



Ψηφιακή συλλογή
Βιβλίου ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
Τομέας Γεωλογίας
Α.Γ.Ε.Υ.Ε. Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Διπλωματική Εργασία

«ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ»

ΚΥΡΚΙΜΤΖΗ ΙΣΜΗΝΗ ΧΑΡΑ

A.E.M. 4009

Επιβλέπων καθηγητής: Κ. Βουδούρης



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2009



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΕΥΝΑΣ	5
2. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ	6
2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ	6
2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ	6
2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ	11
3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ.....	14
3.1 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ	14
3.2 ΒΑΘΙΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ.....	14
3.2.1. Ενεργειακή αξιοποίηση της παραγωγικής γεωθερμικής γεώτρησης ΓΝ-1Π	36
3.3 ΡΗΧΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΙΓΜΕ ΤΑ ΕΤΗ 1992 – 1995, 1996 – 2000.....	38
4. ΧΑΡΤΕΣ – ΤΟΜΕΣ.....	45
4.2 ΧΑΡΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ	47
4.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ Δ-Α.....	48
4.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ Β-Ν	50
4.5 ΙΣΟΘΕΡΜΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ.....	52
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	53
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	56

Η ενέργεια αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη. Η διαβίωση απαιτεί κατανάλωση ενός ποσού ενέργειας, ενώ ακόμα μεγαλύτερα ποσά απαιτούνται στην παραγωγή, τις μεταφορές κ.λπ.

Ταυτόχρονα όμως, καθώς η ενέργεια είναι κοινή συνιστώσα των παραγωγικών και γενικότερα ανθρώπινων δραστηριοτήτων, οι ενεργειακοί πόροι συνεχώς μειώνονται, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η διαθεσιμότητα και να αυξάνονται οι τιμές της ενέργειας με δραματικές επιπτώσεις στις οικονομίες σε παγκόσμιο επίπεδο.

- Η περιορισμένη διαθεσιμότητα των ευρέως χρησιμοποιούμενων πηγών ενέργειας.
- Η διάρκεια των αποθεμάτων ενέργειας (ορισμένα αποθέματα φαίνεται να μη ξεπερνούν μερικές δεκαετίες).
- Οι τραγικές επιπτώσεις της ενέργειας στην οικονομία.
- Η αβεβαιότητα που επικρατεί διεθνώς από τυχόν πολιτικο-στρατιωτικές εξελίξεις που αφορούν χώρες εξαγωγής ενέργειας.
- Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλεί η ραγδαία και αλόγιστη χρήση ρυπογόνων πηγών ενέργειας.

Όλα τα παραπάνω οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και σχετικών τεχνολογιών αξιοποίησης τους που θα εξασφαλίσουν σημαντικότερα αποθέματα ή πρακτικά ανεξάντλητα, ώστε να αντιμετωπισθεί ριζικά το πρόβλημα της επάρκειας των ενεργειακών αποθεμάτων και της περιβαλλοντικής προστασίας. Στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ανήκει και η γεωθερμία.

Η γεωθερμική ενέργεια είναι μια φυσική, ήπια και σε σημαντικό βαθμό ανανεώσιμη πηγή ενέργειας, που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και εμπεριέχεται σε φυσικούς επιφανειακούς ή υπόγειους ατμούς, με ή χωρίς αέρια σε θερμά νερά ή σε μίγματα των παραπάνω, καθώς και σε ξηρά – θερμά πετρώματα.

Τα αποθέματα αυτά θεωρητικά θα μπορούσαν να καλύψουν της ενεργειακές ανάγκες της γης. Πρακτικά μπορούν να συμμετέχουν με ένα αξιόλογο ποσοστό. Η επικράτηση των συμβατικών πηγών στο διεθνή ενεργειακό σχεδιασμό για διάφορους λόγους, έχει σαν συνέπεια τον περιορισμό στην εκμετάλλευσή της.

