοτήτων.....	104
7.6 Συμπεράσματα Γεωλογικής Προσομοίωσης.....	108
7.7 Οριστικό μοντέλο περιοχής Αντιρρίου.....	109
7.7.1 Εισαγωγή.....	109
7.7.2 Μεθοδολογία.....	109
7.7.3 Επιλογή των διαστάσεων και της θέσης του μοντέλου.....	109
7.7.4 Επιλογή της ανάλυσης του κανάβου πεπερασμένων διαφορών.....	110
7.7.5 Περιγραφή της γεωμετρίας των γεωλογικών σχηματισμών στο χώρο του μοντέλου.....	111
7.7.6 Προσδιορισμός αρχικών τιμών για τις υδραυλικές και θερμικές παραμέτρους (οριακές συνθήκες, αρχική στάθμη, θερμοκρασία, πορώδες, περατότητα).....	111
7.7.7 Προσομοίωση των δοκιμαστικών αντλήσεων και επαναπροσδιορισμός των υδραυλικών παραμέτρων.....	113
7.7.8 Εφαρμογή μακροχρόνιου σεναρίου εκμετάλλευσης.....	115
7.8 Συμπεράσματα – Σχολιασμός αποτελεσμάτων.....	118
8. ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.....	118
9. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	120
10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	120
11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	124

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ (εκτός κειμένου)**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα ελπιδοφόρα αποτελέσματα που είχαν προκύψει από την γεωθερμική έρευνα στην περιοχή της ΡΙΖΑΣ ΑΝΤΙΠΡΡΙΟΥ του νομού ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ, μέσω των ερευνητικών προγραμμάτων του Β΄ Κ.Π.Σ. οδήγησαν στην απόφαση να συνεχισθεί η ερευνητική προσπάθεια και μέσω των ερευνητικών προγραμμάτων του Γ΄ Κ.Π.Σ. με σκοπό την επέκταση και οριοθέτηση προς τα ανατολικά του κατ' αρχήν εντοπισθέντος γεωθερμικού πεδίου ΡΙΖΑΣ ΑΝΤΙΠΡΡΙΟΥ και την αύξηση των αποθεμάτων του.

Ο φορέας υλοποίησης του έργου ήταν η Δ/νση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων υπό τον Δ/ντη κ. Γ. Χατζηγιάννη.

Η επιστημονική ομάδα του έργου εργάστηκε με προϊστάμενο τον γεωλόγο Ευθυμιόπουλο Θωμά, συνεπικουρούμενο από την γεωλόγο Φαναρά Ελένη και τον Μηχανικό Μεταλλείων Γρηγόρη Βρέλλη, με εργοδηγό τον Τσίγκα Θεόδωρο.

Στην διάρκεια του έργου επικοδομητική ήταν ή συνεργασία με τον γεωλόγο Ευάγγελο Σπυρίδωνος, που είχε αναλάβει την εκτέλεση των εργασιών προσομοίωσης του γεωθερμικού ταμειυτήρα, καθώς και η συνδρομή του γεωλόγου Καρφάκη Γιάννη στην τεκτονική ανάλυση της περιοχής και την συγγραφή του αντίστοιχου κεφαλαίου.

Σημαντική ήταν επίσης η συνεργασία με τον γεωφυσικό Γεράσιμο Λαχανά της Δ/νσης Γεωφυσικής για την εκτέλεση και επεξεργασία των γεωφυσικών μετρήσεων.

Καθοριστική ήταν η βοήθεια από την Χημικό Μηχανικό Ελένη Γκιντώνη της Δ/νσης Αναλυτικών Εργαστηρίων για την πραγματοποίηση των χημικών αναλύσεων, καθώς και η συμβολή του Δρ. γεωλόγου Απόστ. Αρβανίτη στην σύνταξη της γεωχημικής μελέτης των ρευστών της περιοχής έρευνας.

Οι μηχανικοί μεταλλείων της ΔΕΚΕ Γιωρ. Τσουκαλάς στην αρχή και Γρηγ. Καρυδάκης στην συνέχεια βοήθησαν σημαντικά στην εκτέλεση του γεωτρητικού και αντλητικού προγράμματος.

Ιδιαίτερα σημαντική βοήθεια προσέφερε, από τα έργα υποδομής, η μελέτη του γεωθερμικού πεδίου που έγινε στα πλαίσια του Β Κ.Π.Σ. από τους Γ.Τραγανό, Κ.Σημιαίκη, Γρ.Βρέλλη, Θ. Ευθυμιόπουλο και Αικ. Μπίμπου.

Αναφέρονται οι γεωλογικοί χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε., φύλλο Ευηνοχώριο και φύλλο Νάυπακτος που έχουν συνταχθεί από την Δ/νση χαρτογραφίσεων του Ι.Γ.Μ.Ε.

ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα μελέτη γίνεται εκτενής παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή Ρίζας Αντιρρίου για την επέκταση, την περιχάραξη και την γνώση του δυναμικού του γεωθερμικού πεδίου.

Γίνεται περιγραφή της γεωλογικής δομής της περιοχής και των κύριων και δευτερευόντων τεκτονικών κινήσεων που διαταράσσουν τα πετρώματα.

Επίσης με τις ερευνητικές εργασίες επιφάνειας (γεωθερμικές μετρήσεις, δειγματοληψίες, χημικές αναλύσεις), γίνεται προσπάθεια να προβλεφθεί η επέκταση του πεδίου και με τις γεωφυσικές μετρήσεις να γίνει ο προσδιορισμός του βάθους του γεωθερμικού ταμιευτήρα.

Κατόπιν, μέσω των ερευνητικών γεωτρήσεων, επιχειρείται η επιβεβαίωση της επέκτασης του γεωθερμικού ταμιευτήρα και η εκτίμηση των ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών των γεωθερμικών ρευστών.

Με την ερμηνεία των αποτελεσμάτων της επιφανειακής και σε βάθος έρευνας γίνεται μια προσπάθεια κατανόησης της λειτουργίας και των χαρακτηριστικών του πεδίου.

ABSTRACT

Results of the geothermal exploration undertaken at the Riza – Antirrio region are presented in this report. The aim of exploration was to locate the geothermal field limits, and gain deeper knowledge about it.

The geological structure of the region and the main tectonic features are described.

The surface research activities (temperature measurements, sampling and hydrochemical analyses) aimed at the detection of possible field expansions, while the geophysical exploration methods were chosen to determine the geothermal reservoir depth.

Finally, in order to verify the extend of the geothermal reservoir and to estimate the qualitative and quantitative characteristics of the geothermal fluids, exploration drillholes were constructed.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωθερμική έρευνα στην Δυτική Ελλάδα άρχισε το Δεκέμβριο του 1995. Από την αξιολόγηση των συλλεχθέντων στοιχείων προκύπτει ότι η ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Ελλάδας παρουσιάζει γεωθερμικό ενδιαφέρον αναφορικά με τη γεωθερμία χαμηλής ενθαλπίας, στο οποίο συνηγορούν η παρουσία θερμών πηγών, οι θερμοκρασίες των νερών γεωτρήσεων, η γεωλογική δομή της εν λόγω περιοχής, η ευνοϊκή τεκτονική, η ανοδική πορεία εβαποριτών [γύψων, ανυδριτών, ορυκτών αλάτων] κ.λ.π. .Στη συνέχεια οι έρευνες επικεντρώθηκαν στην περιοχή Ρίζας Αντιρρίου όπου εντοπίστηκαν γεωτρήσεις και πηγάδια με θερμοκρασίες που έφθαναν μέχρι και τους 25⁰C σε μια περιοχή που μέχρι τότε δεν υπήρχαν ενδείξεις ύπαρξης θερμών εκδηλώσεων. Η περιοχή Ρίζας Αντιρρίου βρίσκεται ανατολικά του όρους Κλόκοβα και Δυτικά του Αντιρρίου. Υπάγεται διοικητικά στο Δήμο Αντιρρίου της Επαρχίας Ναυπακτίας Ν. Αιτωλνίας. Στην περιοχή αυτή και στα πλαίσια του επιχειρησιακού προγράμματος ενέργειας του Β'Κ.Π.Σ έγινε γεώτρηση ερευνητικού χαρακτήρα με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα (36⁰-38⁰C στα 140 m) Γενικά η περιοχή θεωρήθηκε θετική για ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου. Η θέση της περιοχής μελέτης παρουσιάζεται στην Εικόνα 1



Εικόνα 1: Γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης.

Κατά τη σύνταξη των προγραμμάτων ερευνών για το Γ΄ Κ.Π.Σ. η περιοχή Ρίζας Αντιρρίου εντάχθηκε στο έργο με γενικό τίτλο «Μελέτη καταγραφής, αποτίμησης, προσομοίωσης και αξιολόγησης των γεωθερμικών πεδίων της χώρας» με υπεύθυνο το Δ/ντή της ΔΙ.ΓΕ.ΘΜ.Υ. του Ι.Γ.Μ.Ε., κ. Γ. Χατζηγιάννη.

Η παρούσα μελέτη αναφέρεται στο υποέργο του προαναφερθέντος έργου, με τίτλο «Έρευνα και εντοπισμός γεωθερμικών πεδίων περιοχής Ρίζας Αντιρρίου».

Στόχος της γεωθερμικής έρευνας ήταν η επέκταση και περιχάραξη του ήδη θεωρούμενου ως υπάρχοντος γεωθερμικού πεδίου, όπως προέκυψε από την έρευνα που έγινε στην περιοχή στα πλαίσια του Β΄ Κ.Π.Σ., ώστε να επέλθει η αύξηση των αποθεμάτων γεωθερμικής ενέργειας για την αξιοποίησής της σε διάφορες χρήσεις.

Οι ερευνητικές εργασίες αναπτύχθηκαν και κάλυψαν την ευρεία περιοχή ανατολικά του αντικλίνου της Κλόκοβας και μέχρι το χωριό Μολύκρειο και την πόλη του Αντιρρίου,, όπου και αναπτύσσονται οι κατάλληλες ευνοϊκές συνθήκες για τον εντοπισμό και περιχάραξη του γεωθερμικού πεδίου, που είχαν κατ' αρχάς καταγραφεί από την προηγούμενη έρευνα στο Β΄ Κ.Π.Σ. και υπάρχουν οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την αξιοποίηση του σε πολλές εξειδικευμένες χρήσεις π.χ. γεωργικές χρήσεις, θερμαλισμός θέρμανση οικισμού κ.ά.

Στην περιοχή εφαρμόσθηκαν ιεραρχημένα τα στάδια και οι φάσεις της έρευνας και μελέτης των γεωθερμικών πεδίων με τη χρήση όλων των σύγχρονων διαθέσιμων τεχνικών αναζήτησης γεωθερμικών πηγών ενέργειας.

Ο προγραμματισμός των εργασιών περιλάμβανε :

- Γεωλογική ανάλυση και μελέτη ευνοϊκών παραμέτρων για τη πιθανή ανάπτυξη γεωθερμικών πηγών ενέργειας
- Συστηματικές μετρήσεις και καταγραφές όλων των σημείων με εκδηλώσεις θερμών φαινομένων σε κάθε μορφή (νερών, αερίων κ.λ.π.) Σύνταξη αντίστοιχων χαρτών υπεδαφικών θερμοκρασιών.
- Γεωλογική αποτύπωση των σχηματισμών σε κατάλληλη κλίμακα.
- Δειγματοληψίες και αναλύσεις νερών και πετρωμάτων
- Τεκτονική ανάλυση και συσχέτιση με θερμές εκδηλώσεις για τη διασαφήνιση των μηχανισμών ελέγχου των γεωθερμικών ρευστών.
- Γεωφυσικές διασκοπήσεις για τον εντοπισμό ευνοϊκών γεωθερμικών υδροφορέων.
- Γεώτρηση έρευνας.

- Διάνοιξη ερευνητικής γεώτρησης μεγάλης διαμέτρου για την μέτρηση παροχής θερμού νερού, περιεκτικότητας αερίων και μετρήσεις.
- Διαγραφή εντός της γεώτρησης για την καταγραφή των φυσικών παραμέτρων των ρευστών και των πετρωμάτων (θερμοκρασία, λιθολογία, στάθμη υδροφόρου, πορώδες κ.λ.π.).
- Δοκιμή άντλησης
- Χημικές αναλύσεις νερών, αερίων και πετρωμάτων
- Επεξεργασία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων
- Σύνθεση χαρτών με χρήση G.I.S.
- Εκτίμηση γεωθερμικών αποθεμάτων. Προσομοίωση του γεωθερμικού ταμιευτήρα με βάση τα συγκεντρωθέντα στοιχεία.
- Εκτίμηση ποσοτικών και ποιοτικών τάσεων των ρευστών.
- Σύνταξη τελικής μελέτης.

Καθήκοντα Προϊσταμένου του υποέργου είχε ο κ. Ευθυμιόπουλος Θ., γεωλόγος.

Για την υλοποίηση της γεωθερμικής έρευνας συμμετείχαν οι κάτωθι :

- Ε. Φαναρά - Γεωλόγος, Δι.Γε.ΘΜ.Υ.
- Γρ. Βρέλλης – Μηχ. Μεταλλείων, ως υπεύθυνος αντλήσεων Δι.Γε.ΘΜ.Υ.
- Γρ. Καρυδάκης – Μηχ.Μεταλλείων ως υπεύθυνος εργοταξίου, Δ.ΕΚ.Ε.
- Γ. Τσουκαλάς - Μηχ. Μεταλλείων ως υπεύθυνος εργοταξίου, Δ.ΕΚ.Ε.
- Θ. Τσίγκας – Εργοδηγός, οικονομικός υπόλογος Δι.Γε.ΘΜ.Υ.
- Στ. Τζούμας – Εργοδηγός Δ.ΕΚ.Ε.
- Κ. Κόκκινος & Β. Μπουκουβάλας – Γεωτρυπανιστές, Δ.ΕΚ.Ε.
- Κ. Πισίνας & Θ. Παρασχάκης – Οδηγοί, Δι.Τ.ΥΠ.
- Γερ. Λαχανάς – Γεφυσικός, Δ/ση Γεωφυσικής
- Χ. Παπαδόπουλος – Ηλεκτρονικός, Π.Μ.Δ.Μ.

2. ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ – ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

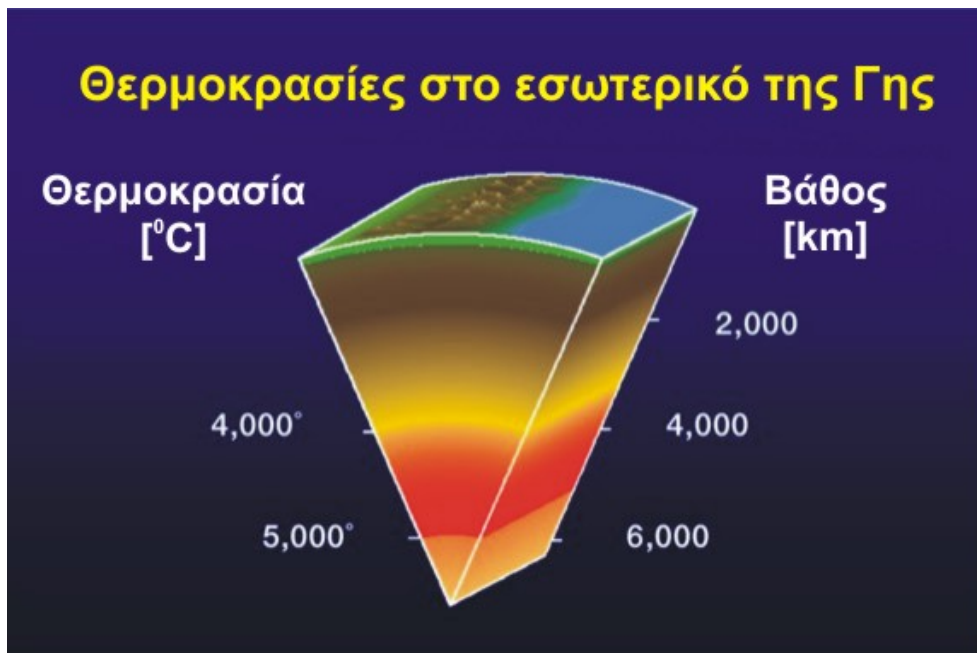
Ο όρος Γεωθερμία σημαίνει θερμότητα από τη Γη, επομένως η γεωθερμική ενέργεια λαμβάνεται από την εκμετάλλευση αυτής της θερμότητας



Εικόνα 2: Δομή του εσωτερικού της Γης

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 2, η θερμοκρασία της Γης βαίνει συνεχώς αυξανόμενη προς το κέντρο της. Όπως έχει υπολογιστεί, στο υπέδαφος η μεταβολή της θερμοκρασίας με το κατακόρυφο βάθος σε φυσιολογικές συνθήκες είναι περίπου 30°C ανά 1000 m. Η μεταβολή αυτή ονομάζεται **Γεωθερμική Βαθμίδα**

- Κατ' αυτόν τον τρόπο στις περισσότερες ιζηματογενείς λεκάνες οι υδροφόροι ορίζοντες μπορεί να αποκτήσουν θερμοκρασίες από 35°C ως 70°C σε βάθη από 1000 ως 2000 m.
- Σε ορισμένες περιοχές, οι γεωλογικές συνθήκες ευνοούν μια ταχύτερη άνοδο της θερμοκρασίας. Σε αυτές τις περιοχές η γεωθερμική βαθμίδα παρουσιάζει όπως λέγεται «ανωμαλία» και μπορεί να έχει τιμές από 10°C μέχρι 15°C ανά 100 m.
- Σε τέτοιες περιοχές μπορούν να εντοπιστούν γεωθερμικά ρευστά με υψηλές θερμοκρασίες σε βάθη λίγων εκατοντάδων μέτρων, όπως συμβαίνει σε πολλές περιοχές της Ελλάδας
- Η συγκεντρωμένη στο εσωτερικό της Γης θερμότητα μεταφέρεται κοντά στην επιφάνεια μέσω γεωλογικών διεργασιών, δημιουργώντας υπέρθερμες περιοχές
- Η σημαντικότερη από αυτές τις διεργασίες είναι η κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών



Εικόνα 3: Κατανομή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της Γης

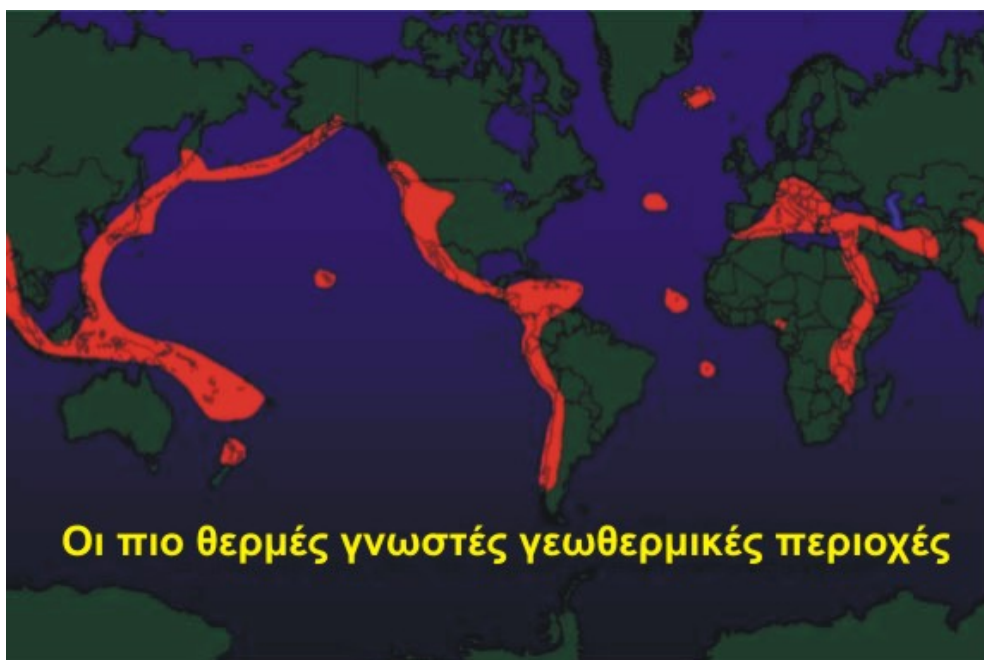


Εικόνα 4: Διεργασίες τεκτονικών πλακών

- Όταν οι πλάκες αποκλίνουν έχουμε κενό και αναβλύζει μάγμα με μεγάλες θερμοκρασίες
- Όταν οι πλάκες συγκλίνουν έχουμε βύθιση των πετρωμάτων σε βαθύτερους ορίζοντες, άρα αύξηση της θερμοκρασίας και τήξη των πετρωμάτων, και επομένως μεταφορά της θερμότητας προς τα ανώτερα στρώματα.
Και στη μία περίπτωση και στην άλλη, λόγω της ηφαιστειακής δράσης δημιουργούνται υπέρθερμες περιοχές
- Γι' αυτό το λόγο επομένως τα σημαντικότερα γεωθερμικά πεδία εντοπίζονται στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών

Υπάρχουν όμως και περιοχές με αυξημένη θερμοκρασία εκτός των ορίων των λιθοσφαιρικών πλακών. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε διάφορους γεωλογικούς παράγοντες όπως:

- Σε περιοχές όπου σε βαθύτερους ορίζοντες υπάρχουν γρανιτικά σώματα (π.χ. λακόλιθοι) προκαλείται αύξηση της θερμοκρασίας των περιβαλλόντων πετρωμάτων και επομένως παρουσιάζεται ανωμαλία στη γεωθερμική βαθμίδα.
- Σε ιζηματογενείς λεκάνες η διαπυρική κίνηση (άνοδος μέσω ρηγμάτων) των εβαποριτών (γύψου, ανυδρίτη και ορυκτού άλατος) που είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας μεταφέρει θερμότητα από τα μεγάλα σε μικρότερα βάθη.
- Επίσης το νερό κατά την κάθοδό του σε αρκετά βαθύτερους ορίζοντες μέσω βαθιών ρηγμάτων αποκτά υψηλές θερμοκρασίες λόγω της γεωθερμικής βαθμίδας.



Εικόνα 5: Θερμές γεωθερμικές περιοχές της Γης

Η θερμότητα που αναπτύσσεται σύμφωνα με τα παραπάνω, λόγω της θερμοκρασιακής διαφοράς ανάμεσα στα διάφορα στρώματα, προκαλεί ροή θερμότητας από τις βαθιές και θερμές ζώνες προς τις ρηχές και ψυχρότερες. Πολύ συχνά όμως, παραμένει σε βαθύτερους ορίζοντες θερμαίνοντας τα πετρώματα και τα υπόγεια βαθειά νερά.

Τα νερά (γεωθερμικά ρευστά) θερμαινόμενα ανέρχονται προς την επιφάνεια με θερμοαρτεσιανισμό και μέσω μεγάλων ρηγμάτων μπορεί να φτάσουν στην επιφάνεια και να σχηματίσουν τις ζεστές πηγές.

Στις περισσότερες περιπτώσεις τα γεωθερμικά ρευστά εγκλωβίζονται σε «πέτρωμα αποθήκη» σαν σε αρτεσιανό υδροφόρο, προστατευόμενα από υπερκείμενα στεγανά πετρώματα (Cap Rocks) τα οποία εμποδίζουν τη διάχυση της θερμότητας προς την επιφάνεια. Σχηματίζεται έτσι ένα «κοίτασμα θερμότητας» που ονομάζεται γεωθερμικός ταμειυτήρας.

2.1 Γεωθερμικό πεδίο και πώς δημιουργείται

- Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συγκέντρωση της θερμότητας από τα πετρώματα, όπου βρίσκεται διάχυτη, είναι η ύπαρξη ενός ενδιάμεσου ρευστού (νερό ή ατμός) το οποίο τη συλλέγει και τη μεταφέρει, δημιουργώντας υπό κατάλληλες συνθήκες ένα γεωθερμικό ταμειυτήρα.
- Η κυκλοφορία και συγκέντρωση του ρευστού διευκολύνεται, όταν εκτός από το υψηλό πορώδες, δηλαδή την ύπαρξη αποθηκευτικού χώρου για το ρευστό στα πετρώματα, υπάρχει και υψηλή διαπερατότητα, δηλαδή δυνατότητα ροής του ρευστού, στα πετρωμάτων της δεξαμενής. Η παραγωγικότητα δηλαδή μιας θερμικής περιοχής προσδιορίζεται από τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά των πετρωμάτων.
- Επομένως, το γεωθερμικό πεδίο είναι ο χώρος όπου συγκεντρώνεται η θερμότητα στο υπέδαφος και τα φαινόμενα εκδήλωσής της στην επιφάνεια.



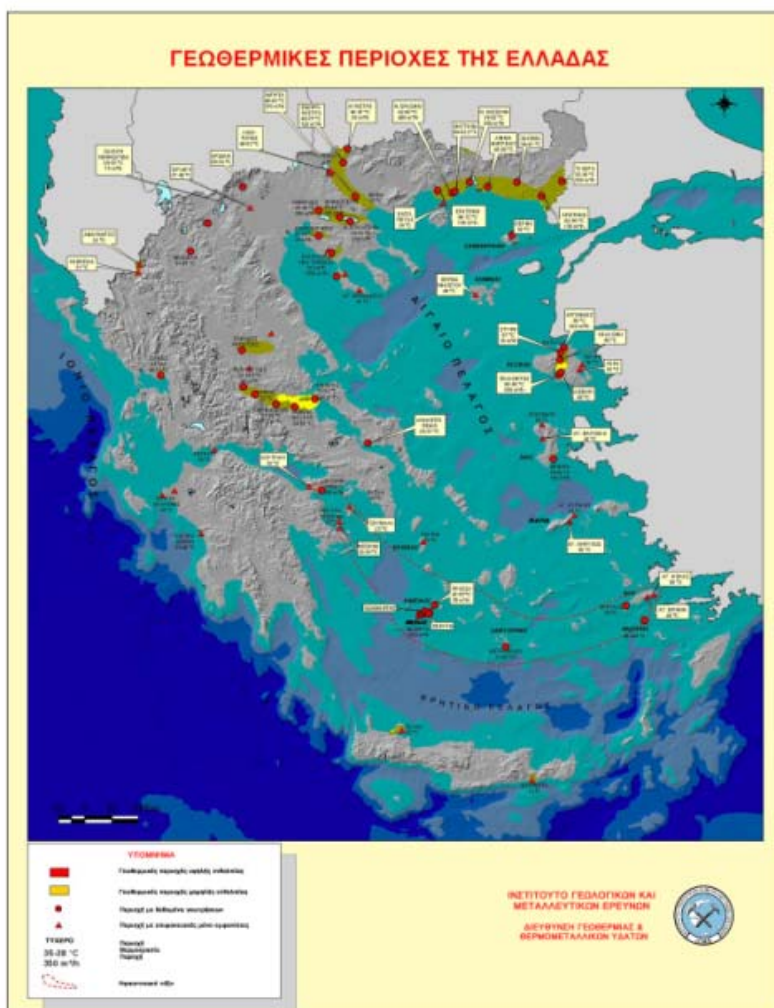
Εικόνα 6: Απλοποιημένη λειτουργία ενός γεωθερμικού πεδίου

- Ένα φυσικό γεωθερμικό πεδίο προσδιορίζεται από τρία βασικά στοιχεία:
 - Ταμιευτήρας
 - Ρευστό
 - Πηγή θερμότητας
- Ανάλογα με τη θερμοκρασία του ρευστού τα γεωθερμικά πεδία χαρακτηρίζονται σε
 - Υψηλής ενθαλπίας (>150°C)
 - Μέσης ενθαλπίας (100°C - 150°C)
 - Χαμηλής ενθαλπίας (< 100°C)

2.2 Γεωθερμία στη Δυτ. Ελλάδα

Μέχρι την δεκαετία του 1980 η ευρεία περιοχή Δυτ. Ελλάδας θεωρούνταν χαμηλού γεωθερμικού ενδιαφέροντος. Η αξιολόγηση των βιβλιογραφικών δεδομένων και των στοιχείων από προηγούμενες έρευνες ώθησε το Ι.Γ.Μ.Ε. να εντάξει διάφορες περιοχές της Δυτ. Ελλάδας στα ερευνητικά προγράμματα του Β'ΚΠΣ. (1995-2000). Η έρευνα που έγινε εντόπισε περιοχές με γεωθερμικό ενδιαφέρον από τις οποίες αξιολογήθηκε σημαντικότερη η περιοχή Ρίζας Αντιρρίου.(Εικόνα 7). Στη περιοχή αυτή εκτελέστηκε πρόγραμμα ερευνητικών εργασιών, που οδήγησαν στην ανόρυξη δύο ερευνητικών γεωτρήσεων, μιας μικρής και μιας μεγάλης διαμέτρου. Το γεωθερμικό πεδίο που εντοπίστηκε σε αυτή την φάση της έρευνας είχε θερμοκρασία ρευστών 36 - 37⁰ C σε βάθη μεταξύ 110 - 140 m (Τραγανός κ.ά., 2000).

Λόγω του ενδιαφέροντος η περιοχή εντάχθηκε και στο ερευνητικό πρόγραμμα του Γ' Κ.Π.Σ., που αποσκοπούσε στη διερεύνηση επέκτασης και περιχάραξης του γεωθερμικού πεδίου, ώστε να αυξηθούν τα βεβαιωμένα αποθέματα γεωθερμικής ενέργειας στην περιοχή.



Εικόνα 7: Γεωθερμικές περιοχές στην Ελλάδα

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 Γενικά

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης απαντώνται από τα ανατολικά προς τα δυτικά οι ζώνες Ωλονού – Πίνδου και Γαβρόβου – Τριπόλεως. Η ζώνη Πίνδου είναι επωθημένη πάνω στη ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως κυρίως πάνω στο φλύσχη. Η γραμμή της επώθησης (βλέπε γεωλογικό χάρτη ΙΓΜΕ – φύλλο Ναύπακτος (LOFTUS & ΤΣΟΦΛΙΑΣ, 1971, Εικόνα 8) ακολουθεί την ΒΒΔ – ΝΝΑ διεύθυνση. Η επώθηση που προήλθε από Α-Δ διεύθυνσης ώθηση, είχε ως αποτέλεσμα την ισχυρή πτύχωση, λεπίωση και στολίδωση των σχηματισμών που απαρτίζουν και τις δύο ζώνες. Οι άξονες των πτυχών ακολουθούν συνήθως την ΒΒΔ – ΝΝΑ διεύθυνση και τα επίπεδά τους κλίνουν συνήθως, προς τα ανατολικά. Τη φάση των ισχυρών επωθήσεων και επιπτεύσεων των σχηματισμών της Πίνδου πάνω στις ζώνες Γαβρόβου – Τριπόλεως και Ιονίου, ακολούθησε ρηξιγενής τεκτονική. Οι ρηξιγενείς ζώνες αποτελούνται από ρήγματα των οποίων οι διευθύνσεις είναι ΒΒΔ – ΝΝΑ και ΒΑ – ΝΔ έως ΑΒΑ – ΔΝΔ (Εικόνα 10). Η ηλικία των γεωλογικών σχηματισμών είναι από Τριαδικής μέχρι σύγχρονου.

3.2 Γεωλογική Δομή

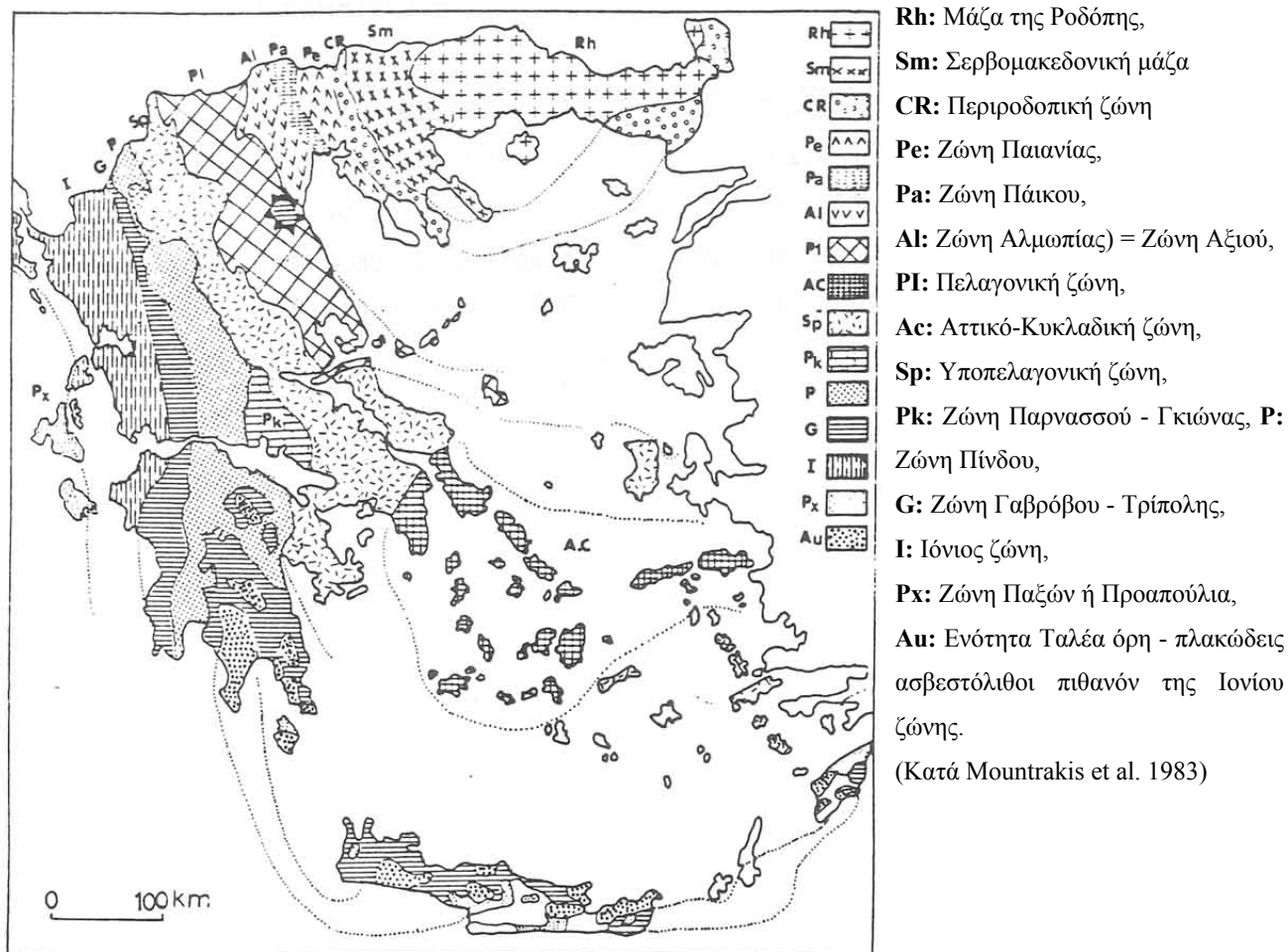
- Η περιοχή Αντιρρίου αποτελεί συνέχεια της τάφρου του Κορινθιακού κόλπου του οποίου ο σχηματισμός άρχισε στο Αν. Μειόκαινο, ενώ η σημερινή μορφή του πρέπει να είναι η ίδια όπως το τέλος του Πλειστόκαινου.

Στη δομή της περιοχής συμμετέχουν :

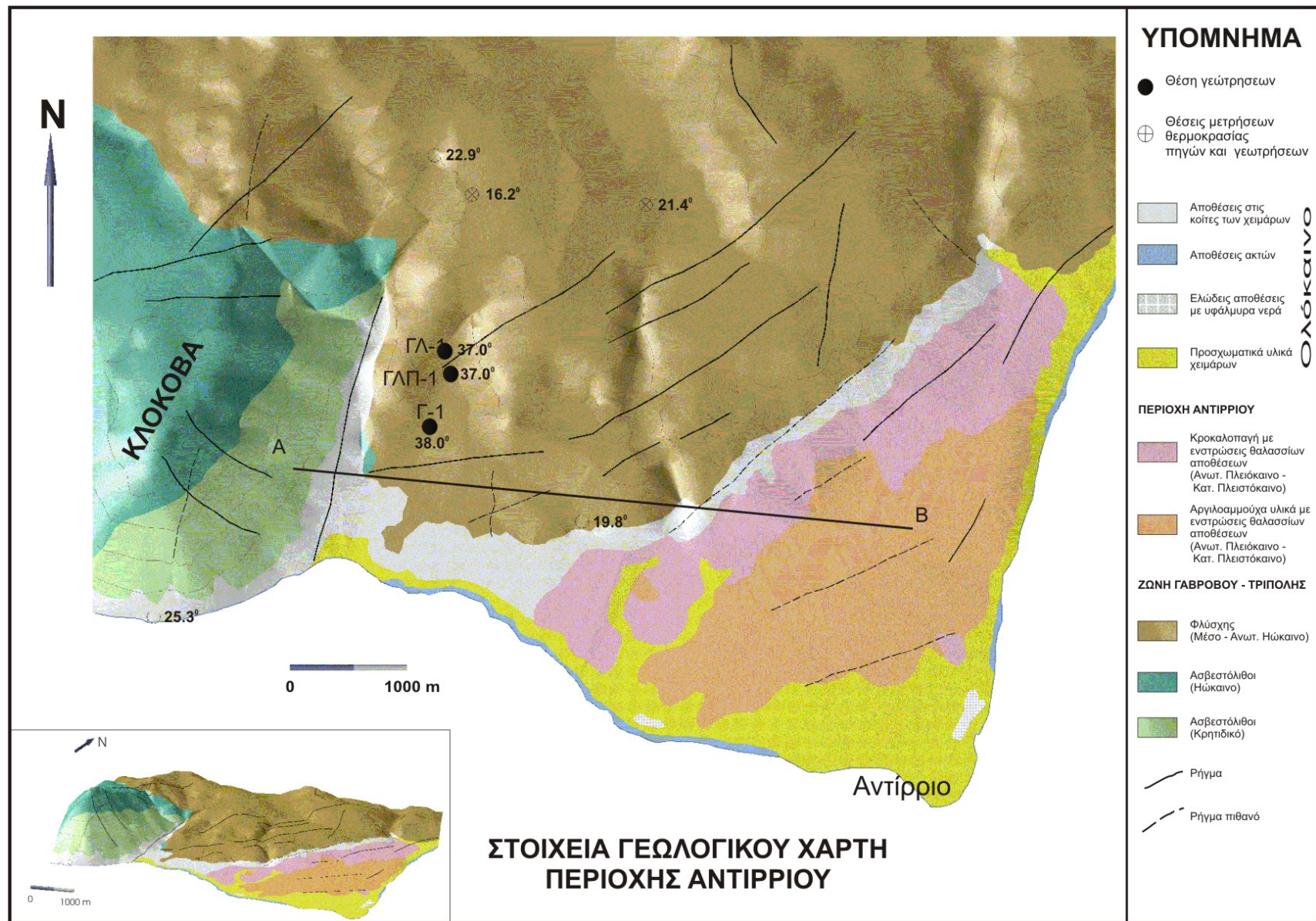
- Κρητιδικοί και ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι (Κλόκοβα).
- Φλύσχη που καταλαμβάνει μεγάλη έκταση
- Πλειστοκαινικοί λιμναίοι-υφάλμυροι και θαλάσσιοι σχηματισμοί που συνίστανται από κροκαλοπαγή και εναλλαγές αργιλούχων - πηλούχων μαργών, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών.
- Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα και αλλουβιακές αποθέσεις.



Εικόνα 8: Απόσπασμα από το φύλο Ναύπακτος



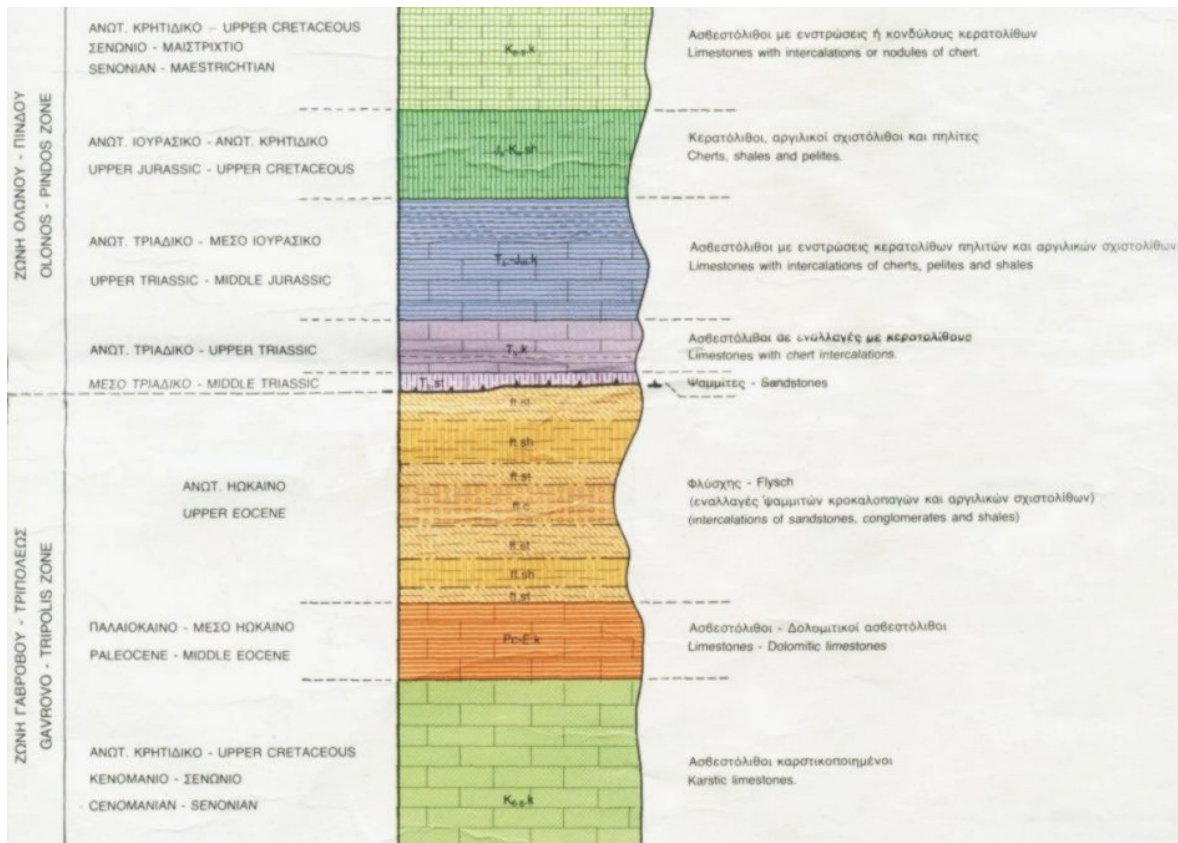
Εικόνα 9: Γεωτεκτονικές ζώνες του Ελληνικού χώρου



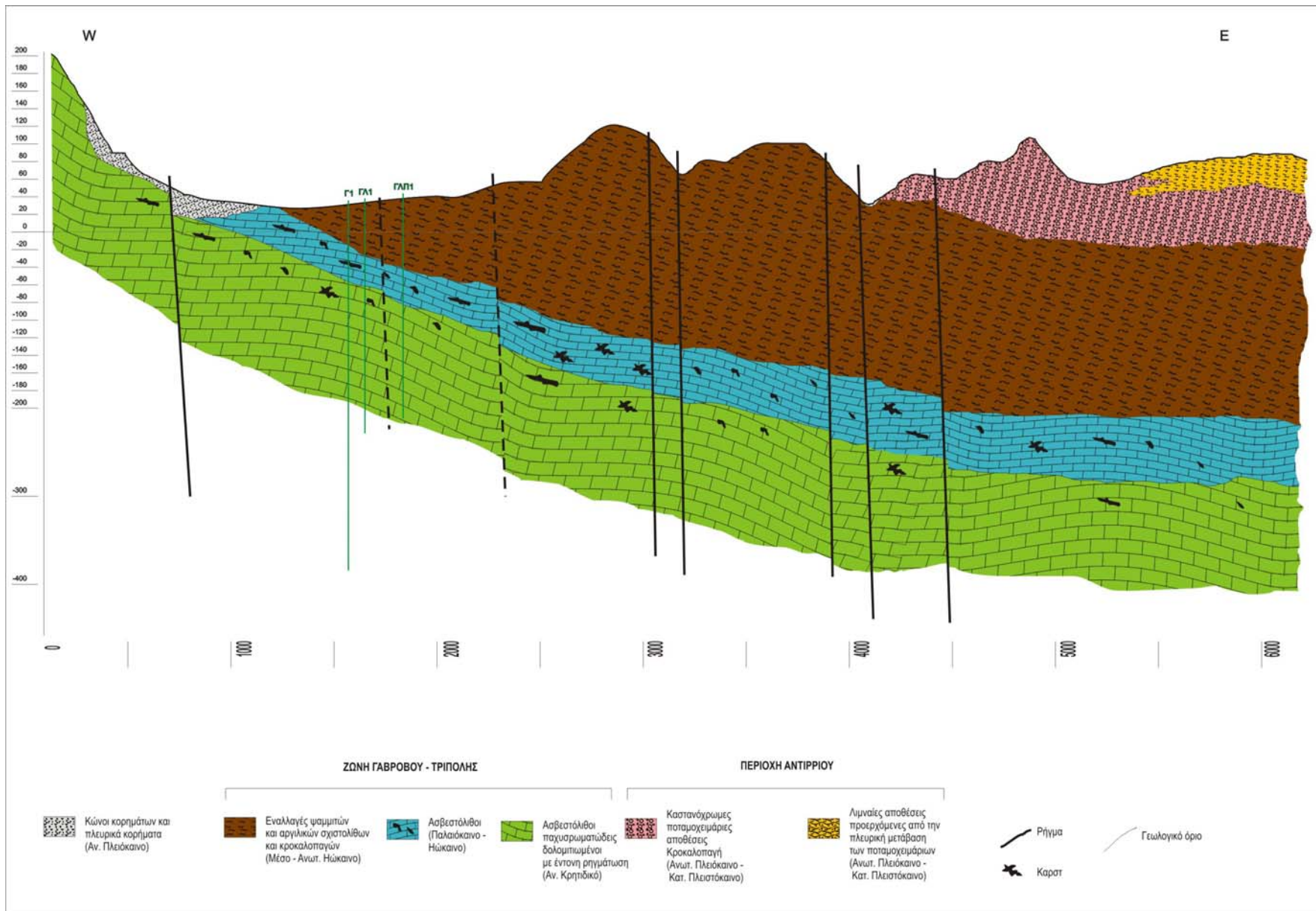
Εικόνα 10: Γεωλογικός Χάρτης περιοχής μελέτης (από LOFTUS & ΤΣΟΦΛΙΑΣ, 1971 και ΜΕΤΤΟΣ & ΚΑΡΦΑΚΗΣ, 1991, τροποποιημένο από ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟ)

3.2.1 Λιθολογική Στήλη

Τα βασικά στοιχεία για τη σύνταξη της λιθοστρωματογραφικής στήλης των πετρωμάτων της ζώνης Γαβρόβου – Τριπόλεως, που παρουσιάζεται στην Εικόνα 11, αντλήθηκαν κυρίως από τον γεωλογικό χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. (φύλλο Ευηνοχώριον κλ.1:50.000). Επίσης σημαντικές πληροφορίες αντλήθηκαν και από διάφορες γεωλογικές - κοιτασματολογικές μελέτες που έχουν γίνει στην ευρεία περιοχή.



Εικόνα 11: Λιθολογική στήλη της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου (από φύλλο Ευηνοχώριον κλ.1:50.000, ΜΕΤΤΟΣ & ΚΑΡΦΑΚΗΣ, 1991)



Εικόνα 12: Γεωλογική τομή διεύθυνσης Δ – Α

3.3 Αλπικοί σχηματισμοί

3.3.1 Ασβεστόλιθοι

Οι ασβεστόλιθοι του Αν. Κρητιδικού καταλαμβάνουν μικρή έκταση, είναι έντονα καρστικοποιημένοι, παχυστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις, κατά θέσεις σπιφροί, βιτουμενιούχοι, βιομικρίτες με διάσπαρτες νησίδες σπαρίτη, ελαφρά ανακρυσταλλωμένοι και τοπικά δολομιτωμένοι. Το χρώμα τους είναι ανοικτότεφρο, σκοτεινότεφρο έως μαύρο. Το πάχος τους φθάνει τα 350 m.

Οι ασβεστόλιθοι Παλαιόκαινου – Ηώκαινου έχουν μεγάλη εξάπλωση και είναι τεφροί-σκουρότεφροι και πολλές φορές δολομιτωμένοι, νηριτικής φάσης, παχυστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις, συχνά βιτουμενιούχοι και βρίσκονται σε συμφωνία με τους Ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους. Στην επαφή τους παρεμβάλλονται βωξιτικές εμφανίσεις με μικρό οικονομικό ενδιαφέρον, που υποδηλώνει χέρσευση της περιοχής κατά το Μέσο Ηώκαινο.



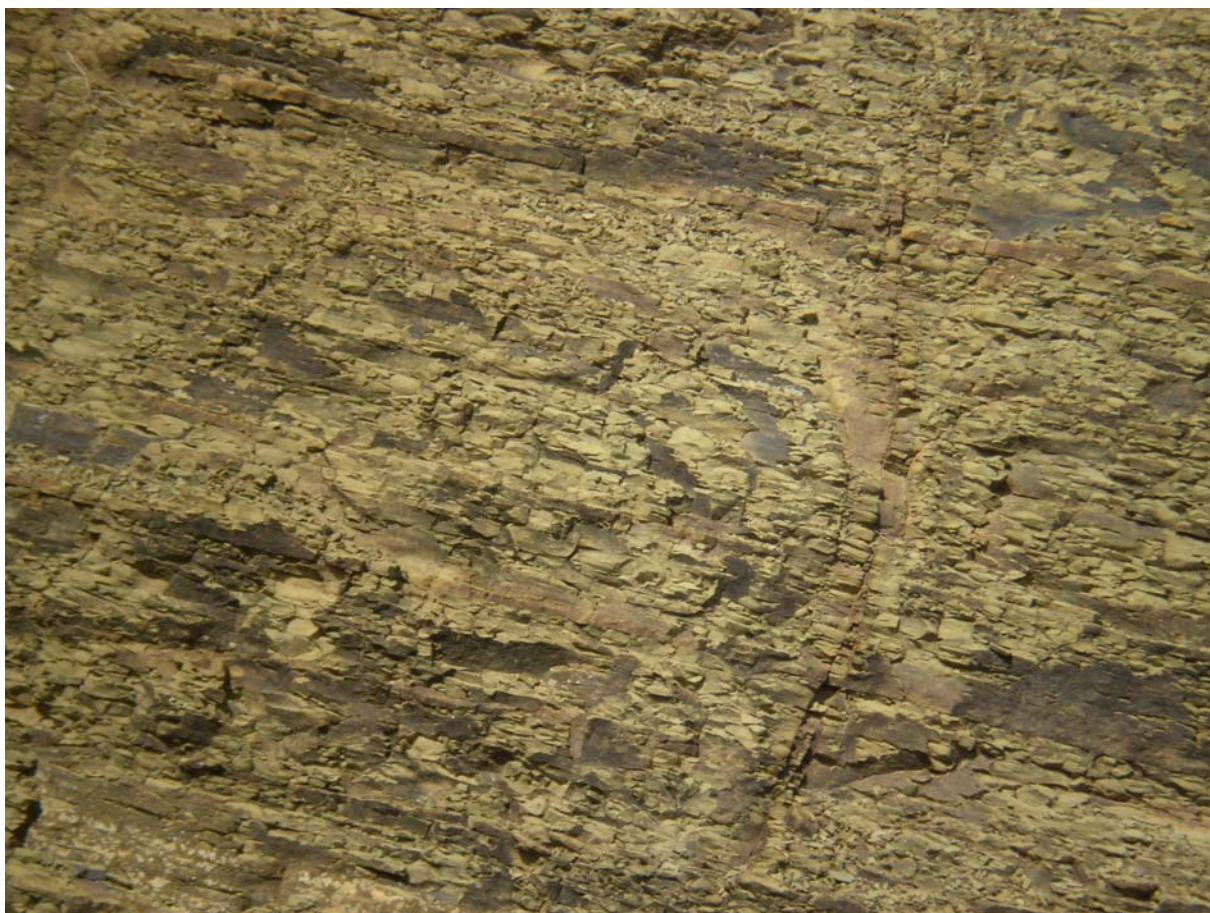
Εικόνα 13: Ασβεστόλιθοι Αν. Κρητιδικού, έντονα καρστικοποιημένοι

Οι βωξίτες είναι πηλολιθικοί (το μέγεθος των πηλολίθων ποικίλει) καστανού χρώματος έως φαιό ή κόκκινο. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0,50 μέχρι 1,30 m περίπου. Το συνολικό πάχος των Ηωκαινικών ασβεστολίθων φθάνει τα 400 m περίπου.

3.3.2 Φλύσσης

Ο φλύσσης της ζώνης του Γαβρόβου παρουσιάζει τρεις κυρίως χαρακτηριστικές σειρές.

- Καλά στρωμένους και εναλλασσόμενους λεπτόκοκκους και χονδρόκοκκους συνεκτικούς ψαμμίτες με λεπτές στρώσεις αργιλικών σχιστολίθων και κροκαλοπαγών.
- Από κροκαλοπαγή συνεκτικά με κροκάλες ποικίλου μεγέθους καλά στρογγυλεμένες. Οι σχηματισμοί αυτοί εναλλάσσονται με λεπτές ενστρώσεις και φακούς από ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστολίθους με πολύ μικρό πάχος.
- Από εναλλασσόμενα στρώματα πηλιτών, μαργαϊκών ιλυολίθων, ιλυολιθικών ψαμμιτών καθώς επίσης λεπτομερών ψαμμιτών και μικρών ενστρώσεων κροκαλοπαγών.



Εικόνα 14: Αποσαθρωμένος ψαμμίτης περιοχής Μολύκρειου



Εικόνα 15: Ψαμμίτες και αργιλικόι σχιστόλιθοι, περιοχή Μακύνειας

Η μετάβαση από τους υποκείμενους ηωκαινικούς ασβεστολίθους στο φλύσχη γίνεται με μαργαϊκό υλικό μικρού πάχους.

Στην περιοχή ερευνών και συγκεκριμένα στην Κλοκόβα ο φλύσχη αρχίζει με κροκαλοπαγή και χονδρόκοκκους ψαμμίτες. Στο ίδιο στάδιο της ιζηματογένεσης στα ανατολικά (περ. Μολύκρειο-Πλατανίτη) αποτίθενται αργιλικόι σχιστόλιθοι μεγάλου πάχους.

Το ενδιάμεσο στάδιο χαρακτηρίζεται από αποθέσεις αδρομερούς και λεπτομερούς υλικού, με το οποίο συνδυάζονται τα συνεκτικά κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με λεπτές ενστρώσεις αργιλικών σχιστολίθων ή με φακούς ψαμμιτών.

Μεταξύ των ρεμάτων Κατσάμπα και Λογγιές εμφανίζονται τα πετρώματα που χαρακτηρίζονται ως το τελικό στάδιο της απόθεσης του φλύσχη δηλαδή λεπτόκοκκοι και χονδρόκοκκοι ψαμμίτες με λεπτές στρώσεις αργιλικών σχιστολίθων και κροκαλοπαγών και δύνανται να θεωρηθούν ως η αντιπροσωπευτική λιθοστρωματογραφική κολώνα του φλύσχη.

Οι ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή στους διάφορους ορίζοντες παρουσιάζονται υπό μορφή τραπεζών, στρώσεων και φακών, σπάνια κοιτών.