Σε σχέση με τις υπόλοιπες Α.Π.Ε. η γεωθερμική ενέργεια παρουσιάζει την υψηλότερη εγκατεστημένη ισχύ, καθώς και ένα σημαντικό πλεονέκτημα, το ότι είναι διαθέσιμη μέρα και νύχτα, όλο το χρόνο και δεν επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες.

Ιδιαίτερα στην Ελλάδα και κύρια στην Κεντρική Μακεδονία παρουσιάζει πρόσθετα πλεονεκτήματα που έχουν σχέση με την οικονομική δραστηριότητα της περιοχής:

- Προσφέρεται έτοιμη προς χρήση ως θερμικό προϊόν.
- Δεν παράγει επικίνδυνα αέρια καύσης ($\text{CO}_2, \text{H}_2\text{S}, \text{SO}_2$).
- Αναπτύσσεται σε πεδινές εκτάσεις με άριστες συνθήκες αξιοποίησης (γεωργία, αγροτοβιομηχανία, ιχθυοκαλλιέργειες).
- Συμβάλει στην αγροτουριστική ανάπτυξη.
- Μπορεί να προσφέρει θερμική ενέργεια για κλιματισμό με χρήση αντλιών θερμότητας.

Στο χώρο αυτό της βόρειας Ελλάδας με τις μεγάλες ιζηματογενείς λεκάνες, αποτέλεσμα ενεργών τεκτονικών διεργασιών, εμφανίζονται συγκεντρώσεις θερμικής ενέργειας σε βαθύς γεωλογικούς σχηματισμούς, οι οποίοι πολλές φορές παρουσιάζουν μεγάλο πορώδες, όπου εμπεριέχονται γεωθερμικά ρευστά που μπορούν να αξιοποιηθούν λόγω του υψηλού θερμοενεργειακού φορτίου που εμπεριέχουν.

Το θερμοκρασιακό εύρος των γεωθερμικών ρευστών ($25 - 95 \text{ }^\circ\text{C}$) επιτρέπει την απ'ευθείας αξιοποίηση τους σε πολλές δραστηριότητες, δεδομένου ότι στις σύγχρονες βιομηχανικές κοινωνίες το μεγαλύτερο μέρος των βασικών ενεργειακών αναγκών είναι χαμηλών έως μέσων θερμοκρασιών. Κυρίως για θερμοκρασίες $40 - 75 \text{ }^\circ\text{C}$ που χρησιμοποιούνται στα συστήματα θέρμανσης.

Η γεωθερμική ενέργεια θεωρείται από τις «καθαρότερες» και πιο αποδοτικές για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, ψύξη και θέρμανση. Η εκμετάλλευσή της θα μπορούσε να παρέχει σε σημαντικό βαθμό φτηνή και καλή ενέργεια στο λαό, πολλές θέσεις εργασίας, καθαρό και φιλικό περιβάλλον.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να ευχαριστήσω όλους αυτούς που βοήθησαν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Πρωτίστως τον επιβλέποντα, Κωνσταντίνο Βουδούρη επίκουρο καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας του ΑΠΘ για τη διδασκαλία και τη μετάδοση των γνώσεων του στα μαθήματα και τις ασκήσεις υπαίθρου του τμήματος, καθώς και για την επίβλεψη της εργασίας. Τον κ. Νίκο Κολιό Δρ. Γεωλόγο – Γεωθερμικό του ΙΓΜΕ για τα δεδομένα της παρούσας εργασίας και την μετάδοση των γνώσεων και της εμπειρίας του γύρω από τη γεωθερμική έρευνα, κατά την περίοδο της πρακτικής άσκησης που πραγματοποίησα στο ΙΓΜΕ. Το συνάδελφο και φίλο Παπαϊωάννου Ιωάννη για την κατανόηση του, τη Λιθαρή Βαρβάρα για τη βοήθεια στην μορφοποίηση της εργασίας και τέλος τη μητέρα μου, για την υποστήριξη της από την πρώτη μέρα των σπουδών μου.



1.ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα ερευνητικά γεωθερμικά προγράμματα που αναπτύχθηκαν στην περιοχή της Αλμωπίας, αλλά και στην ευρύτερη περιοχή του νομού Πέλλας παρουσίασαν θετικά αποτελέσματα στην αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας σε προηγούμενα χρόνια.

Η γεωθερμική έρευνα στην Δυτική λεκάνη της Θεσσαλονίκης από το ΙΓΜΕ από το έτος 1999 έως και το 2005 και η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από γεωτρήσεις για την έρευνα υδρογονανθράκων, έδειξαν και στα περιθώρια της συγκεκριμένης λεκάνης και κατά μήκος των κύριων τεκτονικών γραμμών, όπου παρατηρείται αναθόλωση του κρυσταλλικού υποβάθρου, θετική γεωθερμική ανωμαλία σε συνδυασμό με ανύψωση των ισόθερμων καμπυλών.

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η μελέτη - με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων των γεωλογικών και θερμικών συνθηκών, ο εντοπισμός υδροπερατών ζωνών πλούσιων σε γεωθερμικά ρευστά στη περιοχή της Δυτικής λεκάνης της Θεσσαλονίκης με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν από την έρευνα του ΙΓΜΕ στην και από τις γεωτρήσεις υδρογονανθράκων στην συγκεκριμένη περιοχή.

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ

Η λεκάνη της Θεσσαλονίκης καταλαμβάνει γεωγραφικά την χερσαία περιοχή της πεδιάδας Θεσσαλονίκης – Κατερίνης, δυτικά της πόλης της Θεσσαλονίκης και εκτείνεται προς Βορά ως την F.Y.R.O.M. ενώ προς Νότο επικοινωνεί με τον Θερμαϊκό Κόλπο. Δυτικά περιορίζεται από τα Πιέρια Όρη και το Βέρμιο και ανατολικά από τον Χορτιάτη. Πρόκειται για έναν τεράστιο ιζηματογενή χώρο έκτασης 4.200 km² στην ξηρά και 4.000 km² σε θαλάσσιο περιβάλλον. Οι ποταμοί Αξιός, Αλιάκμονας, Λουδίας και Γαλλικός ρέουν μέσα σ' αυτήν την Λεκάνη.

2.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Η μεταορογενετική λεκάνη της Θεσσαλονίκης αναπτύχθηκε στο γεωλογικό χώρο που καταλαμβάνεται από τις γεωτεκτονικές ζώνες Σερβομακεδονικής, Αξιού και Πελαγονικής. Παρουσιάζει κύρια διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και αποτελεί ένα σύνθετο τεκτονικό βύθισμα, που άρχισε να δημιουργείται από ρήγματα στο Ηώκαινο και μέχρι το Τεταρτογενές (Lalchos, 1986). Χαρακτηρίζεται από μεγάλο πάχος Νεογενών και Παλαιογενών ιζημάτων, που φθάνουν τα 4.200 m.

Το υπόβαθρο της λεκάνης πάνω στο οποίο αποτέθηκαν τα Παλαιογενή και Νεογενή ιζήματα αποτελείται από έντονα μεταμορφωμένους σχηματισμούς, κυρίως της Ζώνης Αξιού, και συγκεκριμένα από γνεύσιους, σχιστόλιθους, μάρμαρα και οφιολιθικά πετρώματα, Τριαδικούς ανθρακικούς σχηματισμούς, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και φλύσχη του Μαιστρίχτιου. Οι πληροφορίες για τη γεωλογική δομή και τη στρωματογραφία βασίζονται σε βαθιές ερευνητικές γεωτρήσεις υδρογονανθράκων καθώς και σε γεωφυσικές έρευνες.