Τα ψαμμιτικά στρώματα έχουν πάχος 0,2 έως 3 m με χαρακτηριστικό γνώρισμα τις ρωγματώσεις που συνέβαλαν στη μεγάλη διάβρωση τους. Το πάχος του φλύσχη υπερβαίνει τα 800 m

3.4 Νεογενές - Τεταρτογενές

Τα ιζήματα φθάνουν μέχρι την ισοϋψή των 100 m Αποτελούνται από χερσαίες, χειμαρώδεις και λιμναίες αποθέσεις. Στην πεδινή περιοχή παρουσιάζονται με μορφή συνεκτικών κροκαλοπαγών, αργιλοαμμούχων υλικών, πηλών και αργίλων καστανοκίτρινου χρώματος με πάχος να υπερβαίνει τα 700 m

Τα κροκαλοπαγή που είναι μη συνεκτικά καταλαμβάνουν το βόρειο τμήμα της περιοχής και αναπτύσσονται σε μια ζώνη κατά μήκος του φλυσχικού υποβάθρου. Αποτελούνται από κροκάλες του φλύσχη ποικίλου μεγέθους. Όσο πλησιάζουμε στο υπόβαθρο οι κροκάλες γίνονται μεγάλου μεγέθους (μέχρι 1 m) και είναι λιγότερο αποστρογγυλεμένες.

Στο εσωτερικό της λεκάνης, τα κροκαλοπαγή αποτελούνται από μικρότερες κροκάλες καλά αποστρυγγυλεμένες που φέρουν κατά θέσεις διαστρώσεις από λεπτομερείς καστανοκόκκινους

αργιλούχους άμμους. Ανατολικά του χωριού Μαμάκω (Μολύκρειο) μέσα στα κροκαλοπαγή, υπάρχει ένστρωση θαλάσσιων αποθέσεων που το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 50 m Συνολικό πάχος κροκαλοπαγών ~300 m

Νοτιότερα, τα κροκαλοπαγή μεταβαίνουν πλευρικά σε λιμναία ιζήματα, που αποτελούνται από εναλλαγές κροκαλοπαγών, καστανοκόκκινων αργιλοαμμούχων υλικών και αμμούχων πηλών ή αργίλων καστανοκίτρινου χρώματος. Οι ενστρώσεις των κροκαλοπαγών έχουν μικρό πάχος και οι κροκάλες είναι κύρια ψαμμιτικές και σε μικρότερο ποσοστό ανθρακικές και κερατολιθικές.



Εικόνα 16: Ποταμολιμναίες αποθέσεις περιοχής Μακύνειας

Εναλλαγές αμμούχων αργίλων και αμμούχων πηλών με στρώσεις κροκαλοπαγών παρατηρούνται στο μέτωπο διάβρωσης των αποθέσεων αυτών κατά μήκος της οδού Αντιρρίου – Ναυπάκτου. Το υλικό των κροκάλων δεν είναι μόνο ψαμμιτικό αλλά ανθρακικό και κερατολιθικό.

Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων διαφόρου συνεκτικότητας και ηλικίας παρατηρούνται στους πρόποδες της Κλόκοβας, στο ρέμα Κατσάμπα αλλά και μεταξύ των χωριών Ρίζα και Πλατανίτη.

Στο δυτικό τμήμα οι σχηματισμοί οφείλονται στη διάβρωση των ασβεστολίθων Κλόκοβας, ενώ ανατολικά της Ρίζας αποτελούνται από υλικά ψαμμιτών και αργιλικών σχιστολίθων με αργιλικό συνδετικό υλικό, μέγιστου πάχους 10 m

Στις κοιλάδες των ρεμάτων οι σχηματισμοί αυτοί έχουν διαβρωθεί σε μεγάλο βαθμό ή λείπουν τελείως.

Στις εξόδους των ρεμάτων Κατσάμπα, Λογγιές, Πλατανίτη παρατηρούνται κώνοι χειμάρων από τεμάχια μεγάλων διαστάσεων (μέχρι 1,5 m), αμμοκροκάλες και αργιλοπηλιτικά υλικά.

Στον κώνο του ρέματος Λογγιές βλέπουμε ογκόλιθους που προέρχονται από αποσπάσεις ψαμμιτών στην τεκτονισμένη ζώνη διασταυρουμένων ρηγμάτων.

Το πάχος των υλικών φθάνει τα 30 m και καταλαμβάνουν έκταση μήκους 300 m και πλάτους 100 m περίπου στα χαμηλότερα σημεία εξάπλωσης. Στη βάση παρουσιάζεται χαμηλή συνεκτικότητα.

3.5 Υδρογεωλογικές Συνθήκες της Περιοχής Ρίζας – Αντιρρίου

Η υδρολιθολογική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών εξαρτάται από τη λιθολογική τους σύσταση, την κοκκομετρία τους, το βαθμό διαγένεσης και τον τεκτονισμό τους, εφ' όσον πρόκειται για συμπαγή πετρώματα. Έτσι οι γεωλογικοί σχηματισμοί διακρίνονται σε :

- υδροπερατούς (μεγάλης υδροπερατότητας)
- ημιπερατούς (μέτριας υδροπερατότητας)
- στεγανούς ή αδιαπέρατους (χαμηλής έως μηδενικής υδροπερατότητας)

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή αποτελούνται από :

- Ασβεστόλιθους, οι οποίοι αναφορικά με την περατότητά τους, θεωρούνται πετρώματα υψηλής περατότητας λόγω της πυκνότητας των ρηξιγενών δομών οι οποίες τους κατακερματίζουν και επιτρέπουν την κυκλοφορία και αποθήκευση υπόγειου νερού.

Η τεκτονική δε ευνοεί τη διαμέσου των μεγάλων ανοικτών ρηγμάτων άνοδο θερμών ρευστών βαθύτερης προέλευσης.

- Ψαμμίτες, οι οποίοι είναι πετρώματα με μέση έως χαμηλή περατότητα, που κυμαίνεται ανάλογα με την συνεκτικότητα του υλικού καθώς και τη συχνότητα εμφάνισης των αργιλικών και ιλυούχων ενστρώσεων. Στην περιοχή μας οι ψαμμίτες είναι κατακερματισμένοι από ρωγματώσεις που συνέβαλαν στη διάβρωσή τους.
- Κροκαλοπαγή, που θεωρούνται πετρώματα μέτριας έως μεγάλης περατότητας.
- Η αργιλοαμμώδης σειρά, που έχει χαμηλή γενικά περατότητα. Οι στεγανοί οριζόντες παρουσιάζουν, ανάλογα με το πάχος και την εξάπλωσή τους, ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί προστατεύουν τα θερμά νερά από την επίδραση επιφανειακών μετεωρικών κρύων νερών.

Από γεωθερμική άποψη οι ασβεστόλιθοι αποτελούν τον κύριο γεωθερμικό ταμιευτήρα, ενώ τα κροκαλοπαγή μπορούν να παίξουν το ρόλο του δευτερεύοντα γεωθερμικού ταμιευτήρα, όπου η τεκτονική έχει διαμορφώσει κατάλληλες συνθήκες κυκλοφορίας και συγκεντρώσεως ρευστών. Οι δε ψαμμίτες και η αργιλοαμμώδης σειρά αποτελούν το στεγανό γεωθερμικό κάλυμμα.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

4.1 Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν

Η μεθοδολογία της έρευνας που ακολουθήθηκε, με τις επί μέρους εργασίες απεικονίζονται στον Πίνακα 1



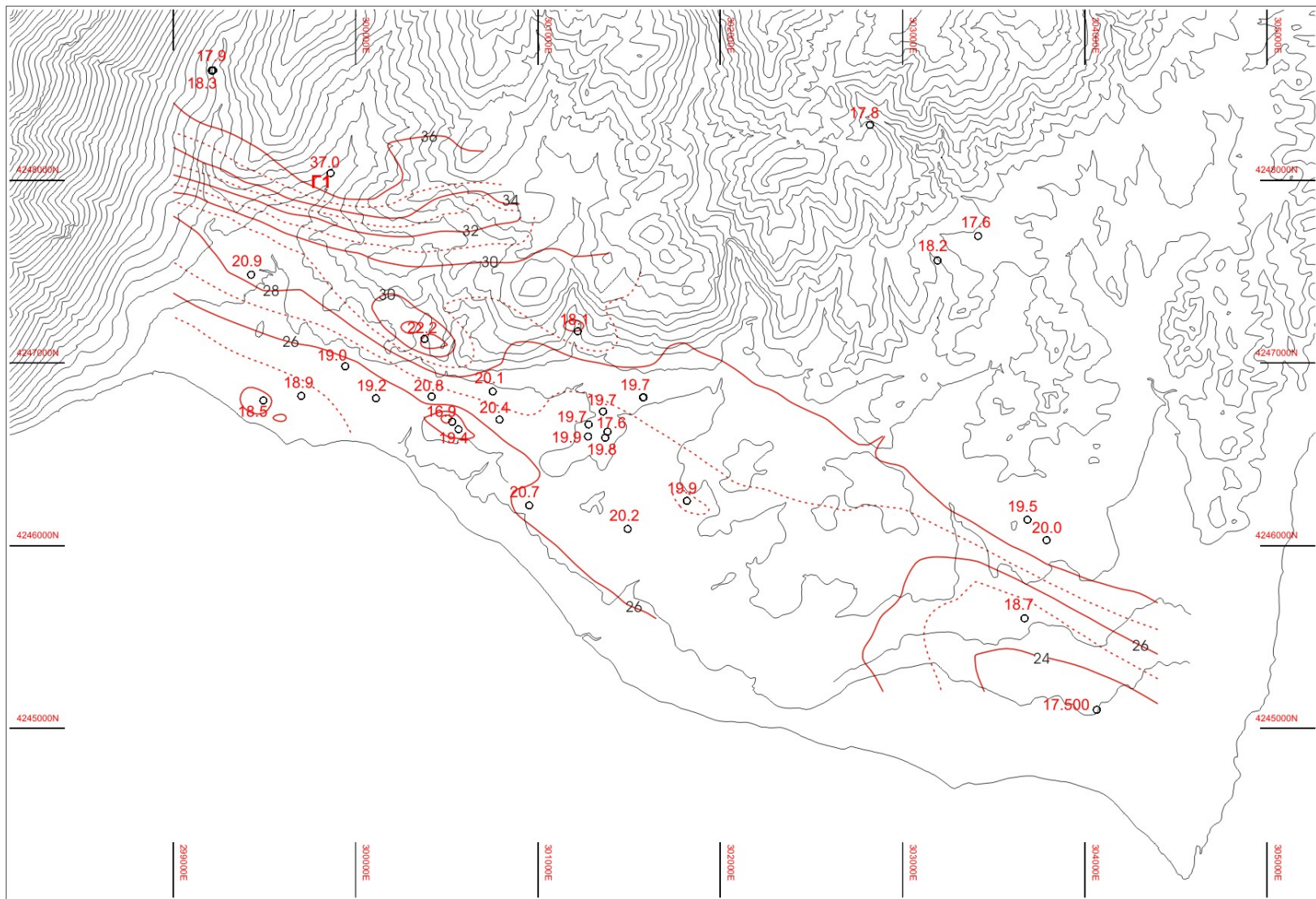
Πίνακας 1: Ερευνητικές εργασίες

Η γεωθερμική έρευνα στη περιοχή ΡΙΖΑΣ ΑΝΤΙΠΡΡΙΟΥ έγινε σύμφωνα με τις προγραμματισμένες εργασίες, όπως αυτές είχαν προταθεί στο Τεχνικό Δελτίο του έργου και στα ετήσια προγράμματα. Άρχισε το 2003 και ολοκληρώθηκε το 2006, ενώ υπήρξαν και μεγάλα διαστήματα που οι εργασίες διεκόπησαν κυρίως λόγω διακοπών της χρηματοδότησης.

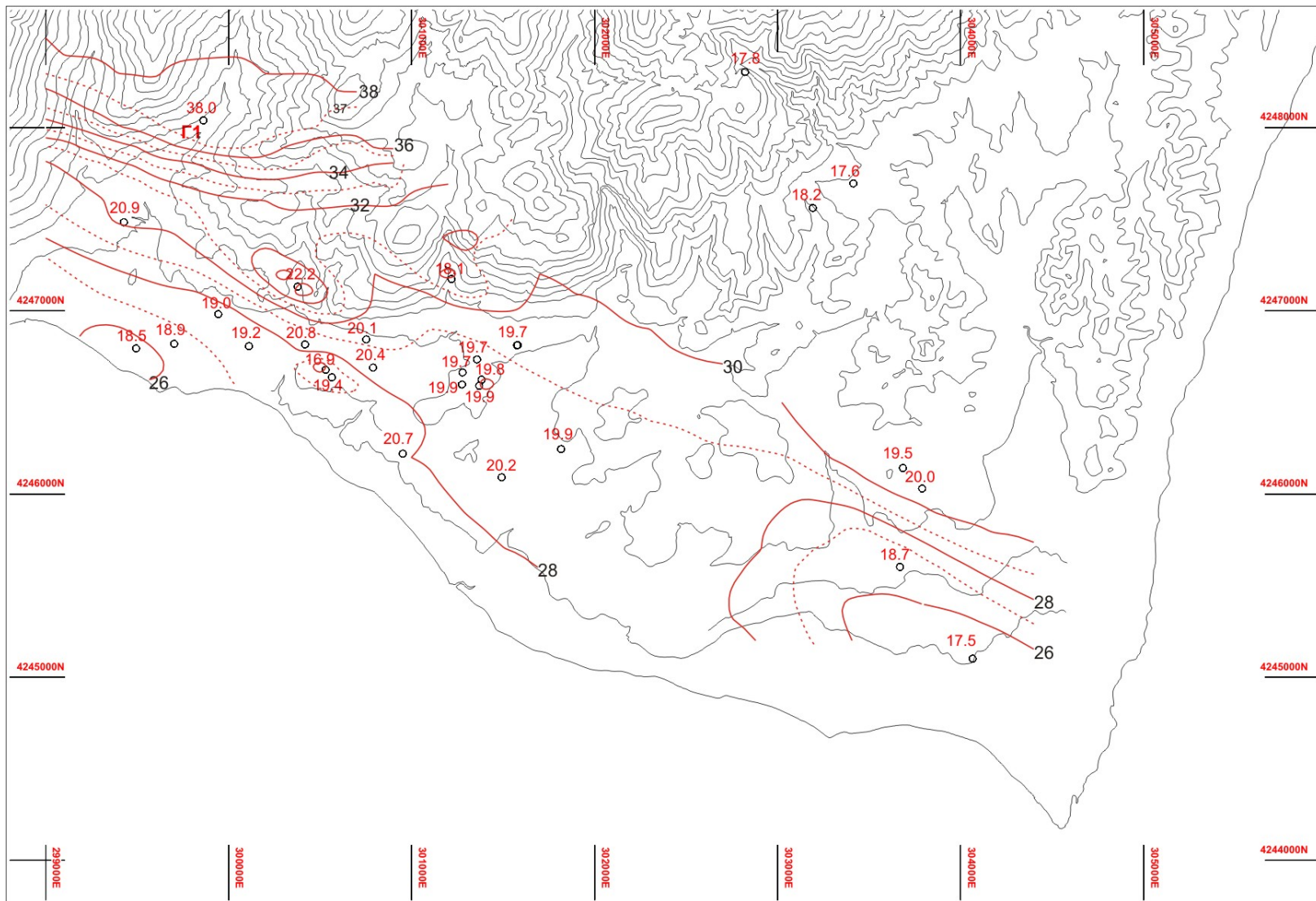
Στόχος του προγράμματος που εφαρμόστηκε, ήταν η διερεύνηση επέκτασης και περιχάραξης του γεωθερμικού πεδίου, που είχε εντοπισθεί από την προηγούμενη έρευνα του Β' ΚΠΣ, καθώς και η μελέτη και αποτίμηση των φυσικοχημικών παραμέτρων των γεωθερμικών ρευστών, με απώτερο σκοπό την αύξηση των καταγεγραμμένων αποθεμάτων γεωθερμικής ενέργειας για αξιοποίησής τους σε διάφορες χρήσεις.

Τα βήματα και η μεθοδολογία της έρευνας που ακολουθήθηκε απεικονίζονται στον παραπάνω πίνακα 1.

Έγινε επεξεργασία- αξιολόγηση όλων των στοιχείων και δεδομένων, που υπήρχαν από την προηγούμενη έρευνα στο Β' ΚΠΣ.



Εικόνα 17: Χάρτης κατανομής θερμοκρασιών περιοχής Γεωθερμικού ενδιαφέροντος Ρίζας Αντιρρίου, σε βάθος 60 m



Εικόνα 18: Χάρτης κατανομής θερμοκρασιών περιοχής Γεωθερμικού ενδιαφέροντος Ρίζας Αντιρρίου, σε βάθος 80 m

Οι αρχικές εργασίες περιλάμβαναν γεωλογικές, γεωθερμικές και υδροχημικές παρατηρήσεις - μετρήσεις, που είχαν στόχο την μελέτη της στρωματογραφίας, την κατανόηση της τεκτονικής, την κατανομή της γεωθερμικής βαθμίδας και τη χημική σύσταση των νερών στην ευρύτερη περιοχή, για την κατανόηση της ανάπτυξης και την περιχάραξη στο δυνατόν του εκμεταλλεύσιμου πεδίου. Όλες οι μετρήσεις χωροθετήθηκαν με τη χρήση οργάνων G.P.S.

Με τα **νέα γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία** που προέκυψαν συντάχθηκε ο γεωλογικός - τεκτονικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής έρευνας (Εικόνα 10) και η αντίστοιχη γεωλογική τομή (Εικόνα 12).

Οι **θερμομετρήσεις** πραγματοποιήθηκαν σε νερά πηγών, πηγαδιών και γεωτρήσεων (Πίνακας 2) και ήταν συμπληρωματικές των μετρήσεων του προηγούμενου έργου και χρησιμοποιήθηκαν για την σύνταξη των γεωθερμικών χαρτών (Εικόνα 17, Εικόνα 18).

Για την πραγματοποίηση της **γεωφυσικής έρευνας** εφαρμόστηκαν 2 μέθοδοι διερεύνησης:

- Γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις. Πραγματοποιήθηκαν 9 τομές για τον προσδιορισμό του βάθους και την ειδική αντίσταση των λιθολογικών σχηματισμών.
- Βαρυτομετρική μέθοδος. Πραγματοποιήθηκε 1 προφίλ 39 σημείων μήκους 3,9 km με στόχο την αποτύπωση της μορφολογίας του ανθρακικού υποβάθρου.

Η γεωφυσική έρευνα βοήθησε σημαντικά, αφενός για τη διαπίστωση της έκτασης του γεωθερμικού πεδίου προς τα ανατολικά και αφετέρου στον προσδιορισμό της οροφής και ρηγμάτωσης των ασβεστολίθων στο εσωτερικό της λεκάνης, και κατ' επέκταση και στην επιβεβαίωση της συνέχειας των ρηγμάτων, όπως αυτά έχουν εντοπισθεί στο ύπαιθρο από την τεκτονική μελέτη της περιοχής.

Δειγματοληψία νερών και πετρωμάτων. Τα δείγματα που συλλέχθηκαν από νερά πηγών, πηγαδιών και γεωτρήσεων (παλιών και νέων) υποβλήθηκαν σε χημικές αναλύσεις στο κεντρικό χημείο του Ι.Γ.Μ.Ε., τα αποτελέσματα των οποίων επεξεργάστηκαν και αξιολογήθηκαν.

Με βάση τα αποτελέσματα των παραπάνω εργασιών έγινε η **σύνθεση του προκαταρκτικού μοντέλου του γεωθερμικού πεδίου** της περιοχής, για την επαλήθευση του οποίου ακολούθησε το στάδιο της γεωτρητικής έρευνας. Κατά το στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκαν **δύο ερευνητικές γεωτρήσεις** μικρής και μεγάλης διαμέτρου, η ΓΛ-1 και ΓΛΠ-1, οι θέσεις των οποίων φαίνονται στο γεωλογικό χάρτη (Εικόνα 10, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ).

Έγινε αναλυτική περιγραφή και δειγματοληψία πετρώματος, καθώς επίσης και εκτέλεση διαγραφίας, (θερμομέτρηση, γ-ray, resistivity), για την αξιολόγηση των γεωτρήσεων. Στη συνέχεια έγινε αντλητική δοκιμή στη γεώτρηση μεγάλης διαμέτρου ΓΛΠ-1.

Πίνακας 2 Δειγματοληψίες σε γεωτρήσεις, πηγάδια και πηγές της περιοχής μελέτης							
Αριθμός δείγματ.	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ		ΘΕΡΜΟΚΡ. ΝΕΡΟΥ[°C]	ΘΕΡΜΟΚΡ. ΑΕΡΑ[°C]	Βάθος m	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Δ1	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301275	4246598	19.9	18.1	24	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ2	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301357	4246735	19.7	20.4	30	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ3	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301382	4246624	17.6	17.4	9	ΠΗΓΑΔΙ
Δ4	ΛΟΓΓΙΕΣ	301579	4246813	19.7	17	12	ΠΗΓΑΔΙ
Δ5	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301492	4246091	20.2	21	22	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ6	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	300952	4246220	20.7	21.6	22	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ7	ΜΑΚΥΝΕΙΑ -ΒΡΥΣΕΣ	300111	4246807	19.2	21.2	9	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ8	ΜΑΚΥΝΕΙΑ - ΒΡΥΣΕΣ	299943	4246982	19	25	9	ΠΗΓΑΔΙ
Δ9	ΚΑΤΩ ΒΑΣΙΛΙΚΗ	291406	4246210	18.5	7		ΠΗΓΗ
Δ10	ΚΑΤΩ ΒΑΣΙΛΙΚΗ	291480	4246267	18.5	7		ΠΗΓΗ
Δ11	ΚΑΤΩ ΒΑΣΙΛΙΚΗ	291778	4246388	20	7,5		ΠΗΓΗ
Δ12	ΚΑΤΩ ΒΑΣΙΛΙΚΗ	291306	4247405	17.4	8		ΠΗΓΗ
Δ13	ΑΓΡΑΠΙΔΟΚΑΜΠΟΣ	302068	4250116	16.6	8		ΠΗΓΗ
Δ14	ΜΟΛΥΚΡΕΙΟ	303414	4247696	17.6	19.5	11	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ15	ΜΟΛΥΚΡΕΙΟ	303790	4246030	20	20.4	40	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ16	ΜΟΛΥΚΡΕΙΟ	303669	4245602	18.7	21.8	20	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ17	ΑΝΤΙΡΡΙΟ	304066	4245101	17.5	19.3	10	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ18	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301817	4246245	19.9	21.9	40	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ19	ΚΑΤΑΣΑΜΠΑ ΡΕΜΑ	299218	4248603	18.3	20.3	70	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ20	ΚΑΤΩ ΒΑΣΙΛΙΚΗ	292849	4247927	17.8	22.3	35	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ21	ΚΑΤΩ ΒΑΣΙΛΙΚΗ	292612	4248119	17.0	22.3	20	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ22	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301275	4246598	19.9	18.1	24	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ23	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301357	4246735	19.7	20.4	30	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ24	ΛΟΓΓΙΕΣ	301579	4246813	19.7	17	12	ΠΗΓΑΔΙ
Δ25	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301817	4246245	19.9	21.9	40	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ26	"ΛΟΥΤΡΟ" ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ	300377	4247132	22.2	22.3	90	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ27	Ανοδ. προς Αρχ. Θέατρο	301218	4247174	18.1	17	48	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ28	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301278	4246664	19.7	17.5	23.5	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ29	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301369	4246591	19.8	18	20	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ30	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	300530	4246678	16.9	24.7	7	ΠΗΓΑΔΙ
Δ31	ΑΓ ΠΟΛΥΚΑΡΠΟΣ	299702	4246820	18.9	26.6	12	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ32	ΚΟΛΟΒΕΪΚΑ	299494	4246795	18.5	26.2	4.5	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ33	ΜΑΚΥΝΕΙΑ	300564	4246637	19.4	27.7	25	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ34	ΚΑΤΩ ΜΑΚΥΝΕΙΑ	300789	4246690	20.4	23.8	20	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ35	ΚΑΤΩ ΜΑΚΥΝΕΙΑ	300752	4246844	20.1	25.9	18	ΠΗΓΑΔΙ
Δ36	ΚΑΤΩ ΜΑΚΥΝΕΙΑ	301576	4246812	19.2	24.8	15	ΠΗΓΑΔΙ
Δ37	ΡΙΖΑ	299427	4247484	20.9	27.5	50	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ38	"ΛΟΥΤΡΟ" ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ	300377	4247132	22.2	22.3	90	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ39	ΡΙΖΑ ΚΑΤΣΑΜΠΑ ΡΕΜΑ	299210	4248602	17.9	24	70	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ40	ΜΟΛΥΚΡΕΙΟ	303685	4246142	19.5	26.8	50	ΓΕΩΤΡΗΣΗ
Δ41	ΜΟΛΥΚΡΕΙΟ	302822	4248304	17.8	22.9		ΠΗΓΗ
Δ42	ΜΟΛΥΚΡΕΙΟ	303192	4247562	18.2	29.3	8	ΠΗΓΑΔΙ
Δ43	ΚΑΤΩ ΜΑΚΥΝΕΙΑ	300417	4246817	20.8	32		ΠΗΓΗ
Δ44	ΡΙΖΑ-ΑΓΙΑ ΚΥΡΙΑΚΗ	299971	4250741	20.1	28		ΠΗΓΗ
Δ45	ΜΑΚΥΝΕΙΑ-ΛΟΥΤΡΟ	302033	4250134	17.8	20.8		ΠΗΓΗ
Δ46/Δ1Π	ΜΑΚΥΝΕΙΑ-ΛΟΥΤΡΟ	300031	4247854	37	15	229	ΠΑΡΑΓ.ΓΕΩΤΡ
Δ47/Δ2Π	ΜΑΚΥΝΕΙΑ-ΛΟΥΤΡΟ	300031	4247854	37	15	229	ΠΑΡΑΓ.ΓΕΩΤΡ
Δ48/Δ3Π	ΜΑΚΥΝΕΙΑ-ΛΟΥΤΡΟ	300031	4247854	37	15	229	ΠΑΡΑΓ.ΓΕΩΤΡ
Δ49/Δ4Π	ΜΑΚΥΝΕΙΑ-ΛΟΥΤΡΟ	300031	4247854	37	15	229	ΠΑΡΑΓ.ΓΕΩΤΡ
Δ50/Δ5Π	ΜΑΚΥΝΕΙΑ-ΛΟΥΤΡΟ	300031	4247854	37	15	229	ΠΑΡΑΓ.ΓΕΩΤΡ
Δ51/Δ6Π	ΜΑΚΥΝΕΙΑ-ΛΟΥΤΡΟ	300031	4247854	37	15	229	ΠΑΡΑΓ.ΓΕΩΤΡ
Δ52/Δ7Π	ΜΑΚΥΝΕΙΑ-ΛΟΥΤΡΟ	300031	4247854	37	15	229	ΠΑΡΑΓ.ΓΕΩΤΡ

(ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ & ΦΑΝΑΡΑ 2003, 2004)

5. Αποτελέσματα της Έρευνας

5.1 Γεωλογία και στοιχεία τεκτονικής ευρύτερης περιοχής Ρίζας Αντιρρίου

Στην περιοχή του Αντιρρίου διακρίνονται δυο κύρια στάδια διαμόρφωσης της τεκτονικής δομής.

Πρώτο, το στάδιο των αλπικών ορογενετικών κινήσεων. Κατά το στάδιο αυτό (Ανώτερο Ολιγόκαινο - Κατώτερο Μειόκαινο) δημιουργήθηκε το αντίκλινο της Κλόκοβας, με άξονα βυθιζόμενο προς ΒΒΔ-ΝΝΑ και η πτύχωση του φλύσχη με διάταξη των σχηματισμών του από ΒΔ-ΝΑ ως Β-Ν (κατά τόπους) και κλίση ΒΑ ως Α αντίστοιχα.

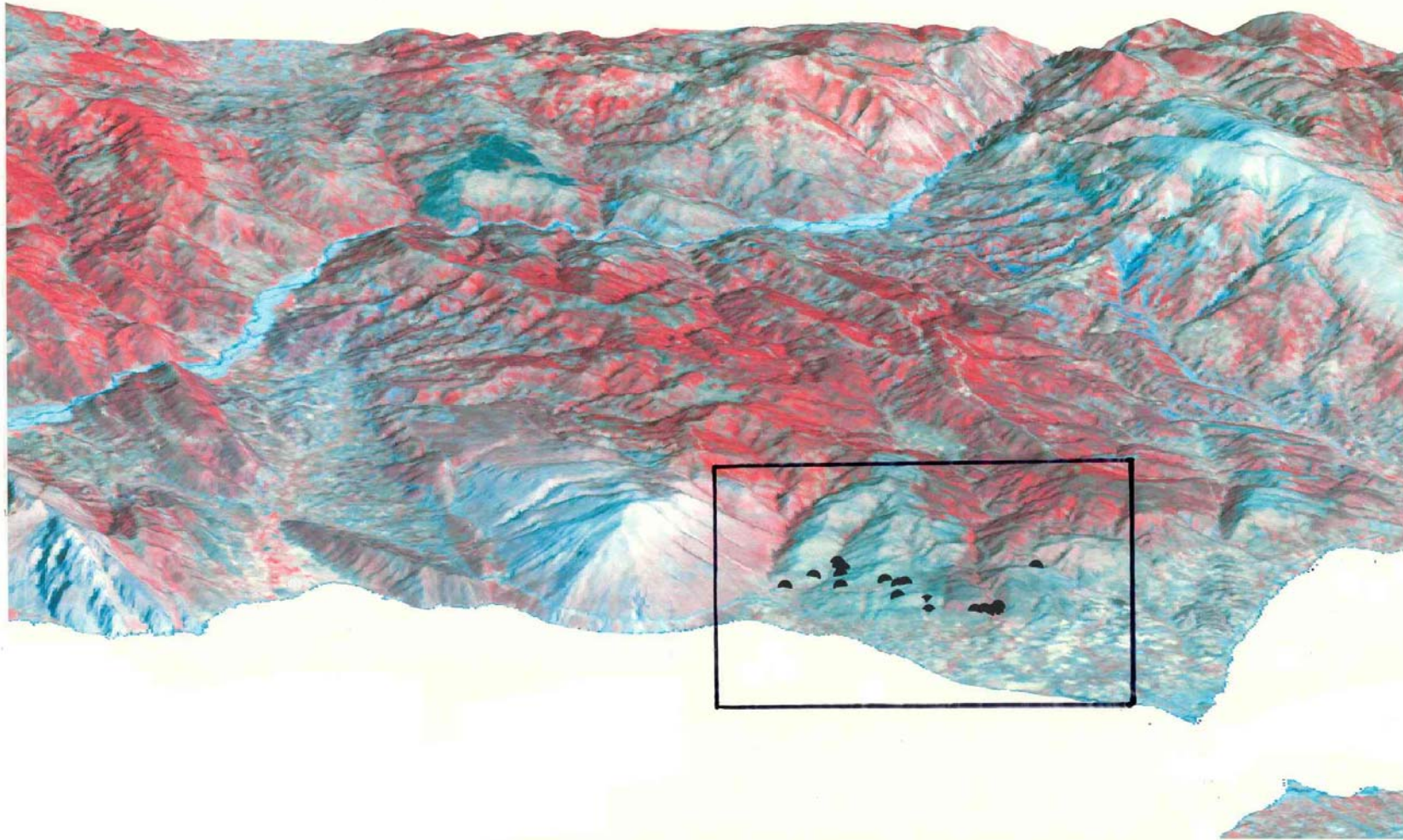
Δεύτερο, το στάδιο των Τριτο- τεταρτογενών κινήσεων που προκάλεσε τη διάρρηξη των πετρωμάτων και την κατακόρυφη μετακίνηση μεγάλων τμημάτων της περιοχής. Αποτέλεσμα της δραστηριότητας αυτής ήταν η δημιουργία διασταυρωμένων και παράλληλων ρηγμάτων με δύο κύριες διευθύνσεις: ΒΒΔ-ΝΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ.

Στο σύστημα αυτών των ρηγμάτων, κατά κύριο λόγο, οφείλονται το τεκτονικό βύθισμα του Κορινθιακού - Πατραϊκού και το "κατέβασμα" του νότιου τμήματος του αντικλίνου της Κλόκοβας.

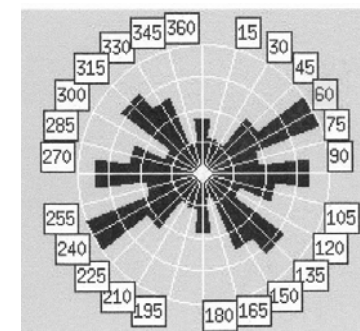
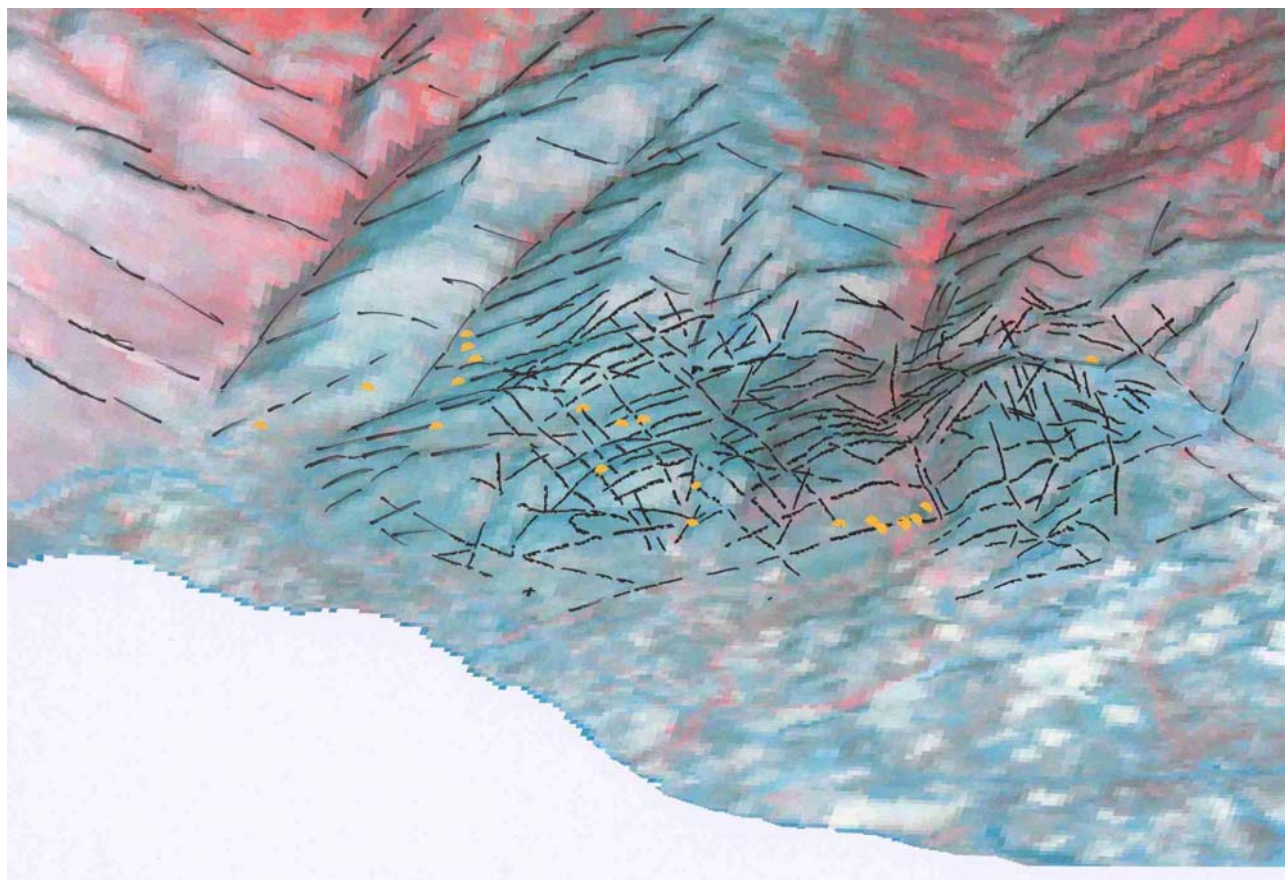
Τα ρήγματα με σχεδόν Β-Ν διεύθυνση, κατά μήκος των ρεμάτων Κατσάμπα και Λογγιές, προκάλεσαν την κατακόρυφη μετακίνηση των ορεινών τμημάτων της περιοχής, με το χαμηλότερο τμήμα μετάπτωσης της Ρίζας. Το ρήγμα στο ρέμα Κατσάμπα έφερε σε τεκτονική επαφή τους σχηματισμούς του φλύσχη με τους ασβεστόλιθους της Κλόκοβας. Επίσης κατά μήκος της κοιλάδας Λογγιές συναντιούνται σχηματισμοί του φλύσχη διαφορετικού τύπου και στρωματογραφικής σειράς. Η ρηξιγενής τεκτονική είχε ως αποτέλεσμα την έντονη διάρρηξη και κατάκλαση των πετρωμάτων της περιοχής, που κυρίως είναι ο φλύσχος της ζώνης Γαβρόβου.

Η σύγχρονη τεκτονική δραστηριότητα παρατηρείται στις αποθέσεις του Πλειοπλειστοκαίνου, που τέμνονται από μεγάλο αριθμό ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, μικρού σχετικά άλματος.

Με στόχο τη χαρτογράφηση της ρηξιγενούς τεκτονικής και την σύνθεση του τεκτονικού μοντέλου της περιοχής, έγιναν σειρά μετρήσεων υπαίθρου (Τεκτονικής), καθώς και ερμηνεία-ανάλυση αεροφωτογραφιών που καλύπτουν την περιοχή.



Εικόνα 19: Τμήμα δορυφορικής εικόνας (σε ψευδέγχρωμη σύνθεση) του συστήματος LANDSAT – TM ευρύτερης περιοχής έρευνας με σημειωμένη (πλαίσιο) τη στενή περιοχή με τη γεωγραφική κατανομή των θέσεων που πραγματοποιήθηκαν τεκτονικές μετρήσεις και παρατηρήσεις τεκτονικών στοιχείων.



Εικόνα 20: Τρισδιάστατο προοπτικό μοντέλο περιοχής Αντιρρίου. Είναι μια συνθετική απεικόνιση της δορυφορικής εικόνας Landsat-7 ETM (κανάλια 4:3:2, R:G:B), πάνω σε Ψ.Μ.Ε. της περιοχής. Σε αλληλεπίθεση είναι τοποθετημένα τα ρήγματα που προέκυψαν από την φωτοερμηνεία, καθώς και οι θέσεις των τεκτονικών μετρήσεων. Στην τρισδιάστατη αυτή απεικόνιση γίνεται ακόμη πιο εμφανής η σχέση των διευθύνσεων των ρηγμάτων με τις γεωλογικές δομές της περιοχής. Το ροδοδιάγραμμα επιβεβαιώνει απόλυτα την παρουσία ρηγμάτων ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης στην περιοχή.

Έγινε προβολή επάνω στο τοπογραφικό υπόβαθρο, με τη βοήθεια G.P.S, των θέσεων των τεκτονικών μετρήσεων και παρατηρήσεων και των ρηγμάτων που χαρτογραφήθηκαν από την ερμηνεία των αεροφωτογραφιών, μετά από την πιστοποίησή τους στην ύπαιθρο.

Από την ανάλυση - ερμηνεία των αεροφωτογραφιών εντοπίστηκαν επίσης και χαρτογραφήθηκαν τόσο οι διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί που δομούν την περιοχή όσο και μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες και ρήγματα που την διασχίζουν.

Η φωτοερμηνεία επικεντρώθηκε κατά κύριο λόγο στη χαρτογράφηση φωτογραμμώσεων τεκτονικής προέλευσης με τη χρήση διαφόρων κριτηρίων (ευθυγραμμίες βλάστησης, γωνιώδεις αλλαγές σε κοίτες ρεμάτων κλπ.).

Τα στοιχεία της φωτογεωλογικής χαρτογράφησης μεταφέρθηκαν στα τοπογραφικά υπόβαθρα, κατασκευάστηκε φωτογεωλογικός χάρτης, έγινε ψηφιοποίηση όλων των γραμμικών στοιχείων του φωτογεωλογικού χάρτη και εισαγωγή των στοιχείων της ψηφιοποίησης σε κατάλληλο λογισμικό για την κατασκευή ροδοδιαγραμμάτων.

Κατά την υπαίθρια εργασία ελέγχθηκαν για την πιστότητά τους τα στοιχεία που προήλθαν από φωτοερμηνεία ανάλυση των αεροφωτογραφιών της περιοχής ερευνών και διαπιστώθηκε η πιστότητά τους σε αρκετές θέσεις.

Επίσης τα ρήγματα από την φωτοερμηνεία ελέγχθηκαν με τα δεδομένα της γεωλογικής χαρτογράφησης και αποτυπώθηκαν ως ρήγματα που εμφανίζονται στο γεωλογικό χάρτη. (Εικόνα 10).

Επίσης έγινε χρήση μίας δορυφορικής εικόνας Landsat 7 TM (7 κανάλια, σε ψηφιακή μορφή). Έγινε εισαγωγή της εικόνας σε Γ.Σ.Π., επεξεργασία της και γεωμετρική διόρθωσή της, έτσι που να είναι δυνατή πάνω σε αυτή τόσο η προβολή των σημείων των θέσεων τεκτονικών μετρήσεων και παρατηρήσεων, που πάρθηκαν με το G.P.S.,(Εικόνα 19) όσο και των ρηγμάτων που χαρτογραφήθηκαν από την ερμηνεία των αεροφωτογραφιών, μετά από την πιστοποίησή τους στην ύπαιθρο.(Εικόνα 20)

Από την ανάλυση των τεκτονικών στοιχείων προκύπτει η επικράτηση δύο κυρίως συστημάτων ρηγμάτων (ΒΔ-ΝΑ) και (ΒΑ-ΝΔ). Τα ΒΑ-ΝΔ και τα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ρήγματα τέμνονται καθέτως μεταξύ τους και σχηματίζουν δέσμες που τεμαχίζουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς σε πυκνά διαστήματα.

Το πεδίο τάσεων που επικρατεί είναι εφελκυστικό με άξονα (σ_3) των τάσεων διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ.

Η έντονη τεκτονική δραστηριότητα, που παρατηρείται με τον κατακερματισμό των σχηματισμών του υποβάθρου (παλαιοκαινικοί-ηωκαινικοί, κρητιδικοί ασβεστόλιθοι), καθώς και η εφελκυστικού τύπου τεκτονική φάση που επικρατεί σήμερα στη περιοχή, δημιουργούν ικανοποιητικές συνθήκες κυκλοφορίας νερών σε βάθος, τα οποία θερμαινόμενα ανέρχονται προς την επιφάνεια όπου και θα αναζητηθούν στους περατούς μεταλλικούς σχηματισμούς της περιοχής.

5.2 Γεωφυσική Διασκόπηση

Στην ευρύτερη περιοχή ερευνών εκτελέστηκε πρόγραμμα γεωφυσικής έρευνας σε βάθος με στόχο τη συλλογή πληροφοριών για την στρωματογραφία των πετρωμάτων που δομούν την περιοχή, τον προσδιορισμό και επιβεβαίωση των από την τεκτονική ανάλυση κυρίων τεκτονικών γραμμών, την μορφολογία και το βάθος του ανθρακικού υποβάθρου, καθώς και τον εντοπισμό των ζωνών υψηλής αγωγιμότητας που συνδέονται με ζώνες κυκλοφορίας γεωθερμικών ρευστών.

Στα πλαίσια του προγράμματος αυτού εφαρμόστηκαν δύο γεωφυσικές μέθοδοι:

- Γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις.
- Βαρυτομετρική μέθοδος

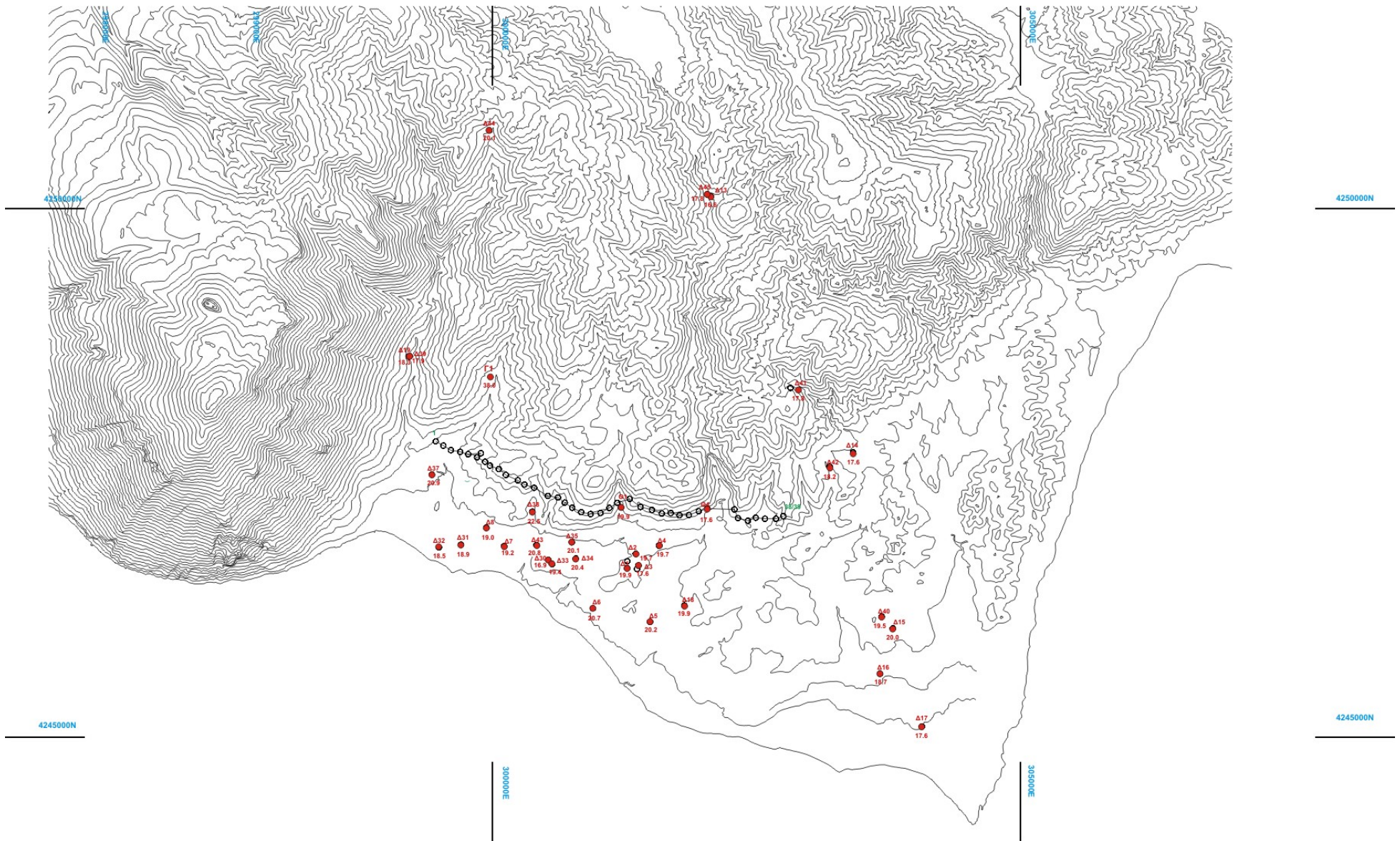
5.2.1 Γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις.

Κατά διάταξη Schlumberger με μέγιστο $AB/2=1200$ m πραγματοποιήθηκαν 9 γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις, οι οποίες εντάσσονται σε μία τομή (Εικόνα 25) μήκους 2,5 km. Η μέθοδος χρησιμοποιείται για να προσδιοριστεί το βάθος και η ειδική αντίσταση των λιθολογικών σχηματισμών (Εικόνα 22) που δομούν το υπέδαφος.

Τα ηλεκτροστρωματογραφικά μοντέλα που έχουν προκύψει παρουσιάζονται κατά ομάδες βυθοσκοπήσεων (τομές) σε τομογραφική απεικόνιση της ειδικής αντίστασης ως προς το ερμηνευόμενο βάθος.

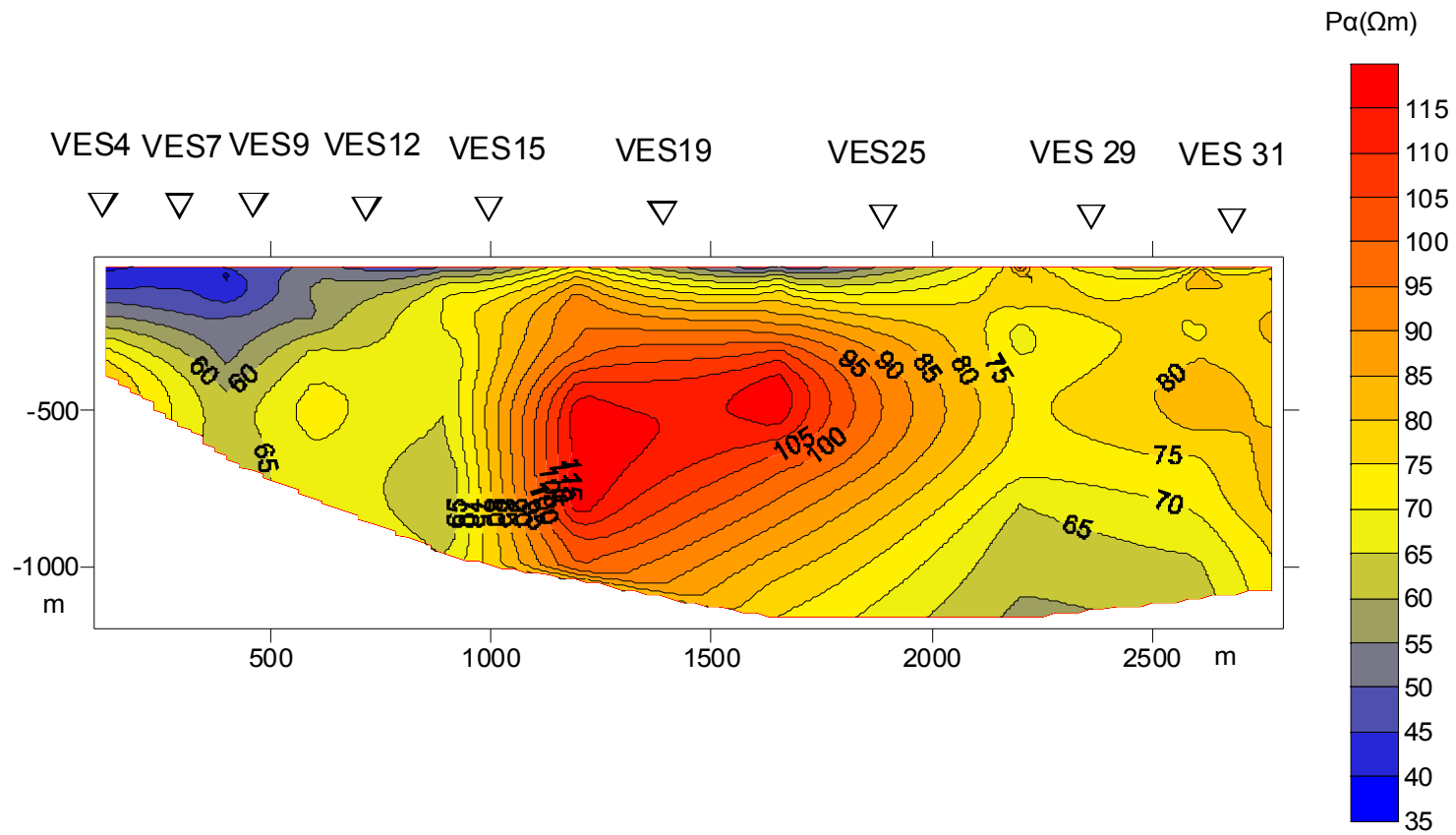
Στα επιφανειακά στρώματα εμφανίζονται τιμές ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης από 30-200 Ωm που αποδίδονται στο φλύσχη.

Οι υψηλές τιμές από 140 – 200 Ωm που παρατηρούνται στις βυθοσκοπήσεις από την 15 (δυτικά αυτής) έως και μεταξύ των βυθοσκοπήσεων 19 και 25, οφείλονται πιθανά στο γεγονός ότι ο φλύσχος να είναι πιο υγιής (σε σύγκριση με τις υπόλοιπες) με αποτέλεσμα η παραπάνω αναφερόμενη περιοχή να παρουσιάζει λιγότερο γεωθερμικό ενδιαφέρον.



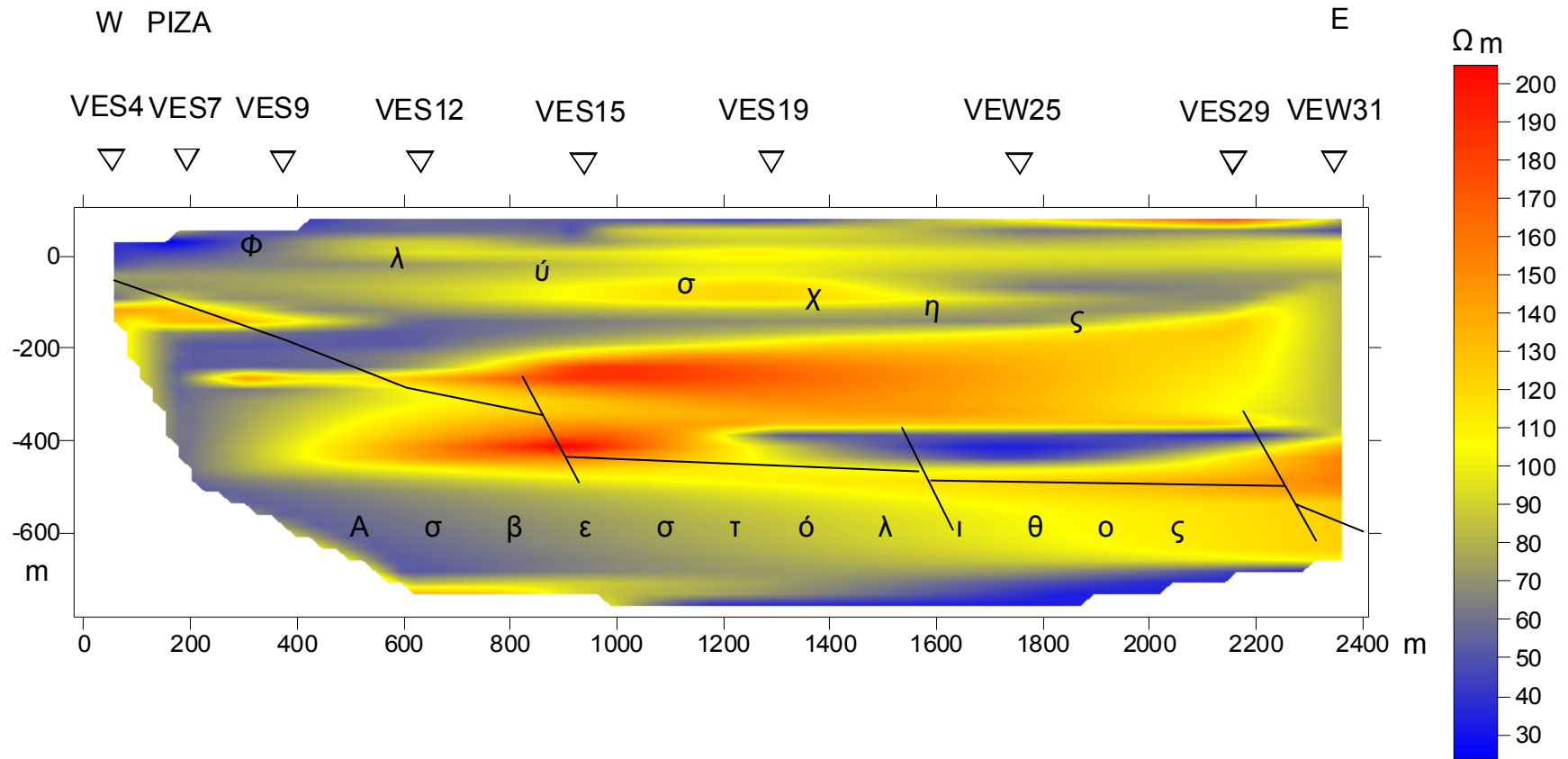
Εικόνα 21: Χάρτης με σημεία υδροληψίας, χωροθέτησης γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων και βαρυτομετρικού προφίλ

**ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΙΖΑΣ ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ**



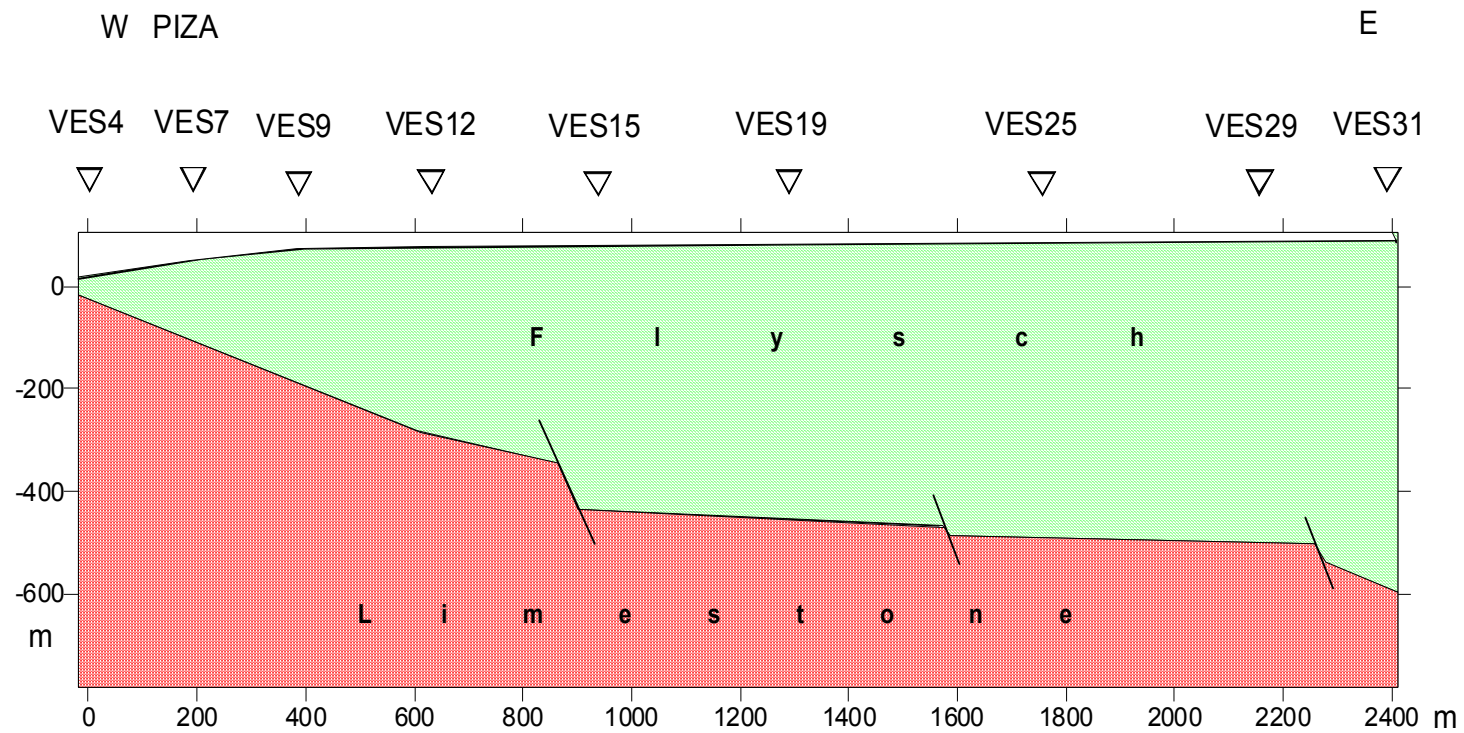
Εικόνα 22

ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΗ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΙΖΑΣ - ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ



Εικόνα 23

ΓΕΩΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΤΟΜΗ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΙΖΑΣ - ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ



Εικόνα 24

Στις υπόλοιπες γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις οι τιμές της ηλεκτρικής αντίστασης είναι μικρότερες των 130 Ωm. Αυτές αποδίδονται στο ότι ο φλύσχη πιθανόν να παρουσιάζει λιθοφασικές αλλαγές κατά την ανάπτυξη, οι οποίες συνιστώνται από χονδρόκοκκους ψαμμίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους και κροκαλοπαγή, με πιθανότητα να έχουν σχέση με κυκλοφορία ρευστών.

Στα αντίστοιχα διαγράμματα απεικονίζεται το πάχος του φλύσχη, καθώς επίσης το βάθος της επαφής του με τον ασβεστόλιθο (Εικόνα 23, Εικόνα 24).

Παρατηρείται σταδιακή καταβύθισή του από τα 40-50 m στα δυτικά μέχρι τα 500 με 600 m στα ανατολικά.

Παραδόξως το υπόβαθρο του υποκείμενου Ηωκαινικού ασβεστολίθου παρουσιάζει χαμηλές ηλεκτρικές αντιστάσεις 25 Ωm αντί αυξημένων όπως θα αναμενόταν.

Αυτό αποδίδεται πιθανώς στην μεταβατική ζώνη πάχους μερικών μέτρων αποτελούμενη από εναλλαγές φλύσχη και διαβρωμένου ασβεστόλιθου και κυρίως στην πιθανή σχέση αυτής με κυκλοφορία ρευστών.

Υδρογεωλογικό και επομένως γεωθερμικό ενδιαφέρον παρουσιάζεται στη βαθύτερη περιοχή από την βυθοσκόπηση 25 (δυτικά αυτής) έως και μεταξύ των βυθοσκοπήσεων 29 και 31.

Τρία ρήγματα φαίνεται να υπάρχουν μεταξύ των γεωηλεκτρικών βυθοσκοπήσεων 12-15, 19-25 και 29-31.

5.2.2 Βαρυτομετρική μέθοδος

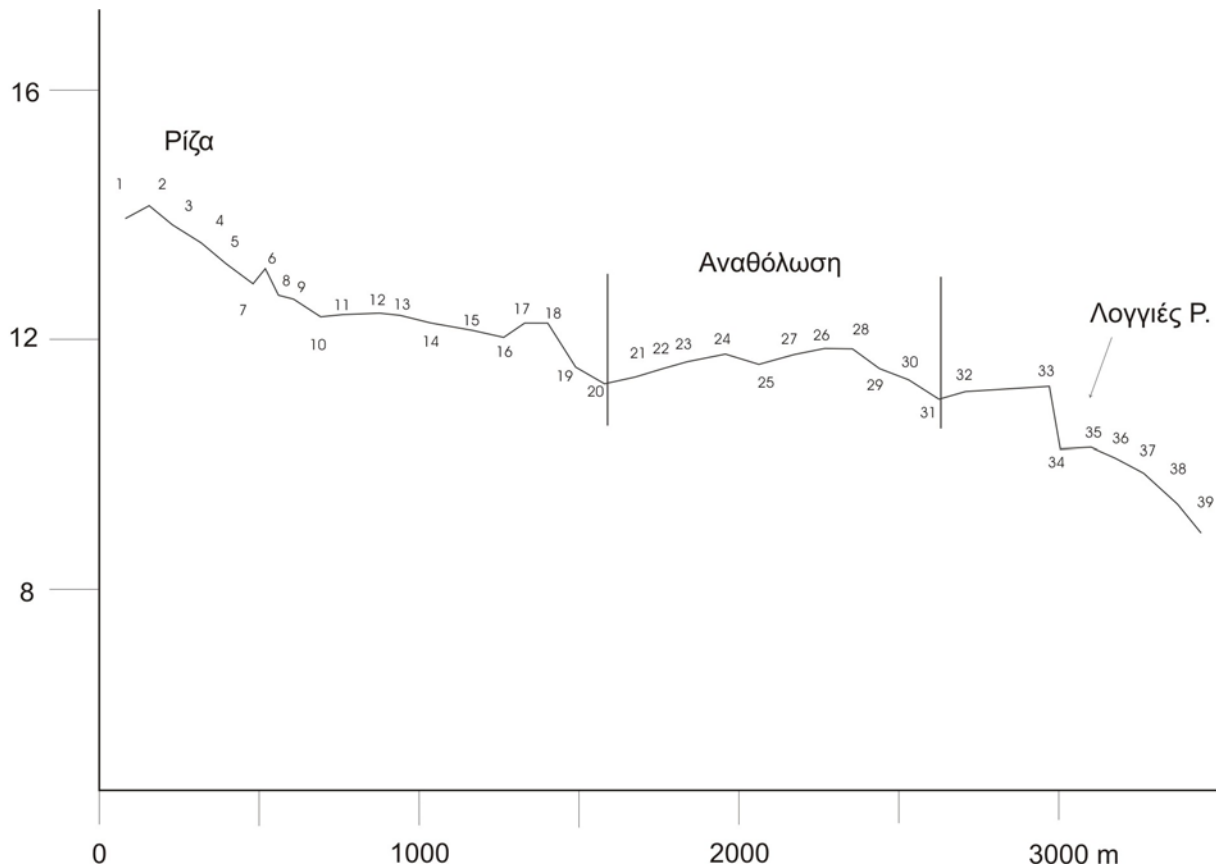
Το μεγάλο πάχος του φλύσχη και η διαφορά πυκνότητας των δύο γεωηλεκτρικών σχηματισμών φλύσχη/ανθρακικών, μας οδήγησε στην εφαρμογή της βαρυτομετρικής μεθόδου, στόχος της οποίας ήταν η αποτύπωση της μορφολογίας του ανθρακικού υποβάθρου.

Πραγματοποιήθηκε 1 προφίλ 39 σημείων συνολικού μήκους 3,9 km (Εικόνα 21, Εικόνα 25). Η μέθοδος βασίζεται στην καταγραφή της μεταβολής της επιτάχυνσης του πεδίου βαρύτητας που προκαλείται από ανομοιογένειες της πυκνότητας των δομών του υπεδάφους.

Στο βαρυτομετρικό προφίλ εντοπίστηκαν 3 ρήγματα και βρίσκονται μεταξύ των στάσεων 14-15, 23-24, 29-31.

Η μορφολογία του ανθρακικού υποβάθρου διαφοροποιείται ως εξής:

Στο δυτικό μέρος (Ρίζα) αρχίζει περίπου από τα βάθη 40-50 m αυτό φαίνεται και από την υπάρχουσα γεώτρηση που εκτελέστηκε κατά το παρελθόν. Προχωρώντας προς ανατολάς βυθίζεται συνεχώς έως και μεταξύ των στάσεων 14-15, στη συνέχεια βυθίζεται με ελάχιστη κλίση έως τις στάσεις 23-24. Προχωρώντας έως τις στάσεις 29-31 παραμένει περίπου οριζόντιος με κάποια πιθανή κλίση προς ανατολάς, βυθίζεται ξανά με μεγαλύτερη κλίση στις στάσεις 38-39.



Εικόνα 25: Βαρυτομετρική τομή Α΄Β΄ (Εικόνα 21) διεύθυνσης Δ-Α περιοχής Γεωθερμικού ενδιαφέροντος Ρίζας Αντιρρίου, για τον εντοπισμό της επαφής φλύσχη – ανθρακικών

Συγκρίνοντας την παραπάνω βαρυτομετρική τομή (Εικόνα 25) με αυτή της γεωηλεκτρικής τομής (Εικόνα 24) προκύπτει ότι υπάρχει μια πλήρης ταύτιση, όσον αφορά την μορφολογία και τεκτονική του ανθρακικού υπόβαθρου.

Με βάση τα αποτελέσματα της γεωφυσικής έρευνας προκύπτουν στοιχεία για την τεκτονική δομή της περιοχής, τα οποία και αξιολογήθηκαν σε συνάρτηση με την επιφανειακή τεκτονική έρευνα, όπως φαίνεται στην Εικόνα 24.

Επίσης εντοπίστηκαν ζώνες υψηλής αγωγιμότητας, που είναι δυνατόν να είναι ζώνες γεωθερμικού ενδιαφέροντος, οι οποίες οριοθετούνται από τεκτονικές γραμμές, που λειτουργούν ως δίοδοι ανόδου γεωθερμικών ρευστών. Τέτοιες θέσεις είναι ανατολικά του χωριού Ρίζα, όπως και μεταξύ του χωριού Μακύνεια και του ρέματος Λογγιές.

Το βάθος της οροφής του υποβάθρου που προκύπτει από τη γεωφυσική έρευνα αρχίζει από τα 40 m της Ρίζας και φθάνει βυθιζόμενο προς τα ανατολικά μέχρι πάνω από 600 m, στην περιοχή ρέματος Λογγιές.

5.3 Γεωθερμικά στοιχεία περιοχής έρευνας

Είναι γνωστό ότι στις περιοχές με έντονη τεκτονική και κυρίαρχες εφελκυστικές τάσεις, η κυκλοφορία των ρευστών και επομένως η μεταφορά θερμότητας προς την επιφάνεια, γίνεται από τα κάθετα ή σχεδόν κάθετα ενεργά ρήγματα.

Επίσης το νερό, κατά την κάθοδο του μέσω βαθιών ρηγμάτων σε αρκετά βαθύτερους ορίζοντες, αποκτά υψηλές θερμοκρασίες λόγω της γεωθερμικής βαθμίδας.

Οι θερμομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε νερά πηγών και γεωτρήσεων, βοήθησαν στη κατασκευή χαρτών ισόθερμων καμπυλών σε βάθη 60 m και 80 m (Εικόνα 17, Εικόνα 18) της υπό έρευνα περιοχής. Η μελέτη και αξιολόγηση των ισόθερμων καμπυλών του χάρτη και σε συνδυασμό με τα στοιχεία των τεκτονικών και γεωφυσικών δεδομένων δείχνουν ότι υπάρχουν ισχυρά στοιχεία που επιτρέπουν να συμπεράνουμε ότι το γεωθερμικό πεδίο Ρίζας Αντιρρίου επεκτείνεται προς τα Ανατολικά, προς τα χωριά Μακύνεια και Μολύκριο σε μεγαλύτερο βάθος, λόγω βύθισης των σχηματισμών της αντικλινικής δομής της Κλόκοβας προς ανατολάς και αύξησης του πάχους του φλύσχη.

5.4 Γεωχημική έρευνα

Στα πλαίσια της γεωθερμικής έρευνας στην ευρύτερη περιοχή Ρίζας Αντιρρίου έγινε συλλογή μεγάλου αριθμού δειγμάτων από την περιοχή έρευνας.

Στον Πίνακας 3 δίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα των δειγμάτων ψυχρών και υπόθερμων νερών, θερμοκρασίας 16,6-22,2°C, από την ευρύτερη περιοχή Ρίζας Αντιρρίου. Στον Πίνακας 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερών, που ελήφθησαν από την παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΛΠ-1 κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών αντλήσεων καθώς και δείγματος θαλασσινού νερού από την περιοχή. Για τη γεωθερμική γεώτρηση ΓΛΠ-1 επιλέγεται ως το πλέον αντιπροσωπευτικό δείγμα νερού το Δ-52, δηλ. αυτό που ελήφθη στο πέρας της δοκιμαστικής άντλησης διάρκειας 60 min και με σταθερή παροχή $Q=93 \text{ m}^3/\text{h}$. Τέλος, στον Πίνακας 5 παρατίθενται συγκριτικά τα αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερών που προέρχονται από πηγές και γεωτρήσεις της περιοχής Κάτω Βασιλικής, που βρίσκεται σε απόσταση ~6 km δυτικά της περιοχής έρευνας. Οι δειγματοληψίες των ψυχρών και υπόθερμων νερών Ρίζας Αντιρρίου και Κάτω Βασιλικής πραγματοποιήθηκαν κατά την περίοδο Φεβρουάριος 2004 - Ιούνιος 2005, των δειγμάτων της γεωθερμικής γεώτρησης ΓΛΠ-1 στις 9-10/11/2006, ενώ το δείγμα θαλασσινού νερού ελήφθη συμπληρωματικά στις 29/10/2007.

Στους πίνακες αυτούς τα δεδομένα εκφράζονται σε mg/l, meq/l και %meq/l. Εκτός από τις χημικές παραμέτρους παρατίθενται και οι σημαντικότερες φυσικοχημικές παράμετροι κάθε δείγματος, όπως η θερμοκρασία, η αγωγιμότητα, το pH, το Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (Σ.Δ.Α. ή TDS), η αλκαλικότητα P, η αλκαλικότητα M, η ολική σκληρότητα (σε °f), η ανθρακική σκληρότητα (σε °f) και η μη ανθρακική σκληρότητα (σε °f). Οι τιμές του Συνόλου Διαλυμένων Αλάτων (Σ.Δ.Α. ή T.D.S.) σε mg/l έχουν υπολογισθεί αθροίζοντας τις συγκεντρώσεις των κατιόντων και ανιόντων (συμπεριλαμβανομένων και του SiO_2 και B), αλλά λαμβάνοντας για τα HCO_3^- το γινόμενο $0,49 \times [\text{συγκέντρωση } \text{HCO}_3^- \text{ σε mg/l}]$ και όχι τη συνολική περιεκτικότητα του νερού σε HCO_3^- . Όλες οι τιμές του Σ.Δ.Α. της παρούσας εργασίας υπολογίσθηκαν όπως προαναφέρθηκε. Τέλος, πραγματοποιήθηκε έλεγχος των αναλύσεων για να διαπιστωθεί η ορθότητα της αναλυτικής διαδικασίας και να διαφανεί τυχόν σφάλμα αυτής (Λαμπράκης, 1994). Το σφάλμα από το ισοζύγιο των θετικών και αρνητικών φορτίων δεν πρέπει να υπερβαίνει το 5-7%, προκειμένου το αποτέλεσμα της χημικής ανάλυσης να θεωρηθεί αξιόπιστο. Το σφάλμα ισοζυγίου (ή αναλυτικό σφάλμα) αναγράφεται στην τελευταία σειρά των πινάκων.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων ψυχρών και υπόθερμων νερών πηγών και γεωτρήσεων περιοχής Ρίζας Αντιρρίου

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 1	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 2 (και δείγμα Δ-23)		ΠΗΓΑΔΙ Δ - 3	ΠΗΓΑΔΙ Δ - 4 (και δείγμα Δ-24)		ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 5	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 6	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 7	ΠΗΓΑΔΙ Δ - 8	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	18/10/2004	Δ - 2 (22/4/2004)	Δ - 23 (18/10/2004)	22/4/2004	Δ - 4 (22/4/2004)	Δ - 24 (18/10/2004)	22/4/2004	22/4/2004	22/4/2004	22/4/2004	
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ											
T(°C)	19,9	19,7	19,7	17,6	19,7	19,7	20,2	20,7	19,2	19,0	
Τνερού στο εργαστήριο (°C)	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	
Αγωγιμότητα (μS/cm) (στους 25°C)	1350	1356	1354	1458	842	846,0	1048	1130	832	750	
pH (στους 25°C)	7,40	7,40	7,30	7,80	7,80	7,70	7,60	7,60	7,50	7,50	
Σ.Δ.Α. (ή T.D.S.) (mg/L)	755,2	750,1	752,5	853,51	478,2	479,04	549,9	618,8	440,23	394,8	
Αλκαλικότητα (P)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ολική Σκληρότητα (°f)	41,67	41,62	41,70	55,00	33,00	33,36	31,40	32,03	35,40	33,01	
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)	38,11	37,78	37,78	20,74	20,98	21,23	31,40	32,03	33,77	31,47	
Μη ανθρακική σκληρότητα (°f)	3,56	3,84	3,92	34,26	12,02	12,13	0,00	0,00	1,63	1,54	
Αλκαλικότητα M	7,62	7,56	7,56	4,15	4,20	4,25	6,51	7,24	6,75	6,29	
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ											
ΚΑΤΙΟΝΤΑ											
Na ⁺	mg/l meq/l %meq/l	125,000 5,438 39,347	122,000 5,307 38,797	126,000 5,481 39,515	80,500 3,502 23,861	46,000 2,001 23,132	46,100 2,005 22,974	92,000 4,002 38,692	115,000 5,003 43,656	29,900 1,301 15,472	21,600 0,940 12,413
K ⁺	mg/l meq/l %meq/l	0,800 0,021 0,152	0,800 0,021 0,154	0,900 0,023 0,166	6,300 0,161 1,097	1,600 0,041 0,474	1,600 0,041 0,470	1,600 0,041 0,396	0,800 0,021 0,183	0,800 0,021 0,250	0,800 0,021 0,277
Ca ²⁺	mg/l meq/l %meq/l	64,300 3,209 23,219	64,100 3,199 23,387	64,400 3,214 23,171	109,000 5,439 37,059	56,100 2,799 32,357	57,200 2,854 32,702	86,600 4,321 41,776	85,000 4,242 37,016	96,200 4,800 57,082	96,200 4,800 63,383
Mg ²⁺	mg/l meq/l %meq/l	62,300 5,125 37,082	62,300 5,125 37,467	62,300 5,125 36,948	67,600 5,561 37,890	46,200 3,800 43,929	46,400 3,817 43,736	23,800 1,958 18,930	26,300 2,163 18,874	27,700 2,279 27,102	21,900 1,802 23,795
Li ⁺	mg/l meq/l %meq/l	0,016 0,002 0,014	0,016 0,002 0,015	0,016 0,002 0,014	0,012 0,002 0,014	0,010 0,001 0,012	0,010 0,001 0,012	0,012 0,002 0,019	0,035 0,005 0,044	< 0,010	0,012 0,002 0,026
Sr ²⁺	mg/l meq/l %meq/l	0,376 0,009 0,065	0,374 0,009 0,066	0,373 0,009 0,065	0,475 0,011 0,075	0,300 0,007 0,081	0,300 0,007 0,080	0,720 0,016 0,155	0,360 0,008 0,070	0,306 0,007 0,083	0,251 0,006 0,079
Ba ²⁺	mg/l meq/l %meq/l	0,053 0,0008 0,006	0,052 0,0008 0,006	0,055 0,0008 0,006	0,043 0,0006 0,004	0,030 0,0004 0,005	0,030 0,0004 0,005	0,014 0,0002 0,002	0,158 0,002 0,017	0,065 0,001 0,012	0,093 0,001 0,013
Al ³⁺	mg/l meq/l %meq/l	0,140 0,016 0,116	0,139 0,015 0,110	0,143 0,016 0,115	< 0,010 0,001 0,012	0,013 0,001 0,012	0,014 0,002 0,023	0,026 0,003 0,029	0,141 0,016 0,140	< 0,010	0,012 0,001 0,013
Cu ²⁺	mg/l meq/l %meq/l	< 0,005 ---- ----	---- ---- ----	< 0,005 ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	< 0,005 ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----
NH ₄	mg/l meq/l %meq/l	< 0,260 ---- ----	---- ---- ----	< 0,260 ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	< 0,260 ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ	meq/l %meq/l	13,8208 100,00	13,6788 100,00	13,8708 100,00	14,6766 100,00	8,6504 100,00	8,7274 100,00	10,3432 100,00	11,460 100,00	8,409 100,00	7,573 100,00
ΑΝΙΟΝΤΑ											
Cl ⁻	mg/l meq/l %meq/l	92,300 2,604 19,090	92,200 2,601 19,152	92,400 2,607 19,261	216,000 6,093 41,230	95,700 2,700 30,960	95,200 2,686 30,796	113,000 3,188 30,838	106,000 2,990 26,348	35,500 1,001 11,763	24,800 0,700 9,138
HCO ₃ ⁻	mg/l meq/l %meq/l	465,000 7,621 55,868	461,000 7,556 55,637	461,000 7,556 55,826	253,000 4,147 28,062	256,000 4,196 48,114	259,000 4,245 48,670	397,000 6,507 62,943	442,000 7,244 63,835	412,000 6,753 79,354	384,000 6,294 82,167
CO ₃ ²⁻	mg/l meq/l %meq/l	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000
SO ₄ ²⁻	mg/l meq/l %meq/l	145,000 3,019 22,131	144,000 2,998 22,075	143,000 2,977 21,995	144,000 2,998 20,287	52,800 1,099 12,602	52,700 1,097 12,577	29,800 0,620 5,997	47,500 0,989 8,715	35,500 0,739 8,684	31,200 0,650 8,486
F ⁻	mg/l meq/l %meq/l	---- ---- ----	0,340 0,018 0,133	---- ---- ----	0,390 0,021 0,142	0,350 0,018 0,206	---- ---- ----	0,210 0,011 0,106	0,280 0,015 0,132	0,240 0,013 0,153	0,250 0,013 0,170
Br ⁻	mg/l meq/l %meq/l	---- ---- ----	0,640 0,008 0,059	---- ---- ----	1,510 0,019 0,129	0,670 0,008 0,092	---- ---- ----	0,950 0,012 0,116	0,780 0,010 0,088	0,300 0,004 0,047	0,210 0,003 0,039
NO ₃ ⁻	mg/l meq/l %meq/l	24,600 0,397 2,910	24,800 0,400 2,945	24,500 0,395 2,918	93,000 1,500 10,150	43,400 0,700 8,027	43,000 0,694 7,957	0,000 0,000 0,000	6,200 0,100 0,881	0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000
NO ₂ ⁻	mg/l meq/l %meq/l	< 0,050 ---- ----	---- ---- ----	< 0,050 ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	< 0,050 ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----	---- ---- ----
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ	meq/l %meq/l	13,641 100,00	13,581 100,00	13,535 100,00	14,778 100,00	8,721 100,00	8,722 100,00	10,338 100,00	11,348 100,00	8,510 100,00	7,660 100,00
SiO ₂	mg/l	11,9	11,9	12,0	10,5	9,3	9,3	6,4	13,3	10,8	9,0
B	mg/l	0,249	0,247	0,250	0,059	0,047	0,048	0,047	0,046	0,034	0,027
Fe (ολικ)	mg/l	0,297	0,295	0,295	0,152	0,225	0,223	0,225	0,313	1,0	0,240
As	μg/l	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Hg	μg/l	< 1,0	----	< 1,0	----	----	< 1,0	----	----	----	----
U	μg/l	< 5,0	----	< 5,0	----	----	< 5,0	----	----	----	----
Αναλυτικό σφάλμα	%	+ 0,65	+ 0,36	+ 1,23	- 0,34	- 0,41	+ 0,03	+ 0,03	+ 0,49	- 0,60	- 0,57

Πίνακας 3 (συνέχεια): Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων ψυχρών και υπόθερμων νερών πηγών και γεωτρήσεων περιοχής Ρίζας Αντιρρίου

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΠΗΓΗ Δ - 13	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 14	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 15	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 16	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 17	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 18 (η Δ - 25)		ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 19 (η Δ - 39)		ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 26 (η Δ - 38)		
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		28/2/2004	22/4/2004	22/4/2004	22/4/2004	22/4/2004	Δ - 18 (22/4/2004)	Δ - 25 (18/10/2004)	Δ - 19 (22/4/2004)	Δ - 39 (19/5/2005)	Δ - 26 (18/10/2004)	Δ - 38 (19/5/2005)	
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ													
Τ(°C)		16,6	17,6	20,0	18,7	17,5	19,9	19,9	18,3	17,9	22,2	22,2	
Τνερού στο εργαστήριο (°C)		---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
Αγωγιμότητα (μS/cm) (στους 25°C)		766	2003	1335	1643	1510	1006	1006	596	510	693	694	
pH (στους 25°C)		7,40	7,60	7,60	7,50	7,70	7,70	7,70	7,80	7,50	7,80	7,80	
Σ.Δ.Α. (ή T.D.S.) (mg/L)		431,7	1105,44	718,7	929,73	791,21	542,65	544,3	305,71	313,9	415,4	414,4	
Αλκαλικότητα (P)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ολική Σκληρότητα (°f)		33,22	89,12	27,02	63,09	51,61	31,98	32,08	25,42	22,60	29,99	29,91	
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		33,22	28,03	27,02	45,73	39,17	31,80	31,96	22,70	19,51	29,00	29,91	
Μη ανθρακική σκληρότητα (°f)		0,00	61,09	0,00	17,36	12,44	0,18	0,12	2,72	3,09	0,00	0,00	
Αλκαλικότητα M		7,51	5,61	7,83	9,15	7,83	6,36	6,39	4,54	3,90	6,31	6,29	
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ													
ΚΑΤΙΟΝΤΑ													
Na ⁺	mg/l	36,800	10,100	172,000	103,000	103,000	77,700	78,000	14,700	23,000	36,900	36,800	
	meq/l	1,600	0,439	7,482	4,481	4,481	3,380	3,393	0,640	1,001	1,605	1,601	
	%meq/l	19,215	2,396	56,277	26,142	30,204	34,416	34,429	11,128	17,921	20,855	20,857	
K ⁺	mg/l	2,300	1,600	1,600	0,800	0,800	0,800	0,800	0,800	2,300	3,100	3,100	
	meq/l	0,059	0,041	0,041	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,059	0,079	0,079	
	%meq/l	0,709	0,224	0,308	0,123	0,142	0,214	0,213	0,365	1,056	1,027	1,029	
Ca ²⁺	mg/l	96,200	297,000	52,900	119,000	89,800	72,100	72,200	52,900	60,900	77,000	77,000	
	meq/l	4,800	14,820	2,640	5,938	4,481	3,598	3,603	2,640	3,039	3,842	3,842	
	%meq/l	57,644	80,895	19,857	34,642	30,204	36,636	36,560	45,902	54,409	49,922	50,052	
Mg ²⁺	mg/l	22,400	36,500	33,600	81,200	71,000	34,000	34,200	29,700	18,000	26,200	26,000	
	meq/l	1,843	3,003	2,764	6,680	5,840	2,797	2,813	2,443	1,481	2,155	2,139	
	%meq/l	22,133	16,392	20,790	38,971	39,364	28,480	28,544	42,477	26,515	28,002	27,866	
Li ⁺	mg/l	0,037	0,014	0,025	< 0,010	< 0,010	0,021	0,021	< 0,010	< 0,005	0,014	0,014	
	meq/l	0,005	0,002	0,004			0,003	0,003			0,002	0,002	
	%meq/l	0,060	0,011	0,030			0,031	0,030			0,026	0,026	
Sr ²⁺	mg/l	0,650	0,629	0,521	0,670	0,528	0,338	0,340	0,132	0,172	0,395	0,390	
	meq/l	0,015	0,014	0,012	0,015	0,012	0,008	0,008	0,003	0,004	0,009	0,009	
	%meq/l	0,180	0,076	0,090	0,088	0,081	0,082	0,081	0,052	0,072	0,117	0,117	
Ba ²⁺	mg/l	0,320	0,060	0,120	0,059	0,068	0,055	0,055	0,026	0,036	0,208	0,208	
	meq/l	0,005	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0004	0,0005	0,003	0,003	
	%meq/l	0,060	0,006	0,015	0,006	0,007	0,010	0,010	0,007	0,009	0,039	0,039	
Al ³⁺	mg/l	< 0,010	< 0,010	3,150	0,043	< 0,010	0,117	0,119	0,038	0,009	0,011	0,010	
	meq/l			0,350	0,005		0,013	0,013	0,004	0,001	0,001	0,001	
	%meq/l			2,633	0,029		0,132	0,132	0,070	0,018	0,013	0,013	
Cu ²⁺	mg/l	---	---	---	---	---	---	< 0,005	---	< 0,005	< 0,005	< 0,005	
	meq/l	---	---	---	---	---	---		---				
	%meq/l	---	---	---	---	---	---		---				
NH ₄	mg/l	---	---	---	---	---	---	< 0,260	---	< 0,260	< 0,260	< 0,260	
	meq/l	---	---	---	---	---	---		---				
	%meq/l	---	---	---	---	---	---		---				
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ		meq/l	8,327	18,320	13,295	17,141	14,836	9,821	9,855	5,7514	5,5855	7,696	7,676
		%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
ΑΝΙΟΝΤΑ													
Cl ⁻	mg/l	17,700	184,000	135,000	149,000	142,000	74,500	74,600	17,700	23,000	28,500	28,400	
	meq/l	0,499	5,191	3,808	4,203	4,006	2,102	2,104	0,499	0,649	0,804	0,801	
	%meq/l	6,065	28,327	29,485	24,377	27,049	21,342	21,304	8,680	11,802	10,572	10,562	
HCO ₃ ⁻	mg/l	458,000	342,000	478,000	558,000	478,000	388,000	390,000	277,000	238,000	385,000	384,000	
	meq/l	7,507	5,605	7,834	9,146	7,834	6,359	6,392	4,540	3,901	6,310	6,294	
	%meq/l	91,237	30,587	60,658	53,045	52,897	64,565	64,723	78,970	70,940	82,972	82,991	
CO ₃ ²⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	%meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
SO ₄ ²⁻	mg/l	9,600	255,000	50,400	157,000	139,000	53,800	53,900	33,600	45,600	23,600	23,500	
	meq/l	0,200	5,309	1,049	3,269	2,894	1,120	1,122	0,700	0,949	0,491	0,489	
	%meq/l	2,431	28,971	8,122	18,960	19,541	11,372	11,361	12,176	17,258	6,456	6,448	
F ⁻	mg/l	0,420	0,200	0,200	0,190	0,210	0,200	---	0,160	---	---	---	
	meq/l	0,022	0,011	0,011	0,010	0,011	0,011	---	0,008	---	---	---	
	%meq/l	0,267	0,060	0,085	0,058	0,074	0,112	---	0,139	---	---	---	
Br ⁻	mg/l	< 0,005	1,180	1,030	1,140	1,200	0,590	---	0,160	---	---	---	
	meq/l		0,015	0,013	0,014	0,015	0,007	---	0,002	---	---	---	
	%meq/l		0,082	0,101	0,081	0,101	0,071	---	0,035	---	---	---	
NO ₃ ⁻	mg/l	0,000	136,000	12,400	37,200	3,100	15,500	16,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	meq/l	0,000	2,194	0,200	0,600	0,050	0,250	0,258	0,000	0,000	0,000	0,000	
	%meq/l	0,000	11,973	1,549	3,480	0,338	2,538	2,612	0,000	0,000	0,000	0,000	
NO ₂ ⁻	mg/l	---	---	---	---	---	---	< 0,050	---	< 0,050	< 0,050	< 0,050	
	meq/l	---	---	---	---	---	---		---				
	%meq/l	---	---	---	---	---	---		---				
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ		meq/l	8,228	18,325	12,915	17,242	14,810	9,849	9,876	5,749	5,499	7,605	7,584
		%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	
SiO ₂		mg/l	20,6	15,5	11,3	6,8	5,9	22,6	22,7	17,6	18,0	28,3	28,3
B		mg/l	0,240	0,077	0,203	0,101	0,101	0,045	0,047	0,019	0,016	0,035	0,034
Fe (ολικ)		mg/l	< 0,080	< 0,080	10,000	0,110	0,280	0,160	0,163	2,440	6,200	2,445	2,440
As		μg/l	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	
Hg		μg/l	< 0,5	---	---	---	---	< 1,0	---	< 1,0	< 1,0	< 1,0	
U		μg/l	---	---	---	---	---	< 5,0	---	< 5,0	< 5,0	< 5,0	
Αναλυτικό σφάλμα		%	+ 0,60	- 0,01	+ 1,45	- 0,29	+ 0,09	- 0,14	- 0,11	+ 0,02	+ 0,78	+ 0,59	+ 0,60

Πίνακας 3 (συνέχεια): Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων ψυχρών και υπόθερμων νερών πηγών και γεωτρήσεων περιοχής Ρίζας Αντιρρίου

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 2 7 (Θ-1)	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 2 8	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 2 9	ΠΗΓΑΔΙ Δ - 3 0	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 3 1	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 3 2	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 3 3	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 3 4	ΠΗΓΑΔΙ Δ - 3 5
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		18/10/2004	18/10/2004	18/10/2004	17/5/2005	17/5/2005	17/5/2005	17/5/2005	18/5/2005	18/5/2005
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ										
Τ(°C)		18,1	19,7	19,8	16,9	18,9	18,5	19,4	20,4	20,1
Τνερού στο εργαστήριο (°C)		----	----	----	----	----	----	----	----	----
Αγωγιμότητα (μS/cm) (στους 25°C)		696	1045	1134	1530	2142	1938	7,60	969	663
pH (στους 25°C)		7,80	7,60	7,60	7,60	7,30	7,30	969	7,80	459
Σ.Δ.Α. (ή T.D.S.) (mg/L)		416,2	551,5	620,6	912,1	1317,6	1054,5	554,7	382,1	263
Αλκαλικότητα (P)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολική Σκληρότητα (°f)		30,01	31,42	32,05	44,29	45,11	66,22	36,02	19,50	20,58
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		30,01	31,42	32,05	39,01	45,11	30,49	30,49	19,50	20,00
Μη ανθρακική σκληρότητα (°f)		0,00	0,00	0,00	5,28	0,00	35,73	5,53	0,00	0,58
Αλκαλικότητα M		6,33	6,52	7,29	7,80	10,51	6,10	6,10	5,00	4,00
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ										
ΚΑΤΙΟΝΤΑ										
Na ⁺	mg/l	37,000	92,200	116,000	156,000	308,000	126,000	63,200	64,400	13,800
	meq/l	1,610	4,011	5,046	6,786	13,398	5,481	2,749	2,801	0,600
	%meq/l	20,893	38,723	43,840	43,273	59,544	29,187	27,512	41,453	12,463
K ⁺	mg/l	3,100	1,600	0,900	0,800	0,800	1,600	0,800	0,800	2,300
	meq/l	0,079	0,041	0,023	0,021	0,021	0,041	0,021	0,021	0,059
	%meq/l	1,025	0,396	0,200	0,134	0,093	0,218	0,210	0,311	1,226
Ca ²⁺	mg/l	77,100	86,700	85,100	115,000	115,000	198,000	101,000	46,500	67,300
	meq/l	3,847	4,326	4,247	5,739	5,739	9,880	5,040	2,320	3,358
	%meq/l	49,922	41,764	36,898	36,596	25,505	52,612	50,440	34,335	69,753
Mg ²⁺	mg/l	26,200	23,800	26,300	37,900	39,900	40,900	26,300	19,200	9,200
	meq/l	2,155	1,958	2,163	3,118	3,282	3,364	2,163	1,579	0,757
	%meq/l	27,965	18,903	18,792	19,883	14,586	17,914	21,647	23,368	15,724
Li ⁺	mg/l	0,015	0,013	0,033	0,024	0,035	0,009	0,007	0,016	< 0,005
	meq/l	0,002	0,002	0,005	0,003	0,005	0,001	0,001	0,002	
	%meq/l	0,026	0,019	0,043	0,019	0,022	0,005	0,010	0,030	
Sr ²⁺	mg/l	0,397	0,725	0,365	0,521	0,660	0,383	0,354	0,269	0,290
	meq/l	0,009	0,017	0,008	0,012	0,015	0,009	0,008	0,006	0,007
	%meq/l	0,117	0,164	0,070	0,077	0,067	0,048	0,080	0,089	0,145
Ba ²⁺	mg/l	0,210	0,015	0,158	0,047	0,066	0,076	0,068	0,042	0,064
	meq/l	0,003	0,0002	0,002	0,0007	0,001	0,001	0,001	0,001	0,0009
	%meq/l	0,039	0,002	0,017	0,004	0,004	0,005	0,010	0,015	0,019
Al ³⁺	mg/l	0,012	0,027	0,143	0,020	0,363	0,014	0,084	0,245	0,285
	meq/l	0,001	0,003	0,016	0,002	0,040	0,002	0,009	0,027	0,032
	%meq/l	0,013	0,029	0,139	0,013	0,178	0,011	0,090	0,400	0,665
Cu ²⁺	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,010	0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,006
	meq/l				0,0002	0,0002				0,0002
	%meq/l				0,002	0,001				0,004
NH ₄	mg/l	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260
	meq/l									
	%meq/l									
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ	meq/l	7,706	10,3582	11,510	15,6819	22,5012	18,779	9,992	6,757	4,8141
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ΑΝΙΟΝΤΑ										
Cl ⁻	mg/l	28,500	115,000	106,000	167,000	230,000	379,000	88,600	44,300	14,200
	meq/l	0,804	3,244	2,990	4,711	6,488	10,692	2,499	1,250	0,401
	%meq/l	10,548	31,237	26,286	29,786	28,964	56,607	24,755	18,251	8,149
HCO ₃ ⁻	mg/l	386,000	398,000	445,000	476,000	641,000	372,000	372,000	305,000	244,000
	meq/l	6,327	6,523	7,294	7,802	10,506	6,097	6,097	4,999	3,999
	%meq/l	83,010	62,812	64,123	49,330	46,902	32,280	60,396	72,989	81,264
CO ₃ ²⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	%meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SO ₄ ²⁻	mg/l	23,600	29,700	47,600	101,000	202,000	76,800	67,200	24,000	25,000
	meq/l	0,491	0,618	0,991	2,103	4,206	1,599	1,399	0,500	0,521
	%meq/l	6,442	5,951	8,712	13,297	18,777	8,466	13,858	7,300	10,587
F ⁻	mg/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----
Br ⁻	mg/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----	----	----	----
NO ₃ ⁻	mg/l	0,000	0,000	6,200	74,400	74,400	31,000	6,200	6,200	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,100	1,200	1,200	0,500	0,100	0,100	0,000
	%meq/l	0,000	0,000	0,879	7,587	5,357	2,647	0,991	1,460	0,000
NO ₂ ⁻	mg/l	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
	meq/l									
	%meq/l									
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ	meq/l	7,622	10,385	11,375	15,816	22,400	18,888	10,095	6,849	4,921
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SiO ₂	mg/l	28,4	6,4	13,4	25,6	31,8	18,2	18,5	26,4	10,6
B	mg/l	0,036	0,048	0,045	0,527	0,086	0,032	0,068	0,044	0,034
Fe (ολικ)	mg/l	2,448	0,225	0,315	< 0,100	0,350	0,210	< 0,100	0,260	0,300
As	μg/l	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Hg	μg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
U	μg/l	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Αναλυτικό σφάλμα	%	+ 0,55	- 0,13	+ 0,59	- 0,43	+ 0,23	- 0,29	- 0,51	- 0,68	- 1,10

Πίνακας 3 (συνέχεια - τέλος): Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων ψυχρών και υπόθερμων νερών πηγών και γεωτρήσεων περιοχής Ρίζας Αντιρρίου

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	ΠΗΓΑΔΙ Δ - 3 6	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 3 7	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 4 0	ΠΗΓΗ Δ - 4 1	ΠΗΓΑΔΙ Δ - 4 2	ΠΗΓΗ Δ - 4 3	ΠΗΓΗ Δ - 4 4	ΠΗΓΗ Δ - 4 5	
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	18/5/2005	18/5/2005	21/6/2005	22/6/2005	22/6/2005	22/6/2005	23/6/2005	23/6/2005	
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ									
T(°C)	19,2	20,9	19,5	17,8	18,2	20,8	20,1	17,8	
Τνερού στο εργαστήριο (°C)	----	----	----	----	----	----	----	----	
Αγωγιμότητα (μS/cm) (στους 25°C)	969	714	1400	556	556	623	400	500	
pH (στους 25°C)	7,50	7,50	7,30	7,40	7,90	7,50	7,50	7,60	
Σ.Δ.Α. (ή T.D.S.) (mg/L)	598,2	430,5	895,7	333,0	342,5	347,9	267,6	332,9	
Αλκαλικότητα (P)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Ολική Σκληρότητα (°f)	36,85	28,82	65,72	26,02	27,20	28,40	22,03	22,20	
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)	20,98	25,98	25,49	24,51	23,52	25,98	21,80	22,20	
Μη ανθρακική σκληρότητα (°f)	15,87	2,84	40,23	1,51	3,68	2,42	0,23	0,00	
Αλκαλικότητα M	4,20	5,20	5,10	4,90	4,70	5,20	4,36	5,44	
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ									
ΚΑΤΙΟΝΤΑ									
Na ⁺	mg/l	62,100	41,400	55,000	18,000	18,000	17,000	12,900	35,400
	meq/l	2,701	1,801	2,393	0,783	0,783	0,740	0,561	1,540
	%meq/l	26,627	23,589	15,301	12,960	12,477	11,437	11,227	25,413
K ⁺	mg/l	2,300	2,300	1,600	1,600	1,600	1,600	0,800	2,300
	meq/l	0,059	0,059	0,041	0,041	0,041	0,041	0,020	0,059
	%meq/l	0,582	0,773	0,262	0,679	0,653	0,634	0,400	0,974
Ca ²⁺	mg/l	120,000	85,000	180,000	85,000	93,000	97,000	75,400	70,500
	meq/l	5,988	4,242	8,982	4,242	4,641	4,840	3,763	3,518
	%meq/l	59,030	55,561	57,430	70,213	73,953	74,807	75,305	58,053
Mg ²⁺	mg/l	16,800	18,500	50,600	11,700	9,700	10,200	7,800	11,200
	meq/l	1,382	1,522	4,162	0,962	0,798	0,839	0,642	0,921
	%meq/l	13,624	19,935	26,611	15,923	12,716	12,968	12,848	15,198
Li ⁺	mg/l	0,013	0,006	0,017	0,017	0,012	0,011	0,013	0,028
	meq/l	0,002	0,001	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,004
	%meq/l	0,020	0,013	0,019	0,050	0,032	0,031	0,040	0,066
Sr ²⁺	mg/l	0,420	0,252	1,060	0,383	0,294	0,297	0,313	0,590
	meq/l	0,010	0,006	0,024	0,009	0,007	0,007	0,007	0,014
	%meq/l	0,099	0,079	0,153	0,149	0,112	0,108	0,140	0,231
Ba ²⁺	mg/l	0,042	0,028	0,224	0,099	0,038	0,064	0,136	0,309
	meq/l	0,0006	0,0004	0,003	0,0014	0,0006	0,001	0,002	0,004
	%meq/l	0,006	0,005	0,019	0,023	0,010	0,015	0,040	0,066
Al ³⁺	mg/l	0,013	0,031	0,290	< 0,010	0,027	< 0,010	< 0,010	< 0,010
	meq/l	0,0014	0,0034	0,032		0,003			
	%meq/l	0,014	0,045	0,205		0,048			
Cu ²⁺	mg/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005
	meq/l				0,0002				
	%meq/l				0,003				
NH ₄	mg/l	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260
	meq/l								
	%meq/l								
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ	meq/l	10,144	7,6348	15,640	6,0416	6,2756	6,470	4,997	6,060
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ΑΝΙΟΝΤΑ									
Cl ⁻	mg/l	121,000	35,500	188,000	21,000	20,000	16,000	12,400	10,600
	meq/l	3,413	1,001	5,303	0,592	0,564	0,451	0,350	0,299
	%meq/l	34,103	13,625	35,346	9,651	9,295	7,106	7,056	4,869
HCO ₃ ⁻	mg/l	256,000	317,000	311,000	299,000	287,000	317,000	266,000	332,000
	meq/l	4,196	5,196	5,097	4,901	4,704	5,196	4,360	5,442
	%meq/l	41,926	70,723	33,973	79,899	77,521	81,865	87,903	88,618
CO ₃ ²⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	%meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SO ₄ ²⁻	mg/l	57,600	12,000	125,000	26,000	28,800	33,600	12,000	19,200
	meq/l	1,199	0,250	2,603	0,541	0,600	0,700	0,250	0,400
	%meq/l	11,980	3,403	17,350	8,820	9,888	11,029	5,040	6,514
F ⁻	mg/l	----	----	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----	----	----
Br ⁻	mg/l	----	----	----	----	----	----	----	----
	meq/l	----	----	----	----	----	----	----	----
	%meq/l	----	----	----	----	----	----	----	----
NO ₃ ⁻	mg/l	74,400	55,800	124,000	6,200	12,400	0,000	0,000	0,000
	meq/l	1,200	0,900	2,000	0,100	0,200	0,000	0,000	0,000
	%meq/l	11,990	12,250	13,331	1,630	3,296	0,000	0,000	0,000
NO ₂ ⁻	mg/l	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
	meq/l								
	%meq/l								
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ	meq/l	10,008	7,347	15,003	6,134	6,068	6,347	4,960	6,141
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SiO ₂	mg/l	18,0	24,3	16,9	16,4	17,9	16,7	15,4	19,9
B	mg/l	0,041	0,023	0,149	0,089	0,068	0,060	0,068	0,143
Fe (ολικ)	mg/l	< 0,100	< 0,100	0,430	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100	< 0,100
As	μg/l	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Hg	μg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0
U	μg/l	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Αναλυτικό σφάλμα	%	+ 0,67	+ 1,92	+ 2,08	- 0,76	+ 1,68	+ 0,96	+ 0,37	- 0,66

Πίνακας 4: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερών από τη γεωθερμική παραγωγική γεώτρηση ΓΛΠ-1 καθώς και δείγματος θαλασσινού νερού

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		Δείγμα Δ - 4 6	Δείγμα Δ - 4 7	Δείγμα Δ - 4 8	Δείγμα Δ - 4 9	Δείγμα Δ - 5 0	Δείγμα Δ - 5 1	Δείγμα Δ - 5 2	Δείγμα από ΘΑΛΑΣΣΑ	Δείγμα από ΙΟΝΙΟ
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		9/11/2006	9/11/2006	9/11/2006	9/11/2006	9/11/2006	9/11/2006	10/11/2006	29/10/2007	
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ										
Τ(°C)		35,8	35,9	35,9	35,9	35,9	35,7	36,2	---	17,0
Τνερού στο εργαστήριο (°C)		---	---	---	---	---	---	---	---	---
Αγωγιμότητα (μS/cm) (στους 25°C)		57855	58464	58464	58464	58464	58464	58464	59785	55437
pH (στους 25°C)		7,0	7,0	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	8,00	7,50
Σ.Δ.Α. (ή T.D.S.) (mg/L)		46057	43431,6	43600,6	43795,4	45152,8	44803,4	45657	45445	40397,5
Αλκαλικότητα (P)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολική Σκληρότητα (°f)		694,96	690,91	806,97	699,74	861,97	922,32	862,35	740,10	690,01
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		36,22	37,04	36,63	37,29	36,63	36,14	37,54	15,00	13,40
Μη ανθρακική σκληρότητα (°f)		658,74	653,87	770,34	662,45	825,34	886,18	824,81	725,10	676,61
Αλκαλικότητα M		7,24	7,41	7,33	7,46	7,32	7,23	7,51	3,00	2,68
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ										
ΚΑΤΙΟΝΤΑ										
Na ⁺	mg/l	14688,000	13411,000	13028,000	13411,000	13794,000	13411,000	13922,000	14049,000	12643,700
	meq/l	638,928	583,379	566,718	583,379	600,039	583,379	605,607	611,132	550,001
	%meq/l	80,957	79,600	76,639	79,345	76,609	74,915	76,711	79,353	78,786
K ⁺	mg/l	413,000	413,000	413,000	434,000	391,000	391,000	413,000	430,000	391,100
	meq/l	10,560	10,560	10,560	11,097	9,998	9,998	10,560	10,995	10,000
	%meq/l	1,338	1,441	1,428	1,509	1,277	1,284	1,338	1,428	1,433
Ca ²⁺	mg/l	1371,000	1424,000	1360,000	1433,000	1348,000	1186,000	1244,000	970,000	577,200
	meq/l	68,413	71,058	67,864	71,507	67,265	59,181	62,076	48,403	28,802
	%meq/l	8,668	9,696	9,177	9,726	8,588	7,600	7,863	6,285	4,126
Mg ²⁺	mg/l	858,000	816,000	1137,000	832,000	1278,000	1523,000	1342,000	1211,000	1327,500
	meq/l	70,579	67,124	93,530	68,440	105,128	125,282	110,393	99,617	109,200
	%meq/l	8,943	9,159	12,648	9,309	13,422	16,088	13,983	12,935	15,643
Li ⁺	mg/l	0,450	0,490	0,500	0,510	0,510	0,500	0,490	---	0,069
	meq/l	0,065	0,071	0,072	0,073	0,073	0,072	0,071	---	0,010
	%meq/l	0,008	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009	---	0,001
Sr ²⁺	mg/l	29,000	30,000	31,000	32,000	32,000	32,000	32,000	---	3,450
	meq/l	0,662	0,685	0,708	0,731	0,731	0,731	0,731	---	0,079
	%meq/l	0,084	0,093	0,096	0,099	0,093	0,094	0,093	---	0,011
Ba ²⁺	mg/l	0,038	0,040	0,040	0,041	0,042	0,044	0,043	---	---
	meq/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	---	---
	%meq/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	---	---
Mn ²⁺	mg/l	0,020	0,020	0,020	0,021	0,020	0,034	0,022	---	---
	meq/l	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	---	---
	%meq/l	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	---	---
Al ³⁺	mg/l	0,030	0,036	0,037	0,018	0,023	0,620	0,150	---	0,027
	meq/l	0,003	0,004	0,004	0,002	0,003	0,069	0,017	---	0,003
	%meq/l	0,0004	0,0006	0,0005	0,0003	0,0004	0,009	0,002	---	0,0004
Cu ²⁺	mg/l	0,307	0,330	0,340	0,350	0,360	0,360	0,370	---	0,103
	meq/l	0,010	0,010	0,011	0,011	0,011	0,011	0,012	---	0,003
	%meq/l	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	---	0,0004
NH ₄	mg/l	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	---
	meq/l									---
	%meq/l									---
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ	meq/l	789,222	732,893	739,469	735,242	783,250	778,725	789,469	770,147	698,098
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ΑΝΙΟΝΤΑ										
Cl ⁻	mg/l	25528,000	24819,000	25067,000	24855,000	25706,000	25528,000	26060,000	23046,000	22066,700
	meq/l	720,145	700,144	707,140	701,160	725,166	720,145	735,153	650,128	622,502
	%meq/l	91,332	92,732	92,682	92,026	92,752	92,395	92,737	84,417	89,699
HCO ₃ ⁻	mg/l	442,000	452,000	447,000	455,000	447,000	441,000	458,000	183,000	163,500
	meq/l	7,244	7,408	7,326	7,457	7,326	7,228	7,507	2,999	2,680
	%meq/l	0,919	0,981	0,960	0,979	0,937	0,927	0,947	0,389	0,386
CO ₃ ²⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	%meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SO ₄ ²⁻	mg/l	2935,000	2280,000	2330,000	2560,000	2370,000	2500,000	2405,000	5620,000	3305,000
	meq/l	61,107	47,470	48,511	53,299	49,343	52,050	50,072	117,008	68,810
	%meq/l	7,750	6,287	6,358	6,995	6,311	6,678	6,316	15,193	9,915
F ⁻	mg/l	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	meq/l	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	%meq/l	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Br ⁻	mg/l	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	meq/l	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	%meq/l	---	---	---	---	---	---	---	---	---
NO ₃ ⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	%meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NO ₂ ⁻	mg/l	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	---
	meq/l									---
	%meq/l									---
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ	meq/l	788,496	755,022	762,977	761,916	781,835	779,423	792,732	770,135	693,992
	%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SiO ₂	mg/l	14,6	13,8	12,8	12,5	12,0	12,5	11,6	29,0	2,30
B	mg/l	2,430	1,930	1,420	1,400	1,360	1,250	1,230	---	---
Fe (ολικ)	mg/l	0,570	0,450	0,440	0,560	0,450	1,000	0,650	---	0,210
As	μg/l	---	---	---	---	---	---	---	---	< 10,0
Hg	μg/l	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	---	< 1,0
U	μg/l	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	---	---
Αναλυτικό σφάλμα	%	+ 0,05	- 1,49	+ 1,56	+ 1,78	+ 0,09	- 0,04	- 0,21	+ 0,001	+ 0,30

Πίνακας 5: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερών από πηγές και γεωτρήσεις της περιοχής Κάτω Βασιλικής, δυτικά της περιοχής έρευνας

ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		ΠΗΓΗ Δ - 9	ΠΗΓΗ Δ - 1 0	ΠΗΓΗ Δ - 1 1	ΠΗΓΗ Δ - 1 2	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 2 0	ΓΕΩΤΡΗΣΗ Δ - 2 1
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ		18/2/2004	18/2/2004	18/2/2004	18/2/2004	22/4/2004	22/4/2004
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ							
Τ(°C)		18,5	18,5	20,0	17,4	17,8	17,0
Τνερού στο εργαστήριο (°C)		---	---	---	---	---	---
Αγωγιμότητα (μS/cm) (στους 25°C)		15428	15428	22344	851	965	1017
pH (στους 25°C)		7,30	7,60	7,40	7,30	7,70	7,60
Σ.Δ.Α. (ή T.D.S.) (mg/L)		8983,05	8880,2	13586,5	489,04	525,8	559
Αλκαλικότητα (P)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ολική Σκληρότητα (°f)		176,35	156,07	258,11	40,71	43,00	47,81
Ανθρακική Σκληρότητα (°f)		21,80	25,00	28,52	36,72	35,57	33,44
Μη ανθρακική σκληρότητα (°f)		154,55	131,07	229,59	3,99	7,43	14,37
Αλκαλικότητα M		4,36	5,00	5,70	7,34	7,11	6,69
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ							
ΚΑΤΙΟΝΤΑ							
Na ⁺	mg/l	2690,000	2713,000	4115,000	23,000	31,300	23,000
	meq/l	117,015	118,016	179,003	1,001	1,362	1,001
K ⁺	mg/l	125,100	132,900	172,000	3,100	1,600	0,800
	meq/l	3,199	3,398	4,398	0,079	0,041	0,020
Ca ²⁺	mg/l	265,000	281,000	385,000	131,000	72,100	75,400
	meq/l	13,224	14,022	19,212	6,537	3,598	3,762
Mg ²⁺	mg/l	268,000	209,000	394,000	19,500	60,800	70,500
	meq/l	22,046	17,192	32,410	1,604	5,001	5,799
Li ⁺	mg/l	0,067	0,071	0,098	0,015	< 0,010	0,010
	meq/l	0,010	0,010	0,014	0,002		0,001
Sr ²⁺	mg/l	3,300	3,500	5,000	0,450	0,330	0,404
	meq/l	0,075	0,080	0,114	0,010	0,008	0,009
Ba ²⁺	mg/l	0,021	0,012	0,024	0,059	0,064	0,074
	meq/l	0,0003	0,0002	0,0003	0,001	0,001	0,001
Mn ²⁺	mg/l	---	---	---	---	---	---
	meq/l	---	---	---	---	---	---
Al ³⁺	mg/l	0,011	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,117
	meq/l	0,001	0,001				0,013
Cu ²⁺	mg/l	---	---	---	---	---	---
	meq/l	---	---	---	---	---	---
NH ₄	mg/l	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260	< 0,260
	meq/l						
ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΤΙΟΝΤΩΝ		meq/l	155,5703	152,7192	235,1513	9,234	10,011
		%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
ΑΝΙΟΝΤΑ							
Cl ⁻	mg/l	4964,000	4822,000	7517,000	37,200	35,500	42,500
	meq/l	140,034	136,029	212,055	1,049	1,001	1,199
HCO ₃ ⁻	mg/l	266,000	305,000	348,000	448,000	434,000	408,000
	meq/l	4,360	4,999	5,704	7,343	7,113	6,687
CO ₃ ²⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SO ₄ ²⁻	mg/l	528,000	562,000	817,000	38,400	71,100	101,000
	meq/l	10,993	11,701	17,010	0,799	1,480	2,103
F ⁻	mg/l	0,480	0,420	0,480	0,500	0,160	0,150
	meq/l	0,025	0,022	0,025	0,003	0,008	0,008
Br ⁻	mg/l	0,0407	0,0391	0,0593	< 0,005	0,310	0,410
	meq/l	0,0005	0,0005	0,0007		0,004	0,005
NO ₃ ⁻	mg/l	0,000	0,000	0,000	0,000	24,800	31,000
	meq/l	0,000	0,000	0,000	0,000	0,400	0,500
NO ₂ ⁻	mg/l	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050	< 0,050
	meq/l						
ΣΥΝΟΛΟ ΑΝΙΟΝΤΩΝ		meq/l	155,4125	152,7515	234,7947	9,194	10,006
		%meq/l	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
SiO ₂		mg/l	8,0	6,2	9,8	16,2	13,5
B		mg/l	0,540	0,530	0,430	0,100	0,050
Fe (ολικ)		mg/l	0,130	< 0,080	0,090	< 0,080	< 0,010
As		μg/l	18,0	20,0	28,0	< 5,0	< 5,0
Hg		μg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
U		μg/l	---	---	---	---	---
Αναλυτικό σφάλμα		%	+ 0,05	- 0,01	+ 0,08	+ 0,22	+ 0,49

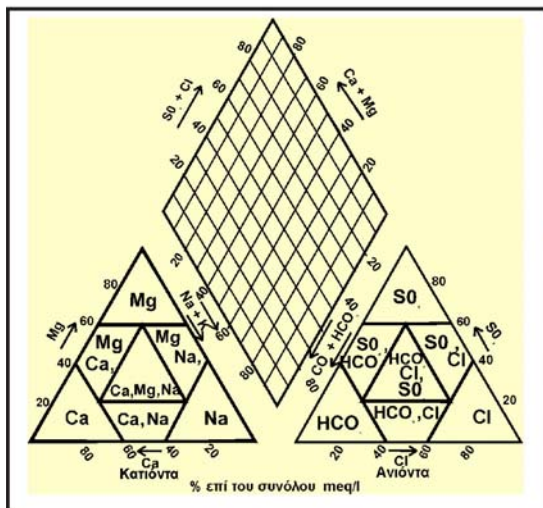
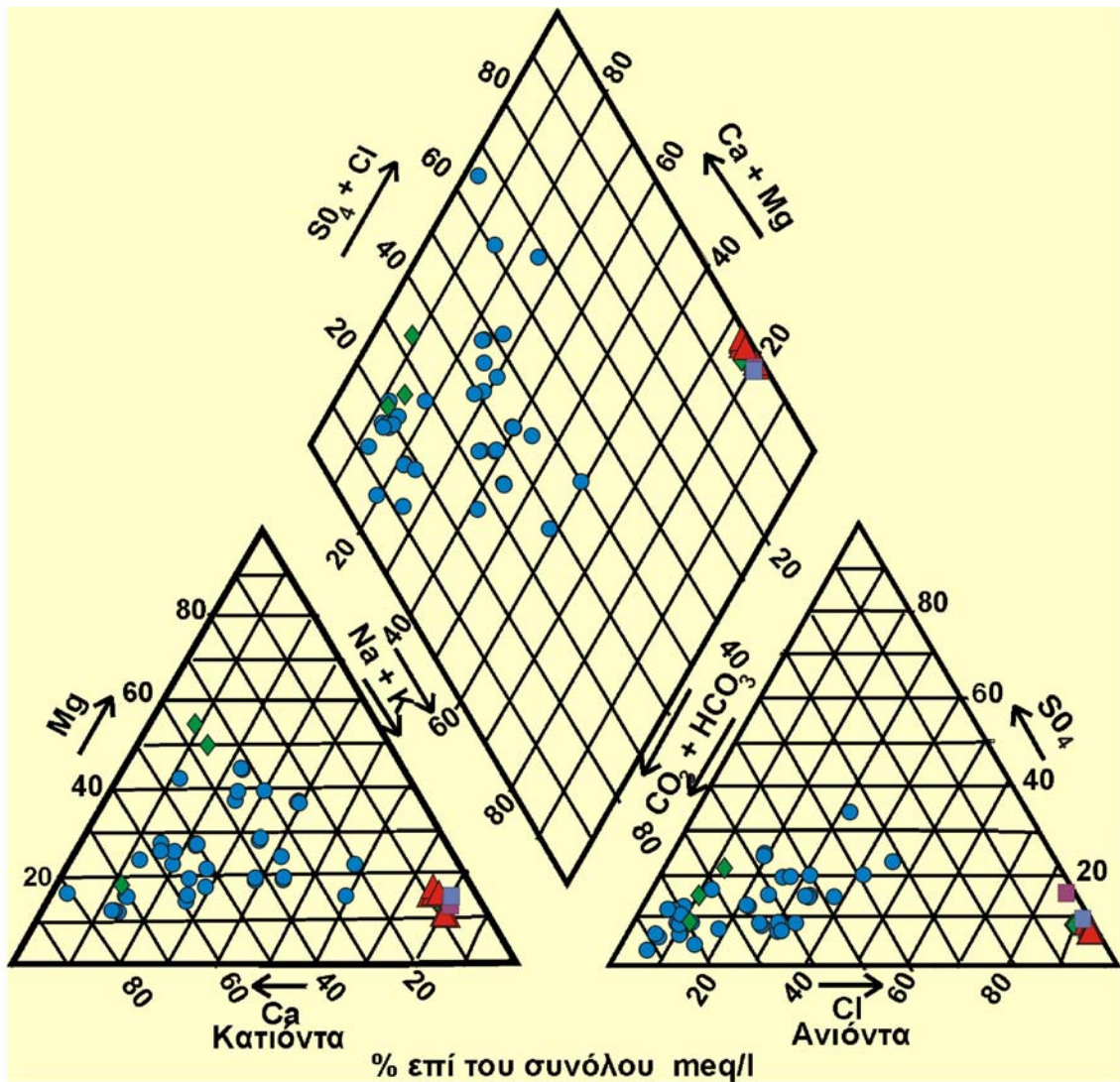
5.4.1 Υδροχημικός προσδιορισμός των νερών

Από τη μεταφορά των τιμών των Πινάκων 3, 4 και 5 πάνω σε τριγωνικό διάγραμμα Piper και χρησιμοποιώντας την ταξινόμηση κατά *Davis & DeWiest (1966)*, όπως φαίνεται και στις Εικόνες 26 – 29, προκύπτει ότι τα νερά κατανέμονται στους ακόλουθους βασικούς τύπους:

(α) **Νερά του τύπου Na-Cl:** Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα δείγματα νερών από την **παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΛ-1**, θερμοκρασίας **35,7-36,2°C**. Από το διάγραμμα της Εικόνας 27 προκύπτει ο σχεδόν αμετάβλητος χημικός χαρακτήρας του νερού της γεώτρησης αυτής κατά τη διάρκεια των αντλήσεων. Ως το πλέον αντιπροσωπευτικό δείγμα θεωρείται το Δ-52, το οποίο ελήφθη στο πέρας της δοκιμαστικής άντλησης, διάρκειας 60 min και σταθερής παροχής $Q=93 \text{ m}^3/\text{h}$. Η αγωγιμότητα αυτού του γεωθερμικού νερού είναι $58464 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ ενώ το Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (Σ.Δ.Α. ή T.D.S.) υπολογίζεται σε $45,66 \text{ g}/\text{l}$. Το κατιονικό φορτίο εκφράζεται σε ποσοστό 76,7% από το Na^+ και το ανιονικό κατά 92,7% από το Cl^- . Οι συγκεντρώσεις των ιόντων Na^+ και Cl^- είναι 13292 και $26060 \text{ mg}/\text{l}$ αντίστοιχα. Η ποσοστιαία συμμετοχή των θειικών ιόντων (SO_4^{2-}) στο συνολικό ανιονικό φορτίο ανέρχεται στο 6,32%, ενώ η συγκέντρωσή τους είναι $2405 \text{ mg}/\text{l}$.

Η χημική σύσταση του γεωθερμικού νερού προσεγγίζει πολύ τη σύσταση του **θαλασσινού νερού (Na-Cl)**, όπως φαίνεται από τη χημική ανάλυση δείγματος αυτού (Πίνακας 4) αλλά και από την προβολή του σημείου αυτού πάνω στο τριγωνικό διάγραμμα (Εικόνες 26 - 29). Η αγωγιμότητα του δείγματος από την παράκτια ζώνη της περιοχής έρευνας είναι $59785 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$, ενώ η περιεκτικότητά του σε Na^+ και Cl^- είναι 14049 και $23046 \text{ mg}/\text{l}$ αντίστοιχα. Η ποσοστιαία συμμετοχή των θειικών ιόντων (SO_4^{2-}) στο συνολικό ανιονικό φορτίο ανέρχεται στα 15,2%, ενώ η συγκέντρωσή τους είναι $5620 \text{ mg}/\text{l}$. Στον Πίνακας 4 και στις Εικόνες 26 - 29 εκτός από το δείγμα θαλασσινού νερού κοντά στην περιοχή έρευνας παρουσιάζεται ένα ακόμη **δείγμα θαλασσινού νερού του Ιονίου Πελάγους**, το οποίο θεωρείται πιο αντιπροσωπευτικό. Το δείγμα αυτό, το οποίο προφανώς είναι Na-Cl τύπου, παρουσιάζει σαφώς χαμηλότερες συγκεντρώσεις ιόντων Ca^{2+} και SO_4^{2-} έναντι του θαλασσινού νερού που προέρχεται από την παράκτια ζώνη της περιοχής έρευνας ($577,2 \text{ mg}/\text{l}$ Ca^{2+} στο δείγμα Ιονίου έναντι $970 \text{ mg}/\text{l}$ Ca^{2+} στο δείγμα Ρίζας και $3305 \text{ mg}/\text{l}$ SO_4^{2-} στο δείγμα Ιονίου έναντι $5620 \text{ mg}/\text{l}$ SO_4^{2-} στο δείγμα Ρίζας).

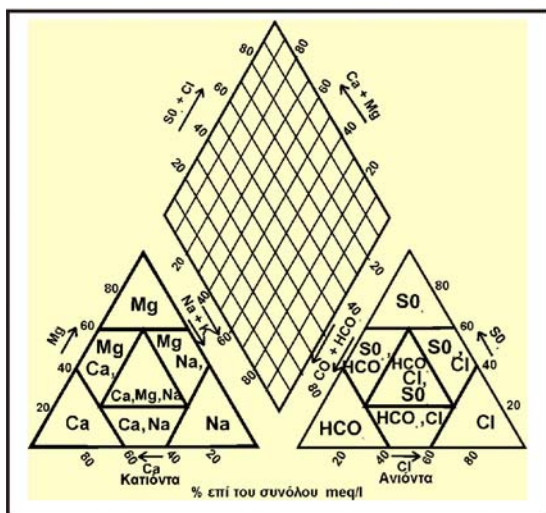
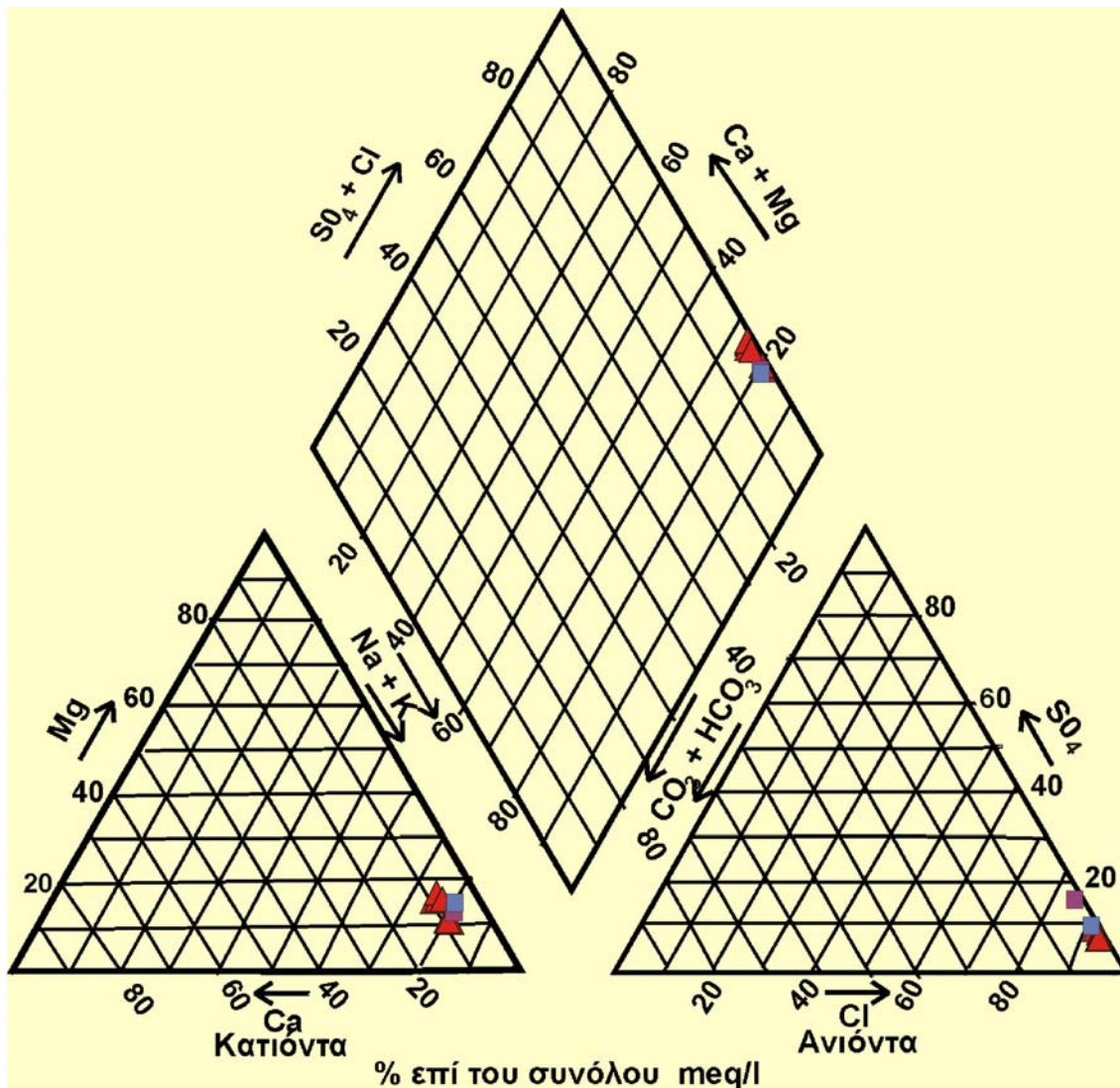
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην κατηγορία των Na-Cl νερών ανήκουν και τα δείγματα νερών **Δ-9, Δ-10 και Δ-11**, θερμοκρασίας $18,5-20^\circ\text{C}$, που προέρχονται από **πηγές** που αναβλύζουν στην περιοχή **Κάτω Βασιλική** (Εικόνα 26, Εικόνα 29). Η αγωγιμότητα αυτών των νερών είναι σαφώς χαμηλότερη από αυτή του θαλασσινού νερού και κυμαίνεται μεταξύ $15428-22344 \text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$. Οι συγκεντρώσεις των ιόντων Na^+ και Cl^- στα δείγματα αυτά είναι $2690-4115$ και $4964-7517 \text{ mg}/\text{l}$ αντίστοιχα.



- ◆ Δείγματα νερού από περιοχή Κάτω Βασιλικής
- ▲ Αντιπροσωπευτικό δείγμα νερού από την παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΛ-1
- Δείγματα ψυχρών και υπόθερμων νερών από πηγές και γεωτρήσεις περιοχής Ρίζας - Αντιρρίου
- Δείγμα νερού από θάλασσα (ακτή Αντιρρίου)
- Δείγμα νερού από θάλασσα (Ιόνιο)

Σχ. ... Απεικόνιση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων (α) των ψυχρών και υπόθερμων νερών από την περιοχή Ρίζας Αντιρρίου, (β) αντιπροσωπευτικού δείγματος από την παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΛ-1, (γ) δειγμάτων νερών από την περιοχή Κάτω Βασιλική καθώς και (δ) δειγμάτων θαλασσινού νερού (ακτής Αντιρρίου και Ιονίου), πάνω σε τριγωνικό διάγραμμα κατά Davis & De Wiest (1966). Το διάγραμμα σε σμίκρυνση που παρουσιάζεται εντός πλαισίου βοηθά στον προσδιορισμό των χημικών τύπων των νερών.

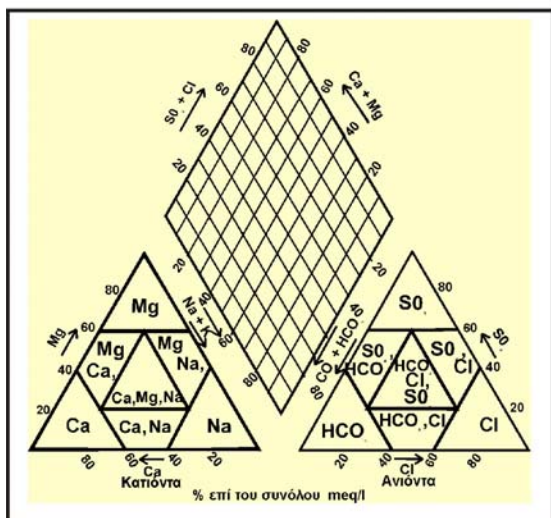
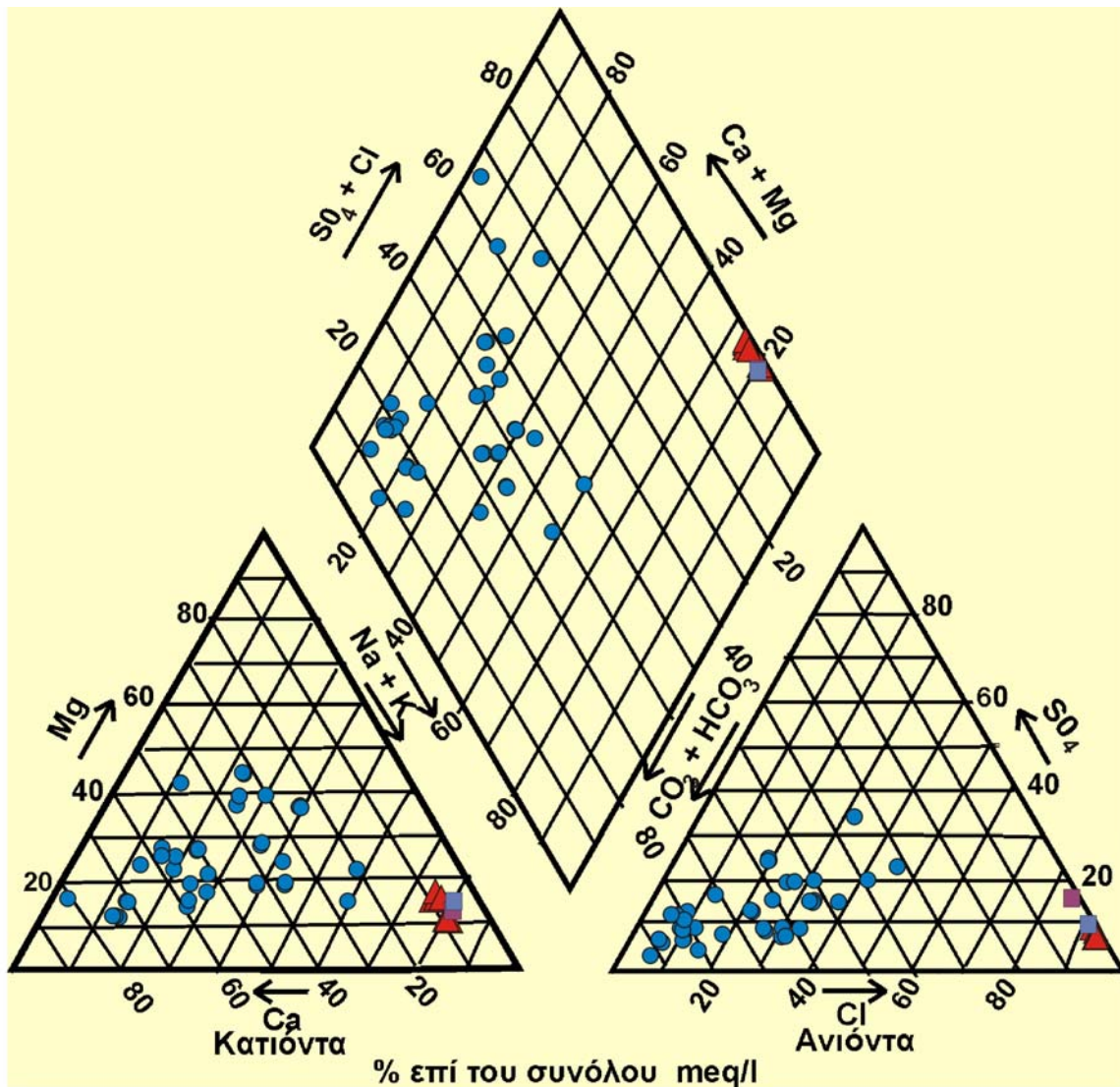
Εικόνα 26



- ▲ Δείγμα νερού από την παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΛ-1
- Δείγμα νερού από θάλασσα (ακτή Αντιρρίου)
- Δείγμα νερού από θάλασσα (Ιόνιο)

Σχ. ... Απεικόνιση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων νερών από την παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΛ-1 (κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών αντλήσεων) στην περιοχή Ρίζας Αντιρρίου καθώς και δειγμάτων θαλασσινού νερού (ακτής Αντιρρίου και Ιονίου), πάνω σε τριγωνικό διάγραμμα κατά Davis & De Wiest (1966). Το διάγραμμα σε σμίκρυνση που παρουσιάζεται εντός πλαισίου βοηθά στον προσδιορισμό των χημικών τύπων των νερών.

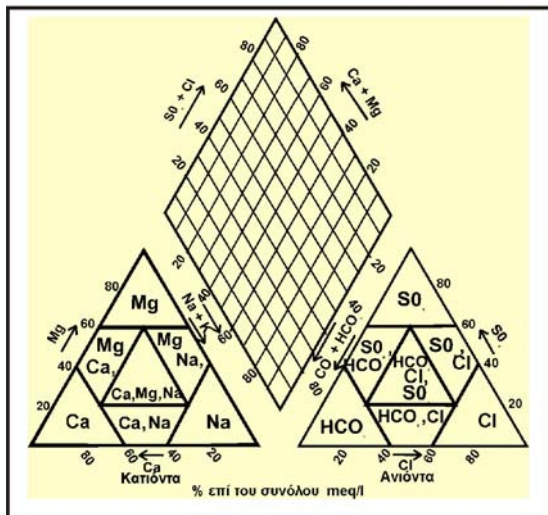
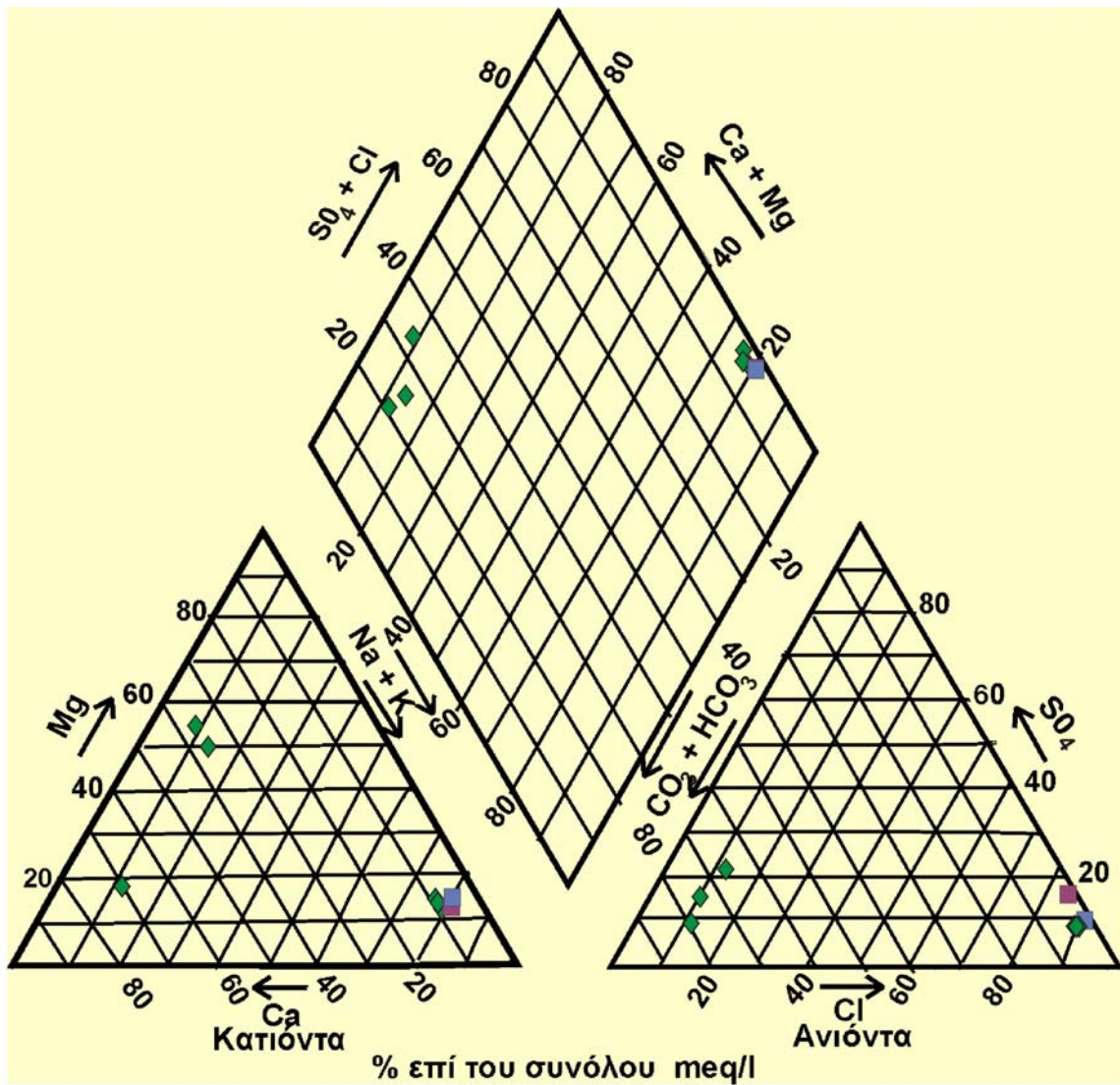
Εικόνα 27



- ▲ Αντιπροσωπευτικό δείγμα νερού από την παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΛ-1
- Δείγματα ψυχρών και υπόθερμων νερών από πηγές και γεωτρήσεις περιοχής Ρίζας - Αντιρρίου
- Δείγμα νερού από θάλασσα (ακτή Αντιρρίου)
- Δείγμα νερού από θάλασσα (Ιόνιο)

Σχ. ... Απεικόνιση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων (α) των ψυχρών και υπόθερμων νερών από την περιοχή Ρίζας Αντιρρίου, (β) αντιπροσωπευτικού δείγματος από την παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΛ-1 καθώς και (γ) δειγμάτων θαλασσινού νερού (ακτής Αντιρρίου και Ιονίου), πάνω σε τριγωνικό διάγραμμα κατά Davis & De Wiest (1966). Το διάγραμμα σε σμίκρυνση που παρουσιάζεται εντός πλαισίου βοηθά στον προσδιορισμό των χημικών τύπων των νερών.

Εικόνα 28



- ◆ Δείγματα νερού από περιοχή Κάτω Βασιλικής
- Δείγμα νερού από θάλασσα (ακτή Αντιρρίου)
- Δείγμα νερού από θάλασσα (Ιόνιο)

Σχ. ... Απεικόνιση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερών από την περιοχή Κάτω Βασιλική καθώς και δειγμάτων θαλασσινού νερού (από ακτή Αντιρρίου και Ιόνιο) πάνω σε τριγωνικό διάγραμμα κατά Davis & De Wiest (1966). Το διάγραμμα σε σμίκρυνση που παρουσιάζεται εντός πλαισίου βοηθά στον προσδιορισμό των χημικών τύπων των νερών.

Εικόνα 29

(β) **Νερά του τύπου Ca,Mg,Na-HCO₃SO₄**: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα δείγματα **Δ-1, Δ-2 και Δ-23** της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου, θερμοκρασίας 19,7-19,9°C και αγωγιμότητας 1350-1356 μS/cm. Τα δείγματα αυτά προβάλλονται στην οριακή γραμμή μεταξύ των **Ca,Mg,Na-HCO₃SO₄** και **Ca,Mg,Na-HCO₃SO₄Cl** νερών. Μεταξύ των κατιόντων κυριαρχούν τα ιόντα Na⁺ (κατά 38,8-39,5%), Mg²⁺ (κατά 36,9-37,5%) και Ca²⁺ (23,2-23,4%), ενώ μεταξύ των ανιόντων τα HCO₃⁻ (55,6-55,9%), τα SO₄²⁻ (22-22,1%) και τα Cl⁻ (19,1-19,3%). Οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις των ιόντων αυτών είναι: 122-126 mg/l Na⁺, 62,3 mg/l Mg²⁺, 64,1-64,4 mg/l Ca²⁺, 461-465 mg/l HCO₃⁻, 143-145 mg/l SO₄²⁻ και 92,2-92,4 mg/l Cl⁻.

(γ) **Νερά του τύπου Ca,Mg,Na-HCO₃SO₄Cl**: Στην κατηγορία αυτή ανήκει το δείγμα **Δ-3** της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου, θερμοκρασίας 17,6°C και αγωγιμότητας 1458 μS/cm, προερχόμενο από πηγάδι βάθους 9 m. Το κατιονικό φορτίο εκφράζεται κατά 37,9% από το Mg²⁺, 37,1% από το Ca²⁺ και 23,9% από το Na⁺ ενώ το ανιονικό φορτίο σε ποσοστά 41,2% από Cl⁻, 28,1% από HCO₃⁻ και 20,3% από SO₄²⁻. Οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις των ιόντων αυτών είναι: 67,6 mg/l Mg²⁺, 109 mg/l Ca²⁺, 80,5 mg/l Na⁺, 216 mg/l Cl⁻, 253 mg/l HCO₃⁻ και 144 mg/l SO₄²⁻.

(δ) **Νερά του τύπου Ca,Mg,Na-HCO₃Cl**: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα νερά **Δ-4, Δ-24, Δ-16 και Δ-17**, θερμοκρασίας 17,5-19,7°C και Σ.Δ.Α. 0,48-0,93 g/l. Τα δείγματα **Δ-4 και Δ-24** προέρχονται από το ίδιο πηγάδι, βάθους 12 m στην περιοχή «Λόγγιες» Μακύνειας. Τα δείγματα **Δ-16 και Δ-17**, προερχόμενα από ρηχές γεωτρήσεις (10-20 m) της περιοχής Αντιρρίου, προβάλλονται οριακά με τον τύπο νερού **Ca,Mg,Na-HCO₃ClSO₄**. Οι συγκεντρώσεις των κύριων ιόντων είναι: 56,1-119 mg/l Ca²⁺, 46,2-81,2 mg/l Mg²⁺, 46-103 mg/l Na⁺, 256-558 mg/l HCO₃⁻ και 95,2-149 mg/l SO₄²⁻.

(ε) **Νερά του τύπου Ca,Na-HCO₃Cl**: Πρόκειται για τα δείγματα **Δ-30, Δ-31, Δ-32 και Δ-36**, θερμοκρασίας 16,9-19,2°C και αγωγιμότητας 969-2142 μS/cm, τα οποία προέρχονται από πηγάδια (βάθους 7-15 m) και ρηχές γεωτρήσεις (4,5-12 m), στην περιοχή μεταξύ Αγ. Πολυκάρπου και Μακύνειας. Το δείγμα **Δ-30** προβάλλεται στα όρια με τον τύπο των **Ca,Mg,Na-HCO₃Cl** νερών, το δείγμα **Δ-31** οριακά με τα **Na-HCO₃Cl,SO₄**, το **Δ-32** οριακά με τα **Ca,Na-HCO₃** νερά, ενώ το **Δ-36** στην οριακή γραμμή με τα **Ca-HCO₃Cl** νερά.

(στ) **Νερά του τύπου Ca,Mg,Na-HCO₃**: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα δείγματα **Δ-15, Δ-18, Δ-25, Δ-26, Δ-38, Δ-27, Δ-33 και Δ-34**, θερμοκρασίας 18,1-22,2°C και αγωγιμότητας 382,1-718,7 μS/cm. Προέρχονται από ρηχές υδρογεωτρήσεις, βάθους 20-90 m. Το δείγμα **Δ-15** προβάλλεται στα όρια με τον τύπο των **Mg,Na-HCO₃Cl**, τα δείγματα **Δ-26, Δ-38 και Δ-27** οριακά με τα **Ca,Mg-HCO₃** νερά ενώ το δείγμα **Δ-33** στην οριακή γραμμή με τα **Ca,Na-HCO₃Cl** νερά.

(ζ) **Νερά του τύπου Ca,Na-HCO₃**: Πρόκειται για τα δείγματα **Δ-5, Δ-6, Δ-28, Δ-29, Δ-37 και Δ-45**, θερμοκρασίας 17,8-20,9°C και αγωγιμότητας 500-1134 μS/cm, τα οποία προέρχονται από πηγή (Δ-45) και ρηχές υδρογεωτρήσεις (20-50 m) της

περιοχής. Από αυτά, τα δείγματα **Δ-6**, **Δ-29** και **Δ-37** προβάλλονται οριακά με τα **Ca,Mg,Na-HCO₃** νερά, ενώ το **Δ-28** στα όρια με τα **Ca,Mg,Na-HCO₃Cl** νερά.

(η) **Νερά του τύπου Ca,Mg-HCO₃**: Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα δείγματα **Δ-7**, **Δ-13**, **Δ-19** και **Δ-39**, θερμοκρασίας 16,6-19,2°C και αγωγιμότητας 510-832 μS/cm, που προέρχονται από πηγή (Δ-13) και γεωτρήσεις, βάθους 9-90 m. Μεταξύ των κατιόντων κυριαρχούν τα ιόντα Ca²⁺ κατά 45,9-57,6% και Mg²⁺ κατά 22,1-42,5% ενώ μεταξύ των ανιόντων τα HCO₃⁻ σε ποσοστό 70,9-91,2%. Τα νερά **Δ-13** και **Δ-39** προβάλλεται στα όρια με τον τύπο των **Ca,Mg,Na-HCO₃** νερών.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην κατηγορία των **Ca,Mg-HCO₃** νερών ανήκουν και τα δείγματα **Δ-20** και **Δ-21**, θερμοκρασίας 17-17,8°C και αγωγιμότητας 965-1017 μS/cm από την περιοχή της **Κ. Βασιλικής**, τα οποία προέρχονται από ρηχές γεωτρήσεις, βάθους 20-35 m. Στα νερά αυτά το κατιονικό φορτίο εκφράζεται κατά 50-54,7% από το Mg²⁺ και κατά 35,5-35,9% από το Ca⁺, ενώ μεταξύ των ανιόντων κυριαρχούν κατά 63,7-71,1% τα HCO₃⁻.

(θ) **Νερά του τύπου Mg,Ca-HCO₃SO₄Cl**: Στην κατηγορία αυτή ανήκει το δείγμα **Δ-40**, θερμοκρασίας 19,5°C και αγωγιμότητας 1400 μS/cm, το οποίο προέρχεται από γεώτρηση βάθους 50 m της περιοχής «Μολύκρειο». Το νερό αυτό προβάλλεται οριακά με τα **Ca-HCO₃Cl** νερά.

(ι) **Νερά του τύπου Ca-HCO₃SO₄Cl**: Στην κατηγορία αυτή ανήκει το δείγμα **Δ-14**, θερμοκρασίας 17,6°C και αγωγιμότητας 2003 μS/cm, από γεώτρηση βάθους 11 m της περιοχής «Μολύκρειο». Μεταξύ των κατιόντων κυριαρχούν τα ιόντα Ca²⁺ σε ποσοστό 80,9% ενώ στο ανιονικό φορτίο συμμετέχουν τα HCO₃⁻ κατά 30,6%, τα SO₄²⁻ κατά 29% και τα Cl⁻ κατά 28,3%.

(ια) **Νερά του τύπου Ca-HCO₃**: Πρόκειται για τα δείγματα **Δ-8**, **Δ-35**, **Δ-41**, **Δ-42**, **Δ-43** και **Δ-44**, θερμοκρασίας 17,8-20,8°C και αγωγιμότητας 400-750 μS/cm, τα οποία προέρχονται από πηγές και πηγάδια (βάθους 8-18 m). Το κατιονικό φορτίο εκφράζεται κατά 63,4-75,3% από το Ca²⁺ ενώ το ανιονικό κατά 77,5-87,9% από τα HCO₃⁻. Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην κατηγορία αυτή των **Ca-HCO₃** νερών ανήκει και το δείγμα **Δ-12**, θερμοκρασίας 17,4°C και αγωγιμότητας 851 μS/cm, από πηγή της περιοχής Κ. Βασιλική.

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζεται αναλυτικά η κατάταξη κάθε δείγματος σε συγκεκριμένο χημικό τύπο νερού.

Πίνακας 6: Κατάταξη των δειγμάτων νερών περιοχής Ρίζας Αντιρρίου σε τύπους νερών (κατάταξη ανά δείγμα)

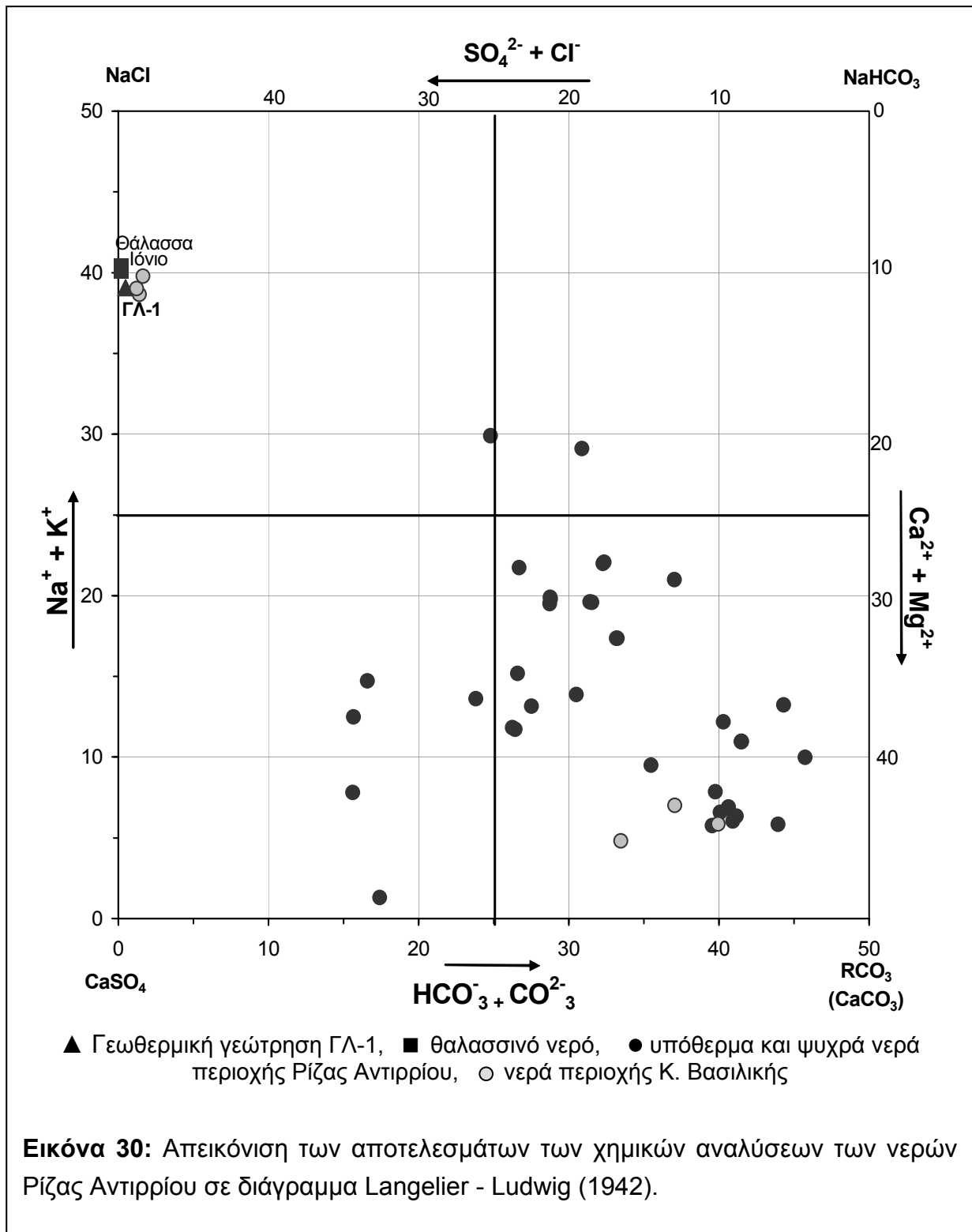
Δείγμα	Τύπος νερού	Δείγμα	Τύπος νερού
Δ-1	Ca,Mg,Na-SO ₄ HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃ SO ₄ Cl)	Δ-32	Ca,Na-HCO ₃ Cl (όρια με Ca,Na-HCO ₃)
Δ-2	Ca,Mg,Na-SO ₄ HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃ SO ₄ Cl)	Δ-33	Ca,Mg,Na-HCO ₃ (όρια με Ca,Na-HCO ₃ Cl)
Δ-23	Ca,Mg,Na-SO ₄ HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃ SO ₄ Cl)	Δ-34	Ca,Mg,Na-HCO ₃
Δ-3	Ca,Mg,Na-HCO ₃ SO ₄ Cl	Δ-35	Ca-HCO ₃
Δ-4	Ca,Mg,Na-HCO ₃ Cl	Δ-36	Ca,Na-HCO ₃ Cl (όρια με Ca-HCO ₃ Cl)
Δ-24	Ca,Mg,Na-HCO ₃ Cl	Δ-37	Ca,Na-HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃)
Δ-5	Ca,Na-HCO ₃	Δ-40	Mg,Ca-HCO ₃ Cl,SO ₄ (όρια με Ca-HCO ₃ Cl)
Δ-6	Ca,Na-HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃)	Δ-41	Ca-HCO ₃
Δ-7	Mg,Ca-HCO ₃	Δ-42	Ca-HCO ₃
Δ-13	Mg,Ca-HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃)	Δ-43	Ca-HCO ₃
Δ-8	Ca-HCO ₃	Δ-44	Ca-HCO ₃
Δ-14	Ca-HCO ₃ Cl,SO ₄	Δ-45	Ca,Na-HCO ₃
Δ-15	Ca,Mg,Na-HCO ₃ (όρια με Mg,Na-HCO ₃ Cl)	Δ-46 (ΓΛ-1)	Na-Cl
Δ-16	Ca,Mg,Na-HCO ₃ Cl (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃ Cl,SO ₄)	Δ-47 (ΓΛ-1)	Na-Cl
Δ-17	Ca,Mg,Na-HCO ₃ Cl (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃ Cl,SO ₄)	Δ-48 (ΓΛ-1)	Na-Cl
Δ-18	Ca,Mg,Na-HCO ₃	Δ-49 (ΓΛ-1)	Na-Cl
Δ-25	Ca,Mg,Na-HCO ₃	Δ-50 (ΓΛ-1)	Na-Cl
Δ-19	Ca,Mg-HCO ₃	Δ-51 (ΓΛ-1)	Na-Cl
Δ-39	Mg,Ca-HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃)	Δ-52 (ΓΛ-1)	Na-Cl
Δ-26	Ca,Mg,Na-HCO ₃ (κοντά στα όρια με Ca,Mg-HCO ₃)	Δ-9	Na-Cl
Δ-38	Ca,Mg,Na-HCO ₃ (κοντά στα όρια με Ca,Mg-HCO ₃)	Δ-10	Na-Cl
Δ-27	Ca,Mg,Na-HCO ₃ (κοντά στα όρια με Ca,Mg-HCO ₃)	Δ-11	Na-Cl
Δ-28	Ca,Na-HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃ Cl)	Δ-12	Ca-HCO ₃
Δ-29	Ca,Na-HCO ₃ (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃)	Δ-20	Ca,Mg-HCO ₃
Δ-30	Ca,Na-HCO ₃ Cl (όρια με Ca,Mg,Na-HCO ₃ Cl)	Δ-21	Ca,Mg-HCO ₃
Δ-31	Ca,Na-HCO ₃ Cl (όρια με Na-HCO ₃ Cl,SO ₄)	Θάλασσα	Na-Cl

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, μπορεί να θεωρηθεί ότι τα νερά της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου διακρίνονται σε **δύο κύριες ομάδες**:

(i) Στην ομάδα των **Na-Cl** νερών, όπου ανήκουν τόσο το νερό της ανορυχθείσας γεωθερμικής παραγωγικής γεώτρησης ΓΛ-1, το οποίο προσεγγίζει προς τη σύσταση του θαλασσινού νερού, όσο και δείγματα νερών πηγών από την περιοχή της Κάτω Βασιλικής και

(ii) στην ομάδα των «μεικτών» **Ca(Mg,Na)-HCO₃(Cl,SO₄)** νερών, που προέρχονται από πηγές, πηγάδια και ρηχές υδρογεωτρήσεις της περιοχής και στη σύσταση των οποίων μετέχουν τα ιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} και Cl^- , σε διάφορα ποσοστά, διαμορφώνοντας ποικίλους τύπους ανάμεικτων νερών.

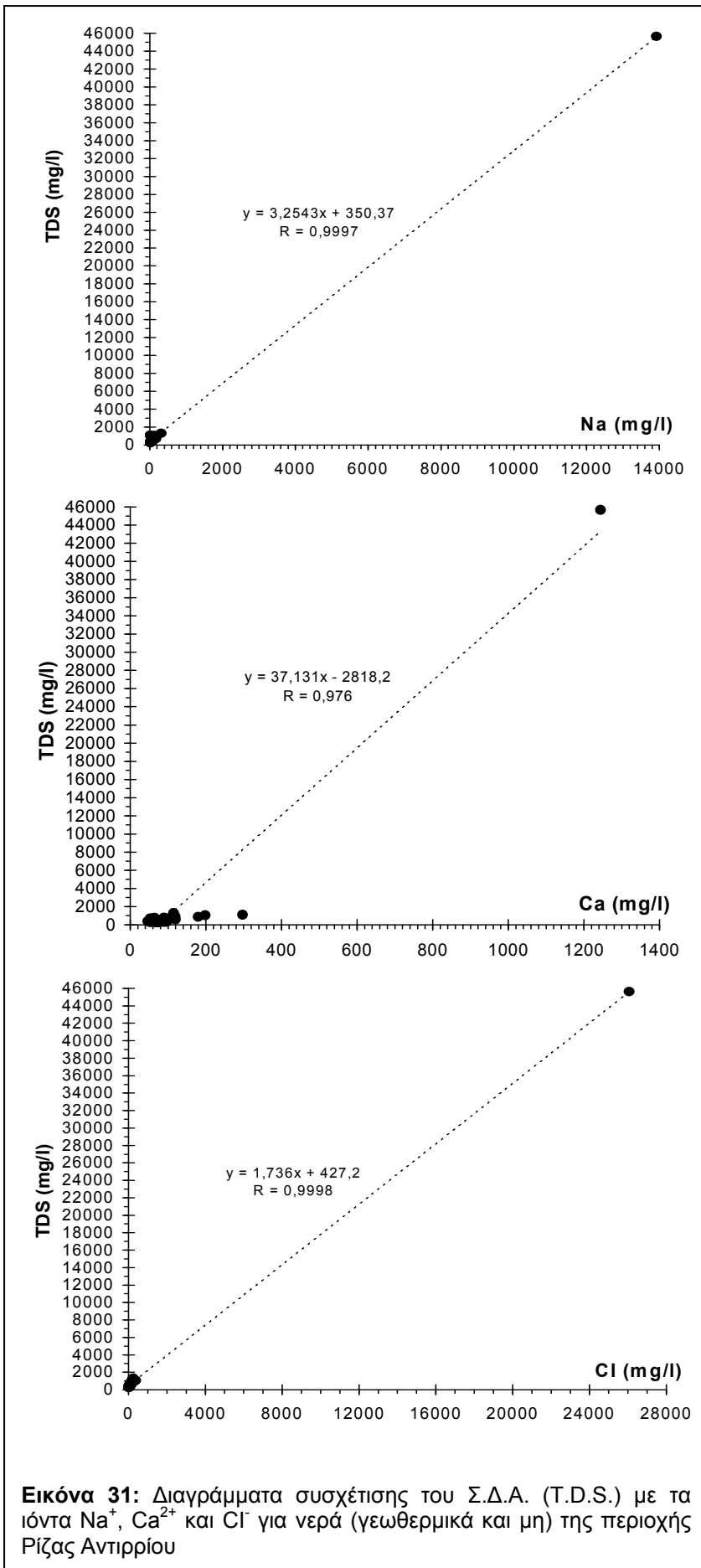
Στο Εικόνα 30 παρουσιάζεται η προβολή των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων πάνω σε διάγραμμα *Langelier – Ludwig (1942)*. Από το διάγραμμα αυτό είναι εμφανής η προβολή των νερών της γεώτρησης ΓΛ-1 και πηγών της Κάτω Βασιλικής κοντά στα σημεία προβολής του θαλασσινού νερού καθώς και η προβολή της συντριπτικής πλειοψηφίας των νερών της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου στο κάτω δεξιά τεταρτημόριο, το οποίο χαρακτηρίζεται από αυξημένη παρουσία Ca^{+2} , Mg^{+2} και HCO_3^- . Στο κάτω αριστερά τεταρτημόριο προβάλλονται τα δείγματα νερών Δ-3, Δ-14, Δ-32, Δ-36 και Δ-40, στο πάνω δεξιά το δείγμα Δ-15, ενώ στην οριακή γραμμή μεταξύ των δύο επάνω τεταρτημορίων προβάλλεται το δείγμα Δ-31 (Εικόνα 30).



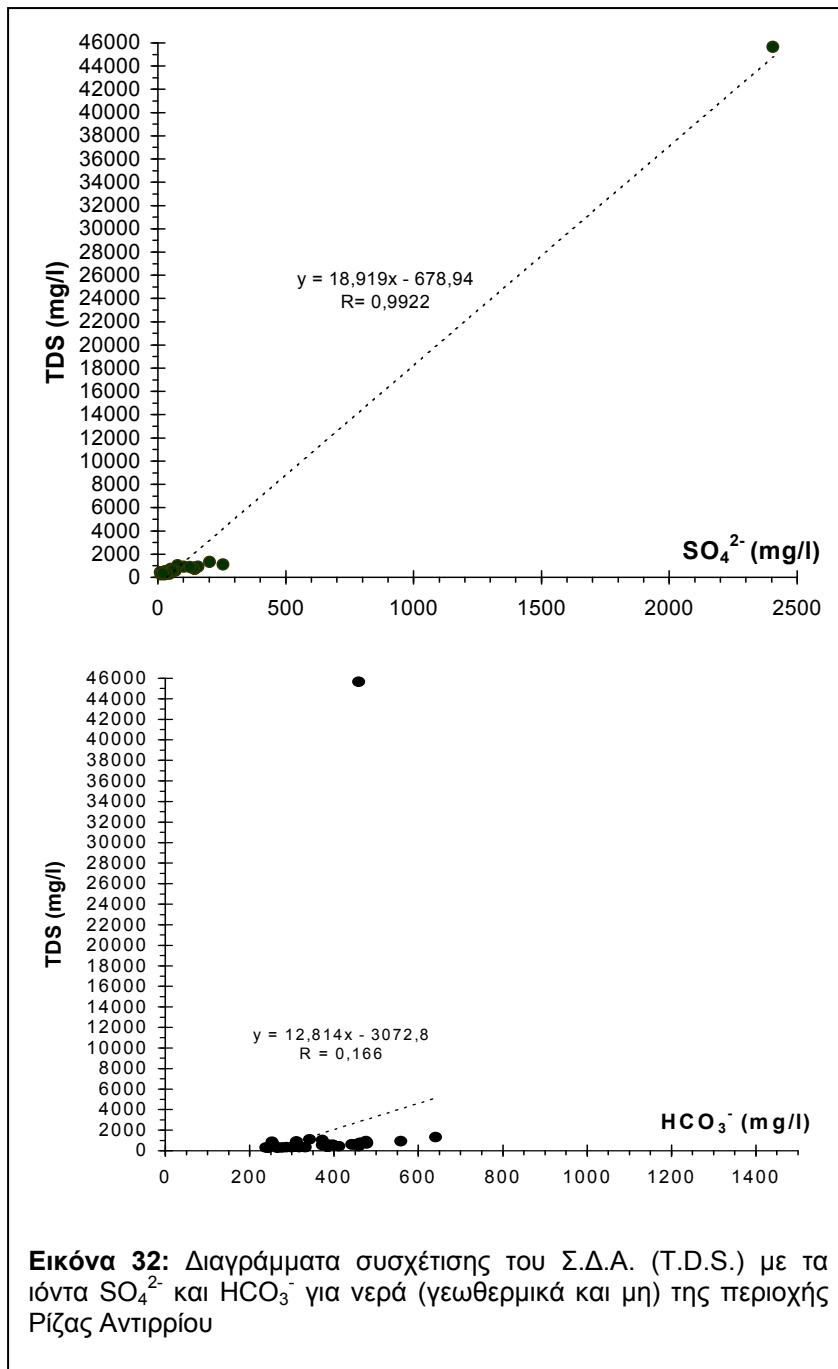
5.4.2 Γεωχημική - υδροχημική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, ερμηνεία της χημικής σύστασης των νερών και συσχετισμός τους με το γεωλογικό περιβάλλον της περιοχής

Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των νερών, τόσο των γεωθερμικών όσο και των υπόθερμων και ψυχρότερων, από την ευρύτερη Ρίζας Αντιρρίου προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Το νερό της γεωθερμικής γεώτρησης ΓΛΠ-1 εντάσσεται στην κατηγορία των Na-Cl νερών και η σύστασή του προσεγγίζει τη σύσταση του θαλασσινού νερού. Ο λόγος Na/Cl για το γεωθερμικό νερό είναι 0,82, όσο δηλ. είναι για το θαλασσινό νερό (0,94 για δείγμα νερού από την παράκτια ζώνη Ρίζας Αντιρρίου και 0,88 για το δείγμα από το Ιόνιο).
- Στα υπόλοιπα ψυχρά και υπόθερμα νερά της περιοχής, στη σύσταση των οποίων μετέχουν τα ιόντα Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} και Cl^- , σε διάφορα ποσοστά, ο χημισμός τους εξαρτάται από την λιθολογική σύσταση των υδροφορέων που τα φιλοξενούν (ασβεστολιθικό περιβάλλον, υδροφορία μέσα σε αμμούχους υδροφορείς που παρεμβάλλονται σε αργιλικά ιζήματα, ρηχή υδροφορίας σε άμμους ή σε ιζήματα με ασβεστολιθική συνδετική ύλη ή ασβεστιτικούς κόκκους) ή και από ενδεχόμενη μικρή επίδραση της θάλασσας.
- Η αυξημένη περιεκτικότητα του νερού της γεωθερμικής γεώτρησης σε Ca^{2+} και HCO_3^- σε σχέση με το θαλασσινό νερό υποδηλώνει τη διέλευσή του από ασβεστολίθους και τη διαλυτοποίηση CaCO_3 αυτών. Αυτό επιβεβαιώνεται από το γεγονός ότι ο γεωθερμικός ταμιευτήρας που εντοπίστηκε από τη γεώτρηση ΓΛΠ1 δομείται από Ηωκαινικούς ασβεστολίθους. Εξάλλου, όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 8, το γεωθερμικό νερό της ΓΛΠ1 είναι κορεσμένο ως προς τα ανθρακικά ορυκτά ασβεστίτη, αραγωνίτη και δολομίτη.