Τα Παλαιογενή ιζήματα, που αποτέθηκαν ασύμφωνα πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο είναι ιζήματα μολασσικού τύπου, φλυσχοειδείς και ψαμμιτικοί σχηματισμοί σε εναλλαγές με κροκαλοπαγείς ορίζοντες. Μετά τη διακοπή της ιζηματογένεσης του φλύσχη του Μαιστρίχτιου επικλυσιογενείς συνθήκες επέτρεψαν την απόθεση υφαλογενών ασβεστολίθων του Λουτησιού σε εναλλαγές με ορίζοντες μαργών, ασβεστοψαμμιτικών σχηματισμών και κροκαλοπαγούς. Η σειρά αυτή του Παλαιογενούς (Ηώκαινο – Ολιγόκαινο) παρουσιάζει το μεγαλύτερο πάχος (1.500 m) στο κέντρο της λεκάνης. Η ύπαρξη των επικλυσιογενών σχηματισμών του Λουτησιού διαπιστώνεται από τη

στρωματογραφική ανάλυση βαθιών γεωτρήσεων υδρογονανθράκων, εντούτοις το πάχος ελαττώνεται στην περιφέρεια.

Μετά από την τεκτονική φάση του Κάτω Ηωκαίνου, η διακοπείσα ιζηματογένεση επαναλαμβάνεται μέσα στη λεκάνη στα όρια της οποίας είναι δύσκολο να αναγνωρισθούν οι σχηματισμοί. Γενικά η στρωματογραφική μελέτη του Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου βασίζεται σε περιορισμένες εμφανίσεις, καθώς επίσης και στα αποτελέσματα των βαθιών γεωτρήσεων υδρογονανθράκων που ανορύχθηκαν τόσο από κάποιες ξένες εταιρείες όσο και από το Ελληνικό Δημόσιο και τη Δ.Ε.Π.

Σχ. 1.
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΛΕΚΑΝΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ



0 5 10 km

F . Y . R . O . M .



ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΟΛΟΚΑΙΝΟ



Σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις (αλλούβια)



Παλαιοί και νέοι κώνοι κορημάτων. Πλευρικά κορήματα.

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ



Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις: άργιλοι, πηλοί, άμμοι, κροκαλοπαγή, κοκκινοχώματα κλπ. Στην περιοχή Βέροιας, Έδεσσας τραβερτίνες.

ΜΕΙΟ-ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ (ΑΝΩΤ. ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ - ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ)



Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις: κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, κοκκινοχώματα, μαργαίκοι ασβεστόλιθοι, άργιλοι.

ΑΝΩΤ. ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ (κάποιες φορές και ΜΕΣΟ)



Θαλάσσιες αποθέσεις : κυρίως μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, άργιλοι και γύψο (κάποιες φορές)

ΝΕΟΓΕΝΕΣ (ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ)



Λιμναίες ή θαλάσσιες αποθέσεις: ιζήματα κλαστικά (κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, άργιλοι (κυρίως μολάσσα)

ΗΩΚΑΙΝΟ - ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ

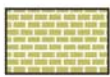


Μολασσικοί σχηματισμοί στη Βόρεια Ελλάδα

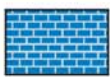
ΑΛΠΙΚΕΣ ΣΕΙΡΕΣ (ΖΩΝΕΣ)



Φλύσχος



Ασβεστόλιθοι (Κρητιδικό - Ηώκαινο)

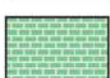


Ασβεστόλιθοι (Ιουρασικό)

ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ



Φλύσχος



Ασβεστόλιθοι (Ανώτερο Κρητιδικό)



Ασβεστόλιθοι (κυρίως βιοσπαρουδίτες) και δολομίτες (Τριαδικό - Κατ. Ιουρασικό ή Ιουρασικό)

ΖΩΝΗ ΑΞΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΟΠΙΚΗ



Φλύσχος



Ασβεστόλιθοι (κυρίως μικρουδίτες) (Ανώτερο Κρητιδικό)



Σειρά ασβεστολίθων, σχιστολίθων, πηλιτών, κερατοφυρών, πορφυροειδών. Επίσης ασβεστόλιθοι, pillow-lavas και ψαμμίτες (Ανώτερο Ιουρασικό)



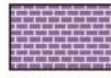
Ασβεστόλιθοι & χλωριτοσχιστόλιθοι Γρίβα (Ανώτερο Ιουρασικό)



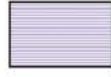
Κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστόλιθοι (Ανώτερο Ιουρασικό)



Φυλλίτες, αμμούχες μάργες, κερατόλιθοι (Κατώτ. - Μέσο Ιουρασικό)



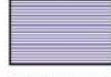
Ασβεστόλιθοι κρυσταλλικοί Γκόλα - Τσούκα. Ασβεστόλιθοι Ντεβέ-Κοράν (Ιουρασικό) Τριαδικά μάρμαρα.



Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά (Ανωτ. Τριαδικό - Ιουρασικό)



Σχιστόλιθοι, ψαμμίτες, μάρμαρα ή χαλαζίτες, φυλλίτες, διαβάσες, ασβεστόλιθοι - Σειρά Σβούλας (Τριαδικό - Ιουρασικό)



Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά & χαλαζίτες (Τριαδικό)



Μαγματική σειρά Χορτιάτη. Πρασινοσχιστόλιθοι & επιγνεύσιοι (Χλωριτικοί, σερικιτικοί, κεροστιλβικοί) (Μεσοζωικό)

ΠΡΟ-ΑΛΠΙΚΕΣ ΣΕΙΡΕΣ

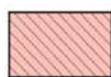


Χαλαζίτες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή, σερικιτικοί σχιστόλιθοι [Πέρμιο (:)- Τριαδικό]

ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΑ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗΣ - ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ



Οφθαλμογενεύσιοι, γενεύσιοι, σχιστόλιθοι, αμφιβολίτες. Στην Πελαγονική, Παλαιοζωικοί - Τριαδικοί.



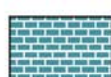
Γενεύσιοι γενικά (Παλαιοζωικοί ή και παλαιότεροι).



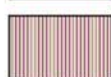
Αμφιβολίτες



Αμφιβολίτες και γενεύσιοι. Αμφιβολίτες, γενεύσιοι, σχιστόλιθοι.



Μάρμαρα ή κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι



Σχιστόλιθοι και μάρμαρα, κάποιες φορές με αμφιβολίτες.

ΠΥΡΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ



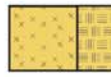
Όξινα πλουτωνικά : Γρανίτες - γρανοδιορίτες - μονζονίτες



Βασικά και υπερβασικά : Γάββροι, σπηλίτες, pillow lavas



Οφιόλιθοι γενικά



Ηφαιστειακά και πυροκλαστικά Πλειο-Πλειστοκαινού



Τοφφίτες Πλειοκαινού



Ηφαιστειακά (ρυόλιθοι, ρυοδακίτες, δακίτες, ανδεσίτες, τραχειοανδεσίτες, τραχείτες) Ηώκαινού - Ολιγοκαινού



Ρήγμα

Πιθανό ρήγμα



Τεκτονική επαφή [επιπτώση(:)]



Επώθηση & πιθανή προέκτασή της



Οικισμός

ΓΝ-1Π Γεωθερμική γεώτρηση ΓΝ-1Π

Επιφανειακές εμφανίσεις των Ηωκαινικών – Ολιγοκαινικών σχηματισμών συναντώνται στην περιοχή της Βασιλίτσας και στο Κάστρο, όπου το πάχος τους υπολογίζεται σε 50 – 100 m (Lalechos, 1986).

Οι Μειοκαινικοί σχηματισμοί είναι αρκετά διαδομένοι στην περιοχή, καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση και αποσφηνώνονται στα δυτικά της λεκάνης, στους σχηματισμούς του υποβάθρου. Έχουν αποθεθεί ασύμφωνα στα Παλαιογενή ιζήματα. Πρόκειται για εναλλαγές ψαμμιτών, άμμων, αργίλων με παρεμβολές μικροκροκαλοπαγών και κροκαλοπαγών οριζόντων. Η ακολουθία ξεκινά με κροκαλοπαγή και παρεμβολές ιλυολίθων και ακολουθούν λεπτά στρώματα λιγνιτών (Κατώτερο Μειόκαινο), ενώ στην ίδια ακολουθία συναντώνται στη συνέχεια ψαμμίτες, κυανές μάργες, κίτρινες άμμοι και ερυθρές άργιλοι (Λαλεχός, 1983; Lalechos, 1986) Στα δυτικά της λεκάνης επικρατούν οι κροκαλοπαγείς οριζόντες σε εναλλαγές με αργιλικές ενστρώσεις. Εκεί αποτίθενται ασύμφωνα και τα Πλειοκαινικά ιζήματα. Γενικά, το πάχος των Μειοκαινικών σχηματισμών ποικίλλει μεταξύ διαφόρων θέσεων μέσα στη λεκάνη (Lalechos, 1986).