- Από τα δυαδικά διαγράμματα συσχέτισης του Σ.Δ.Α. (T.D.S.) με τα ιόντα Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} και HCO_3^- για τα δείγματα νερών τόσο από τη γεωθερμική γεώτρηση ΓΛΠ-1 όσο και από κοινές υδρογεωτρήσεις και πηγές στην περιοχή Ρίζας (Εικόνα 31, Εικόνα 32). είναι φανερή η καθοριστική συνεισφορά των ιόντων Na^+ , Cl^- και SO_4^{2-} στο Σ.Δ.Α. των δειγμάτων αυτών, αφού οι τιμές του συντελεστή συσχέτισης είναι $R > 99\%$. Μικρότερη είναι η συνεισφορά των κατιόντων Ca^{2+} ($R = 97,6\%$), ενώ καμιά συσχέτιση δεν υπάρχει μεταξύ του T.D.S. και των HCO_3^- ($R = 16,6\%$).

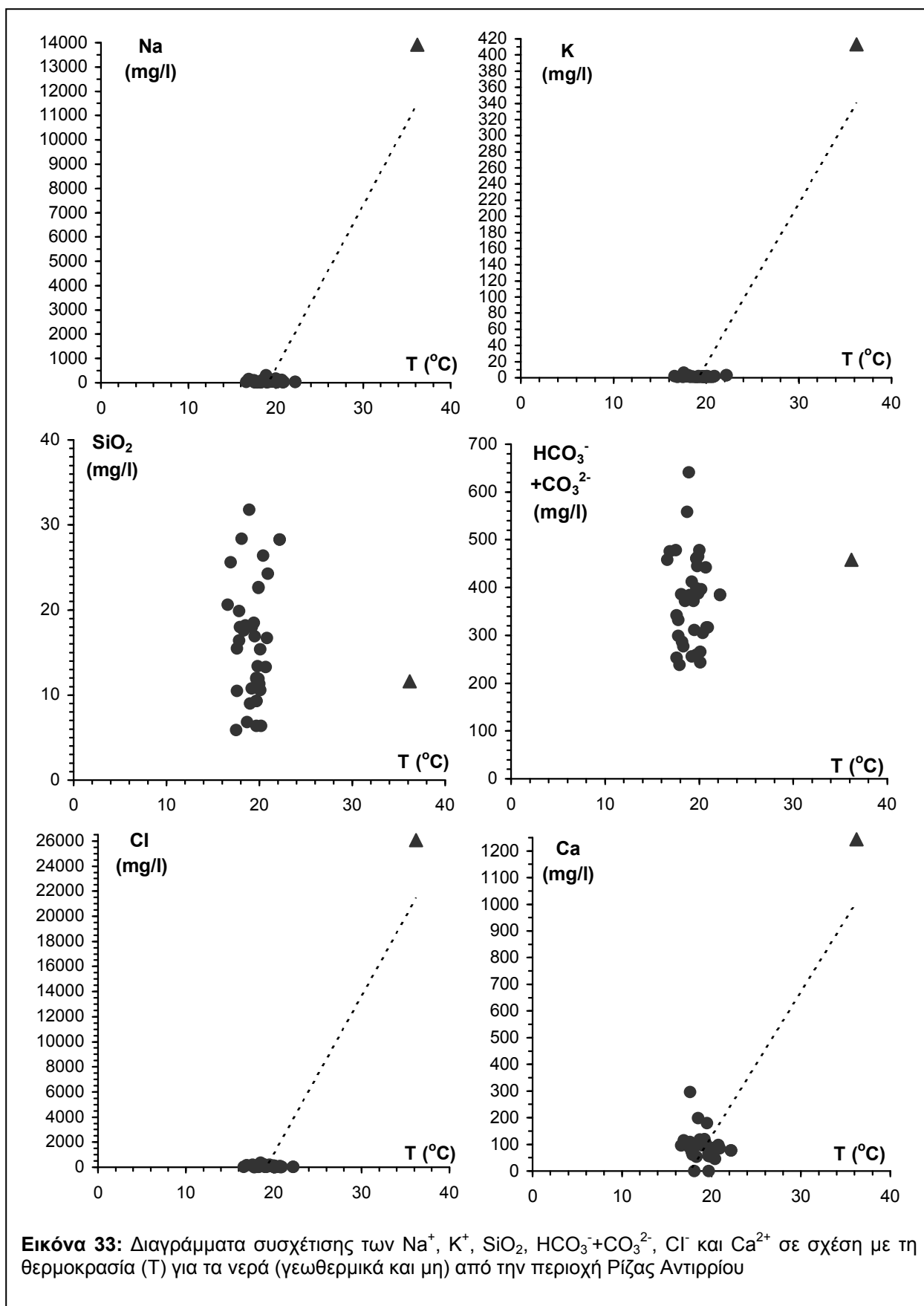


Στα δυαδικά διαγράμματα (Εικόνα 33, Εικόνα 34) παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των Na^+ , K^+ , SiO_2 , $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, Cl^- , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Li^+ , Al , Sr^{2+} και B σε σχέση με τη θερμοκρασία (T) για τα νερά (γεωθερμικά και μη) της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου.

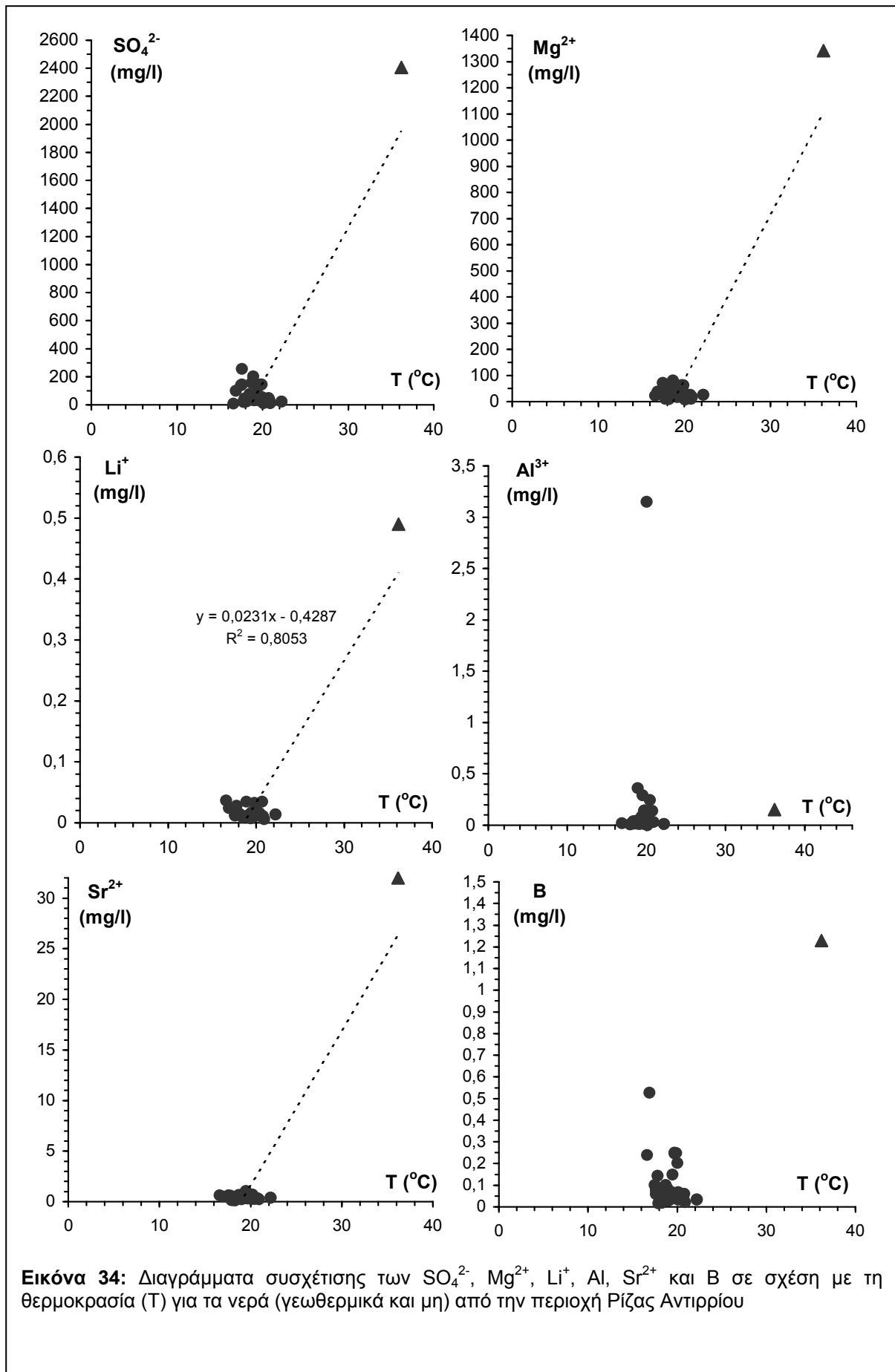
Διαπιστώνεται η απουσία κάποιας ισχυρής συσχέτισης μεταξύ των προαναφερθέντων στοιχείων με τη θερμοκρασία, ενώ παρατηρείται μια γενική ανοδική τάση εξαιτίας της προβολής του γεωθερμικού νερού της ΓΛΠ-1.

Αν εξαιρέσει κανείς αυτό το δείγμα, τότε γίνεται σαφής η απουσία οποιασδήποτε σχέσης συγκέντρωσης αυτών με τη θερμοκρασία για

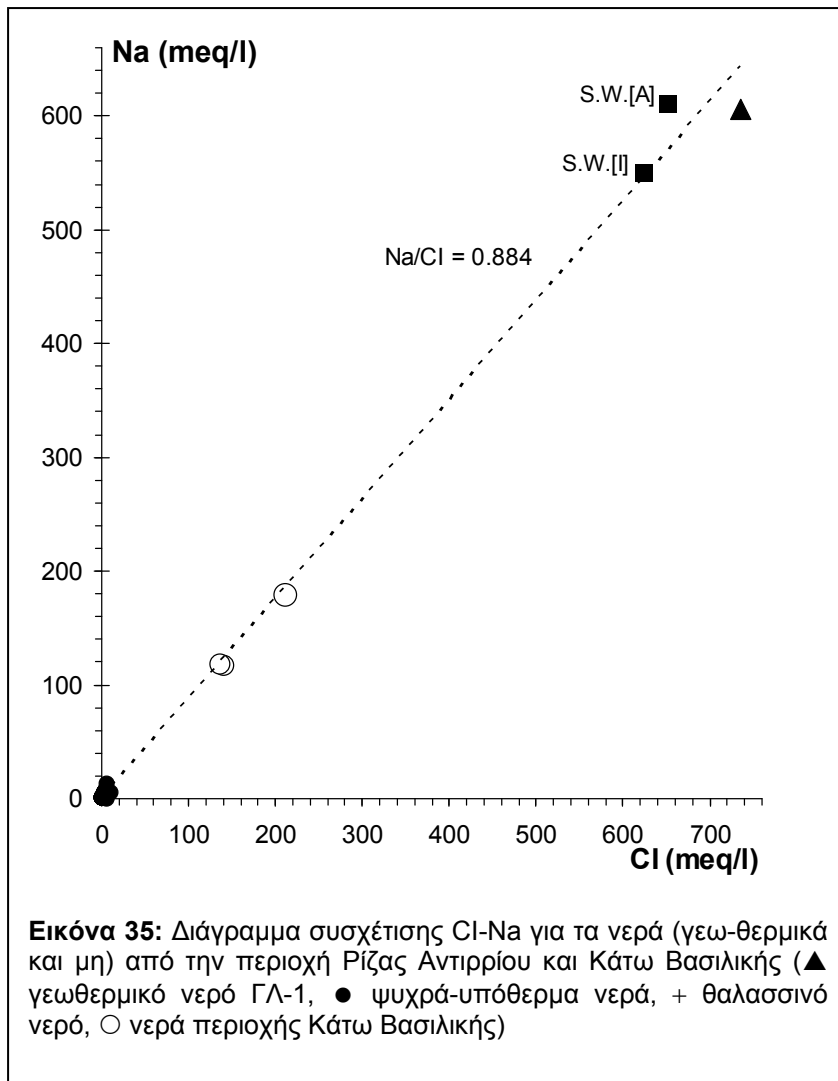
τα ψυχρά και υπόθερμα νερά της περιοχής. Αυτό σημαίνει ότι ο χημισμός των νερών της περιοχής εξαρτάται κυρίως από τη λιθολογική και ορυκτολογική σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών, από όπου αυτά διέρχονται ή φιλοξενούνται. Επίσης, καθοριστική και η επίδραση του θαλασσινού νερού στη χημική σύσταση των νερών ρηχών σχετικά υδροφόρων στην παράκτια ζώνη. Αυτό σημαίνει ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις ιόντων όπως του Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} που χαρακτηρίζουν τα γεωθερμικά ρευστά, φαίνεται να επηρεάζονται καθοριστικά από το θαλασσινό νερό.



Εικόνα 33: Διαγράμματα συσχέτισης των Na^+ , K^+ , SiO_2 , $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$, Cl^- και Ca^{2+} σε σχέση με τη θερμοκρασία (T) για τα νερά (γεωθερμικά και μη) από την περιοχή Ρίζας Αντιρρίου



Εικόνα 34: Διαγράμματα συσχέτισης των SO₄²⁻, Mg²⁺, Li⁺, Al, Sr²⁺ και B σε σχέση με τη θερμοκρασία (T) για τα νερά (γεωθερμικά και μη) από την περιοχή Ρίζας Αντιρρίου



Στην Εικόνα 35 παρουσιάζεται η συσχέτιση του Na με το Cl. Διαπιστώνεται ότι το γεωθερμικό δείγμα της γεώτρησης ΓΛΠ-1 προβάλλεται πολύ κοντά στη γραμμή ανάμιξης του θαλασσινού νερού, υποδεικνύοντας την πολύ μεγάλη ποσοστιαία συμμετοχή του θαλασσινού νερού στην χημική σύσταση των υδροθερμικών αυτών διαλυμάτων και άρα τη σημαντική τροφοδοσία του θερμού υδροφορέα της ΓΛ-1 με νερό της θάλασσας. Εξάλλου, και η θετική συσχέτιση μεταξύ Na και Cl

υποδηλώνει ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις των ιόντων Cl στα θερμά νερά προέρχονται από τη συμβολή και συνεισφορά θαλασσινού νερού σε ένα γεωθερμικό διάλυμα.

Έχοντας σαν βάση τις φυσικοχημικές παραμέτρους και τις συγκεντρώσεις του νερού της γεωθερμικής γεώτρησης ΓΛ-1 και των άλλων πηγών και υδρογεωτρήσεων της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου, χρησιμοποιήθηκε το θερμοδυναμικό μοντέλο WATEQ-F (Truesdell & Jones, 1974), και έτσι μεταξύ άλλων προσδιορίστηκαν οι τιμές της pCO_2 (μερικής πίεσης pCO_2) καθώς και οι δείκτες κορεσμού (Is) ως προς τον ασβεστίτη, τον τάλκη, τον χαλαζία κ.ά. ορυκτών. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για τις τιμές της pCO_2 καθώς και για τους δείκτες κορεσμού διαφόρων ορυκτών παρουσιάζονται στους ακόλουθους Πίνακες 7 και 8.

Πίνακας 7: Οι τιμές της μερικής πίεσης του CO₂ (pCO₂) που προσδιορίστηκαν με την εφαρμογή του μοντέλου Wateq-f.

Δείγμα	pCO ₂	Δείγμα	pCO ₂
ΓΛ-1	$10^{-1,6602} = 2,187 \times 10^{-2}$	Δ-26	$10^{-2,2601} = 5,494 \times 10^{-3}$
Δ-1	$10^{-1,7998} = 1,586 \times 10^{-2}$	Δ-38	$10^{-2,2612} = 5,481 \times 10^{-3}$
Δ-2	$10^{-1,8046} = 1,568 \times 10^{-2}$	Δ-27 (Θ-1)	$10^{-2,2820} = 5,224 \times 10^{-3}$
Δ-23	$10^{-1,7040} = 1,977 \times 10^{-2}$	Δ-28	$10^{-2,0621} = 8,667 \times 10^{-3}$
Δ-3	$10^{-2,4891} = 3,243 \times 10^{-3}$	Δ-29	$10^{-2,0150} = 9,660 \times 10^{-3}$
Δ-4	$10^{-2,4546} = 3,511 \times 10^{-3}$	Δ-30	$10^{-2,0120} = 9,727 \times 10^{-3}$
Δ-24	$10^{-2,3482} = 4,485 \times 10^{-3}$	Δ-31	$10^{-1,5763} = 2,653 \times 10^{-2}$
Δ-5	$10^{-2,0603} = 8,703 \times 10^{-3}$	Δ-32	$10^{-1,8187} = 1,518 \times 10^{-2}$
Δ-6	$10^{-2,0128} = 9,710 \times 10^{-3}$	Δ-33	$10^{-2,0949} = 8,037 \times 10^{-3}$
Δ-7	$10^{-1,9475} = 1,129 \times 10^{-2}$	Δ-34	$10^{-2,3647} = 4,319 \times 10^{-3}$
Δ-8	$10^{-1,9768} = 1,055 \times 10^{-2}$	Δ-35	$10^{-1,9555} = 1,108 \times 10^{-2}$
Δ-13	$10^{-1,8138} = 1,535 \times 10^{-2}$	Δ-36	$10^{-2,1580} = 6,950 \times 10^{-3}$
Δ-14	$10^{-2,1695} = 6,768 \times 10^{-3}$	Δ-37	$10^{-2,0474} = 8,966 \times 10^{-3}$
Δ-15	$10^{-1,9885} = 1,027 \times 10^{-2}$	Δ-40	$10^{-1,8877} = 1,295 \times 10^{-2}$
Δ-16	$10^{-1,8393} = 1,448 \times 10^{-2}$	Δ-41	$10^{-1,9854} = 1,034 \times 10^{-2}$
Δ-17	$10^{-2,1094} = 7,774 \times 10^{-3}$	Δ-42	$10^{-2,5085} = 3,101 \times 10^{-3}$
Δ-18	$10^{-2,1728} = 6,718 \times 10^{-3}$	Δ-43	$10^{-2,0457} = 9,002 \times 10^{-3}$
Δ-25	$10^{-2,1707} = 6,751 \times 10^{-3}$	Δ-44	$10^{-2,1195} = 7,594 \times 10^{-3}$
Δ-19	$10^{-2,4189} = 3,812 \times 10^{-3}$	Δ-45	$10^{-2,1395} = 7,253 \times 10^{-3}$
Δ-39	$10^{-2,1820} = 6,577 \times 10^{-3}$		

Πίνακας 8: Οι δείκτες κορεσμού (Is) ως προς τα ορυκτά ασβεστίτη, αραγωνίτη, δολομίτη, χαλαζία και τάλκη, όπως προσδιορίστηκαν με την εφαρμογή του μοντέλου Wateq-f.

Δείγμα	Is ασβεστίτη	Is αραγωνίτη	Is δολομίτη	Is χαλαζία	Is γύψου	Is τάλκη
ΓΛ-1	0,799	0,663	2,156	0,257	-0,283	1,949
Δ-1	0,219	0,069	0,713	0,383	-1,606	-1,090
Δ-2	0,210	0,062	0,698	0,386	-1,608	-1,107
Δ-23	0,113	-0,035	0,502	0,390	-1,609	-1,690
Δ-3	0,539	0,390	1,132	0,364	-1,404	0,987
Δ-4	0,360	0,213	0,923	0,276	-2,004	0,628
Δ-24	0,275	0,128	0,746	0,277	-1,998	0,036
Δ-5	0,539	0,392	0,810	0,107	-2,083	-2,062
Δ-6	0,569	0,423	0,930	0,417	-1,908	-0,651
Δ-7	0,497	0,349	0,731	0,350	-1,950	-1,625
Δ-8	0,475	0,327	0,582	0,274	-1,987	-2,241
Δ-13	0,417	0,267	0,436	0,673	-2,498	-1,608
Δ-14	0,855	0,706	1,064	0,535	-0,829	-0,438
Δ-15	0,373	0,226	0,841	0,358	-2,089	-0,703
Δ-16	0,612	0,463	1,335	0,159	-1,374	-1,292
Δ-17	0,625	0,476	1,408	0,116	-1,501	-0,583
Δ-18	0,540	0,392	1,043	0,659	-1,905	1,156
Δ-25	0,542	0,395	1,050	0,661	-1,905	1,170
Δ-19	0,387	0,238	0,788	0,575	-2,156	1,110
Δ-39	0,084	-0,065	-0,102	0,593	-1,952	-1,328
Δ-26	0,721	0,576	1,295	0,720	-2,203	2,071
Δ-38	0,721	0,575	1,290	0,720	-2,204	2,062
Δ-27 (Θ-1)	0,667	0,518	1,127	0,787	-2,192	1,704
Δ-28	0,534	0,386	0,791	0,115	-2,083	-2,108
Δ-29	0,560	0,413	0,899	0,435	-1,905	-0,720
Δ-30	0,633	0,483	1,031	0,763	-1,519	0,511
Δ-31	0,436	0,288	0,695	0,827	-1,297	-0,785
Δ-32	0,470	0,321	0,526	0,591	-1,469	-1,649
Δ-33	0,556	0,408	0,810	0,581	-1,679	-0,183
Δ-34	0,400	0,253	0,711	0,718	-2,357	1,431
Δ-35	-0,011	-0,159	-0,598	0,328	-2,150	-4,076
Δ-36	0,374	0,226	0,174	0,573	-1,668	-1,409
Δ-37	0,379	0,232	0,396	0,675	-2,438	-0,528
Δ-40	0,374	0,226	0,484	0,542	-1,281	-1,386
Δ-41	0,223	0,074	-0,159	0,554	-2,070	-2,668
Δ-42	0,738	0,589	0,758	0,584	-1,996	0,260
Δ-43	0,438	0,291	0,198	0,514	-1,925	-1,959
Δ-44	0,275	0,128	-0,147	0,490	-2,425	-2,442
Δ-45	0,390	0,241	0,237	0,638	-2,268	-1,186

5.4.3 Γεωθερμομετρία

Για την εκτίμηση της θερμοκρασίας των βαθύτερων γεωθερμικών ρευστών εφαρμόστηκαν τα χημικά γεωθερμόμετρα SiO_2 (Fournier, 1981), Na/K (Arnorrson et al., 1983), Na-K-Ca (Fournier & Truesdell, 1973), Na-Li (Fouillac & Michard, 1981), K-Mg (Giggenbach et al., 1983) και Li-Mg (Kharaka & Mariner, 1989) στο γεωθερμικό νερό της παραγωγικής γεωθερμικής γεώτρησης ΓΛ-1 της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου. Τα αποτελέσματα της εφαρμογής αυτών των χημικών γεωθερμομέτρων αναγράφονται στον Πίνακα 9

Πίνακας 9: Εκτίμηση της θερμοκρασίας ($^{\circ}\text{C}$) του βαθιού ταμιευτήρα με τη χρήση γεωθερμομέτρων στο γεωθερμικό νερό της γεώτρησης ΓΛ-1 της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου

Δείγμα	$T(^{\circ}\text{C})$ Εξόδου	$T(^{\circ}\text{C})$ SiO_2	$T(^{\circ}\text{C})$ Na/K	$T(^{\circ}\text{C})$ Na-K-Ca	$T(^{\circ}\text{C})$ Na-Li	$T(^{\circ}\text{C})$ K-Mg	$T(^{\circ}\text{C})$ Li-Mg
ΓΛ-1	36,2	44,1	97,0	158,1 ($\beta=4/3$)	41,0	99,1	26,6
Θαλασσινό νερό							

Το γεωθερμόμετρο του SiO_2 (Fournier, 1981) προτείνει για το νερό της γεώτρησης ΓΛ-1 ως θερμοκρασία του βαθιού γεωθερμικού ρευστού αυτή των $44,1^{\circ}\text{C}$.

Το γεωθερμόμετρο Na/K (Arnorrson et al., 1983) δίνει ως πιθανότερη θερμοκρασία αυτή των 97°C .

Για το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca (Fournier & Truesdell, 1973), για την περίπτωση του δείγματος της ΓΛ-1 είναι $[\log(\sqrt{\text{Ca}}/\text{Na}) + 2.06] < 0$ και λαμβάνεται $\beta=1/3$. Η τιμή που δίνει το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca για το βαθύτερο ταμιευτήρα είναι 158°C .

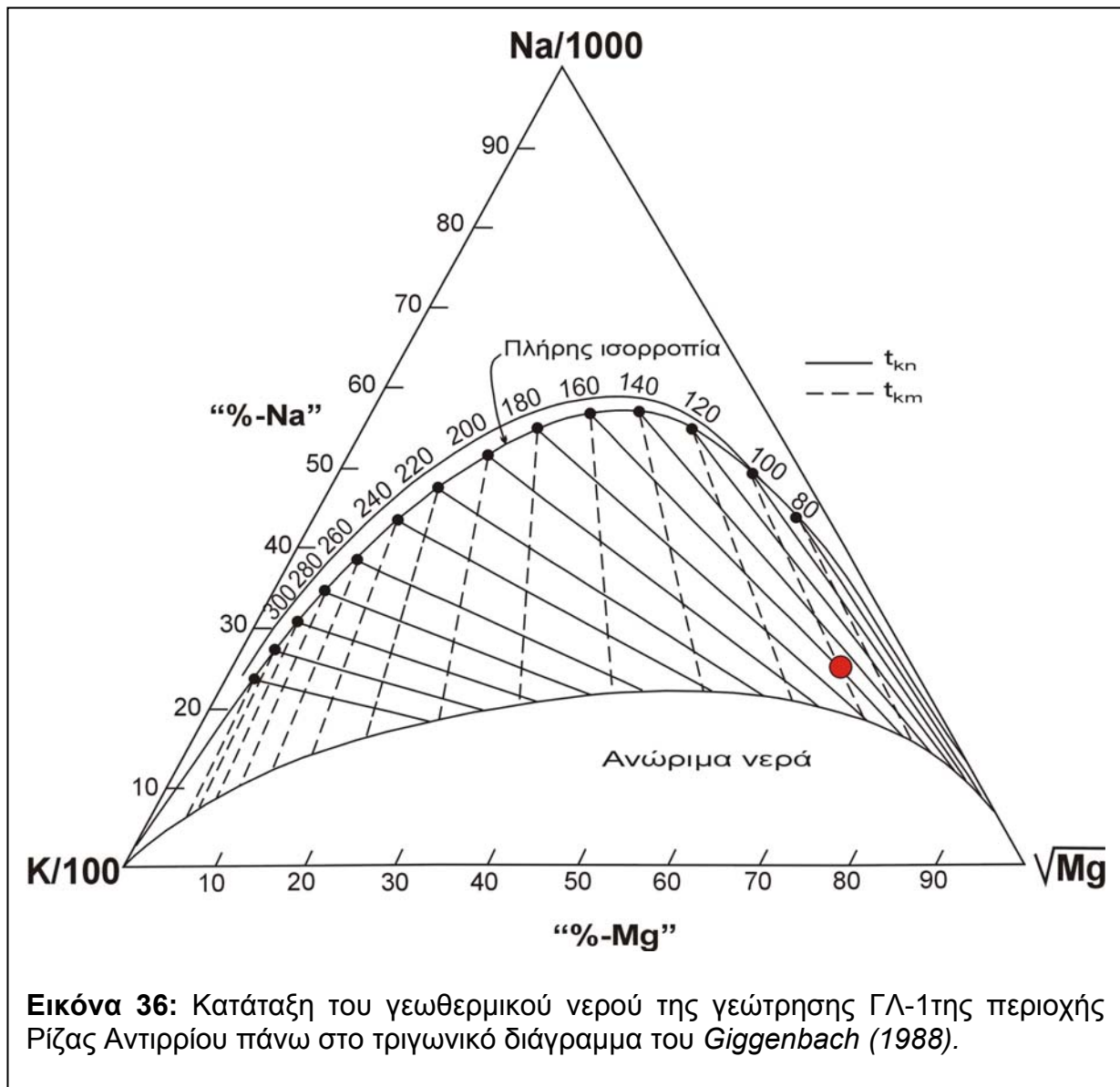
Τα γεωθερμόμετρα Na/K και Na-K-Ca, αν και εμπειρικά, εξαρτώνται από την ισορροπία μεταξύ των θερμών νερών και των αργιλοπυριτικών ορυκτών πρωταρχικών στο περιβάλλον πέτρωμα ή που παράγονται από εξαλλοίωση. Αν δεν επιτευχθεί ισορροπία ή αν η ορυκτολογική ακολουθία είναι ασυνήθης, τότε είναι δυνατόν να υποδειχθούν παραπλανητικές πληροφορίες. Η αυξημένη παρουσία Na^+ σε γεωθερμικά ρευστά λόγω ανάμιξης με θαλασσινό νερό σε μικρά σχετικά βάθη καθιστά προβληματική την αξιοπιστία των τιμών αυτών των γεωθερμομέτρων.

Η χρήση του εμπειρικού γεωθερμομέτρου Na-Li (Fouillac & Michard, 1981) για το δείγμα νερού της ΓΛ-1 έδωσε θερμοκρασία 41°C . Για το ίδιο δείγμα νερού, η προτεινόμενη από το γεωθερμόμετρο Li-Mg (Kharaka & Mariner, 1989) θερμοκρασία είναι $26,6^{\circ}\text{C}$.

Το γεωθερμικό νερό της ΓΛΠ-1 προβλήθηκε πάνω στο τριγωνικό διάγραμμα του Giggenbach (1988), που περιλαμβάνει τις ιοντικές συγκεντρώσεις Na^+ , K^+ και Mg^{2+} με τη μορφή μεταβλητών m_{Na^+} , m_{K^+} , $\sqrt{\text{Mg}^{2+}}$. Από αυτό το τριγωνικό διάγραμμα (Εικόνα 36) προκύπτει ότι το γεωθερμικό νερό ΓΛ-1 προβάλλεται στην περιοχή όπου επικρατεί μερική χημική ισορροπία νερού-πετρώματος. Για όλα τα δείγματα που προβάλλονται στην περιοχή της μερικής χημικής ισορροπίας νερού - πετρώματος, η προτεινόμενη θερμοκρασία προκύπτει

από τη θέση των δειγμάτων αυτών πάνω στο διάγραμμα (Giggenbach, 1988). Συνεπώς από την προβολή των προαναφερθέντων γεωθερμικών νερών στο πεδίο της μερικής χημικής ισορροπίας νερού - πετρώματος του διαγράμματος Giggenbach, προκύπτει ότι η πιθανότερη θερμοκρασία του βαθιού γεωθερμικού ρευστού είναι της τάξης των 100-160°C (η θερμοκρασία των 100°C αντανάκλα σε συνθήκες αβαθέστερων υδροφόρων, ενώ αυτή των 160°C σε συνθήκες βαθύτερων γεωθερμικών ταμιευτήρων).

Ο σημαντικός επηρεασμός του γεωθερμικού νερού από το νερό της θάλασσας καθιστά γενικά προβληματική τη χρήση των χημικών γεωθερμομέτρων και εκφράζονται κάποιες επιφυλάξεις για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων που αυτά δίνουν.



5.4.4 Τάσεις επικαθήσεων και διάβρωσης του γεωθερμικού νερού της γεώτρησης ΓΛ-1

Η διάβρωση και η απόθεση αλάτων από το νερό είναι απαραίτητο να είναι γνωστές πριν από κάθε χρήση του. Για την εκτίμηση της ικανότητας του νερού να αποθέσει άλατα ή να διαβρώνει είναι απαραίτητη η γνώση των δεικτών κορεσμού ή Langelier (LSi) και σταθερότητας ή Ryznar (St_i).

Ο **δείκτης κορεσμού ή Langelier** χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των παραμέτρων, που συμβάλλουν στην απόθεση CaCO₃ ή άλλων ορυκτών από το νερό στις σωληνώσεις κλπ (Καλλέργης, 2000). Ο δείκτης κορεσμού Langelier (Langelier saturation index, LSI) είναι ο αρχαιότερος και γνωστότερος δείκτης για την πρόβλεψη της τάσης ενός νερού για δημιουργία ανθρακικών επικαθήσεων (Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004). Για τον καθορισμό του δείκτη κορεσμού απαιτείται η γνώση (Καλλέργης, 2000): (α) της αλκαλικότητας, που είναι συνάρτηση της συγκέντρωσης, σε ppm, ανθρακικών, οξυανθρακικών και υδροξυλικών ιόντων, (β) της συγκέντρωσης σε ppm των ιόντων που περιέχει το νερό, (γ) το pH, (δ) της θερμοκρασίας και (ε) του συνόλου των διαλυμένων στο νερό αλάτων (TDS).

Ο δείκτης LSI ορίζεται ως (Καλλέργης, 2000, Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004):

$$LSI = pH - pH_s$$

όπου pH = το πραγματικό pH, που μετριέται στα δείγματα του νερού, και

pH_s = είναι το pH στο οποίο ο ασβεστίτης βρίσκεται σε ισορροπία και υπολογίζεται λαμβάνοντας υπ' όψη τα ιόντα Ca²⁺ και HCO₃⁻, το TDS και τη θερμοκρασία (°C).

Θετικές τιμές του LSI, δηλ. για LSI > 0, υποδηλώνουν ότι υπάρχει τάση για επικαθίσεις και πιθανόν να καταβυθιστεί CaCO₃, ενώ για αρνητικές τιμές, δηλ. αν LSI < 0, τότε δεν υπάρχει τάση για επικαθίσεις και το νερό θα διαλύσει CaCO₃.

Για να υπολογιστεί ο δείκτης LSI είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την αλκαλικότητα του νερού (εκφρασμένη σε mg/l ως προς το CaCO₃), τη σκληρότητα ως προς το Ca (mg/l Ca²⁺ ως CaCO₃), το Σ.Δ.Α. (T.D.S.), το pH και τη θερμοκρασία του νερού (°C). Το pH_s υπολογίζεται τόσο με τη βοήθεια των νομογραμμάτων αλλά και από τη σχέση (Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004):

$$pH_s = (9,3 + A + B) - (C + D)$$

όπου:

$$A = (\log_{10}[\Sigma\Delta A] - 1) / 10$$

$$B = -13,12 \times \log_{10}(^{\circ}C + 273) + 34,55$$

$$C = \log_{10}[Ca^{2+} \text{ ως } CaCO_3] - 0,4$$

$$D = \log_{10}[\text{αλκαλικότητα ως } CaCO_3]$$

Ο **δείκτης σταθερότητας ή Ryznar** είναι ένας δείκτης που προτάθηκε από τον Ryznar (1944) για τον προσδιορισμό του ποσού του CaCO₃ που αποτίθεται από το νερό σε οποιαδήποτε θερμοκρασία μέχρι τους 93°C και την πρόγνωση της διαβρωτικής ικανότητας των νερών που δεν αποθέτουν άλατα. Ο Ryznar θεώρησε ότι ο δείκτης κορεσμού δίνει ποιοτικές μόνο πληροφορίες για την ικανότητα του νερού να αποθέσει άλατα και γι' αυτό πρότεινε την αντικατάστασή του με ένα δείκτη που δίνει ποσοτικές πληροφορίες για το ίδιο φαινόμενο, τον

οποίο ονόμασε δείκτη σταθερότητας (*Καλλέργης, 2000*). Ο δείκτης σταθερότητας (St_i) δίνεται από τη σχέση: **$St_i = 2pH_s - pH$**

Όταν $St_i > 7$, τότε το νερό είναι διαβρωτικό. Όταν $St_i < 7$, τότε το νερό έχει την τάση να αποθέσει άλατα.

Ο *Ellis (1981, 1991)* παραθέτει ένα εμπειρικό σύστημα για την ταξινόμηση της διαβρωτικότητας των γεωθερμικών ρευστών, το οποίο λαμβάνει υπόψη του τα κύρια διαβρωτικά συστατικά. Πρωτεύοντα ρόλο στο σύστημα αυτό παίζει η συγκέντρωση των **Κύριων Διαβρωτικών Συστατικών** (Total Key Species, **TKS**). Η συγκέντρωση των TKS υπολογίζεται με την άθροιση των συγκεντρώσεων των χλωριόντων, των θειικών, των ανθρακικών, όξινων ανθρακικών, θειούχων ιόντων και των ιόντων αμμωνίου στο υγρό (*Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004*).

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά του νερού από την παραγωγική γεωθερμική ΓΛ-1 στην περιοχή Ρίζας Αντιρρίου αναφορικά με την τάση για σχηματισμό επικαθήσεων και τη διαβρωτικότητά τους.

	ΓΛ-1
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Θερμοκρασία (°C)	36,2
pH (εργαστηρίου)	7,10
Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (Σ.Δ.Α.) ή T.D.S. [σε mg/l]	45.657
pH _s	5,88
ΔΕΙΚΤΕΣ	
Δείκτης Langelier (LSI)	1,22
Δείκτης Ryznar	4,66
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΟΤΗΤΑΣ	
Κύρια διαβρωτικά χαρακτηριστικά, TKS [σε mg/l]	28.923
Περιεκτικότητα Cl% στα TKS	90,1

Για το γεωθερμικό νερό της παραγωγικής γεώτρησης ΓΛ-1 διαπιστώνεται ότι ο δείκτης κορεσμού ή Langelier λαμβάνει τιμή +1,22. Για ένα εύρος τιμών από -0,5 έως +0,5 θεωρείται ότι το νερό βρίσκεται σε ισορροπία. Επομένως το νερό της ΓΛ-εμφανίζει σημαντική τάση απόθεσης $CaCO_3$.

Αναφορικά με τον δείκτη Ryznar διαπιστώνεται ότι αυτός λαμβάνει τιμή 4,66. Τιμές $St_i < 7$, και πιο συγκεκριμένα η τιμή 4,66 που προσδιορίστηκε, υποδηλώνει έντονη τάση απόθεσης αλάτων.

Η συγκέντρωση των TKS (Κύριων Διαβρωτικών Συστατικών) για το γεωθερμικό νερό της γεώτρησης υπολογίστηκε σε 28923 mg/l, εκ των οποίων το 90,1% καταλαμβάνει η συγκέντρωση των χλωριόντων.

5.4.5 Η περιεκτικότητα σε ουράνιο (U) υδράργυρο (Hg) του γεωθερμικού νερού της γεώτρησης ΓΛ-1

Στα πλαίσια της παρούσας γεωθερμικής έρευνας στην περιοχή Ρίζας Αντιρρίου πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες νερών από τη γεώτρηση ΓΛ-1 κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών αντλήσεων για το προσδιορισμό της περιεκτικότητας του αντλούμενου νερού σε U και Hg.

Σε όλα τα δείγματα, το ουράνιο εμφανίζεται σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας (5 µg/l). Το U.S. Environmental Protection Agency θέσπισε ως ανώτατο όριο για το πόσιμο νερό την τιμή των 20 µg/l (<http://pubs.usgs.gov/circ/circ1170/geology.htm>, U.S. Environmental Protection Agency, 1996).

Επίσης, διαπιστώθηκε ότι η περιεκτικότητα όλων των δειγμάτων νερού σε Hg είναι κάτω από το όριο ανιχνευσιμότητας (1 µg/l).

5.5 Ερευνητικές Γεωτρήσεις

Η μελέτη και αξιολόγηση :

- των γεωλογικών και τεκτονικών δεδομένων και στοιχείων της υπαίθριας έρευνας
- οι εργαστηριακές μετρήσεις και χημικές αναλύσεις των δειγμάτων νερού
- καθώς και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων των γεωφυσικών διασκοπήσεων

οδήγησε στην εκτέλεση αρχικά μιας ερευνητικής γεώτρησης μικρής διαμέτρου και στη συνέχεια μίας γεώτρησης έρευνας-παραγωγής μεγάλης διαμέτρου.

Σκοπός της εκτέλεσης γεώτρησης μικρής διαμέτρου είναι:

- Η **στρωματογραφική μελέτη** της περιοχής και η περιγραφή των σχηματισμών – πετρωμάτων που διατρήθηκαν
- Ο εντοπισμός της **ποιότητας** και του **βάθους** στεγανών και υδροπερατών σχηματισμών, μέχρι και το γεωθερμικό ταμιευτήρα (ασβεστόλιθος).
- Εκτίμηση του **βαθμού ρωγμάτωσης** του ασβεστολίθου και του **δευτερογενούς πορώδους**.
- **Θερμομετρήσεις** από την επιφάνεια μέχρι τον πυθμένα των γεωτρήσεων για τον υπολογισμό της **γεωθερμικής ανωμαλίας** και της **θερμοκρασίας** στο γεωθερμικό ταμιευτήρα.
- Μέτρηση της **επίδρασης των εξωτερικών συνθηκών** κατά την υγρή και ξηρή περίοδο στις υπεδαφικές θερμοκρασίες.

Σκοπός της εκτέλεσης της γεώτρησης μεγάλης διαμέτρου είναι η διενέργεια αντλητικής δοκιμής για τη **μελέτη των χαρακτηριστικών του ταμιευτήρα** και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών **των ρευστών**.

Από την έρευνα στα πλαίσια του Β΄ Κ.Π.Σ., είχε εντοπισθεί αρχικά γεωθερμικό ενδιαφέρον, με την εκτέλεση μίας ερευνητικής γεώτρησης μικρής διαμέτρου βάθους 402 m και μίας ερευνητικής γεώτρησης μεγάλης διαμέτρου η οποία για σοβαρούς τεχνικούς λόγους δεν ολοκληρώθηκε. Από τα δεδομένα που υπήρχαν προέκυπτε ότι, το γεωθερμικό πεδίο είναι ανοικτό προς τα Ανατολικά και ότι έχριζε περεταίρω έρευνας (ΤΡΑΓΑΝΟΣ κ.α. 2000), προκειμένου να αποκρυσταλλώσουμε μια πλήρη εικόνα και να το περιχαράξουμε.

Προς τα Νότια κρίθηκε αδύνατη η εκτέλεση ερευνητικών γεωτρήσεων, λόγω μεγάλου πάχους των νεογενών αποθέσεων (>700 m).

Προς τα Βόρεια επίσης είναι δύσκολη η εκτέλεση ερευνητικού προγράμματος λόγω του μεγάλου πάχους του φλύσχη.

Έτσι από τα αποτελέσματα της Γεωθερμικής Έρευνας Επιφανείας, η ανατολική πλευρά της περιοχής παρουσίαζε ευνοϊκά στοιχεία για τη συνέχιση της γεωτρητικής έρευνας. Οι

γεωτρήσεις, που έγιναν σε αυτό το τμήμα της υπό έρευνα περιοχής, αποσκοπούσαν στη διαπίστωση της επέκτασης του πεδίου προς αυτή τη κατεύθυνση. Έγιναν μία ερευνητική γεώτρηση μικρής διαμέτρου ΓΛ-1 και μία γεώτρηση μεγάλης διαμέτρου ΓΛΠ-1, οι θέσεις των οποίων φαίνονται στο γεωλογικό χάρτη (Εικόνα 10).

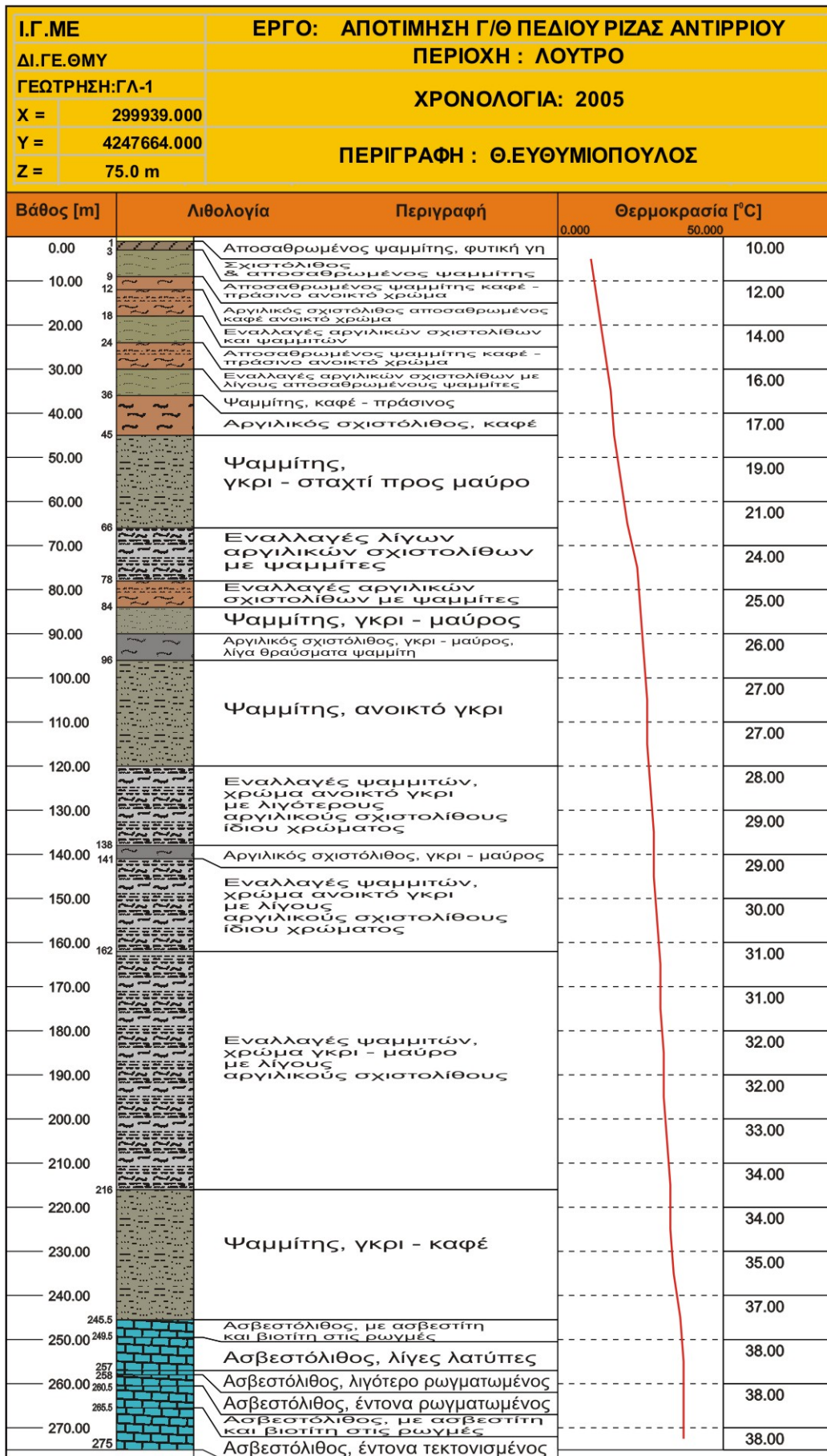
Για την αξιολόγηση των γεωτρήσεων έγιναν οι προγραμματισμένες εργασίες μεταξύ των οποίων περιλαμβάνονται:

- περιγραφή πυρήνων και σύνταξη του αντίστοιχου πίνακα,
- διαγραφίες (loggings, Εικόνα 38) για τον προσδιορισμό πορώδους, περατότητας, ειδικού βάρους, πυκνότητας κλπ.),
- δειγματοληψίες πετρώματος από τα επιστρεφόμενα των γεωτρήσεων για ορυκτολογικούς προσδιορισμούς,
- δειγματοληψία νερών, τόσο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της γεώτρησης, όσο και κατά την άντλησή της.

Τα αποτελέσματα των ερευνητικών γεωτρήσεων, που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του παρόντος έργου, συναξιολογήθηκαν με τα αποτελέσματα των παλιότερων γεωτρήσεων, ώστε να σχηματίσουμε μια συνολική εικόνα της δομής και των ιδιοτήτων του γεωθερμικού πεδίου .

Η οροφή του γεωθερμικού ταμιευτήρα, που στην προκειμένη περίπτωση μας είναι ο ασβεστόλιθος, βρίσκεται σε βάθος κυμαινόμενο από 110 m στις ανατολικές παρυφές της Κλόκοβας (Β'ΚΠΣ) και φθάνει τα 200 m προς τα δυτικά (γεώτρηση ΓΛΠ-1). Παρατηρούμε δηλαδή μία αύξηση του βάθους της οροφής από τα Δ προς τα Α, που είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής διαμόρφωσης και της βύθησης των σχηματισμών προς τα Α. Ο ασβεστόλιθος αυτός, παρουσιάζει τα ορυκτολογικά και λιθοφασικά χαρακτηριστικά του ασβεστολίθου του Ηωκαίνου και όπως προκύπτει από την περιγραφή των πυρήνων και των τριμμάτων των γεωτρήσεων, εμφανίζεται λίαν καρστικοποιημένος και διαβρωμένος.

Η στρωματογραφική διάρθρωση των κλαστικών ιζημάτων, που υπέρκεινται του ασβεστολίθου, είναι εναλλαγές ψαμμιτών με αργιλλικούς σχιστολίθους έντονα κερματισμένων.(Εικόνα 37)



Εικόνα 37: Τομή γεώτρησης ΓΛ-1

5.6 Τεχνικά Γεωτρητικά Στοιχεία

Για την υλοποίηση του γεωτρητικού προγράμματος στην περιοχή του γεωθερμικού πεδίου Αντιρρίου χρησιμοποιήθηκαν δύο γεωτρύπανα: ένα δειγματοληπτικό γεωτρύπανο Long Year 44, πλήρως εξοπλισμένο με εμβολοφόρες αντλίες, στελέχη, σωλήνες, πυρηνοσυλλέκτες (καροταρίες), κοπτικά, κορώνες κ.λ.π. για τις ερευνητικές γεωτρήσεις μικρής διαμέτρου και ένα αυτοκινούμενο υδρογεωτρύπανο SOILMEC για την ερευνητική γεώτρηση μεγάλης διαμέτρου.

Γενικά, τα τεχνικά προβλήματα που παρουσιάστηκαν στις γεωτρητικές εργασίες καθώς και τεχνικά ατυχήματα, οφείλονται στις συνθήκες διάτρησης, δηλαδή στη διάτρηση σχηματισμών με χαλαρές κατά τόπους ζώνες και κατά συνέπεια καταπτώσεις των τοιχωμάτων και στις μερικές ή ολικές απώλειες κυκλοφορίας κατά τη διάτρηση του φλύσχη ή των ασβεστολίθων. Τα προβλήματα αυτά αντιμετωπίστηκαν σε γενικές γραμμές με τη χρησιμοποίηση καλής ποιότητας μπεντονιτικής λάσπης γεωτρήσεων, με καλό καθαρισμό και με κατάλληλα σχεδιασμένο πρόγραμμα διάτρησης-σωλήνωσης των γεωτρήσεων, αφού η μέθοδος διάτρησης με αέρα και αφρό, η οποία επιχειρήθηκε στην εκτέλεση της ερευνητικής γεώτρησης μεγάλης διαμέτρου, αρχικά μεν απέδωσε ικανοποιητικό ρυθμό διάτρησης, σε βάθος όμως μεγαλύτερο των 100 περίπου μέτρων προκάλεσε σοβαρά προβλήματα καταπτώσεων των τοιχωμάτων και εγκατελήφθη.

Οι διατρητικές εργασίες της πρώτης γεώτρησης άρχισαν αμέσως μετά την εγκατάσταση του γεωτρύπανου.

Αναλυτικότερα η κατασκευή κάθε ερευνητικής γεώτρησης έχει ως εξής:

Γεώτρηση Λουτρού ΓΛ-1

Θέση: X=299939.00 Y=4247664.00 Z=75.00

Η διάτρηση ξεκίνησε την 2/10/2005 με κοπτικό διαμέτρου 7 $\frac{7}{8}$ '' μέχρι τα 49,5 μέτρα και η γεώτρηση σωληνώθηκε με σωλήνες PW (5 $\frac{5}{8}$ '') .

Ακολούθησε η διάτρηση με κοπτικό τρίκωνο 4 $\frac{3}{4}$ '' μέχρι τα 192 μέτρα και η γεώτρηση σωληνώθηκε με σωλήνες HW (4 $\frac{1}{2}$ '') από 0 μέχρι 135 μέτρα.

Η διάτρηση συνεχίστηκε με κοπτικό 3 $\frac{7}{8}$ '' μέχρι τα 245 μέτρα και η γεώτρηση σωληνώθηκε με στελέχη- σωλήνες HQ (3 $\frac{1}{2}$ '') από 0 μέχρι 245 μέτρα.

Ακολούθησε η διάτρηση με κοπτικό NQ ($2 \frac{63}{64}$ "') μέχρι τα 275,5 μέτρα.

Κατά την προσπάθεια ανάκτησης των σωλήνων HQ ($3 \frac{1}{2}$ "') παρουσιάστηκαν μεγάλες καταπτώσεις των τοιχωμάτων με αποτέλεσμα αδυναμία πλήρους ανάκτησης και τελικά το μπάζωμα της γεώτρησης κάτω από τα 152 μέτρα και τη σωλήνωσή της με σωλήνες γαλβανιζέ 2" μόνο μέχρι τα 152 μέτρα. Οι εργασίες τελείωσαν την 27/1/2006.

Γεώτρηση Λουτρού ΓΛΠ-1

Θέση: X=0300031.00 Y=4247854.00 Z=100.00

Η διάτρηση ξεκίνησε την 10/4/2006 με κοπτικό διαμέτρου $12 \frac{1}{4}$ "' και διευρύνθηκε με διευρυντήρα διαμέτρου $17 \frac{1}{2}$ "' μέχρι τα 48 μέτρα. Τοποθετήθηκε σωλήνωση με σωλήνες διαμέτρου 14"' μόνο από 0 – 6 μέτρα, λόγω καταπτώσεων και παρουσίας "συρταριών".

Ακολούθησε η διάτρηση με κοπτικό $12 \frac{1}{4}$ "' μέχρι τα 201,5 μέτρα, και τοποθετήθηκε σωλήνωση $8 \frac{5}{8}$ "', μέχρι το βάθος των 179 μέτρων. Η σωλήνωση δεν ήταν δυνατόν να κατέβη μέχρι το τελικό βάθος διάτρησης αυτής της φάσης λόγω καταπτώσεων.

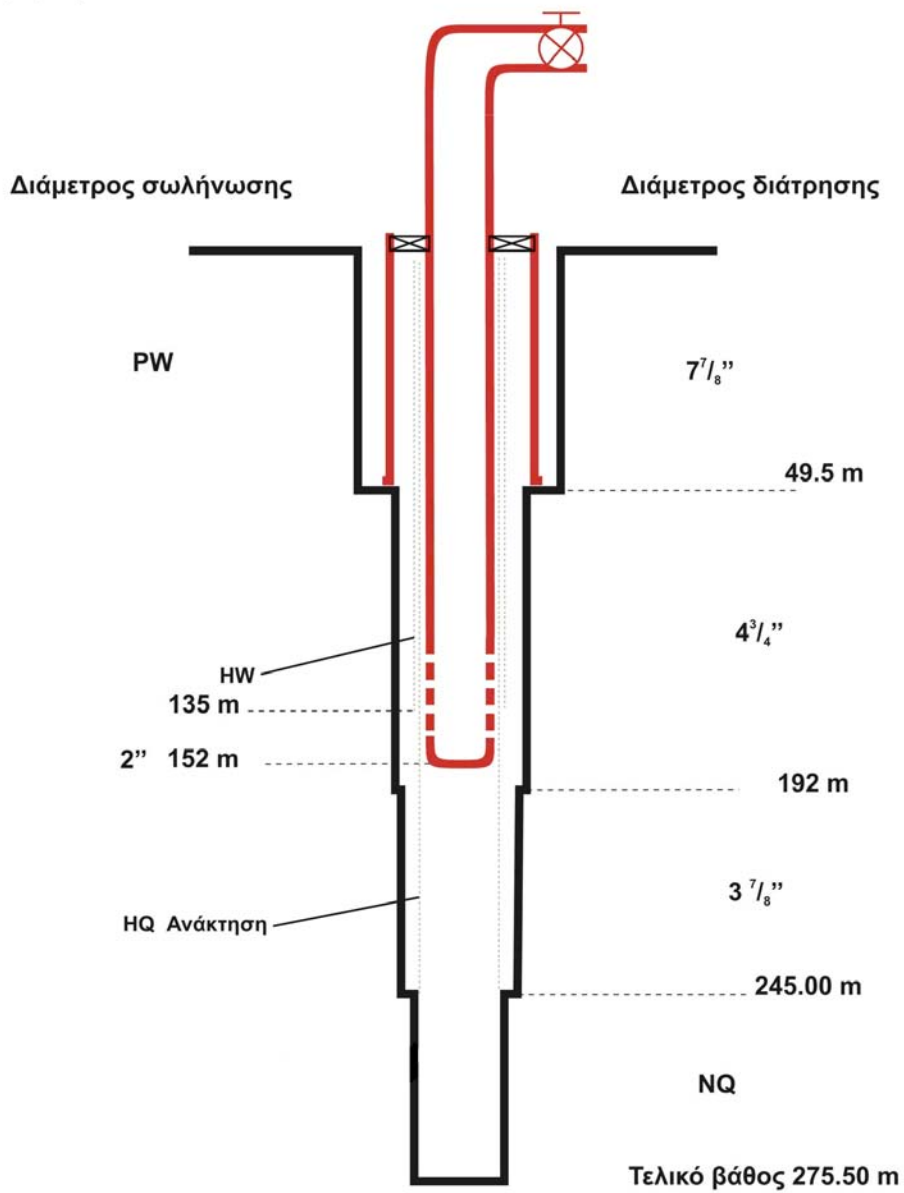
Συνεχίστηκε η διάτρηση με κοπτικό $7 \frac{5}{8}$ "' μέχρι τα 229 μέτρα, και η γεώτρηση σωληνώθηκε με σωλήνες και φιλτροσωλήνες 4"' από 179-229 μέτρα. Οι εργασίες τελείωσαν την 27/6/2006.

5.6.1 Δοκιμαστική Αντληση Γεώτρησης ΓΛΠ-1

Οι αντλητικές δοκιμές έγιναν στη γεώτρηση ΓΛΠ-1 από τις 8/11/2006 μέχρι τις 10/11/2006, με τη χρησιμοποίηση αντλητικού συγκροτήματος (πομόνας), διαμέτρου στροβίλου $7 \frac{7}{8}$ "' και σωλήνων 4"'.

Τα στοιχεία και οι μετρήσεις πτώσης στάθμης και επαναφοράς κατά τη διάρκεια των αντλητικών δοκιμών, χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό των τιμών των παραμέτρων του υδροφορέα του γεωθερμικού ταμιευτήρα στη συγκεκριμένη περιοχή και μαζί με πλήθος άλλων στοιχείων, στη μελέτη του δυναμικού του γεωθερμικού ταμιευτήρα.

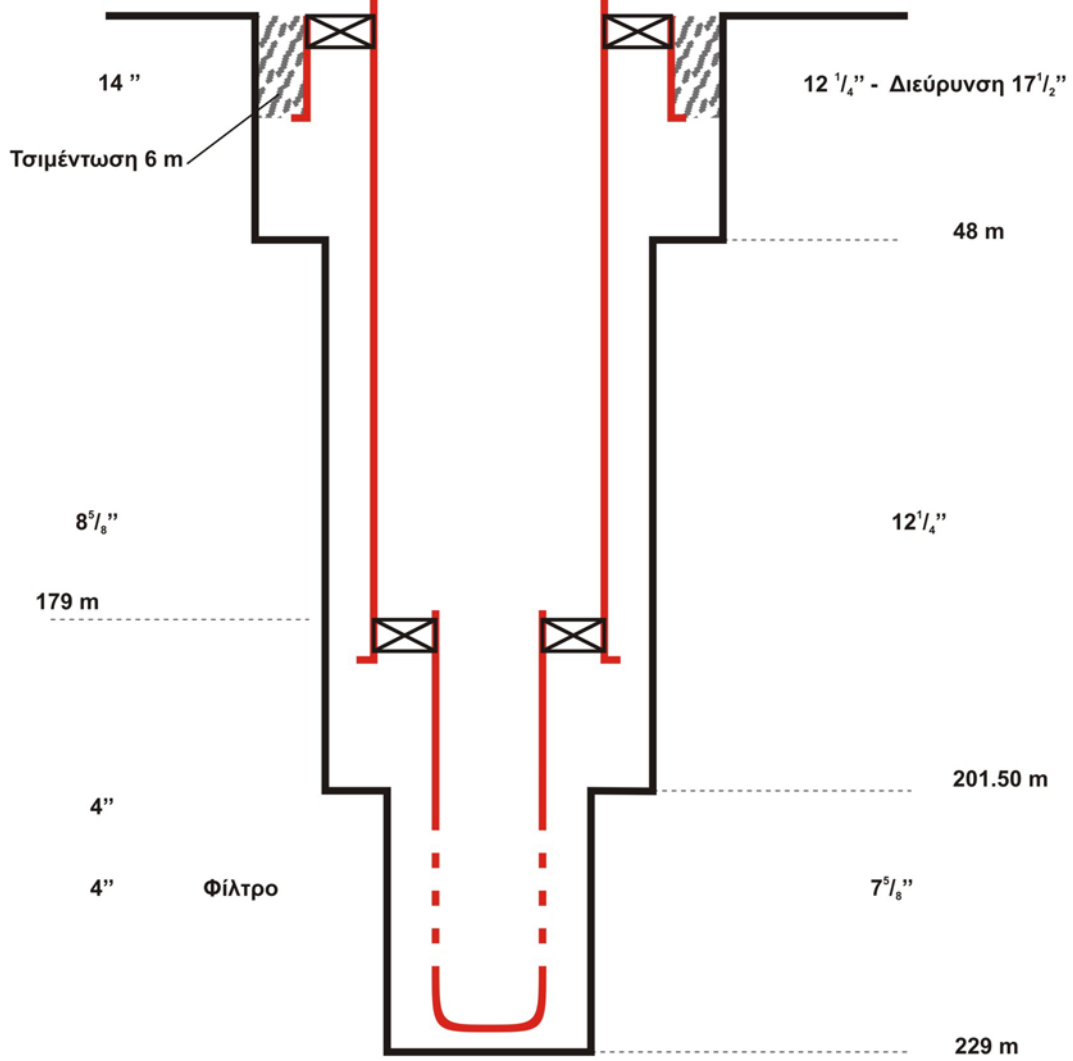
Γεώτρηση ΓΛ- 1



Γεώτρηση Αντίρριο ΓΛΠ-1

Διάμετρος σωλήνωσης

Διάμετρος διάτρησης



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Κατ' αρχή θεωρούμε σκόπιμο να υπενθυμίσουμε τις φυσικές έννοιες ορισμένων παραμέτρων που οι τιμές τους καθορίζονται από την επεξεργασία των στοιχείων και των μετρήσεων των αντλητικών δοκιμών.

Η υδροχωρητικότητα S δείχνει τον όγκο του νερού που ελευθερώνεται κατά την άντληση ανά μονάδα επιφανείας του υδροφόρου και ανά μονάδα μεταβολής της στάθμης του. Δηλαδή είναι αδιάστατο μέγεθος και εκφράζεται σαν κλάσμα της μονάδας.

Η υδροπερατότητα K δείχνει την ικανότητα του σχηματισμού (υδροφορέα) να μεταβιβάζει ένα όγκο νερού μέσα από μία επιφάνεια κάθετα προς την διεύθυνση ροής, έχει δε διαστάσεις ταχύτητας.

Η μεταβιβαστικότητα T δείχνει τον ρυθμό με τον οποίο ένας όγκος νερού μεταβιβάζεται μέσα από τη διατομή του υδροφόρου. Αποτελεί δηλαδή το γινόμενο της υδροπερατότητας επί το πάχος του υδροφόρου στρώματος ($T = K \cdot h$).

Για την επεξεργασία των στοιχείων των μετρήσεων ξεκινάμε από την εξίσωση ροής του Theis

$$\sigma_m = \frac{Q}{4\pi T} * \int_0^{\infty} \frac{e^{-z}}{r^2 S / 4Tt} dz \quad (1)$$

όπου σ_m : η πτώση στάθμης

z : η απόσταση της υδρομάστευσης

r : η ακτίνα της γεώτρησης ή απόσταση από τον άξονα της γεώτρησης.

Ορίζοντας : $u = \frac{r^2 S}{4 T t}$ (2)

Έχουμε το ολοκλήρωμα $\int_u^{\infty} \frac{e^{-z}}{z} dz = W(u)$ (3)

όπου W είναι η ένταση ροής, η δε επίλυσή του δίνεται από τη συγκλίνουσα σειρά :

$$W = -0,577216 - \ln u + u - \frac{u^2}{2.2!} + \frac{u^3}{3.3!} - \frac{u^4}{4.4!} + \dots \quad (4)$$

Έτσι, η εξίσωση Theis έχει τη μορφή :

$$\sigma_m = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad (5)$$

Οι Cooper – Jacob προχώρησαν στην επίλυση της εξίσωσης Theis απλουστεύοντάς την όταν η τιμή r^2 / t είναι πολύ μικρή, οπότε το άθροισμα των όρων της σειράς στην εξίσωση (4) μετά τον όρο $\ln u$ γίνεται αμελητέο.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η επίλυση Theis και Cooper – Jacob και η επεξεργασία των δεδομένων έγινε σε ημιλογαριθμικά (semi-log) διαγράμματα άντλησης με την πτώση στάθμης-χρόνο (σ_m-t) και την επαναφορά ($\sigma_m - \frac{t + \Delta t}{\Delta t}$).

Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της αντλητικής δοκιμής δίνονται στα διαγράμματα και στους σχετικούς πίνακες, όπου παρουσιάζονται ο χρόνος διάρκειας της άντλησης, η πτώση στάθμης και η αντίστοιχη παροχή άντλησης, η επαναφορά στάθμης από τη στιγμή που σταμάτησε η άντληση, μετρήσεις δηλαδή που λήφθηκαν κατά τη διάρκεια των δοκιμών.

Έτσι, υπολογίζονται οι παρακάτω παράμετροι του υδροφορέα της περιοχής της γεώτρησης ΓΛΠ-1 όπως προκύπτουν από τα διαγράμματα που επεξεργάστηκαν.

Μεταβιβαστικότητα T (m^2/min) = $3 \cdot 10^{-1}$

ή T (m^2/min) = $9 \cdot 10^{-1}$ (από τα διαγράμματα άντλησης / πτώσης στάθμης της πρώτης και της δεύτερης δοκιμής)

ή T (m^2/min) = $8.5 \cdot 10^{-1}$ (από το διάγραμμα επαναφοράς)

Υδροπερατότητα $K = \frac{T}{h}$ όπου h το πάχος του υδροφορέα, όπως προκύπτει από τα χαρακτηριστικά διάτρησης και την περιοχή που τοποθετήθηκαν τα φίλτρα, δηλαδή έχουμε $h=29\text{m}$.

Επιλύοντας την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι η υδροπερατότητα είναι $K = 1 \cdot 10^{-2} \text{ m/min}$ ή $K = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m/min}$ (από τα διαγράμματα άντλησης / πτώσης στάθμης της πρώτης και της δεύτερης δοκιμής)

ή $K = 2.9 \cdot 10^{-2} \text{ m/min}$ (από το διάγραμμα επαναφοράς)

δηλαδή μέση τιμή υδροπερατότητας, η οποία χαρακτηρίζει ρωγματωμένους ασβεστολίθους.

Υδροχωρητικότητα $S = 0.0004$

Για τον έλεγχο της ποιότητας της κατασκευής κάθε γεώτρησης υπολογίζεται ο συντελεστής απωλειών φορτίου της γεώτρησης, που αποτελεί ένδειξη της συμμετοχής της ποιότητας κατασκευής φίλτρων τη γεώτρησης, στην ολική πτώση στάθμης κατά την άντληση. Ο συντελεστής απωλειών φορτίου της γεώτρησης C (σε min²/m⁵) βρίσκεται από τη σχέση :

$$\sigma_m = \frac{2.30}{4\Pi T} * \log \frac{2,25Tt}{r^2 S} + C * Q^n$$

όπου Q = η παροχή σε m³/min

T = η μεταβατικότητα σε m²/min

S = η υδροχωρητικότητα

r = η ακτίνα της γεώτρησης άντλησης σε m

n = 2

t = ο χρόνος άντλησης σε min

σ_m = η πτώση στάθμης σε m

$$\text{Δηλαδή } C = \frac{\sigma_m - \frac{2,3Q}{4\Pi T} * \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}}{Q^n}$$

Αντικαθιστώντας τις αντίστοιχες τιμές στις συγκεκριμένες μονάδες, όπως υπολογίζονται από τα διαγράμματα των σχημάτων, προκύπτει ότι ο συντελεστής απωλειών φορτίου C έχει τιμή της τάξης των -0.60 min²/m⁵, δηλαδή σημαίνει πραγματικά ότι δεν υπάρχουν απώλειες φορτίου στα τοιχώματα της γεώτρησης και τα φίλτρα αφού C < 0,5 min²/m⁵.

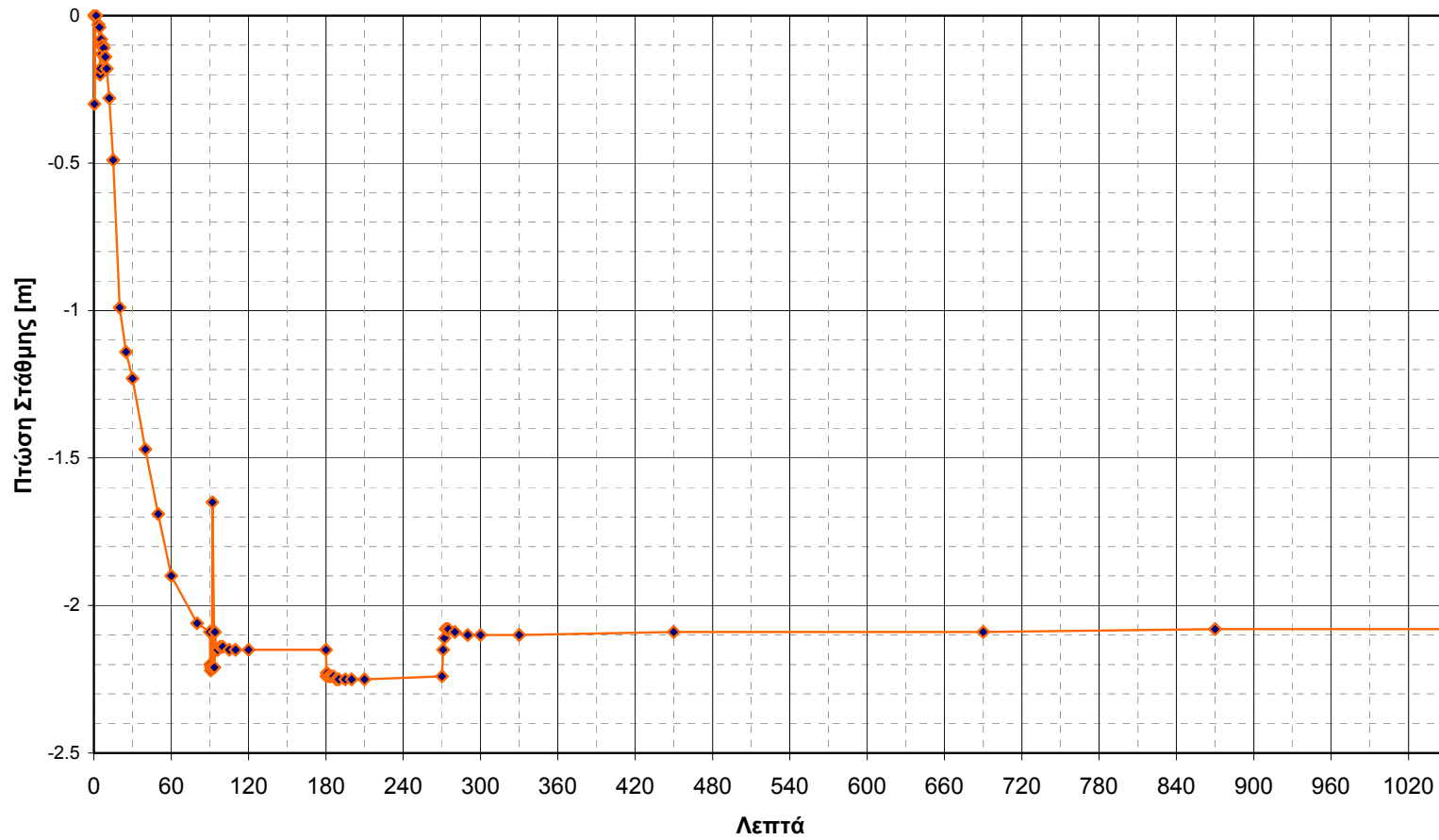
Οι τιμές αυτές δείχνουν ότι η γεώτρηση είναι καλά σχεδιασμένη και κατασκευασμένη, τα δε φίλτρα ανοικτά μια και δεν υπάρχουν απώλειες φορτίου στη γεώτρηση.

Τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής της γεώτρησης, τα διατρητικά δεδομένα και τα αποτελέσματα των διαγραφιών οδηγούν στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για ένα ταμιευτήρα που αποτελείται από ρωγματωμένους ασβεστολίθους που αποτελούν και το κυρίως γεωθερμικό ρεζερβουάρ.

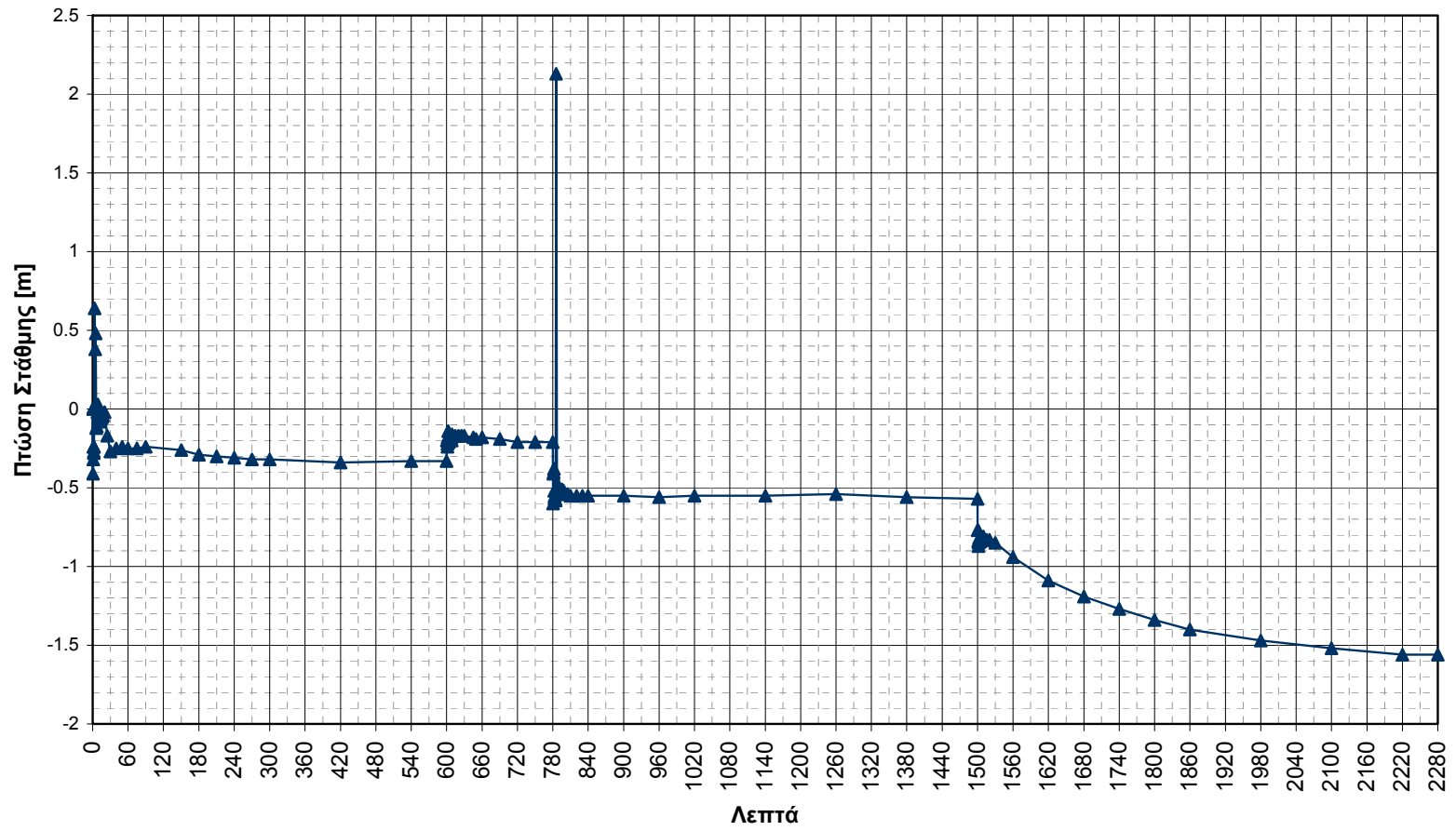
Η μέση τιμή υδροπερατότητας που προκύπτει από την αξιολόγηση των αντλητικών δοκιμών, δείχνει ικανοποιητική δυνατότητα κυκλοφορίας του γεωθερμικού ρευστού μέσα στις διακλάσεις.

Κατά τη διάτρηση της γεώτρησης και κυρίως κατά την εκτέλεση των αντλητικών δοκιμών διαπιστώθηκε ότι το γεωθερμικό ρευστό περιέχει διαλυμένα αέρια (όπως CO₂ και H₂S). Λόγω πτώσης της υδροστατικής πίεσης κατά την άντληση (με παροχές από 22 m³/h μέχρις 93 m³/h) , η διαλυτότητα των αερίων μειώνεται, δημιουργούνται φυσαλίδες και διαφεύγουν προς την ατμόσφαιρα μέσα από τη γεώτρηση. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα κατά τις μετρήσεις πτώσης στάθμης να εμφανίζονται στιγμιαίες ανωμαλίες υψηλής στάθμης, οι οποίες εμφανίζονται στα σχετικά διαγράμματα, που αντιστοιχούσαν στις χρονικές στιγμές διαφυγής των φυσαλίδων αερίων. Μάλιστα, όπως ήταν φυσικό, όσο πιο μεγάλη ήταν η παροχή άντλησης, τόσο μεγαλύτερες ανωμαλίες στάθμης μετρήθηκαν. Για τον ίδιο λόγο άλλωστε δεν ήταν δυνατόν να αξιολογηθούν οι μετρήσεις επαναφοράς της δεύτερης (2^{ης}) αντλητικής δοκιμής , αφού μετρήθηκαν χαμηλότερες στάθμες από τη στάθμη του τέλους της άντλησης. Αυτές οι ανωμαλίες στις μετρήσεις δικαιολογούνται λόγω εκτόνωσης των αερίων, η οποία μάλιστα ήταν μεγαλύτερη σε συνθήκες μεγαλύτερης πτώσης της υδροστατικής πίεσης που οφειλόταν στη μεγαλύτερη παροχή κατά την 2^η άντληση.

Δοκιμαστική Άντληση 1 - ΓΛΠ-1 Αντίρριο



Δοκιμαστική Άντληση 2 - ΓΛΠ-1 Αντίρριο



WELL ID: Αντίρριο - ΓΛΠ-1 Άντληση 1

INPUT	
Construction:	
Casing dia. (d _c)	4 Inch
Annulus dia. (d _w)	7.625 Inch
Screen Length (L)	29 Meter
Depths to:	
water level (DTW)	102.93 Meter
Top of Aquifer	200 Meter
Base of Aquifer	229 Meter
Annular Fill:	
across screen --	Open Hole
above screen --	Cement
Aquifer Material --	Karst
ASSUMED S =	0.0004 d'less

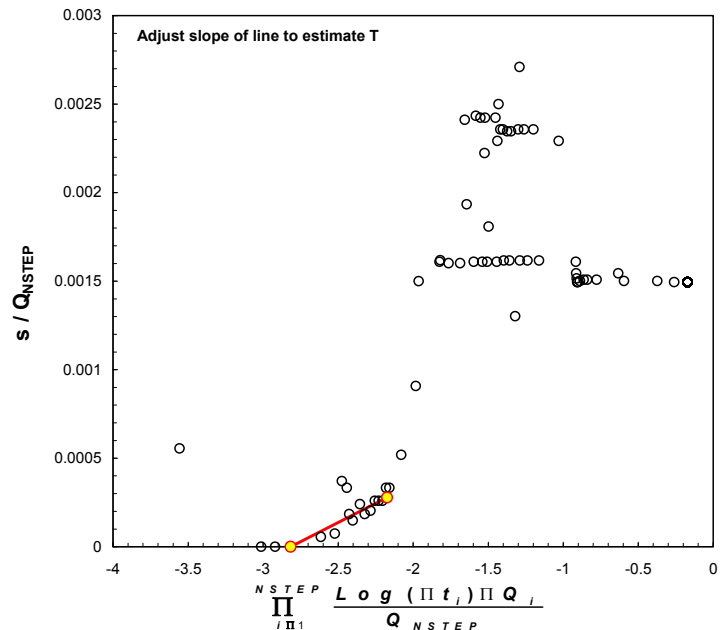
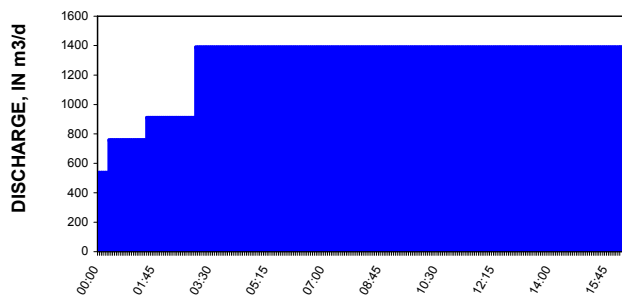
Local ID: SV- 8P
Date: 08/11/2006
Time: 00:00

COMPUTED
Aquifer thickness = 30 Meter

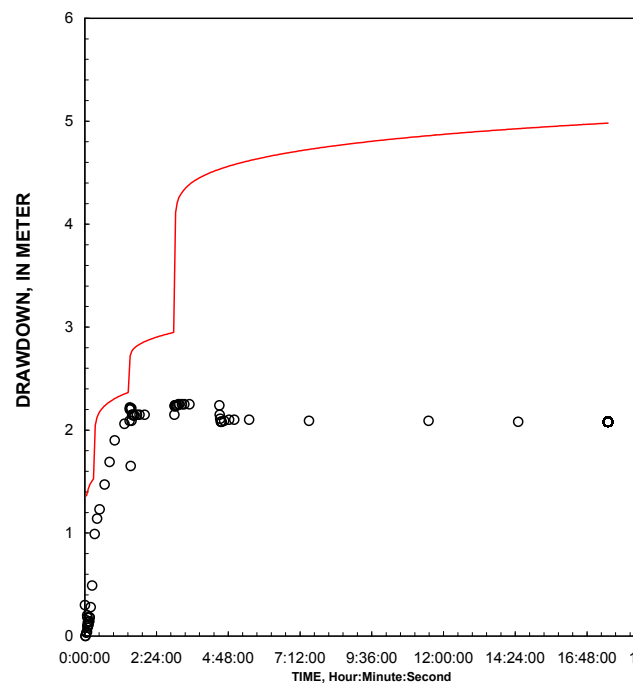
Input is consistent.

K =	0.01 Meter/Minute
T =	0.3 Meter ² /Minute
S =	0.0004 d'less
K _{annular} =	0.1 Meter/Minute
Skin =	-0.6 d'less

WELL ID: Αντίρριο - ΓΛΠ-1 Άντληση 1



REMARKS:
Test from ΓΛΠ1 well
KANNULAR is estimated by fitting simulated drawdowns to measured drawdowns in a secondary plot. A reasonable storage value must be assigned by the user because storage and KANNULAR cannot be estimated independently. The estimate of T is not affected by changes in estimates of storage and KANNULAR.



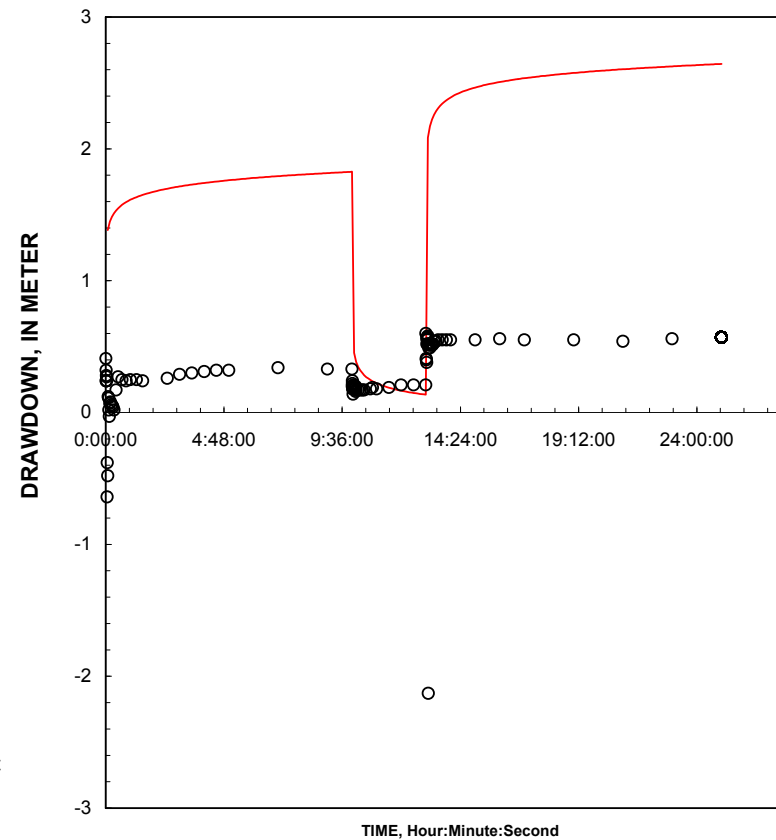
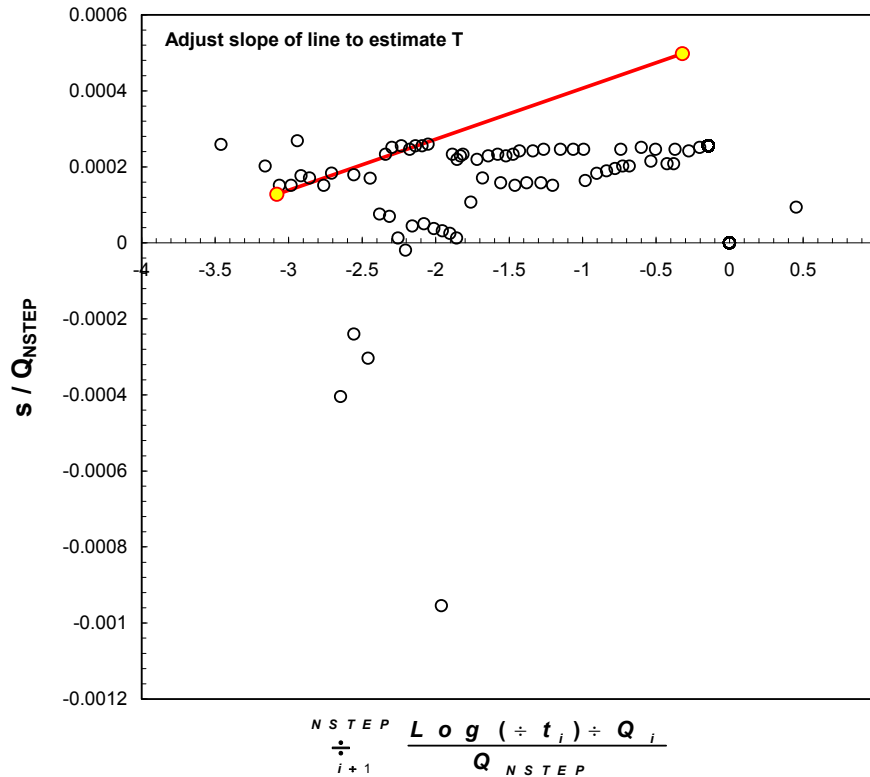
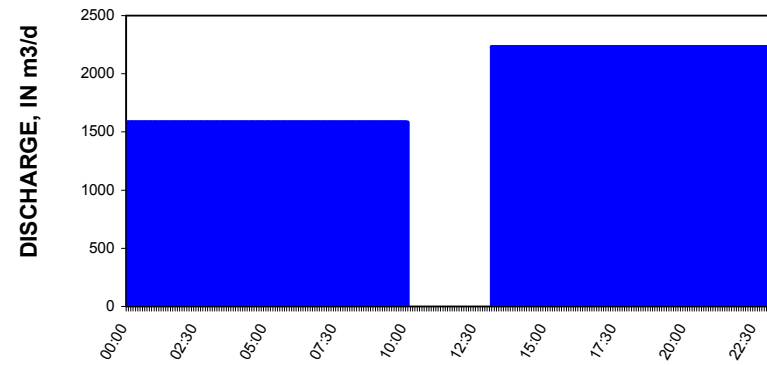
1 ^η Δοκιμή Αντλησης ΓΛΠ-1					
	Χρόνος	Στάθμη		Χρόνος	Στάθμη
	Hr:Min:Sec	Meter		Hr:Min:Sec	Meter
1	00:00:00	0.00	37	01:36:00	-2.15
2	00:00:24	-0.30	38	01:38:00	-2.14
3	00:01:24	0.00	39	01:40:00	-2.14
4	00:01:44	0.00	40	01:45:00	-2.15
5	00:03:30	-0.03	41	01:50:00	-2.15
6	00:04:20	-0.04	42	02:00:00	-2.15
7	00:04:50	-0.20	43	03:00:00	-2.15
8	00:05:12	-0.18	44	03:00:30	-2.24
9	00:05:24	-0.10	45	03:00:45	-2.23
10	00:05:42	-0.08	46	03:01:15	-2.23
11	00:06:22	-0.13	47	03:02:15	-2.24
12	00:06:52	-0.10	48	03:03:15	-2.24
13	00:07:30	-0.11	49	03:04:00	-2.24
14	00:08:00	-0.14	50	03:06:00	-2.24
15	00:08:30	-0.14	51	03:08:00	-2.25
16	00:09:00	-0.14	52	03:10:00	-2.25
17	00:09:30	-0.18	53	03:15:00	-2.25
18	00:10:00	-0.18	54	03:20:00	-2.25
19	00:12:00	-0.28	55	03:30:00	-2.25
20	00:15:00	-0.49	56	04:30:00	-2.24
21	00:20:00	-0.99	57	04:31:00	-2.15
22	00:25:00	-1.14	58	04:32:00	-2.11
23	00:30:00	-1.23	59	04:33:00	-2.08
24	00:40:00	-1.47	60	04:34:00	-2.08
25	00:50:00	-1.69	61	04:35:00	-2.08
26	01:00:00	-1.90	62	04:40:00	-2.09
27	01:20:00	-2.06	63	04:50:00	-2.10
28	01:30:00	-2.09	64	05:00:00	-2.10
29	01:30:15	-2.20	65	05:30:00	-2.10
30	01:30:40	-2.22	66	07:30:00	-2.09
31	01:31:00	-2.21	67	11:30:00	-2.09
32	01:31:30	-2.21	68	14:30:00	-2.08
33	01:32:00	-1.65	69	17:30:00	-2.08
34	01:33:30	-2.21			
35	01:34:00	-2.09			
36	01:35:00	-2.15			

WELL ID: Αντίρριο - ΓΛΠ-1 Άντληση 2

INPUT	
Construction:	
Casing dia. (d _c)	4 Inch
Annulus dia. (d _w)	7.625 Inch
Screen Length (L)	29 Meter
Depths to:	
water level (DTW)	102.93 Meter
Top of Aquifer	200 Meter
Base of Aquifer	229 Meter
Annular Fill:	
across screen --	Open Hole
above screen --	Cement
Aquifer Material --	Karst
ASSUMED S =	0.0004 d'less

Local ID: SV- 8P	
Date: 09/11/2006	
Time: 00:00	
COMPUTED	
Aquifer thickness =	30 Meter
Input is consistent.	
K =	0.03 Meter/Minute
T =	0.9 Meter ² /Minute
S =	0.0004 d'less
K _{annular} =	0.3 Meter/Minute
Skin =	-0.6 d'less

WELL ID: Αντίρριο - ΓΛΠ-1 Άντληση 2



REMARKS:
 Test from South Vekol Valley, AZ WSP 2453
 KANNULAR is estimated by fitting simulated drawdowns to measured drawdowns in a secondary plot. A reasonable storage value must be assigned by the user because storage and KANNULAR cannot be estimated independently. The estimate of T is not affected by changes in estimates of storage and KANNULAR.

2 ^η Δοκιμή Αντλησης ΓΑΠ-1					
	Χρόνος	Στάθμη		Χρόνος	Στάθμη
	Hr:Min:Sec	Meter		Hr:Min:Sec	Meter
1	00:00:00	0.00	51	10:07:20	-0.18
2	00:00:30	-0.41	52	10:08:08	-0.18
3	00:01:00	-0.32	53	10:08:40	-0.20
4	00:01:15	-0.24	54	10:09:15	-0.16
5	00:01:30	-0.24	55	10:10:00	-0.17
6	00:01:45	-0.28	56	10:15:00	-0.17
7	00:02:00	-0.27	57	10:20:00	-0.17
8	00:02:30	-0.24	58	10:25:00	-0.17
9	00:03:15	0.64	59	10:30:00	-0.17
10	00:04:00	0.38	60	10:45:00	-0.18
11	00:05:00	0.48	61	10:50:00	-0.19
12	00:06:00	-0.12	62	11:00:00	-0.18
13	00:07:00	-0.11	63	11:30:00	-0.19
14	00:08:00	-0.02	64	12:00:00	-0.21
15	00:09:00	0.03	65	12:30:00	-0.21
16	00:10:00	-0.07	66	13:00:00	-0.21
17	00:12:00	-0.08	67	13:00:35	-0.60
18	00:14:00	-0.06	68	13:01:00	-0.41
19	00:16:00	-0.05	69	13:01:25	-0.40
20	00:18:00	-0.04	70	13:01:50	-0.38
21	00:20:00	-0.02	71	13:02:20	-0.52
22	00:25:00	-0.17	72	13:02:35	-0.56
23	00:30:00	-0.27	73	13:03:00	-0.57
24	00:40:00	-0.25	74	13:03:25	-0.55
25	00:50:00	-0.24	75	13:03:45	-0.57
26	01:00:00	-0.25	76	13:04:10	-0.57
27	01:15:00	-0.25	77	13:04:35	-0.58
28	01:30:00	-0.24	78	13:05:40	2.13
29	02:30:00	-0.26	79	13:06:45	-0.52
30	03:00:00	-0.29	80	13:07:15	-0.49
31	03:30:00	-0.30	81	13:07:40	-0.51
32	04:00:00	-0.31	82	13:08:00	-0.52
33	04:30:00	-0.32	83	13:10:00	-0.49
34	05:00:00	-0.32	84	13:12:00	-0.51
35	07:00:00	-0.34	85	13:14:00	-0.52
36	09:00:00	-0.33	86	13:16:00	-0.51
37	10:00:00	-0.33	87	13:18:00	-0.52
38	10:00:30	-0.20	88	13:20:00	-0.54
39	10:01:00	-0.24	89	13:25:00	-0.54
40	10:01:20	-0.22	90	13:30:00	-0.55
41	10:01:40	-0.18	91	13:40:00	-0.55
42	10:02:00	-0.18	92	13:50:00	-0.55
43	10:02:38	-0.14	93	14:00:00	-0.55
44	10:03:00	-0.20	94	15:00:00	-0.55
45	10:03:45	-0.21	95	16:00:00	-0.56
46	10:04:08	-0.19	96	17:00:00	-0.55
47	10:04:40	-0.20	97	19:00:00	-0.55
48	10:05:20	-0.19	98	21:00:00	-0.54
49	10:06:00	-0.19	99	23:00:00	-0.56
50	10:06:35	-0.18	100	01:00:00	-0.57

ΓΕΩΤΡΗΣΗ: ΓΛΠ-1

ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Κατασκευή:	
Διαμ. Σωλήνωσης (d_c)	4 Inch
Annulus dia. (d_w)	7.625 Inch
Μήκος Φίλτρων (L)	29 Meter
Βάθος έως:	
Στάθμη (DTW)	102.93 Meter
Οροφή Υδροφόρου	200 Meter
Βάση Υδροφόρου	229 Meter
Annular Fill:	
Κατά μήκος Φίλτρων -- Χαλικόφιλτρο	
Επάνω Από Φίλτρα -- Backfill	
Τύπος Υδροφορέα -- Κάρστ	
ΠΑΡΟΧΗ	1392 m3/d

Τοποθεσία: Αντίρριο

Ημερομηνία: 08/11/2006

Χρόνος: 00:00

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Πάχος υδροφορέα = 29 Meter

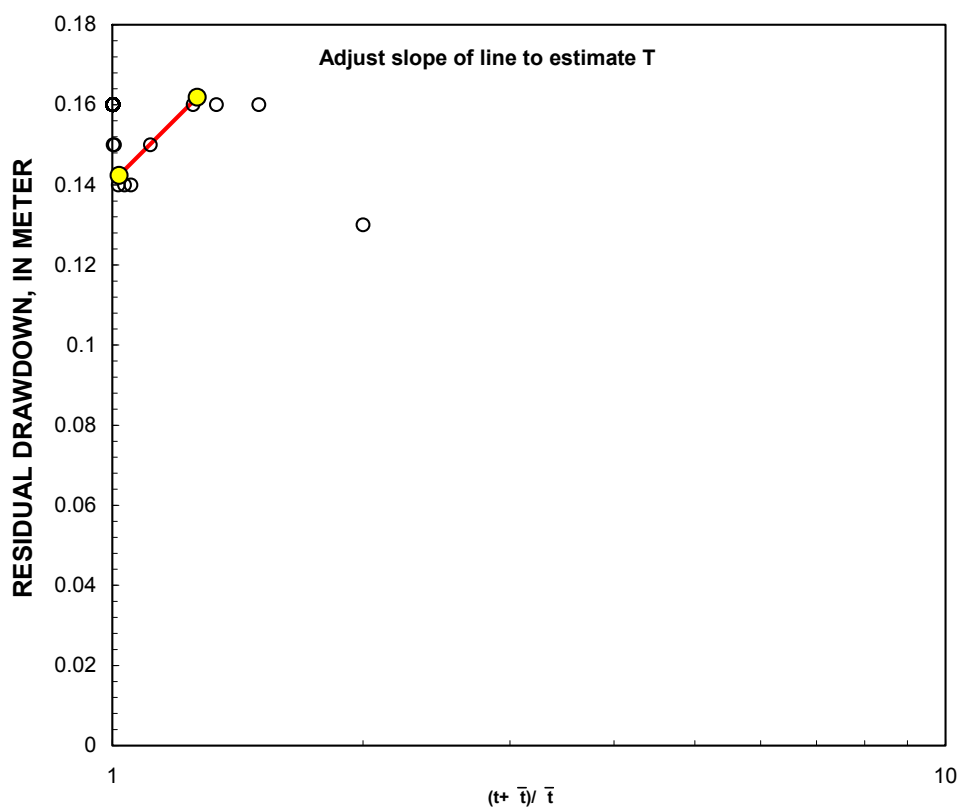
Κλίση = 0.0632298 Meter/log10

Δεδομένα αποδεκτά

K = 0.029 Meter/Minute

T = 0.85 Meter²/Minute

Reduced Data		
	Time,	Water Level
Entry	Date Hr:Min:Sec	Meter
1	1/0/00 0:00:00	105.17
2	1/0/00 0:01:00	105.08
3	1/0/00 0:02:00	105.04
4	1/0/00 0:03:00	105.01
5	1/0/00 0:04:00	105.01
6	1/0/00 0:05:00	105.01
7	1/0/00 0:10:00	105.02
8	1/0/00 0:20:00	105.03
9	1/0/00 0:30:00	105.03
10	1/0/00 1:00:00	105.03
11	1/0/00 2:50:00	105.02
12	1/0/00 6:50:00	105.02
13	1/0/00 9:50:00	105.01
		105.01



REMARKS:

Cooper-Jacob recovery analysis of single-well aquifer test

ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΓΛΠ-1

5.7 Διαγραφή στη γεώτρηση (Logging)

Για την εκτέλεση των διαγραφιών (logging), χρησιμοποιήθηκε ο εξοπλισμός που διαθέτει το Ι.Γ. ΜΕ. και έχει προμηθευτεί από την εταιρία Robertson (Robertson Geologging Log Analysis System 3.0).

Διενεργήθηκε μόνο μία διαγραφή στη γεώτρηση ΓΛΠ-1 επειδή στη γεώτρηση μικρής διαμέτρου λόγω τεχνικών προβλημάτων (καταπτώσεις) δεν ήταν δυνατή η πραγματοποίησή της με ασφάλεια για τον εξοπλισμό.

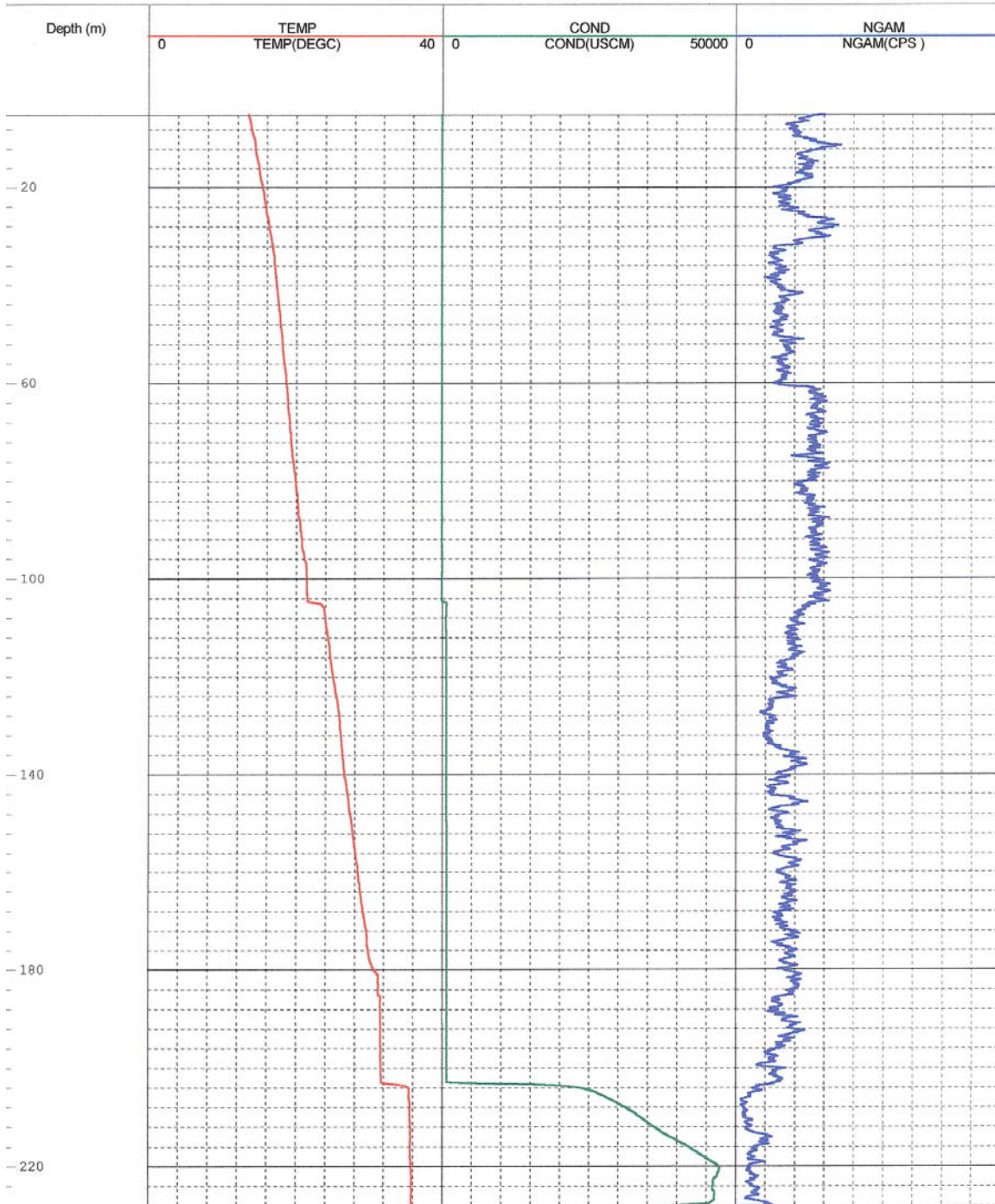
Με τις κατάλληλες διαγραφές, που διενεργήθηκαν μετά την τοποθέτηση των σωληνώσεων, οριοθετήθηκε με ακρίβεια η επαφή των ασβεστολίθων με τα υπερκείμενα ιζήματα, καθώς και οι υδροπερατοί σχηματισμοί που υδροφορούν και παρεμβάλλονται στους αργιλικούς σχηματισμούς. Έτσι, επιβεβαιώθηκαν οι ενδιαφέρουσες υδροφορίες οι οποίες συναντήθηκαν στα ιζήματα κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των ερευνητικών γεωτρήσεων και καταγράφηκαν οι θερμοκρασίες των νερών και των πετρωμάτων κατά μήκος των γεωτρήσεων. Καταγράφηκε επίσης η θερμοκρασία κατά μήκος των ρωγματωμένων ασβεστολίθων που διατρήθηκαν.

Στις σωληνωμένες γεωτρήσεις εκτελέστηκαν οι διαγραφές:

Temperature log (Θερμοκρασία)

Conductivity log (Αγωγιμότητα)

Ngamma log (Ακτινοβολία γ)



Εικόνα 38: Διαγραφή

5.8 Λειτουργία του Γεωθερμικού Πεδίου Ρίζας Αντιρρίου

Από την έρευνα, που έχει πραγματοποιηθεί στη περιοχή Ρίζας Αντιρρίου, προκύπτει ότι η δημιουργία του γεωθερμικού συνδέεται άμεσα με την ύπαρξη βαθιών ενεργών ρηγματών και εφελκυστικών κινήσεων. Η κάθοδος των νερών δια μέσου των ρηγματών σε μεγάλα βάθη έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση θερμοκρασίας των νερών αυτών και την άνοδό τους προς τα επάνω, όπου δια μέσου των περατών σχηματισμών καταλήγουν στον ταμιευτήρα.