Στην περιοχή της Ειρηνούπολης, οι Παλαιογενείς και Μειοκαινικοί σχηματισμοί απουσιάζουν και η λεκάνη χερσεύει εξαιτίας τεκτονικών κινήσεων. Οι Πλειοκαινικοί και Τεταρτογενείς σχηματισμοί αποτελούνται από εναλλαγές μαργών, αργίλων και ψαμμιτών ενώ στα ανώτερα μέρη επικρατούν άργιλοι, αδρομερείς χαλαροί ψαμμίτες και χαλίκια σύγχρονης τροφοδοσίας από τα ηφαιστειακά κέντρα της Νότιας Αλμωπίας.

Επιπλέον στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Θεσσαλονίκης καταγράφονται:

- Τεταρτογενείς σχηματισμοί, που συνίστανται από σύγχρονες προσχώσεις, πλευρικά κορήματα (από ασβεστολιθικά και οφειολιθικά υλικά ή από ποικίλης σύστασης χαλίκια), χαμηλές αναβαθμίδες με προχώματα, τραβερτίνες κατά μήκος μιας ζώνης ABA-ΔΝΔ διεύθυνσης (περιοχή Νάουσας) και παλαιές αποθέσεις κροκαλοπαγών.
- Νεογενείς σχηματισμοί, που συνίστανται από ηφαιστειακούς σχηματισμούς και τόφφους του Πλειοκαίνου και εκτείνονται μεταξύ της λεκάνης Αλμωπίας και της πεδιάδας Γιαννιτών – Θεσσαλονίκης. Στην περιοχή μελέτης βρίσκονται μόνο σε επιφανειακές εμφανίσεις και κυρίως κάτω από προσχωσιγενείς αποθέσεις. Η μεταφορά τους πιστεύεται ότι έγινε με επίδραση ρέοντος ύδατος και της βαρύτητας (lahar). Ο ηφαιστειακός σχηματισμός, αποτελούμενος από συμπαγείς ηφαιστειακούς λίθους και από τραχειανδεσιτικό σύναγμα, έχει πάχος ~ 200 m (τόσο στην περιοχή της γεώτρησης Γ4, Βόρεια του χωριού «Νησί» αλλά και δυτικότερα στην περιοχή του χωριού «Αρσένι»).

Στη λεκάνη Θεσσαλονίκης οι Πλειο-Πλειστοκαινικοί σχηματισμοί και τα Μειοκαινικά ιζήματα έχουν πολύ όμοιες λιθολογικές και ιζηματολογικές δομές και συνεπώς η διάκρισή τους είναι πολύ δύσκολη. Αντίθετα, το όριο μεταξύ Ηωκαίνου και Ολιγοκαίνου είναι καθαρό. Γενικά, πάντως, οι τύποι των ιζηματογενών πετρωμάτων που συναντώνται πιο συχνά είναι ψαμμίτες, μικροκροκαλοπαγή, κροκαλοπαγή, ιλυόλιθοι και νουμμουλιτικοί ασβεστόλιθοι. Έχουν ευρέως παρατηρηθεί σταδιακές μεταβάσεις των στρωμάτων των ψαμμιτών του Μειοκαίνου σε ενστρώσεις και παρεμβολές ιλυωδών ψαμμιτών και ιλυολίθων προς το κέντρο της λεκάνης (P.P.C. (D.E.P.-E.K.Y.), 1988).