Από τις ερευνητικές γεωτρήσεις διαπιστώθηκε ότι:

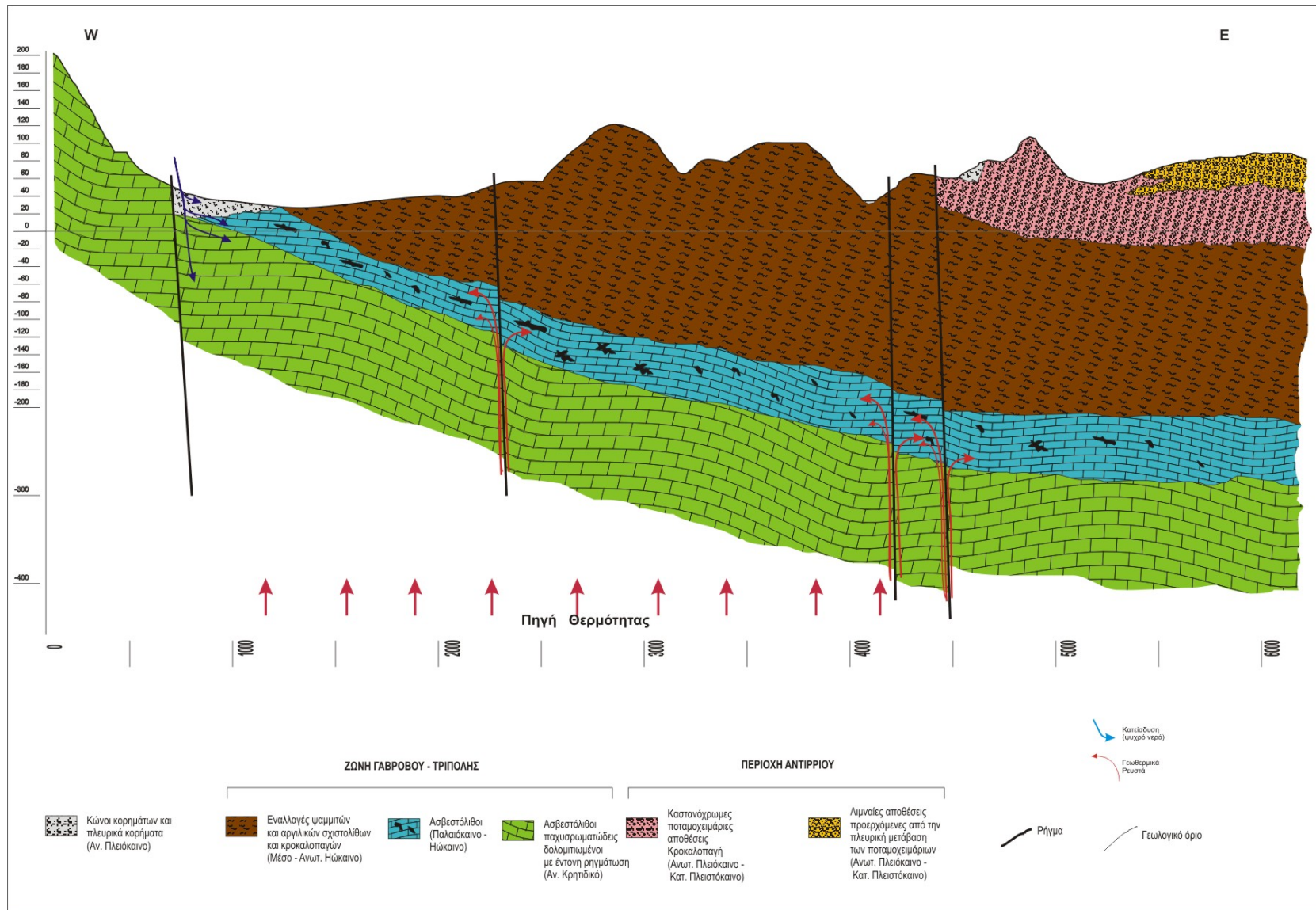
- Η οροφή του γεωθερμικού ταμιευτήρα βρίσκεται σε βάθος που κυμαίνεται από τα 110 m έως 200 m
- Έχουμε δηλαδή μια αύξηση του βάθους προς τα Α, λόγω της τεκτονικής και της δομής των σχηματισμών.
- Το πέτρωμα ταμιευτήρας είναι ο ρωγματωμένος ασβεστόλιθος
- Η θερμοκρασία των ρευστών είναι 36⁰C - 37⁰C
- Η γεωθερμική βαθμίδα υπολογίστηκε στους 5⁰C ως 15⁰C ανά 100 m (2 –3 φορές μεγαλύτερη της κανονικής)

5.8.1 Εκτιμώμενη Λειτουργία Γεωθερμικού Πεδίου

Η λειτουργία του πεδίου σε πρώτη εκτίμηση θεωρείται ως ακολούθως (Εικόνα 39):

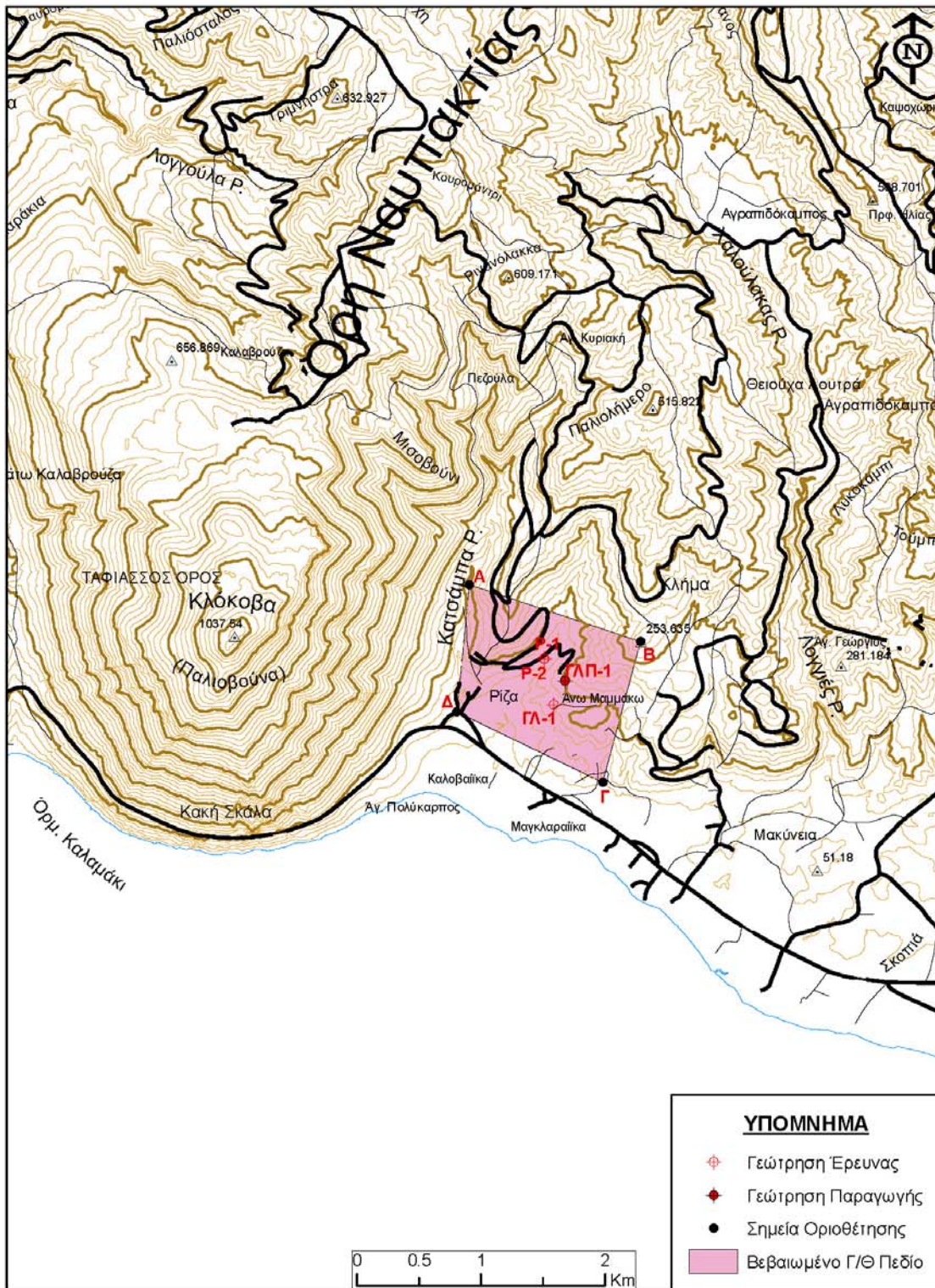
- Τα επιφανειακά νερά, δηλαδή από βροχές, χιόνια, ποτάμια και ίσως θάλασσα εισχωρούν στο έδαφος και κατέρχονται προς το εσωτερικό φθάνοντας σε μεγάλα βάθη. Σ' αυτό βέβαια βοηθούν πάρα πολύ τα βαθιά ενεργά ρήγματα
- Στην πορεία θερμαίνονται λόγω της υψηλής θερμικής ροής και γίνονται ελαφρύτερα. Αυτό έχει σα συνέπεια να βρουν διόδους μέσα από τους κατακερματισμένους από τα ρήγματα ασβεστόλιθους και να επιστρέψουν προς την επιφάνεια
- Στην πορεία προς τα επάνω συναντούν τα αδιαπέρατα στρώματα των ιζημάτων και εγκλωβίζονται κατ' αυτό τον τρόπο στα ανώτερα τμήματα των ασβεστόλιθων
- Εννοείται ότι μέσω των νεότερης ηλικίας μικρορηγματών, που έχουν διαταράξει τα ιζήματα, ένα μικρό μέρος τους ανέρχεται προς την επιφάνεια, ζεσταίνοντας κατά τόπους και τους πλησίον της επιφάνειας υδροφόρους ορίζοντες

Η έκταση του βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου είναι περίπου 1.5 km², όπως φαίνεται στην (Εικόνα 40)



Εικόνα 39: Εκτιμώμενη λειτουργία του γεωθερμικού πεδίου

Γ/Θ ΠΕΔΙΟ ΡΙΖΑΣ - ΑΝΤΙΡΙΟΥ



ΙΓΜΕ - Δ/ΝΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ & ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

ΚΟΡΥΦΗ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΝΑΤΤ)		ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ87)	
	X	Y	X	Y
A	20592,11	12789,36	299257,24	4248630,05
B	21985,81	12366,93	300639,00	4248169,47
Γ	21713,91	11220,82	300335,69	4247031,11
Δ	20523,08	11757,45	299159,89	4247600,29

Εικόνα 40: Θέση και διαστάσεις του γεωθερμικού πεδίου

6. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

Οι δυνατότητες χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας ανάλογα με τη θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών είναι ευρύτατες.

Οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής ενός γεωθερμικού πεδίου, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γεωθερμικών ρευστών, οι υπάρχουσες τοπικές συνθήκες, οι τεχνικές υποδομές, οι ενεργειακές ανάγκες υφισταμένων ή υπό ίδρυση γεωργικών, βιομηχανικών κ.λ.π. μονάδων είναι καθοριστικοί παράγοντες, που προδιαγράφουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης – αξιοποίησής του και την βιωσιμότητα των μονάδων αυτών.

Στα πλαίσια της μελλοντικής τεχνικοοικονομικής μελέτης αξιοποίησης του πεδίου οι παράγοντες αυτοί είναι απαραίτητο να αξιολογηθούν αναλυτικά.

6.1 Τεχνικό Πλαίσιο Εκμετάλλευσης Γεωθερμικού Πεδίου

Έτσι λοιπόν το πρωταρχικό στοιχείο, που είναι απαραίτητο για να ξεκινήσει οποιαδήποτε επένδυση στη γεωθερμία για την αξιοποίησή της σε γεωργικές, ιχθυοκαλλιεργητικές βιομηχανικές, τουριστικές κ.ά. χρήσεις, είναι η αξιολόγηση του γεωθερμικού δυναμικού του πεδίου με την κατά το δυνατό πληρέστερη γνώση των αποθεμάτων θερμικής ενέργειας που διαθέτει, με αντλήσεις μακράς διάρκειας σε παραγωγικές γεωτρήσεις, η επιλογή θέσης εκτέλεσης των οποίων προϋποθέτει την άριστη γνώση της γεωλογικής δομής και του μοντέλου του πεδίου όπως έχει προσδιοριστεί από τις ερευνητικές εργασίες που έχουν γίνει.

Επισημαίνεται επίσης, ότι η διάνοιξη των παραγωγικών γεωτρήσεων απαιτεί υψηλή τεχνογνωσία, ώστε να γίνει η εκτέλεση τους τεχνικά άρτια, η δε κατασκευή των σωλήνων επένδυσης της γεώτρησης να είναι προσαρμοσμένη στις φυσικοχημικές ιδιότητες και την πιθανή διαβρωτική δράση των ρευστών.

Ακόμη η παρουσία CO₂ μπορεί να παρουσιάσει οικονομικό ενδιαφέρον, αφού με την τοποθέτηση ειδικού εξοπλισμού στη γεώτρηση, είναι δυνατή η χρησιμοποίησή του στα θερμοκήπια. Είναι δε γνωστό, ότι η ελεγχόμενη αύξηση της συγκέντρωσης CO₂ στο χώρο του θερμοκηπίου, προκαλεί ταχύτερη ανάπτυξη των φυτών.

Η γεωχημική σύσταση των γεωθερμικών ρευστών ασκεί μεγάλη επίδραση στον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται για την άντληση και μεταφορά του ζεστού νερού στην τελική χρήση. Η αυξημένη περιεκτικότητα του γεωθερμικού ρευστού σε διαλυμένα άλατα προκαλεί συνήθως, λόγω πτώσης της πίεσης κατά την εκμετάλλευση, την

εναπόθεση αλάτων στις σωλήνες των γεωτρήσεων, καθώς και στις σωληνώσεις μεταφοράς. Η απόφραξη των σωληνώσεων μπορεί να γίνει σχετικά σύντομα και να προκαλέσει προβλήματα ομαλής τροφοδοσίας της εγκατάστασης με ζεστό νερό, ανάγκη συχνών επισκευών και αντικαταστάσεων υλικών και αυξημένο κόστος παραγωγής, λόγω της χρήσης επί πλέον εξοπλισμού κατά την εκμετάλλευση.

6.2 Χημισμός ρευστών

Από τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων ρευστών, που έχουν συλλεγεί κατά τη διάρκεια των ερευνητικών εργασιών, διαπιστώθηκε ότι τα γεωθερμικά ρευστά περιέχουν διαλυμένα άλατα και υδροθείο.

Η επιβάρυνση των ρευστών που κυκλοφορούν στους ασβεστολίθους είναι μεγαλύτερη από εκείνη των ρευστών που κυκλοφορούν στους υπερκείμενους περατούς ιζηματογενείς σχηματισμούς. Τα προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν κατά την άντληση και χρήση των γεωθερμικών ρευστών είναι:

- επικαθήσεις αλάτων στις σωληνώσεις
- διαβρώσεις σωληνώσεων και εξοπλισμού
- επίδραση στο περιβάλλον (οσμές υδροθείου, επιβάρυνση εδαφών)

6.3 Αντιμετώπιση Προβλημάτων

Πριν από την αξιοποίηση του γεωθερμικού πεδίου, πρέπει να γίνουν κατάλληλες μελέτες με προτάσεις για τις προσφορότερες λύσεις για την αποφυγή – αντιμετώπιση των προβλημάτων που αναφέρθηκαν:

- Προσθήκη χημικών που εμποδίζουν τις επικαθήσεις αλάτων
- Χρήση εναλλακτών θερμότητας
- Χρήση συστήματος υπόγειου εναλλάκτη θερμότητας
- Επανεισαγωγή των χρησιμοποιούμενων γεωθερμικών ρευστών σε υπόγειους υδροφορείς
- Δέσμευση H_2S

Η έγκαιρη προετοιμασία από τεχνικής απόψεως και η ορθή εκτίμηση κόστους άντλησης και ανάκτησης της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών θα οδηγήσει σε βιώσιμες μονάδες.

7. ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

7.1 Γεωλογικό μοντέλο (conceptual model)

7.1.1 Γενικά

Για την κατασκευή του μοντέλου του γεωθερμικού πεδίου της Ρίζας Αντιρρίου χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από την έκθεση «ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ», ΙΓΜΕ/ΔΕΠΥ-ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ, ΑΘΗΝΑ 2000, τους γεωλογικούς χάρτες 1:50.000, εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε., φύλλα Ευηνοχώριο και Ναύπακτος, καθώς και στοιχεία από τις γεωλογικές και γεωφυσικές εργασίες υπαίθρου που εκτελέστηκαν στην περιοχή από τους υπεύθυνους γεωλόγους του έργου (Θ. Ευθυμιόπουλος και Ε. Φαναρά, γεωφυσικά Γερ. Λαχανάς).

7.2 Γεωθερμικά χαρακτηριστικά

Η αναγνωριστική φάση της έρευνας οδήγησε στα παρακάτω συμπεράσματα:

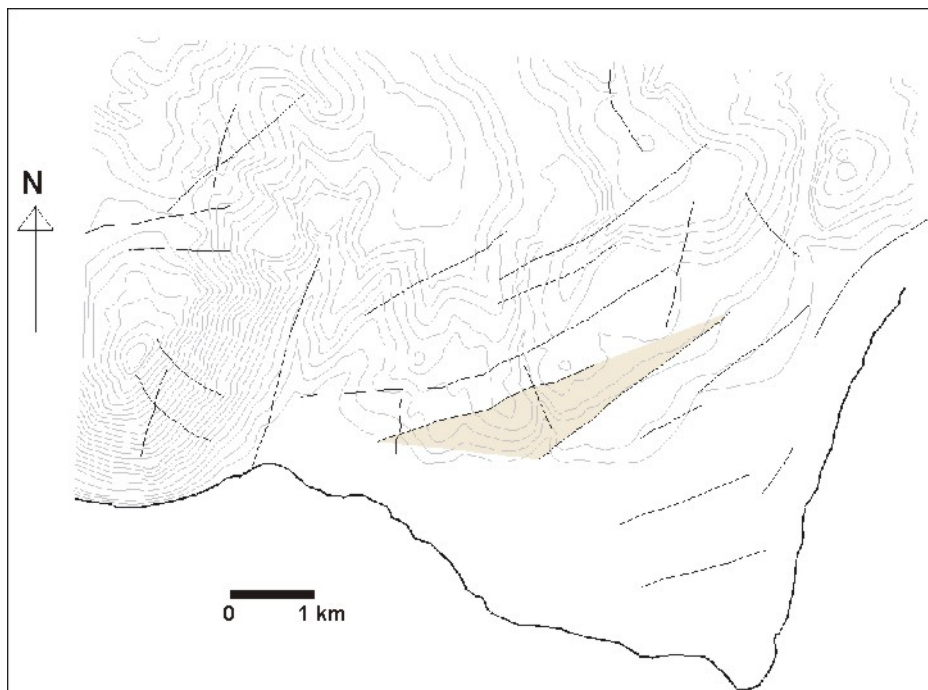
- Η περιοχή μελέτης εκτείνεται ανατολικά του αντικλίνου της Κλόκοβας. Το αντίκλινο αυτό δομείται από ασβεστολίθους του Κρητιδικού, έντονα καρστικοποιημένους, καθώς επίσης από ασβεστολίθους και δολομιτωμένους ασβεστολίθους του Παλαιοκαίνου - Μέσου Ηωκαίνου, ενώ η κυρίως περιοχή μελέτης καλύπτεται από Ηωκαινικό φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου - Τριπόλεως (ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, αργιλικόι σχιστόλιθοι) αρκετού πάχους, κατάλληλου για τη δημιουργία στεγανού καλύμματος.
- Από τη θερμομετρική επιφανειακή έρευνα προέκυψε μια θετική θερμική ανωμαλία, (εικ. 6), με τιμές θερμοκρασίας που κυμαίνονται μεταξύ 20-26 °C σε πηγές και πηγάδια της περιοχής.
- Από την ανάλυση των τεκτονικών στοιχείων προκύπτει η επικράτηση δύο κυρίως συστημάτων ρηγμάτων (BBΔ - NNA) και (ABA – ΔΝΔ). Το εφελκυστικό πεδίο τάσεων της περιοχής ευνοεί την ανοδική κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών (μετρήθηκαν θερμοκρασίες σε πηγή και γεώτρηση της περιοχής 25°C και 29°C αντίστοιχα, ενώ στην ερευνητική γεώτρηση μετρήθηκαν 38°C σε βάθος 140 m).

- 3 km ανατολικά του αντικλίνου της Κλόκοβας, εντοπίστηκε από τη γεωφυσική έρευνα (βαρυτικές μετρήσεις) αναθόλωση του ανθρακικού υποβάθρου (εικ. 6 & 7), με διεύθυνση περίπου BBA – NNΔ (οριοθετείται από ρήγματα αυτής της διεύθυνσης). Η δομή αυτή μπορεί να αποτελεί έναν γεωθερμικό ταμιευτήρα.

Τα παραπάνω στοιχεία συνηγορούν στη δυνατότητα ύπαρξης ενός ικανοποιητικού γεωθερμικού συστήματος που χαρακτηρίζεται από :

- στεγανό κάλυμμα (Ηωκαινικό φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου - Τριπόλεως)
- κατάλληλο γεωθερμικό ταμιευτήρα (ασβεστόλιθοι)
- ρήγματα που επιτρέπουν τη βαθιά κυκλοφορία και άνοδο των ρευστών στην επιφάνεια
- ικανοποιητικές θερμοκρασίες και γεωθερμική βαθμίδα.

Τα στοιχεία από τη γεωλογική και τη γεωτρητική έρευνα χρησιμοποιήθηκαν για τη σύνθεση του γεωλογικού μοντέλου της περιοχής. Το μοντέλο αυτό, μαζί με τα στοιχεία των νεώτερων ερευνών (γεωλογικών και γεωηλεκτρικών) που θα διενεργηθούν τους επόμενους μήνες, και κυρίως με τα στοιχεία από την αξιολόγηση των αντλήσεων της προγραμματισμένης δεύτερης γεώτρησης (ερευνητική – παραγωγική) θα αποτελέσει τη βάση για τη σύνθεση του οριστικού μοντέλου του πεδίου.



Εικόνα 41: Συνθετικός χάρτης περιοχής Γεωθερμικού ενδιαφέροντος Ρίζας Αντιρρίου

7.3 Ψηφιοποίηση - Εισαγωγή και Επεξεργασία στοιχείων

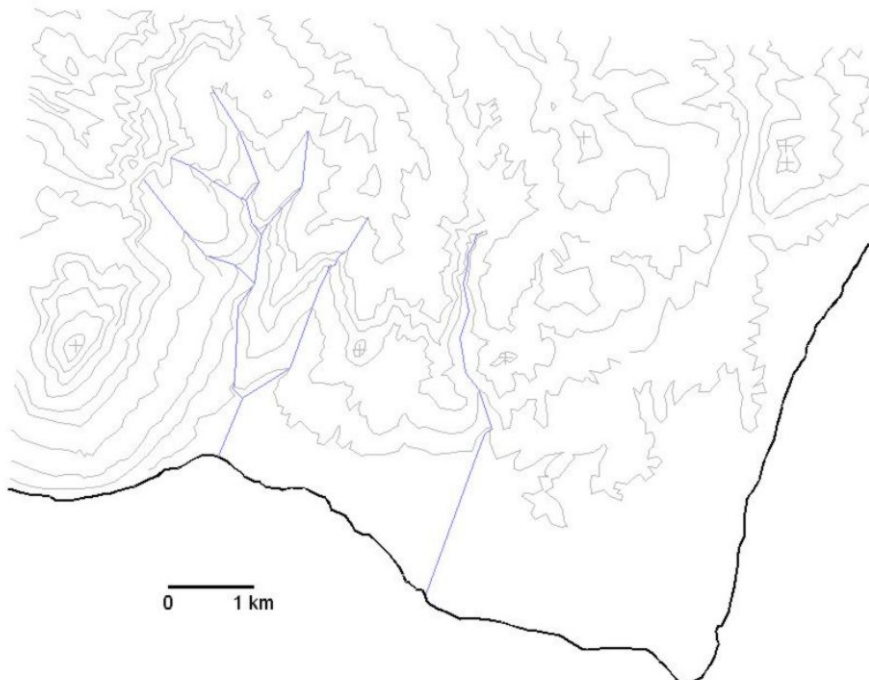
7.3.1 Τοπογραφικός και γεωλογικός χάρτης, γεωλογικές τομές

Για την επεξεργασία των δεδομένων σε υπολογιστή αρχικά απαιτείται η ψηφιοποίησή τους. Στην συγκεκριμένη περιοχή, τα στοιχεία που ψηφιοποιήθηκαν ήταν:

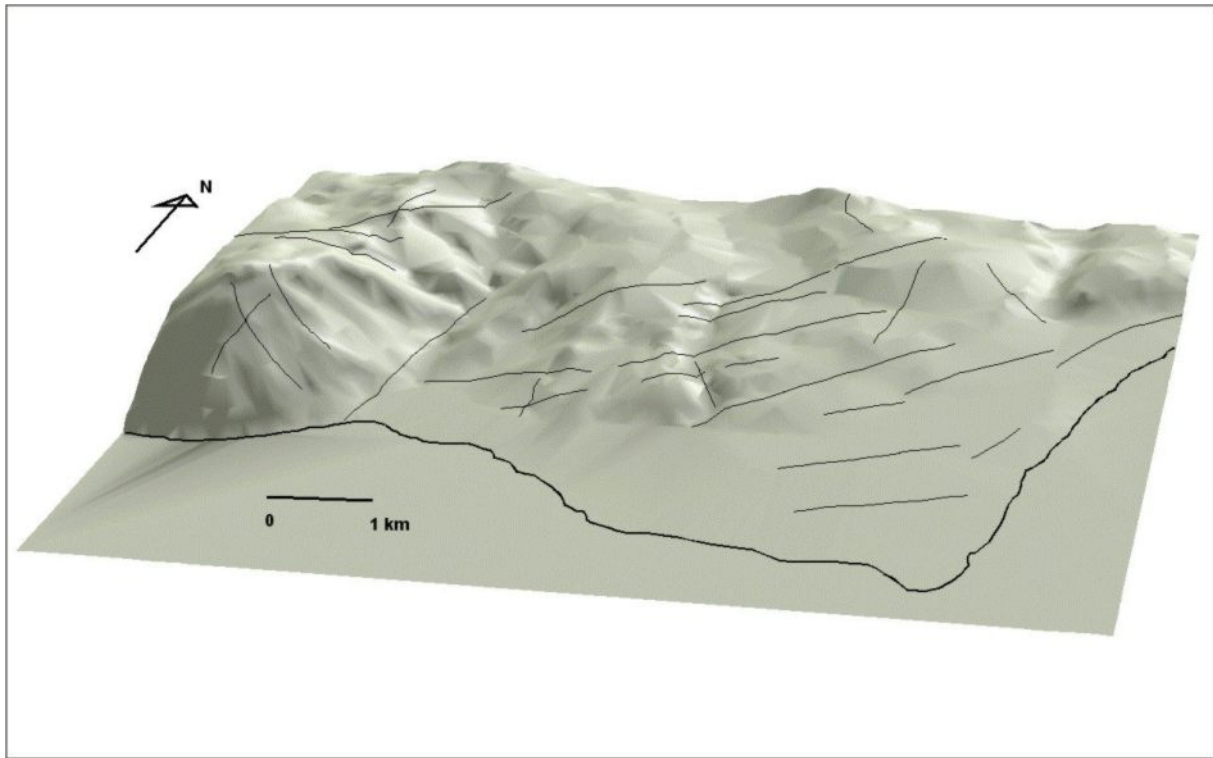
- τοπογραφικός χάρτης 1:50000
- γεωλογικός χάρτης 1:50000 (εικ. 2)
- Γεωλογική τομή διεύθυνσης Δ – Α (εικ. 4)
- Τα στοιχεία της γεωτρήσης (θέση, βάθος, περιγραφές, μετρήσεις θερμοκρασιών)
- Οι θέσεις και τα στοιχεία των θερμομετρήσεων
- Οι θέσεις και τα στοιχεία των τεκτονικών μετρήσεων

Οι χάρτες και η τομή ψηφιοποιήθηκαν με σάρωση και ακολούθως επεξεργασία στον υπολογιστή για τη μετατροπή των στοιχείων από τη ψηφιδωτή μορφή (raster) σε ανυσματική μορφή (vector) η οποία επιτρέπει την παραπέρα επεξεργασία με χαρτογραφικό και σχεδιαστικό λογισμικό.

Στην Εικόνα 42 παρουσιάζεται η ψηφιοποιημένη τοπογραφία και στην Εικόνα 43 το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DTM) που προέκυψε από αυτά τα στοιχεία



Εικόνα 42: Ψηφιοποιημένη τοπογραφία



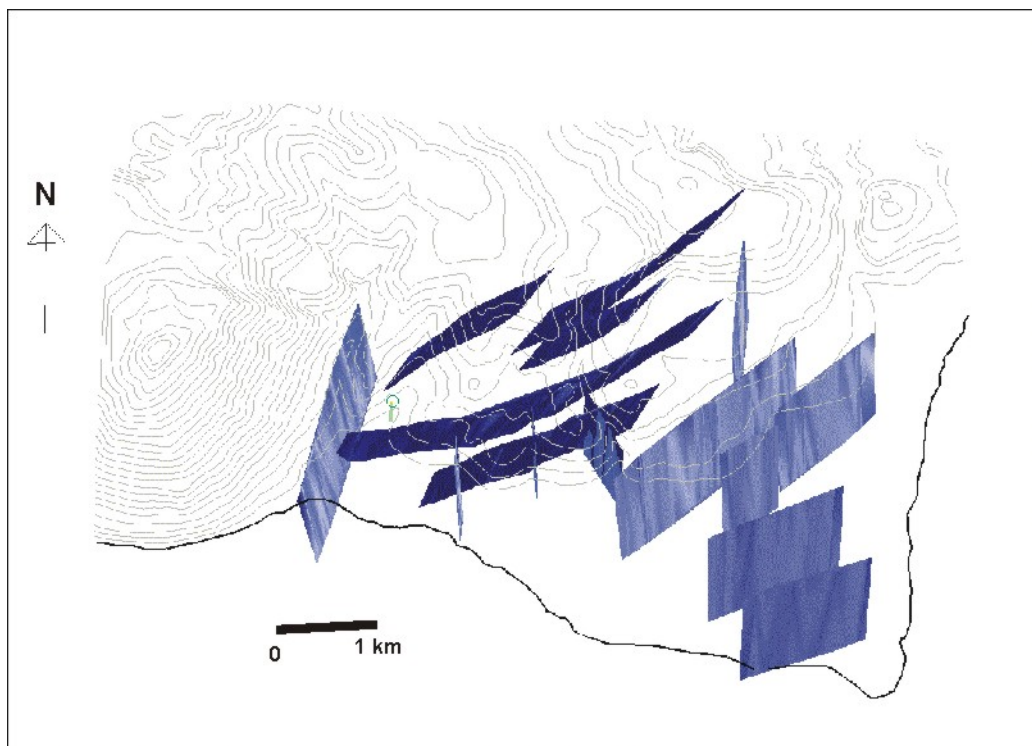
Εικόνα 43: Ψηφιακό μοντέλο επιφανείας (DTM) της τοπογραφίας της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου και τα κυριότερα ρήγματα της περιοχής

7.3.2 Γεωτρήσεις – Θερμομετρήσεις σε εμφανίσεις ύδατος

Τα στοιχεία της ερευνητικής γεώτρησης ΓΛ-1, της παραγωγικής ΓΛΠ-1 καθώς και της ερευνητικής γεώτρησης, που είχε εκτελέσει το Ι.Γ.Μ.Ε. στα πλαίσια παλαιότερης έρευνας στην περιοχή (ΤΡΑΓΑΝΟΣ et al., 2000) καταχωρήθηκαν με τη μορφή τρισδιάστατης βάσης δεδομένων (ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, 2004). Το γεωλογικό μοντέλο που προέκυψε από το συνδυασμό όλων αυτών των στοιχείων παρουσιάζεται και αναλύεται στα επόμενα κεφάλαια. Οι μετρήσεις των θερμοκρασιών στην ερευνητική γεώτρηση και σε άλλες γεωτρήσεις και πηγάδια της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν για να εκτιμηθεί η κατανομή των θερμοκρασιών στο υπέδαφος.

7.4 Γεωμετρικό μοντέλο

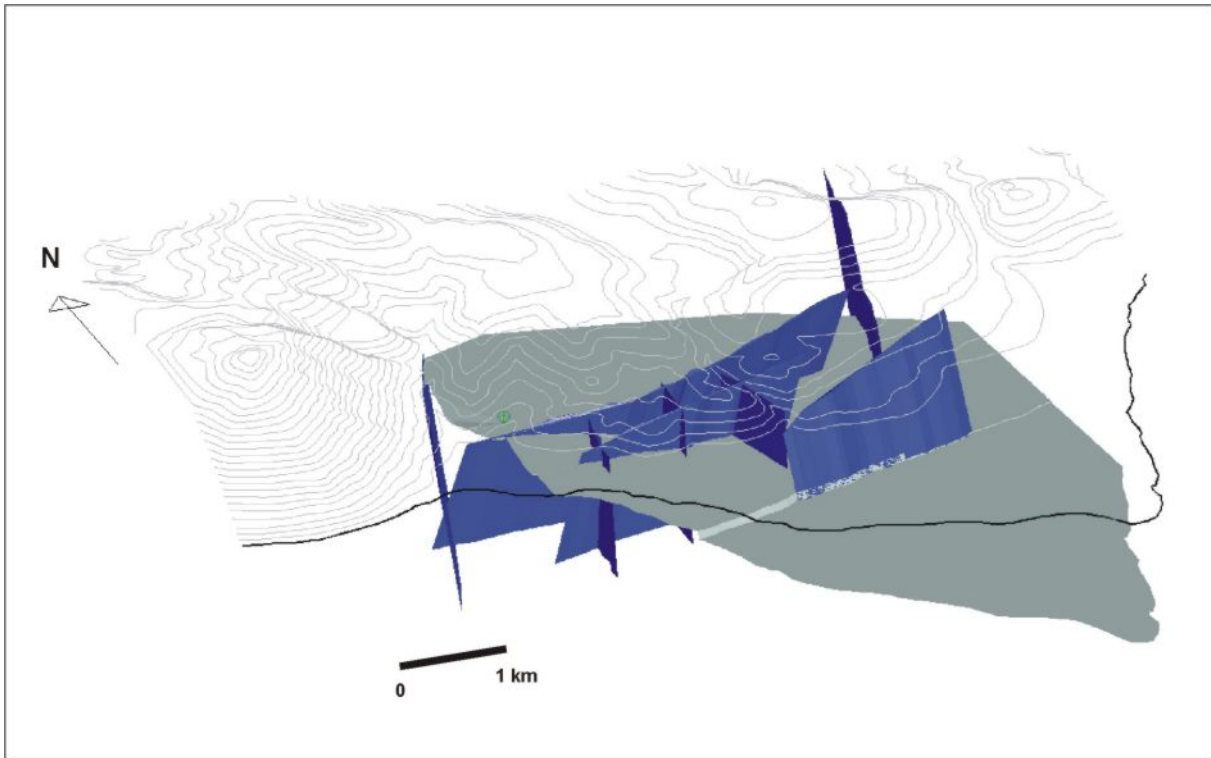
Για την κατασκευή του γεωμετρικού μοντέλου χρησιμοποιήθηκε η ψηφιοποιημένη τοπογραφία, τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής και τα ίχνη των ρηγμάτων από τα φύλλα γεωλογικών χαρτών 1:50000 ΕΥΗΝΟΧΩΡΙΟΝ και ΝΑΥΠΑΚΤΟΣ, καθώς και επιπλέον στοιχεία από παρατηρήσεις υπαίθρου στην περιοχή.



Εικόνα 44: Οι κυριώτερες ρηξιγενείς επιφάνειες στο γεωμετρικό μοντέλο υπεδάφους

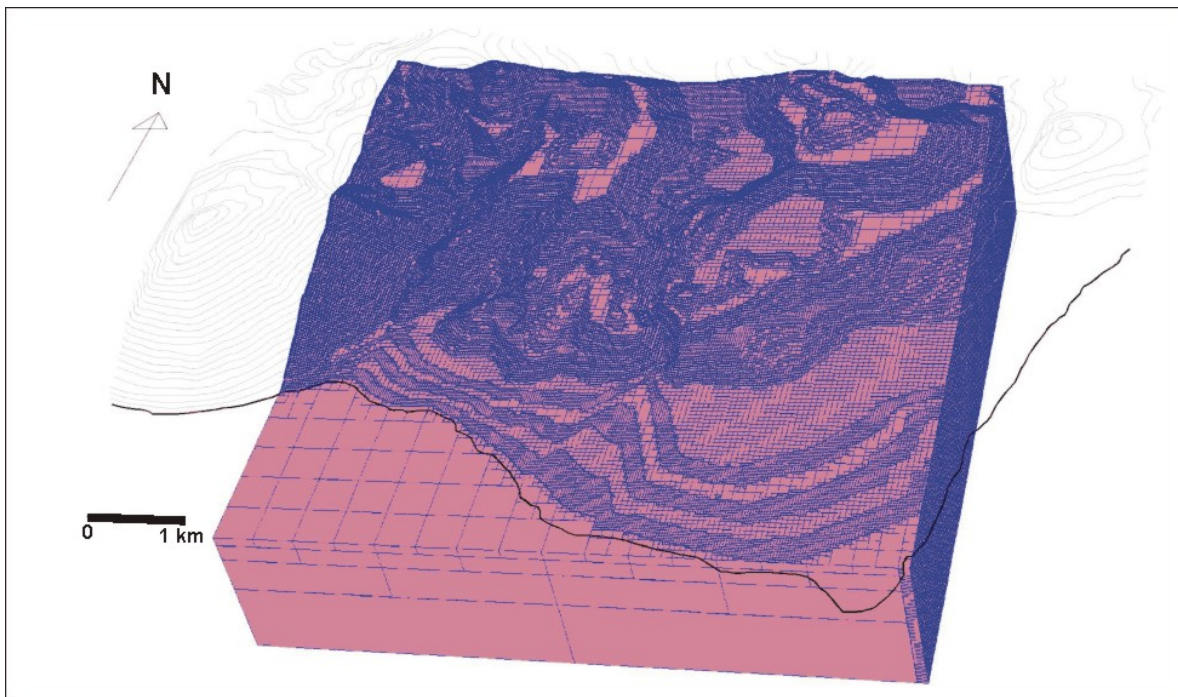
Από την τοπογραφία της περιοχής κατασκευάστηκε αρχικά το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας (DTM). Πάνω σε αυτό το μοντέλο τοποθετήθηκαν τα ίχνη των ρηγμάτων (Εικόνα 43).

Από τις πληροφορίες του γεωλογικού χάρτη, των μετρήσεων υπαίθρου της γεωλογικής και της γεωφυσικής τομής (Εικόνα 12) κατασκευάστηκαν οι επιφάνειες των ρηγμάτων (Εικόνα 44). Οι πληροφορίες από τη γεώτρηση, σε συνδυασμό με την επιφανειακή γεωλογία και τη γεωλογική τομή της περιοχής, χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του γεωμετρικού μοντέλου του υπεδάφους (Εικόνα 45).



Εικόνα 45: Γεωλογικό μοντέλο υπεδάφους, με τις ρηξιγενείς επιφάνειες και την επιφάνεια επαφής των ανθρακικών με τον υπερκείμενο φλύσχη

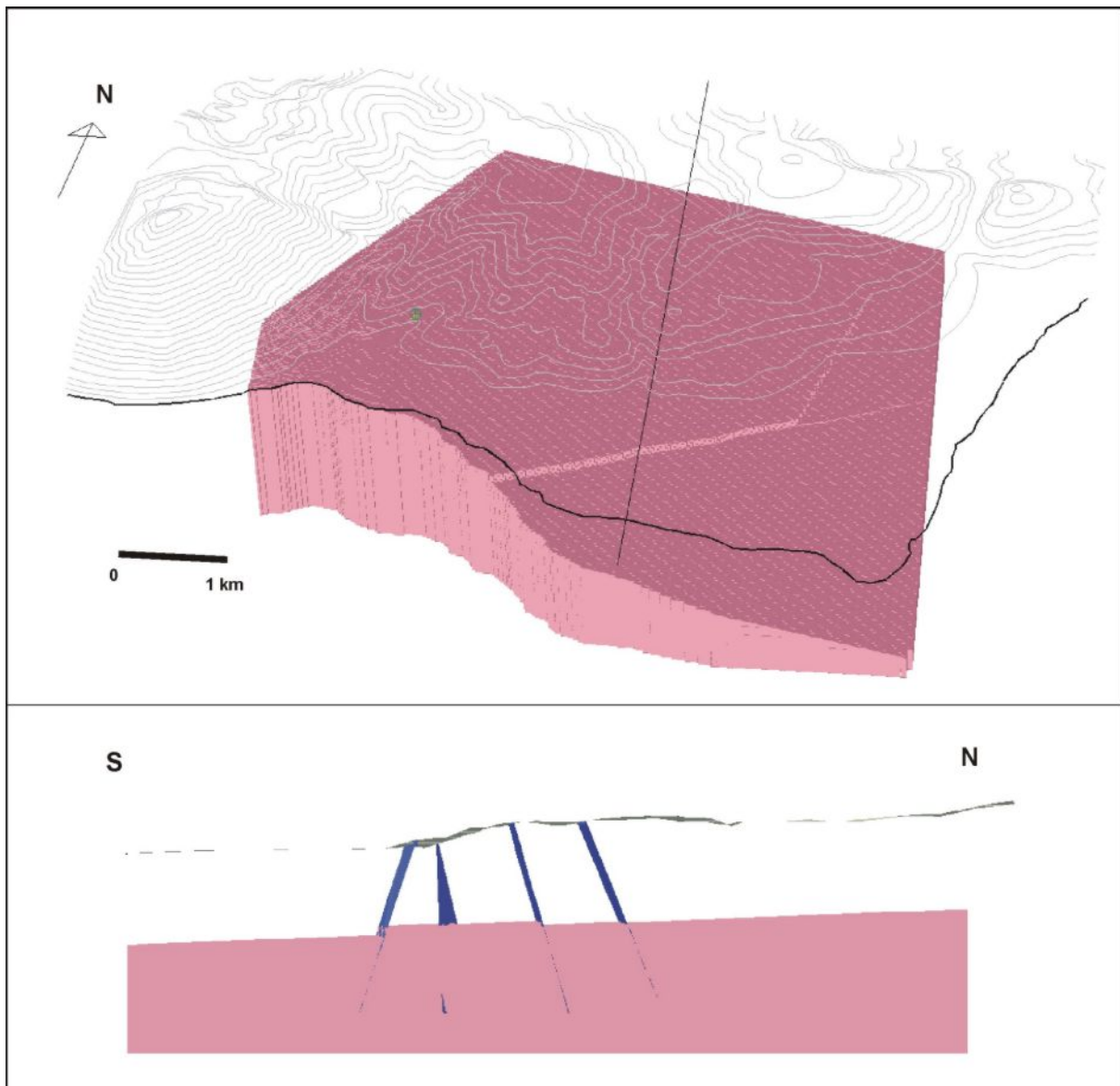
7.5 Μοντέλο ιδιοτήτων



Εικόνα 46: Το μοντέλο ιδιοτήτων κάτω από την τοπογραφία. Διακρίνονται οι μεταβλητές διαστάσεις των μπλοκ.

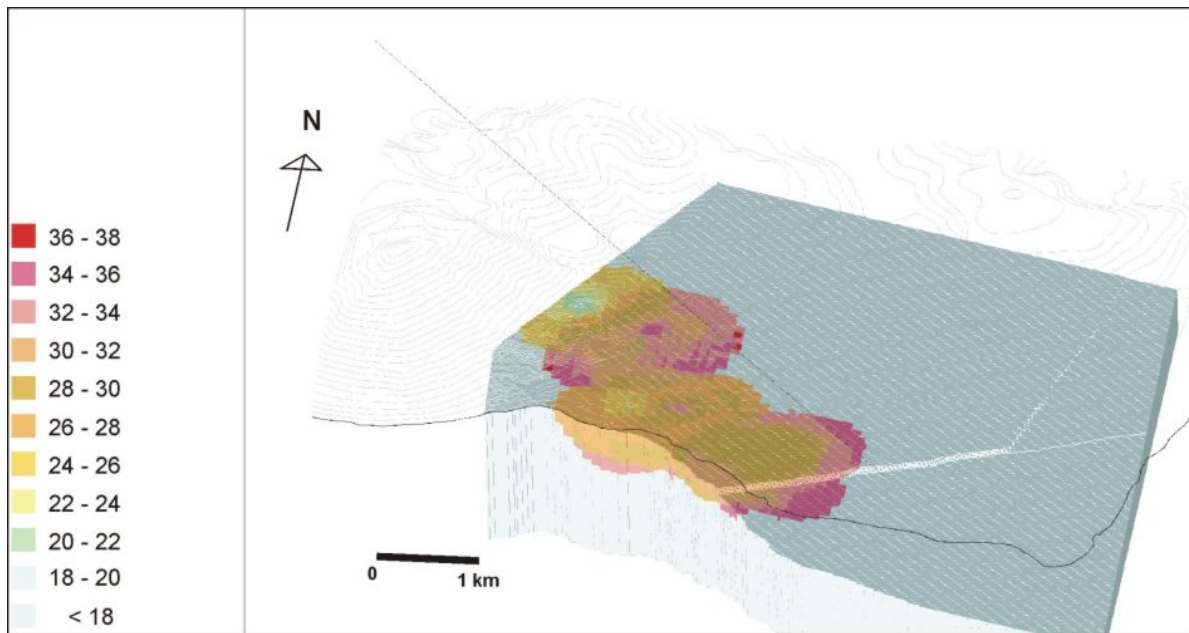
Για τα ανθρακικά πετρώματα, που αποτελούν το υπόβαθρο της περιοχής και θεωρούνται ότι αποτελούν το γεωθερμικό ταμειυτήρα της περιοχής, κατασκευάστηκε μοντέλο ιδιοτήτων (Εικόνα 46). Το μοντέλο αυτό κατασκευάστηκε με τη μέθοδο του κανονικού μοντέλου 3D μεταβλητού μπλοκ. Το συγκεκριμένο μοντέλο έχει διαστάσεις 6500 X 6500 X 2500 m, το επίπεδο βάσης του μοντέλου βρίσκεται σε βάθος -1000 m από το επίπεδο της θάλασσας και οι διαστάσεις των μπλοκ είναι 100 X 100 X 25 m. Για την καλύτερη προσαρμογή στην γεωμετρία των σχηματισμών υπάρχει η δυνατότητα τα μπλοκ να χωριστούν σε 64 μικρότερα τμήματα διαστάσεων 25 X 25 X 6.25 m.

Για την τελική μορφή του, συνδυάστηκε με το γεωμετρικό μοντέλο των γεωλογικών σχηματισμών (Εικόνα 45). Η ιδιότητα που αποδόθηκε αρχικά σε αυτό το μοντέλο είναι η θερμοκρασία. Χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές της θερμοκρασίας που μετρήθηκαν στην ερευνητική γεωτρήση και στα πηγάδια της περιοχής (Πίνακας 2), ενώ για την εκτίμηση της θερμοκρασίας σε όλο το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος γραμμικής παρεμβολής της αντίστροφης απόστασης (IDW). Επειδή στην περιοχή μελέτης έχει γίνει μόνο μια ερευνητική γεώτρηση, είναι φανερό ότι δεν είναι δυνατό να έχουμε αξιόπιστη εκτίμηση της χωρικής κατανομής των θερμοκρασιών στο υπέδαφος. Χρησιμοποιήθηκαν βέβαια και τα στοιχεία των επιφανειακών μετρήσεων (πίνακας 1), και η εκτίμηση βασίστηκε και στη γεωθερμική βαθμίδα που υπολογίστηκε από τη γεώτρηση (1° C ανά 10 m), αλλά το μοντέλο μόνο ως ενδεικτικό μπορεί να θεωρηθεί. Ακόμη, για την εκτίμηση των θερμοκρασιών ελήφθησαν υπόψη και οι κύριες τεκτονικές διευθύνσεις της περιοχής. Έτσι το ελλειψοειδές επιλογής στοιχείων για την εκτίμηση των κόμβων του μοντέλου ορίστηκε με διεύθυνση του κύριου άξονα B50° A, με ακτίνα επίδρασης κατά αυτήν τη διεύθυνση 1000 m και ακτίνα επίδρασης στο δευτερεύοντα άξονα (κάθετα στον κύριο) 700 m.

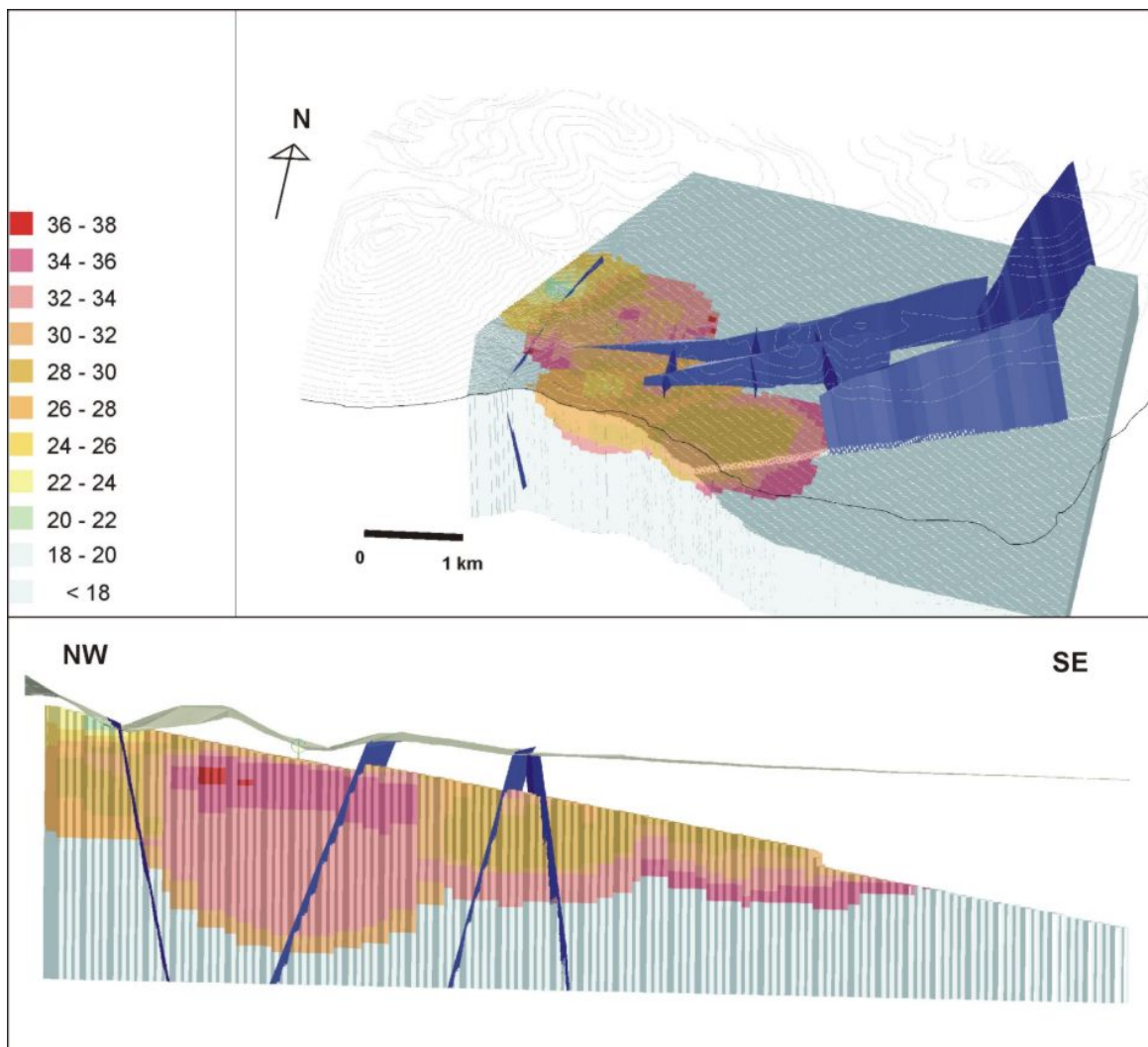


Εικόνα 47: Το τμήμα του μοντέλου ιδιοτήτων που αντιστοιχεί στα ανθρακικά πετρώματα. Διακρίνεται η δομή κέρατος που προκαλεί αναθόλωση του υποβάθρου.

Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζεται η κατανομή των θερμοκρασιών, όπως υπολογίστηκε για τα ανθρακικά πετρώματα. (εικ. 14, 15).



Εικόνα 48: Κατανομή των θερμοκρασιών στα ανθρακικά πετρώματα.



Εικόνα 49: Κατανομή των θερμοκρασιών στα ανθρακικά πετρώματα. Παρουσιάζονται και οι ρηξιγενείς επιφάνειες

7.6 Συμπεράσματα Γεωλογικής Προσομοίωσης

Το γεωμετρικό μοντέλο και το μοντέλο ιδιοτήτων που κατασκευάστηκαν αποτελούν τη βάση για την κατασκευή του μοντέλου λειτουργίας του γεωθερμικού πεδίου της περιοχής Ρίζας Αντιρρίου. Η γεωμετρία του μοντέλου κατασκευάστηκε με βάση κυρίως γεωλογικά δεδομένα και μεθόδους, αφού υπάρχουν μόνο τρεις διαθέσιμες γεώτρησεις πολύ κοντά μεταξύ τους, μία γεωηλεκτρική και μία βαρυτομετρική τομή.

Ιδιαίτερη σημασία για την κατασκευή του μοντέλου λειτουργίας, που παρουσιάζεται στο επόμενο κεφάλαιο, έχει δοθεί στα αποτελέσματα των δοκιμαστικών αντλήσεων στην παραγωγική γεώτρηση ΓΛΠ-1. Πρέπει να τονιστεί ότι η αξιοπιστία των προγνώσεων του μοντέλου δεν μπορεί να ελεγχθεί με τα υπάρχοντα στοιχεία, αφού δεν υπάρχουν περιοδικές μετρήσεις των παραμέτρων του ταμιευτήρα (στάθμη, θερμοκρασία, υδροχημεία) ώστε να συγκριθούν με αυτές τα αποτελέσματα των υπολογισμών και να ρυθμιστούν κατάλληλα οι παράμετροι του μοντέλου.

7.7 Οριστικό μοντέλο περιοχής Αντιρρίου

7.7.1 Εισαγωγή

Για την κατασκευή του οριστικού μοντέλου του γεωθερμικού πεδίου της περιοχής Αντιρρίου χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα της δοκιμαστικής άντλησης που πραγματοποιήθηκε στη γεώτρηση ΓΛΠ-1. Η επεξεργασία όλων των στοιχείων έγινε σε στενή συνεργασία με τους υπεύθυνους γεωλόγους του έργου Θ. Ευθυμιόπουλο και Ε. Φαναρά και το μηχανικό μεταλλείων Γρ. Βρέλλη.

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του γεωλογικού μοντέλου της περιοχής.

7.7.2 Μεθοδολογία

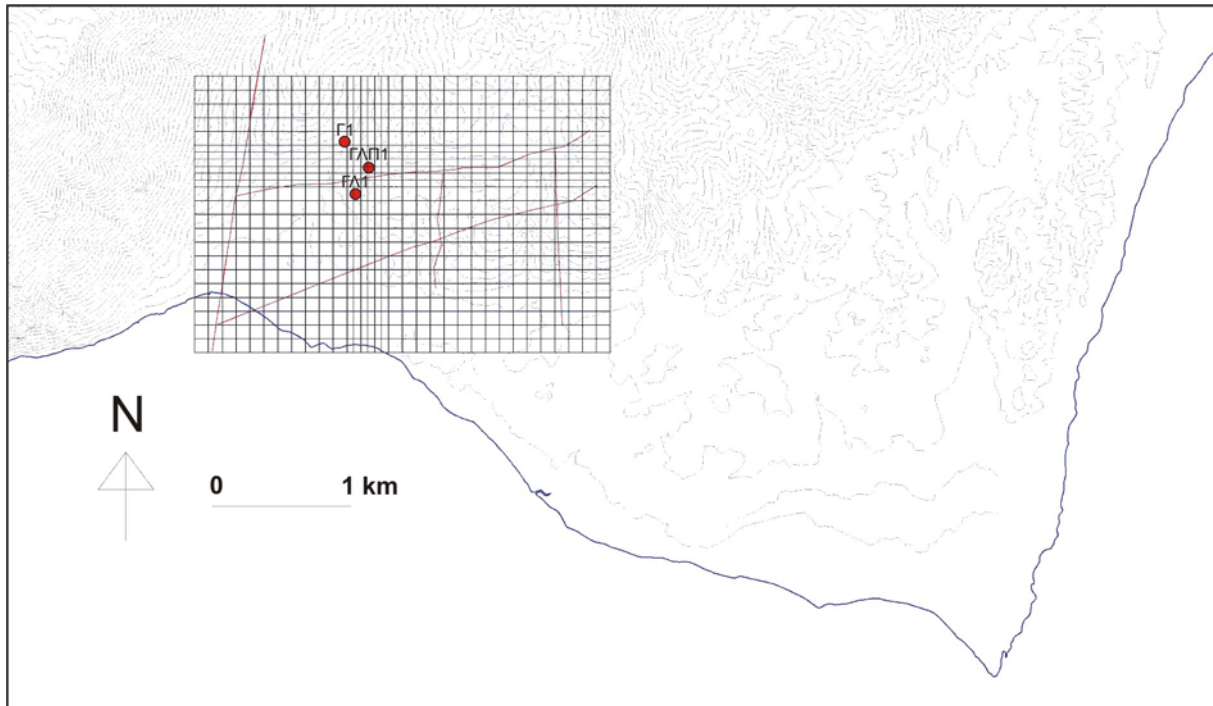
Η προσομοίωση του γεωθερμικού ταμιευτήρα της περιοχής Αντιρρίου προσεγγίστηκε με τα παρακάτω βήματα:

- Επιλογή των διαστάσεων και της θέσης του μοντέλου
- Επιλογή της ανάλυσης του κανάβου πεπερασμένων διαφορών
- Περιγραφή της γεωμετρίας των γεωλογικών σχηματισμών στο χώρο του μοντέλου
- Προσδιορισμών αρχικών τιμών για τις υδραυλικές και θερμικές παραμέτρους (αρχική στάθμη, θερμοκρασία, πορώδες, περατότητα)
- Προσομοίωση των δοκιμαστικών αντλήσεων και επαναπροσδιορισμός των υδραυλικών παραμέτρων
- Εφαρμογή μακροχρόνιου σεναρίου εκμετάλλευσης

Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζονται αναλυτικά τα επί μέρους βήματα και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, ενώ στα συμπεράσματα σχολιάζονται τα αποτελέσματα και δίνονται δυνατότητες χρήσης του μοντέλου για παραπέρα έρευνα.

7.7.3 Επιλογή των διαστάσεων και της θέσης του μοντέλου

Το μοντέλο αναπτύχθηκε γύρω από την περιοχή της Ρίζας και τις ερευνητικές γεωτρήσεις Γ1 (από παλαιότερο έργο) και ΓΛ1 και τη γεώτρηση μεγάλης διαμέτρου ΓΛΠ1. Το δίκτυο του μοντέλου έχει διάσταση 3 km στη διεύθυνση Α-Δ και 2 km στη διεύθυνση Β-Ν (Εικόνα 50)



Εικόνα 50: Η έκταση εφαρμογής του μαθηματικού μοντέλου γύρω από τις θέσεις των ερευνητικών και παραγωγικών γεωτρήσεων. Παρουσιάζονται και τα κυριότερα ρήγματα που επηρεάζουν την υπόγεια υδραυλική.

7.7.4 Επιλογή της ανάλυσης του κανάβου πεπερασμένων διαφορών

Η προσέγγιση της μοντελοποίησης με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών απαιτεί την διακριτοποίηση του χώρου (spatial discretization) από ένα ορθογώνιο πλέγμα. Οι διαστάσεις των κυψελίδων του πλέγματος μπορούν να είναι διαφορετικές, πρέπει όμως όλα τα κελιά μιας γραμμής ή μιας στήλης να έχουν το ίδιο πλάτος. Οι διαστάσεις των κυψελίδων του μοντέλου επελέγησαν με βάση την πυκνότητα των διαθέσιμων στοιχείων, αλλά και τις διαστάσεις του μοντέλου κατανομής θερμοκρασιών που έχει υπολογιστεί στο γεωλογικό – γεωμετρικό μοντέλο. Με βάση αυτά τα στοιχεία, το πλέγμα ορίστηκε με διάσταση κυψελίδας 100 X 100 m, ενώ στη συνέχεια έγινε πύκνωση των κυψελίδων στην περιοχή της αντλούμενης γεώτρησης ΓΑΠ-1, έτσι ώστε να περιβάλλεται από κυψελίδες διαστάσεων 50 X 50 m (Εικόνα 50). Στην κατακόρυφη διεύθυνση το μοντέλο αποτελείται από ένα στρώμα, πάχους 29 m (όσο το συνολικό μήκος των φίλτρων στη γεώτρηση), παρότι υπάρχει η δυνατότητα να οριστούν περισσότερα στρώματα. Η προσέγγιση αυτή επιλέχθηκε λόγω της έλλειψης στοιχείων διαφοροποιημένων κατά βάθος κατά τη διάρκεια των δοκιμαστικών αντλήσεων.

7.7.5 Περιγραφή της γεωμετρίας των γεωλογικών σχηματισμών στο χώρο του μοντέλου

Οι γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης εντόπισαν ασβεστολίθους κατακερματισμένους και καρστικοποιημένους κάτω από φαμμιτικά και αργιλικά στρώματα πάχους 200 m και περισσότερο. Τα στρώματα αυτά λειτουργούν σαν στεγανό κάλυμμα για τον γεωθερμικό υδροφορέα που αναπτύσσεται στους καρστικοποιημένους ασβεστολίθους, ενώ οι μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες που έχουν εντοπιστεί και χαρτογραφηθεί στην περιοχή φαίνεται να είναι υπεύθυνες για την άνοδο και κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών. Τα ρήγματα που διέρχονται από τον χώρο του μοντέλου ορίζουν ξεχωριστές περιοχές μέσα σε αυτό με ιδιαίτερα υδραυλικά χαρακτηριστικά.

Ο ορισμός των περιοχών αυτών πρέπει να γίνεται με προσοχή, ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρηση της μορφής τους, όταν μεταφέρονται από το αρχικό σχέδιο στις κυψελίδες. Εάν κριθεί απαραίτητο, πρέπει να γίνεται πύκνωση του δικτύου, ώστε να αναπαριστά καλύτερα τη γεωμετρία των ρηγμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών. Στην Εικόνα 51 παρουσιάζεται η μεταφορά της γεωμετρίας στον κানাβο του μοντέλου.

7.7.6 Προσδιορισμός αρχικών τιμών για τις υδραυλικές και θερμικές παραμέτρους (οριακές συνθήκες, αρχική στάθμη, θερμοκρασία, πορώδες, περατότητα)

Τα πρώτο βήμα στον ορισμό του μοντέλου είναι ο γενικός καθορισμός των υδραυλικών συνθηκών της προσομοίωσης, συγκεκριμένα αν πρόκειται για υδροφορέα υπό πίεση ή ελεύθερο και αν οι συνθήκες ροής είναι σε σταθερή ή ασταθή υδραυλική ισορροπία. Μετά πρέπει να προσδιοριστούν οι υδραυλικές παράμετροι των πετρωμάτων (πορώδες και περατότητα). Το λογισμικό υπολογίζει το συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας από την περατότητα σε συνάρτηση και με την πυκνότητα του ρευστού, αφού αυτή μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία. Τέλος, η προσέγγιση λύσης των εξισώσεων ροής και θερμικής διάχυσης με αριθμητικές μεθόδους, όπως είναι οι πεπερασμένες διαφορές, απαιτεί τον προσδιορισμό οριακών συνθηκών και αρχικών συνθηκών στο πεδίο ροής και θερμοκρασίας.

Πίνακας 11: Παράμετροι του μοντέλου

Είδος υδροφορέα		Υπό πίεση	
Υδραυλική ισορροπία		Ασταθής	
Περιοχή	Λιθολογία	Πορώδες	Περατότητα k [m ²]
1	Καρστικός υδροφορέας	20%	2.55X10 ⁻¹¹
2	Ρηξιγενείς ζώνες	50%	3.00X10 ⁻⁹

Στον παραπάνω Πίνακας 11 παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά του μοντέλου. Οι τιμές για πορώδες και περατότητα είναι οι τελικές τιμές που προέκυψαν μετά τη ρύθμιση του μοντέλου με βάση τα στοιχεία των δοκιμαστικών αντλήσεων. Οι αρχικές τιμές για το πορώδες δεν αναφέρονται στην έκθεση του έργου και έτσι χρησιμοποιήθηκαν τιμές από τη γενική βιβλιογραφία (FREEZE & CHERRY, 1979).

Για την περατότητα δόθηκε αρχικά στις ρηξιγενείς ζώνες η τιμή που υπολογίστηκε με βάση τα αποτελέσματα από τη δοκιμαστική άντληση.

Ο συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας K έχει υπολογιστεί σε 0,03 m/min.

Η περατότητα k υπολογίζεται από τη σχέση:

$$K = k (\rho^* g) / \mu$$

όπου ρ πυκνότητα του ρευστού, g η επιτάχυνση της βαρύτητας και μ το δυναμικό ιξώδες του ρευστού.

Τοποθετώντας τις τιμές $\rho = 0.998 \text{ kg/m}^3$
 $g = 9.90 \text{ m/sec}^2$
 και $\mu = 0.00653 \text{ N m/sec}^2$, για θερμοκρασία 40°C
 υπολογίζουμε τελικά $k = 3.33 \times 10^{-10} \text{ m}^2$

Τα όρια του μοντέλου καθορίστηκαν ως σταθερής ροής (flow boundaries), ώστε να γίνει προσομοίωση της ροής προς και από τις περιοχές της λεκάνης που δεν συμπεριλαμβάνονται στο μοντέλο. Ειδικά τα σημεία τομής των ρηγμάτων με τα όρια του μοντέλου (γαλάζια σημεία, Εικόνα 51) ορίστηκαν σαν όρια σταθερής στάθμης (constant head). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η προσομοίωση των εισροών από τα ρήγματα, που θεωρούνται μεγαλύτερες από την αντίστοιχη κυκλοφορία ρευστών στη μάζα των ασβεστολίθων.

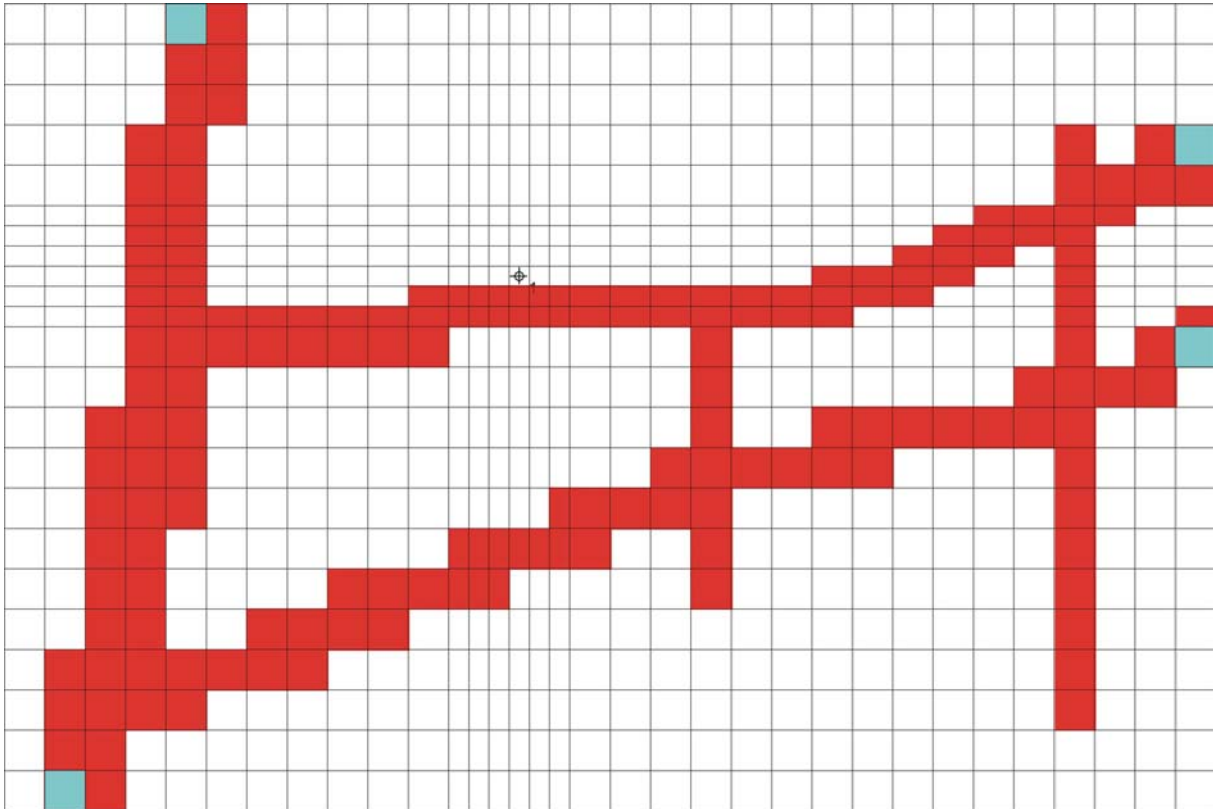
Όσον αφορά τις αρχικές συνθήκες, επειδή δεν υπήρχαν επαρκείς μετρήσεις στάθμης για έναν λεπτομερή υπολογισμό της πιεζομετρίας, ορίστηκε σαν αρχική στάθμη η στάθμη της γεώτρησης πριν από την άντληση, δηλ 102.9 m από τη επιφάνεια για όλες τις κυψελίδες, ενώ η στάθμη μειώθηκε προς το νότιο τμήμα του μοντέλου ώστε να μην ξεπεράσει τη στάθμη της θάλασσας. Τέλος ως αρχική θερμοκρασία στην οροφή του μοντέλου δόθηκαν 38⁰C, όπως μετρήθηκαν στην δοκιμαστική άντληση.

7.7.7 Προσομοίωση των δοκιμαστικών αντλήσεων και επαναπροσδιορισμός των υδραυλικών παραμέτρων

Στη γεώτρηση ΓΛΠ-1 εκτελέστηκαν δύο δοκιμαστικές αντλήσεις, διάρκειας 4 ωρών και 30 λεπτών η πρώτη, με κλιμακωτή αύξηση της παροχής όπως φαίνεται στον Πίνακας 12, και ακόλουθη διάρκεια επαναφοράς 13 ώρες, και η δεύτερη σε δύο στάδια, το πρώτο με διάρκεια 10 ώρες και 40' με παροχή 66 m³/h, ενδιάμεση 3-ωρη επαναφορά και το δεύτερο διάρκειας 12 ωρών με παροχή 93 m³/h και επαναφορά 13 ώρες. Οι δύο αυτές αντλήσεις εκτελέστηκαν σαν σενάρια στο μοντέλο με σκοπό να αναπαράγουν όσο πιο πιστά την καμπύλη πτώσης στάθμης και επαναφοράς. Για να επιτευχθεί καλύτερη ρύθμιση των παραμέτρων (συγκεκριμένα της περατότητας), το μοντέλο ρυθμίστηκε με βάση την πρώτη, πιο σύντομη άντληση και ακολούθως εφαρμόστηκε στην 2^η. Η διαδικασία επαναλήφθηκε αρκετές φορές, μέχρι να επιτευχθεί ένα σετ παραμέτρων (περατότητα και πορώδες) που να αναπαριστά ικανοποιητικά και τις δύο αντλήσεις. Οι τιμές αυτές είναι που παρουσιάζονται στον Πίνακας 11.

Πίνακας 12: Δοκιμαστικές αντλήσεις στη γεώτρηση ΓΛΠ-1

Άντληση 1					
Διάρκεια				Παροχή	
στάδιο		αθροιστικά		m ³ /h	m ³ /sec
ώρες	λεπτά	ώρες	λεπτά		
0	25	0	25	22.5	0.0063
1	5	1	30	30.0	0.0083
0	1.5	1	31.5	38.0	0.0106
1	30	3	0	37.0	0.0103
1	30	4	30	58.0	0.0161
13	0	17	30	0.0	0.0000
Άντληση 2					
0	40	0	40	66.0	0.0183
10	0	10	40	64.0	0.0178
3	0	13	40	0.0	0.0000
12	0	25	40	93.0	0.0258
13	0	38	40	0.0	0.0000



Εικόνα 51: Οι ζώνες που οριοθετούν τα ρήγματα (κόκκινο) και τον κυρίως όγκο του καρστικού υδροφορέα (λευκό). Με γαλάζιο χρώμα σημειώνονται οι κόμβοι σταθερής στάθμης

Στην Εικόνα 52 και Εικόνα 53 παρουσιάζονται οι καμπύλες πτώσης στάθμης των δύο αντλήσεων σε σύγκριση με τα αποτελέσματα του υπολογισμού του μοντέλου. Από τη μελέτη των διαγραμμάτων αυτών, και σε συνεργασία με τον υπεύθυνο μηχανικό που πραγματοποίησε την άντληση κ. Γρ. Βρέλλη, προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Κατά τη διάτρηση της γεώτρησης και κυρίως κατά την εκτέλεση των αντλητικών δοκιμών διαπιστώθηκε ότι το γεωθερμικό ρευστό περιέχει διαλυμένα αέρια (όπως CO₂ και H₂S). Λόγω πτώσης της υδροστατικής πίεσης κατά την άντληση, η διαλυτότητα των αερίων μειώνεται, δημιουργούνται φυσαλίδες και διαφεύγουν προς την ατμόσφαιρα μέσα από τη γεώτρηση. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα κατά τις μετρήσεις πτώσης στάθμης να εμφανίζονται στιγμιαίες ανωμαλίες υψηλής στάθμης, οι οποίες εμφανίζονται στα σχετικά διαγράμματα, που αντιστοιχούσαν στις χρονικές στιγμές διαφυγής των φυσαλίδων αερίων. Μάλιστα, όπως ήταν φυσικό, όσο πιο μεγάλη ήταν η παροχή άντλησης, τόσο μεγαλύτερες ανωμαλίες στάθμης μετρήθηκαν. Για τον ίδιο

λόγο άλλωστε δεν ήταν δυνατόν να αξιολογηθούν οι μετρήσεις επαναφοράς της δεύτερης (2^{ης}) αντλητικής δοκιμής, αφού μετρήθηκαν χαμηλότερες στάθμες από τη στάθμη του τέλους της άντλησης. Αυτές οι ανωμαλίες στις μετρήσεις δικαιολογούνται λόγω εκτόνωσης των αερίων, η οποία μάλιστα ήταν μεγαλύτερη σε συνθήκες μεγαλύτερης πτώσης της υδροστατικής πίεσης που οφειλόταν στη μεγαλύτερη παροχή κατά την 2^η άντληση.

Οι μεγάλες αποκλίσεις που εμφανίζουν οι υπολογισμοί του μοντέλου από τις μετρημένες τιμές οφείλονται κυρίως στην ύπαρξη των αερίων, αλλά και στην ακαταλληλότητα του χρησιμοποιούμενου λογισμικού για την προσομοίωση υδραυλικής ροής σε καρστικούς υδροφορείς. Το λογισμικό SHEMAT είναι κατάλληλο για την προσομοίωση ροής σε πορώδη μέσα, και δεν μπορεί να χειριστεί σωστά τη ροή σε ρήγματα και καρστικά έγκοιλα.

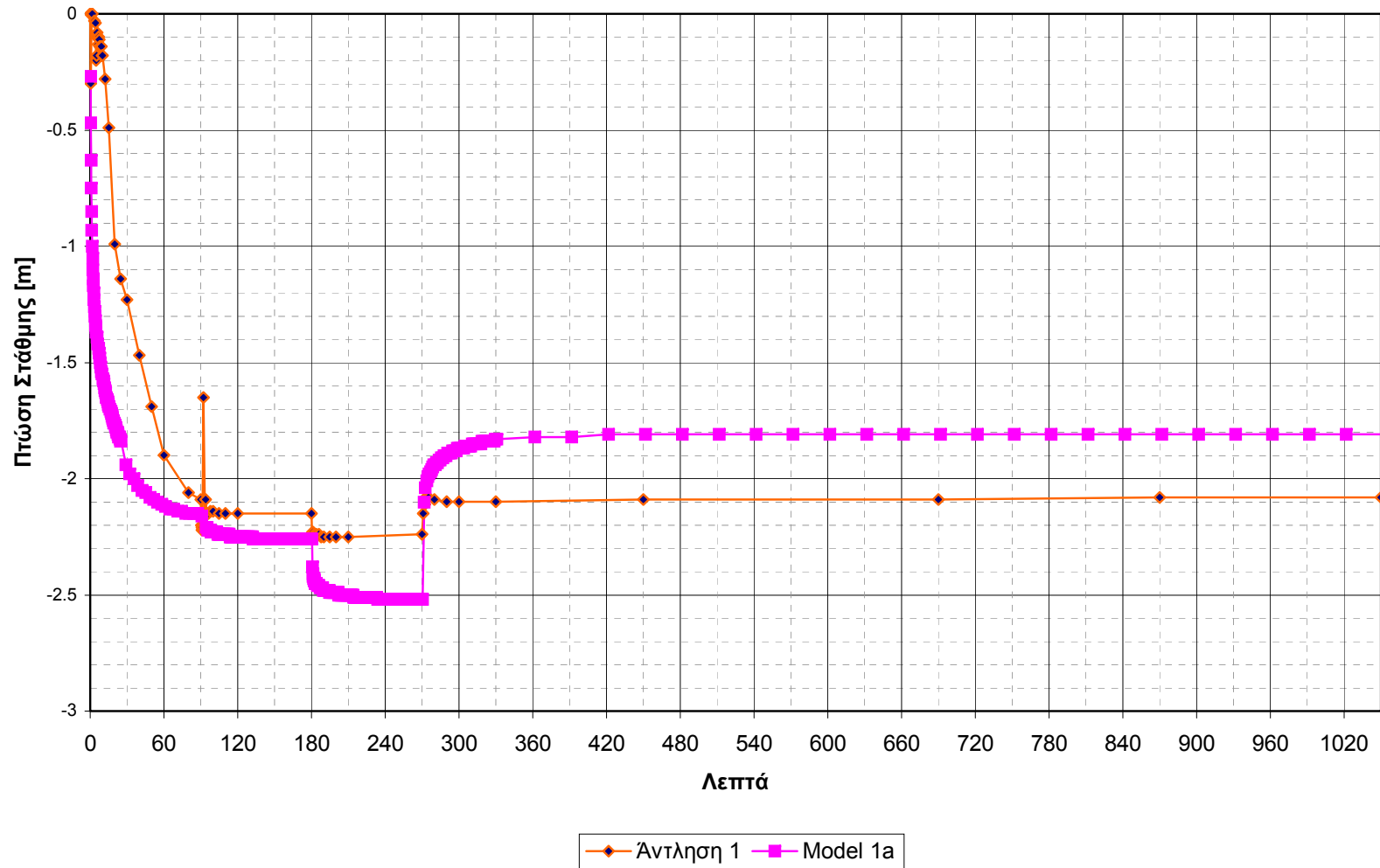
Ο κυριώτερος παράγοντας πάντως για τις μεγάλες αποκλίσεις είναι η παρουσία των αερίων.

7.7.8 Εφαρμογή μακροχρόνιου σεναρίου εκμετάλλευσης

Τα αποτελέσματα τόσο των δοκιμαστικών αντλήσεων όσο και των προσομοιώσεων τους δεν παρέχουν την απαιτούμενη ακρίβεια ώστε να πραγματοποιηθεί μακροχρόνια πρόγνωση της λειτουργίας του πεδίου εξετάζοντας πιθανά σενάρια εκμετάλλευσης.

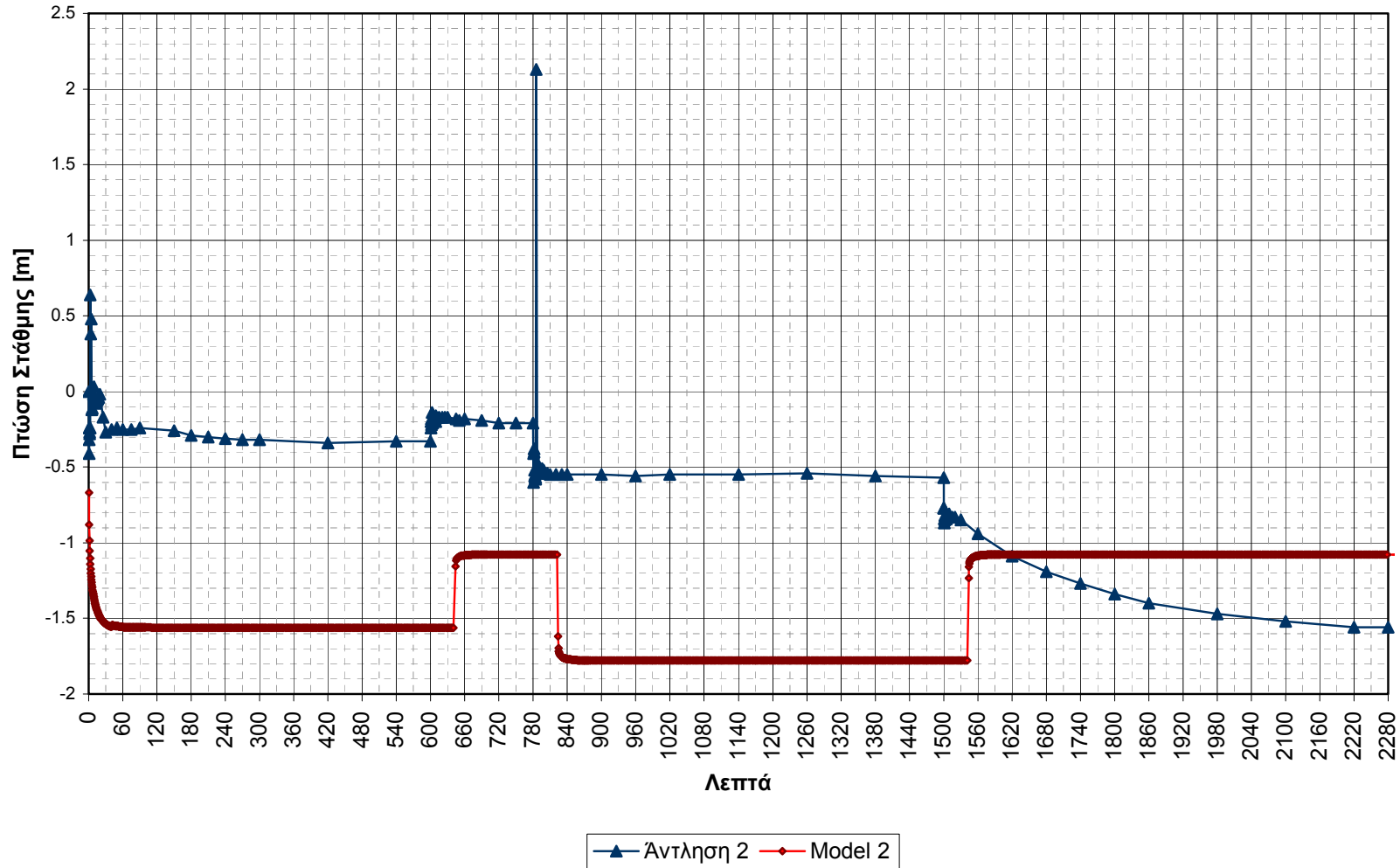
Εκτός από το πρόβλημα που δημιουργεί η παρουσία των αερίων, οι μεταβολές στάθμης που παρατηρήθηκαν στην άντληση είναι πολύ μικρές έτσι ώστε να εμπίπτουν στα όρια του αριθμητικού σφάλματος του μοντέλου, και επομένως δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί και κάποιο μακροχρόνιο σενάριο.

Δοκιμαστική Άντληση 1 - ΓΛΠ-1 Αντίρριο



Εικόνα 52: Σύγκριση αποτελεσμάτων δοκιμαστικών αντλήσεων και υπολογισμών προσομοίωσης

Δοκιμαστική Άντληση 2 - ΓΛΠ-1 Αντίρριο



Εικόνα 53: Σύγκριση αποτελεσμάτων δοκιμαστικών αντλήσεων και υπολογισμών προσομοίωσης

7.8 Συμπεράσματα – Σχολιασμός αποτελεσμάτων

Η προσομοίωση των δοκιμαστικών αντλήσεων στη γεώτρηση ΓΛΠ-1 στην περιοχή Αντιρρίου δεν κατέστη δυνατό να πραγματοποιηθεί με την επιθυμητή ακρίβεια, έτσι ώστε να επιτρέψει προγνώσεις της συμπεριφοράς του γεωθερμικού υδροφορέα σε διάφορα σενάρια εκμετάλλευσης.

Ένας πρώτος περιορισμός προκύπτει από το γεγονός ότι υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις μόνο σε μια γεώτρηση. Επίσης η χημική σύσταση του νερού δεν έδειξε να μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια της δοκιμαστικής άντλησης, κάτι που δεν επέτρεψε την ταυτόχρονη μοντελοποίηση και της υδροχημικής συμπεριφοράς των γεωθερμικών ρευστών.

Παρ' όλα αυτά, το μοντέλο κατέδειξε τη σημασία των ρηξιγενών ζωνών για την κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών και επίσης αποτελεί μια καλή βάση για παραπέρα προσομοιώσεις, εάν υπάρξουν και άλλα διαθέσιμα στοιχεία.

8. ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Στην περίπτωση του γεωθερμικού πεδίου Ρίζας Αντιρρίου, όπου υπάρχουν ρευστά θερμοκρασίας μέχρι 36-37⁰C, καθώς και συγκεκριμένες ανάγκες, λόγω περιβαλλοντικών συνθηκών, η χρήση των γεωθερμικών ρευστών θα μπορούσε να γίνει για:

- Θέρμανση θερμοκηπίων
- Αντιπαγετική προστασία
- Κάλυψη θερμικών αναγκών πτηνοτροφικών μονάδων
- Θέρμανση οικισμών
- Ιαματικό τουρισμό



Πίνακας 13. Πιθανές Χρήσεις γεωθερμικής ενέργειας

9. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Με την έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Ι.Γ.Μ.Ε. εντοπίστηκε το γεωθερμικό πεδίο Ρίζας Αντιρρίου έκτασης $\sim 1,5 \text{ km}^2$, το οποίο φαίνεται να επεκτείνεται προς τα ανατολικά.

Με τους ασβεστολίθους να φαίνεται ότι βυθίζονται προς τα ανατολικά σαν συνέχεια του αντίκλινου της Κλόκοβας, πρέπει να αναμένεται η ύπαρξη γ/θ ρευστών σε μεγαλύτερα βάθη, πράγμα που έπρεπε να ληφθεί σοβαρά υπ' όψιν για τη δυνατότητα εκτέλεσης νέου γεωτρητικού προγράμματος.

Επίσης, όπως αναλύθηκε και στο κεφάλαιο της γεωχημείας, έχει διαπιστωθεί ότι η χημική σύσταση των γεωθερμικών ρευστών προσεγγίζει το θαλασσινό νερό και η πιθανή ύπαρξη εβαποριτών το έχει εμπλουτίσει με H_2S . Αυτό δημιουργεί τις προϋποθέσεις για τη χρήση τους σε ιαματικές μονάδες (SPA) στην ευρύτερη περιοχή, πράγμα που καθιστά ενδιαφέρουσα την διερεύνηση της εκμετάλλευσής τους.

10. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η γεωθερμική έρευνα στη Δυτική Ελλάδα άρχισε τον Δεκέμβριο του 1995. Μετά την πλήρη αξιολόγηση των βιβλιογραφικών δεδομένων και την επεξεργασία των συλλεχθέντων στοιχείων, οι έρευνες επικεντρώθηκαν στην περιοχή Ρίζας- Αντιρρίου, όπου εντοπίστηκαν γεωτρήσεις και πηγάδια με θερμοκρασίες που έφταναν και τους 25°C .

Η περιοχή Ρίζας Αντιρρίου βρίσκεται ανατολικά του όρους Κλόκοβα και δυτικά του Αντιρρίου. Υπάγεται διοικητικά στο δήμο Αντιρρίου, της επαρχίας Ναυπακτίας, του νομού Αιτωλοακαρνανίας.

Στην περιοχή αυτή και στα πλαίσια του επιχειρησιακού προγράμματος ενέργειας του Β' ΚΠΣ έγιναν 2 ερευνητικές γεωτρήσεις, 1 μικρής διαμέτρου και 1 μεγάλης διαμέτρου, έρευνας - παραγωγής, με ικανοποιητικά αποτελέσματα ($36-37^\circ \text{C}$ στα 140 m). Γενικά η περιοχή θεωρήθηκε θετική για ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου.

Κατά τη σύνταξη των προγραμμάτων έρευνας για το Γ' ΚΠΣ η περιοχή Ρίζας εντάχθηκε στο έργο με τίτλο «ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ – ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΤΩΝ Γ/Θ ΠΕΔΙΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ».

Στόχος της γεωθερμικής έρευνας ήταν η οριοθέτηση και η επέκταση του θεωρουμένου πιθανού γεωθερμικού πεδίου.

Οι ερευνητικές εργασίες αναπτύχθηκαν και κάλυψαν την ευρεία περιοχή ανατολικά του αντίκλινου της Κλόκοβας μέχρι το Αντίρριο, όπου αναπτύσσονται οι κατάλληλες ευνοϊκές συνθήκες για τον εντοπισμό γεωθερμικού πεδίου.

Από την γεωλογική μελέτη προκύπτει, ότι η περιοχή Αντιρρίου αποτελεί συνέχεια της τάφρου του Κορινθιακού κόλπου. Στη δομή της περιοχής συμμετείχαν :

- Κρητιδικοί και Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι(Κλόκοβα)
- Φλύσχης με μεγάλη εξάπλωση
- Πλειστοκαινικοί λιμναίοι – υφάλμυροι και θαλάσσιοι σχηματισμοί.
- Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων και αλλουβιακές αποθέσεις.

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής έρευνας διέπονται από την συμπεριφορά των υδροπερατών, ημιπερατών και αδιαπέρατων σχηματισμών, που στην περίπτωση μας είναι οι ασβεστόλιθοι, τα κροκαλοπαγή και τα αργιλλικά υλικά.

Από γεωθερμική άποψη οι ασβεστόλιθοι αποτελούν τον κύριο γεωθερμικό ταμιευτήρα, ενώ τα κροκαλοπαγή παίζουν το ρόλο του δευτερεύοντα γεωθερμικού ταμιευτήρα και οι ψαμμίτες και τα αργιλλοαμμώδη αποτελούν το στεγανό κάλυμμα.

Από τις μετρήσεις τεκτονικής και την μικροτεκτονική μελέτη προκύπτει η επικράτηση δύο κυρίως συστημάτων ρηγμάτων ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ, τα οποία τέμνονται καθέτως μεταξύ τους και σχηματίζουν δέσμες, που τεμαχίζουν του γεωλογικούς σχηματισμούς σε πυκνά διαστήματα.

Το πεδίο τάσεων είναι εφελκυστικό με άξονα διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ (σ3).

Η έντονη τεκτονική δραστηριότητα που παρατηρείται με τον κατακερματισμό των πετρωμάτων και η εφελκυστικού τύπου τεκτονική φάση δημιουργούν ικανοποιητικές συνθήκες κυκλοφορίας νερών σε βάθος, τα οποία θερμαινόμενα ανέρχονται στην επιφάνεια και θα αναζητηθούν στους περατούς σχηματισμούς της περιοχής.

Η γεωφυσική έρευνα εντόπισε, με τη μέθοδο των γεωηλεκτρικών αντιστάσεων, 3 ρήγματα και σε συνδυασμό με το βαρυτομετρικό προφίλ καταλήγει στη μορφολογία της οροφής του άνθρακικού υποβάθρου του υπερκείμενου φλυσχικού καλύμματος και την πιθανή κυκλοφορία λόγω ρωγματώσεων των γεωθερμικών ρευστών.

Με τη γεωθερμική έρευνα στη περιοχή, μετά την αξιολόγηση των μετρήσεων και τις θερμομετρήσεις επιφανείας που έγιναν σε νερά πηγών, γεωτρήσεων και πηγαδιών, εκπονήθηκαν χάρτες ισόθερμων καμπυλών, η μελέτη των οποίων έδειξε ότι το γεωθερμικό ενδιαφέρον επεκτείνεται ανατολικά προς το χωριό Μακύνεια, με παράλληλη αύξηση του βάθους εντοπισμού.

Η γεωχημική – υδροχημική επεξεργασία των αποτελεσμάτων, η ερμηνεία της χημικής σύστασης των νερών και ο συσχετισμός τους με το γεωλογικό περιβάλλον έδειξε ότι το νερό της γεώτρησης ΓΛΠ-1 εντάσσεται στην κατηγορία των Na-Cl νερών και η σύστασή τους προσεγγίζει το θαλασσινό. Ο χημισμός των υπολοίπων ψυχρών και υποθέρμων νερών της περιφέρειας εξαρτάται από την λιθολογική σύσταση των υδροφορέων που τα φιλοξενούν.

Στα πλαίσια του παρόντος έργου εκτελέσθηκαν 2 γεωτρήσεις, 1 ερευνητική μικρής διαμέτρου και 1 έρευνας - παραγωγής μεγάλης διαμέτρου.

Η περιγραφή και μελέτη των ερευνητικών γεωτρήσεων έδειξε ότι η οροφή του γ/θ ταμιευτήρα, που πρόκειται για έντονα καρστικοποιημένο ασβεστόλιθο του Ηωκαίνου, βρίσκεται σε κυμαινόμενο βάθος, από τα 200 m στα ανατολικά έως τα 110 m στα δυτικά (παρυφές Κλόκοβας).

Η στρωματογραφική διάρθρωση των υπερκείμενων κλαστικών ιζημάτων χαρακτηρίζεται από εναλλαγές ψαμμιτών και αργιλικών σχιστολίθων και κροκαλοπαγών.

Εντός των οριζόντων αυτών και σε διάφορα βάθη εντοπίσθηκαν οριζοντες γλυκού νερού κυρίως στα πρώτα 50 m από την επιφάνεια.

Η ερμηνεία της διαγραφίας της γεώτρησης ΓΛΠ-1 που εκτελέσθηκε έδειξε θερμοκρασία ρευστών 36-37° C, η δε γεωθερμική βαθμίδα υπολογίσθηκε στους 5° C έως 15° C ανά 100 m, δηλαδή 2-3 φορές μεγαλύτερη της κανονικής.

Από την αντλητική δοκιμή προέκυψε ότι τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα είναι ικανοποιητικά. Η παροχή κατά την άντληση ήταν >90 m³/h, με θερμοκρασία 36-37° C.

Η προσομοίωση των δοκιμαστικών αντλήσεων στη γεώτρηση ΓΛΠ-1 στην περιοχή Αντιρρίου δεν κατέστη δυνατό να πραγματοποιηθεί με την επιθυμητή ακρίβεια, έτσι ώστε να επιτρέψει προγνώσεις της συμπεριφοράς του γεωθερμικού υδροφορέα σε διάφορα σενάρια εκμετάλλευσης. Εκτός από το πρόβλημα που

δημιουργεί η παρουσία των αερίων, οι μεταβολές στάθμης που παρατηρήθηκαν στην άντληση είναι πολύ μικρές, έτσι ώστε να εμπίπτουν στα όρια του αριθμητικού σφάλματος του μοντέλου, και επομένως δεν είναι δυνατό να υπολογιστεί κάποιο μακροχρόνιο σενάριο.

Παρά τα προβλήματα ακρίβειας των υπολογισμών, το μοντέλο κατέδειξε τη σημασία των ρηξιγενών ζωνών για την κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών και επίσης αποτελεί μια καλή βάση για παραπέρα προσομοιώσεις, όταν υπάρξουν και άλλα διαθέσιμα στοιχεία.

Οι γεωλογικές συνθήκες της περιοχής ενός γεωθερμικού πεδίου, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των γ/θ ρευστών, οι υπάρχουσες τοπικές συνθήκες, οι τεχνικές υποδομές, οι ενεργειακές ανάγκες υφισταμένων ή υπό ίδρυση μονάδων είναι καθοριστικοί παράγοντες, που προδιαγράφουν τη δυνατότητα εκμετάλλευσης-αξιοποίησής του.

Οι προοπτικές για χρησιμοποίηση των γ/θ ρευστών που εντοπίστηκαν είναι πολλές. Ενδεικτικά αναφέρονται: θέρμανση θερμοκηπίων, ιχθυοκαλλιέργειών, αντιπαγετική προστασία, κάλυψη θερμικών αναγκών μονάδων, θέρμανση οικισμών, ιαματικός τουρισμός (SPA).

Διαπιστώθηκε επίσης ότι ο χημισμός των ρευστών που εντοπίστηκαν, καθιστά τα ρευστά κατάλληλα για τη χρήση τους σε ιαματικές μονάδες.

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **ARANDELOVIC. D** (1969): Geophysics in civil Engineering, vensik Zavoda za. Geoloska I Geofizicka Istrazivanja. Series C. No. 10-11 p.p. 318.
- **B.P. Co LTD (1971)**: Γεωλογικά αποτελέσματα εκ της έρευνας δι' αναζήτηση πετρελαίων εις Δυτ. Ελλάδα. ΙΓΜΕ. Ειδικά μελέται No 10.
- **BASOKUR A. TOGRUL** (1989): Microcomputer program for the Direct Interpretation of resistivity Sounding data. Computers and Geosciences vol. 16, No 4 p.p. 587-601.
- **CLAUSER C. (Ed.)**, (2003): Numerical Simulation of Reactive Flow in Hot Aquifers, SHEMAT and Processing SHEMAT, 331 p., 1 CD, Springer, Berlin Heidelberg.
- **D' AMORE F., SCANDIFFIO G., PANICHI C.** (1983): Some observations on the chemical classification of ground waters Geothermics.
- **FLUERY J.J.** (1980) : Les zones de Garovo – Tripolitsa et de Pinde – Ollonos Evolution d' une plate-forme et d' un bassin dans leur cadre alpin, Soc. Geol. Nord.
- **FREEZE, R.A. & CHERRY, J.A.** (1979): Groundwater. Prentice Hall, Engelwood Cliffs NJ
- **LOFTUS, D.L. & ΤΣΟΦΛΙΑΣ, Π.** (1971): Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος, 1:50000, Φύλλον Ναύπακτος. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα
- **MOUNTRAKIS, D., SAPOUNTZIS, E., KILIAS, A., ELEFThERiADIS, G. & CHRISTOFIDES, G.** (1983): Paleogeographic conditions in the western Pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area. Canadian Journal of Earth Sciences, 20, 1673-1681.
- **PIPER A.** (1944): A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analysis.
- **PRUESS, K.** (2002): Mathematical modeling of fluid flow and heat transfer in geothermal systems – an introduction in five lessons, United Nations University, Geothermal Training Programme, 84 p., Reykjavik, Iceland.
- **ZOHDY. A** (1989). Programs to the automatic processing and interpretation of Schlumberger sounding curves in Quick Basik 4 U.S. Geol. Survey open file report.
- **ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΤ.** (2000): Γεωφυσική Έρευνα Περιοχής Ρίζας Αντιρρίου.
- **ΛΑΧΑΝΑΣ Γ.** (2005): Γεωφυσική Έρευνα στην Περιοχή Ρίζας – Αντιρρίου Ν. Αιτωλοακαρνανίας, Αθήνα, 12 σελ.
- **ΛΑΧΑΝΑΣ Γ.** (2003): Γεωφυσική έρευνα στην ευρύτερη περιοχή της Λεκάνης Άρτας.
- **ΛΑΧΑΝΑΣ Γ.** (2002): Γεωτεχνική μελέτη για την καταλληλότητα θέσεως κατασκευής λιμνοδεξαμενής στη περιοχή Φουρνή Ν. Λασιθίου – Τεύχος 2. Γεωφυσική έρευνα.
- **ΛΑΧΑΝΑΣ Γ., ΑΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ Α.** (1998): Γεωφυσική έρευνα περιοχής Μαρκόπουλο Ανατ. Αττικής.

- **Γ. ΛΑΧΑΝΑΣ, Σ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ** (1996): Γεωφυσική έρευνα στην περιοχή Αμφιλοχίας – Κεχρινιάς.
- Εθνικό & Καποδιστριακό Παν/μιο Αθηνών. Τμήμα Γεωλογίας- Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας. – Υδρογεωλογική – Υδροληπτική μελέτη Δήμου Αντιρρίου. Λέκκας Ευθ. 1995
- **ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ.** (1986): Εφημεροσμένη Υδρογεωλογία. Αθήνα.
- **ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ ΗΛ.** (1976): Γεωλογία Ελλάδας
- **ΜΕΤΤΟΣ Α. & ΚΑΡΦΑΚΗΣ, Ι.** (1991): Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδος, 1:50000, Φύλλο Ευνοχώριον. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα
- **ΜΕΤΤΟΣ Α., - ΡΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ Θ.,- ΠΑΠΑΔΑΚΗΣ Γ.** (1987): Γεωλογική μελέτη Ρίου – Αντιρρίου.
- **ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ Δ.** (1983): Μαθήματα Γεωλογίας της Ελλάδας.
- **Ν. ΣΙΕΜΟ, Φ. ΧΑΡΜΑΝΙΔΗ et.al.** (2004). Ολυμπιακά έργα 2004. Μαραθώνια Διαδρομή.
- **ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ.Ι.** (1986). ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, 240 σελ., ΕΠΤΑΛΟΦΟΣ, Αθηνά
- **ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ, Ε.** (2004a). «ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ». 1^η Έκθεση Προόδου του Υποέργου 5: Εκτέλεση Εργασιών Προσομοίωσης Γεωθερμικών Ταμιευτήρων. 1.Μεθοδολογία, 2.Προϋποθέσεις και απαιτούμενα στοιχεία για την προσομοίωση γεωθερμικών ταμιευτήρων, 3.Γεωλογικό μοντέλο του γεωθερμικού πεδίου Χίου (περιοχή Νενήτων). 25 σελ., Αθήνα
- **ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ Ε.** (2004b). «ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ». 2η Έκθεση Προόδου του Υποέργου 5: Εκτέλεση Εργασιών Προσομοίωσης Γεωθερμικών Ταμιευτήρων. Μοντελοποίηση του γεωθερμικού πεδίου της Ρίζας Αντιρρίου, 21 σελ., Αθήνα
- **ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ Ε.** (2007). «ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ, ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ, ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ». 9η Έκθεση Προόδου του Υποέργου 5: Εκτέλεση Εργασιών Προσομοίωσης Γεωθερμικών Ταμιευτήρων. Α. Οριστικό μοντέλο του γεωθερμικού πεδίου περιοχής Βόλβης Ν. Θεσσαλονίκης. Β. Οριστικό μοντέλο του γεωθερμικού πεδίου περιοχής Ρίζας Αντιρρίου, 30 σελ., Αθήνα
- **ΤΡΑΓΑΝΟΣ Γ., - ΣΗΜΑΙΑΚΗΣ Κ., - ΒΡΕΛΛΗΣ ΓΡ., - ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ Θ. – ΜΠΙΜΠΟΥ ΑΙΚ.** (2000): Εντοπισμός και εκτίμηση του γεωθερμικού δυναμικού Δυτ. Ελλάδας. Β' Κ.Π.Σ. – ΙΓΜΕ.
- **ΤΡΑΓΑΝΟΣ, Γ., ΣΗΜΑΙΑΚΗΣ, Κ., ΒΡΕΛΛΗΣ, Γρ., ΕΥΘΥΜΙΟΠΟΥΛΟΣ, Θ., ΜΠΙΜΠΟΥ Α. & ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΣ, Α.** (2000). «ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ», 39 σελ., ΙΓΜΕ/ΔΕΠΥ, Αθήνα.




ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΡΙΖΑΣ - ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ

Υπεύθυνος Έργου
Θωμάς Ευθυμίουπουλος
ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ
 Κλίμακα 1:25000




ΥΠΟΜΝΗΜΑ

 ΘΕΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ Β' & Γ' Κ.Π.Σ.


ΘΕΣΕΙΣ ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΗΣΕΩΝ - ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ

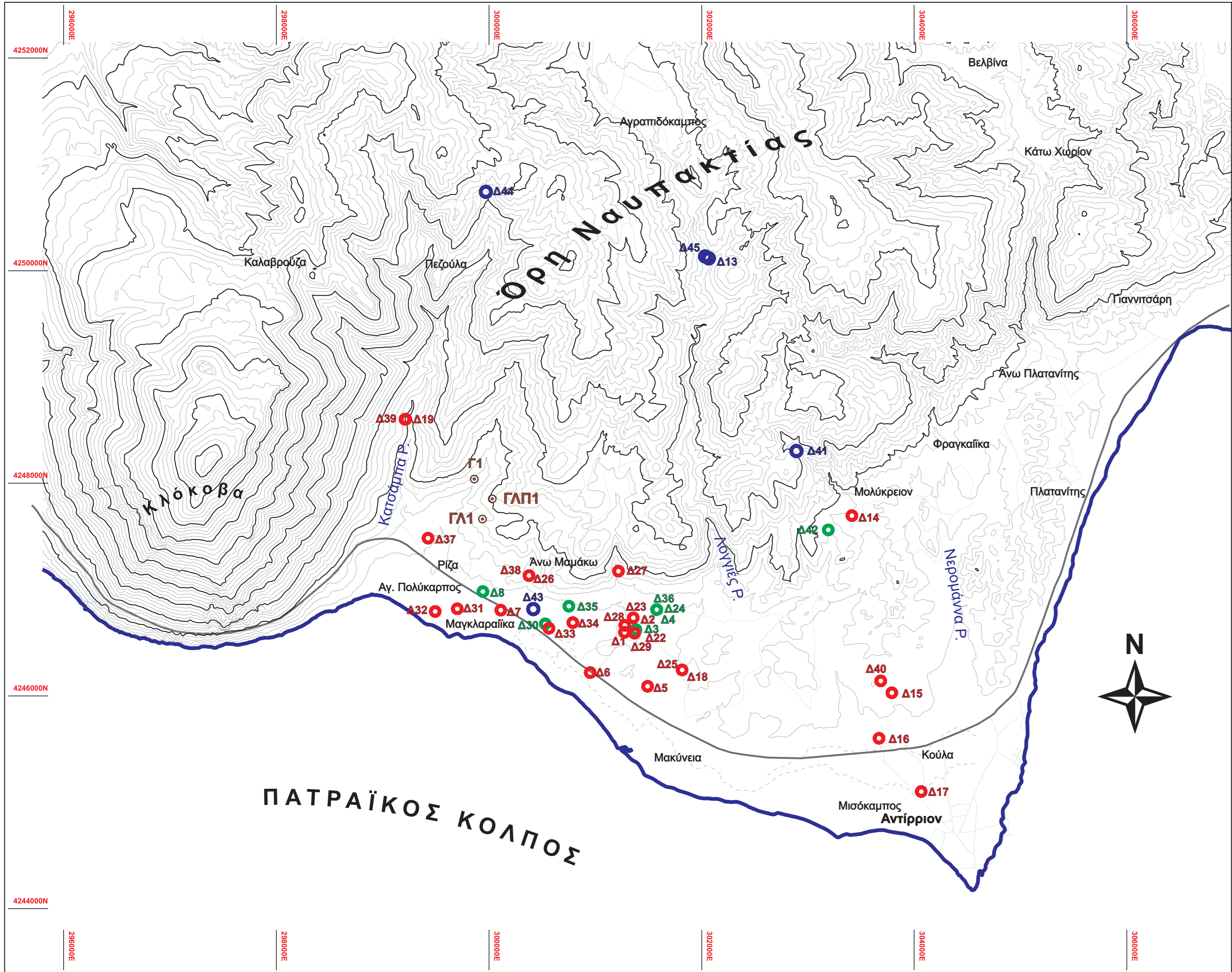
-  ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ
-  ΠΗΓΑΔΙΑ
-  ΠΗΓΕΣ

ΙΣΟΥΨΕΙΣ

-  Ισοδιάσταση 4 m
-  Ισοδιάσταση 20 m
-  Ισοδιάσταση 100 m

 ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ

 ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ



ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

Όρη Ναυπακτίας



ΤΕΛΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ
ΡΙΖΑΣ - ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ

Υπεύθυνος Έργου
Θωμάς Ευθυμιόπουλος

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ
Κλίμακα 1:20000

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΟΛΟΚΑΙΝΟ

- Αποθέσεις στις κοίτες των χειμάρων
- Αποθέσεις ακτιών
- Ελώδεις αποθέσεις με υφάλμυρα νερά
- Προσχωματικά υλικά χειμάρων

ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ

- Κροκαλοπαγή με ενστρώσεις θαλασσίων αποθέσεων (Ανωτ. Πλειόκαινο - Κατ. Πλειστόκαινο)
- Αργιλοαμμούχα υλικά με ενστρώσεις θαλασσίων αποθέσεων (Ανωτ. Πλειόκαινο - Κατ. Πλειστόκαινο)

ΖΩΝΗ ΓΑΒΡΟΒΟΥ - ΤΡΙΠΟΛΗΣ

Φλύσσης (Μέσο - Ανωτ. Ηώκαινο):
παρουσιάζει τρεις κυρίως χαρακτηριστικές σειρές:
• Καλά στρωμένους και εναλλασσόμενους λεπτόκοκκους και χονδρόκοκκους συνεκτικούς ψαμμίτες με λεπτές στρώσεις αργιλικών σχιστολίθων και κροκαλοπαγιών.
• Κροκαλοπαγή συνεκτικά με κροκάλες ποικίλου μεγέθους καλά στρωγυλεμένες. Οι σχηματισμοί αυτοί εναλλάσσονται με λεπτές ενστρώσεις και φακούς από ψαμμίτες και αργιλικούς σχιστολίθους με πολύ μικρό πάχος.
• Εναλλασσόμενα στρώματα πηλιτών, μαργαϊκών ιλιουλίθων, ιλιουλιθικών ψαμμιτών καθώς επίσης λεπτομερών ψαμμιτών και μικρών ενστρώσεων κροκαλοπαγιών.
Η μετάβαση από τους υποκείμενους ηκωαϊνικούς ασβεστολίθους στο φλύσχη γίνεται με μαργαϊκό υλικό μικρού πάχους.
Στην περιοχή ερευνών και συγκεκριμένα στην Κλόκοβα ο φλύσχη αρχίζει με κροκαλοπαγή και χονδρόκοκκους ψαμμίτες. Στο ίδιο στάδιο της ιζηματογένεσης στα ανατολικά (περ. Μολύκρειο-Πλατανίτη) αποτίθενται αργιλικό σχιστολίθοι μεγάλου πάχους.
Το ενδιάμεσο στάδιο χαρακτηρίζεται από αποθέσεις αδρομερούς και λεπτομερούς υλικού, με την οποία συνδυάζονται τα συνεκτικά κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με λεπτές ενστρώσεις αργιλικών σχιστολίθων ή με φακούς ψαμμιτών.
Μεταξύ των ρεμάτων Κατσάμπα και Λογγιές εμφανίζονται τα πετρώματα που χαρακτηρίζονται ως το τελικό στάδιο της απόθεσης του φλύσχη δηλαδή λεπτόκοκκοι και χονδρόκοκοι ψαμμίτες με λεπτές στρώσεις αργιλικών σχιστολίθων και κροκαλοπαγιών και δύνανται να θεωρηθούν ως η αντιπροσωπευτική λιθοστρωματογραφική κολώνα του φλύσχη.
Οι ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή στους διάφορους ορίζοντες παρουσιάζονται υπό μορφή τραπεζών, στρώσεων και φακών, σπάνια κοίτων.
Τα ψαμμικά στρώματα έχουν πάχος 0,2 έως 3 m με χαρακτηριστικό γνώρισμα τις ρηγματώσεις που συνέβαλαν στη μεγάλη διάβρωση τους. Το πάχος του φλύσχη υπερβαίνει τα 800 m

Ασβεστόλιθοι Παλαιόκαινο - Ηώκαινο:
έχουν μεγάλη εξάπλωση και είναι τεφροί-σκουρότεφρο και πολλές φορές δολομιτωμένοι, νηρική φάσης, παχυστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις, συχνά βιτομεινούχοι και βρίσκονται σε συμφωνία με τους Ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους. Στην επαφή τους παρεμβάλλονται βωξιτικές εμφανίσεις με μικρό οικονομικό ενδιαφέρον, που υποδηλώνει χέρσευση της περιοχής κατά το Μέσο Ηώκαινο. Οι βωξίτες είναι πηλοσλιθικοί (το μέγεθος των πηλοσλιθών ποικίλει) καστανού χρώματος έως φαιό ή κόκκινο. Το πάχος τους κυμαίνεται από 0,50 μέχρι 1,30 m περίπου. Το συνολικό πάχος των Ηκωαϊνικών ασβεστολίθων φθάνει τα 400 m περίπου.

Ασβεστόλιθοι (Ανωτερο Κρητιδικό):
Καταλαμβάνουν μικρή έκταση, είναι έντονα καρστικοποιημένοι, παχυστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις, κατά θέσεις σιφροί, βιτομεινούχοι, βιομικρές με διάσπαρτες νησίδες σπαρτή, ελαφρά ανακρυσταλλωμένοι και τοπικά δολομιτωμένοι. Το χρώμα τους είναι ανοικτότεφρο, σκοτεινότεφρο έως μαύρο. Το πάχος τους φθάνει τα 350 m.



Καρστ

Διεύθυνση / κλίση στρωμάτων

ΘΕΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ Β' & Γ' Κ.Π.Σ.

Ρήγμα

A - B Γεωλογική τομή

Ρήγμα πιθανό

A' - B' Βαρυτομετρική τομή

Σύνταξη γεωλογικού χάρτη από τους γεωλόγους: Θ. Ευθυμιόπουλο & Ε. Φαναρά

Ο χάρτης βασίστηκε στα φύλλα γεωλογικού χάρτη 1:50000 Ευροχώριο (ΜΕΤΤΟΣ & ΚΑΡΦΑΚΗΣ, 1991) και Ναύπακτος (ΛΟΤΥΣ & ΤΣΟΦΛΙΑΣ, 1971) και τροποποιήθηκε σύμφωνα με τα αποτελέσματα της εργασίας υπαίθρου, της γεωφυσικής και γεωχημικής έρευνας που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του έργου.