2.3 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

Από τεκτονική άποψη η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από ρηγματωμένα αντίκλινα που είναι πτυχωμένα πάνω σε τεκτονικά κέρατα ή στα βαθύτερα τμήματα των Τριτογενών σειρών.

Η σημερινή τεκτονική δομή της λεκάνης είναι αποτέλεσμα πολλών τεκτονικών κινήσεων που συνδυάζονται με ασυμφωνίες στους σχηματισμούς.

- Το πρώτο τεκτονικό επεισόδιο καθορίζεται στο Άνω Ιουρασικό – Κάτω Κρητιδικό και παρατηρείται στο ανατολικό και δυτικό τμήμα της Ζώνης Αξιού . (Lalechos, 1986).

- Μετά το Μαιστρίχτιο και προς το Λουτήσιο, ακολούθησε απόθεση μολασσικών ιζημάτων στην βυθιζόμενη λεκάνη.

- Η κύρια τεκτονική δράση μετά το Μαιστρίχτιο και Προ-Λουτησίου καθορίζεται από επιππεύσεις λεπίων στον φλύσχη Μαιστριχτίου (Λαλεχός, 1983).

- Η επίκλυση των σχηματισμών του Μέσου – Άνω Ηώκαινου εμφανίζεται να ξεκινά με τα θαλάσσια μολασσικά ιζήματα, που εναποτίθενται πάνω στο τεκτονικό βύθισμα. Αυτή η κατάρρευση – βύθιση σχετίζεται με τεκτονική δραστηριότητα στα περιθώρια της λεκάνης (Βασιλίτσα – Γιαννιτσά) στους σχηματισμούς του Άνω Ηώκαινου και δεν παρατηρείται στο κέντρο της Λεκάνης Θεσσαλονίκης (Lalechos, 1986).

- Η τεκτονική που ακολούθησε στο Άνω Ολιγόκαινο – Κάτω Μειόκαινο είχε χαρακτήρες συμπίεσης, προκλήθηκε από ηπειρογενετικές κινήσεις (γρανιτικές, γρανοδιοριτικές διεισδύσεις) και ανύψωσε ασύμμετρα την περιοχή προκαλώντας

συμπύεση και μερική διάβρωση των ιζημάτων της (Νουσινάνος, 1991). Έτσι, στο Άνω Ολιγόκαινο, παρατηρείται τεκτονική φάση πτύχωσης των σχηματισμών του Παλαιογενούς, καταλήγοντας σε επωθήσεις του μεταμορφωμένου υποβάθρου πάνω στα Παλαιογενή ιζήματα (Λαλεχός, 1983). Η ανύψωση θεωρείται ότι ήταν μεγαλύτερη στη δυτική παρυφή, όπου είναι εμφανής η κάμψη των στρωμάτων στις σεισμικές γραμμές. Η βύθιση αλλά και η ανύψωση της λεκάνης πρέπει να συνοδεύτηκε με σπάσιμο του υποβάθρου σε κλιμακωτή μορφή, δημιουργώντας έτσι κάποια μορφή κεράτων ή μισοκεράτων, τα οποία διατηρήθηκαν και αργότερα (Νουσινάνος, 1991).

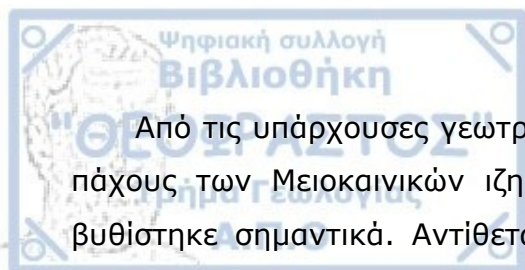
- Μετά την ιζηματογένεση του Ολιγοκαινού, η λεκάνη κλείνει προς Νότο με σημαντική αύξηση του πάχους των Νεογενών σχηματισμών προς τον θαλάσσιο χώρο. Αντίθετα το πάχος των σχηματισμών του Παλαιογενούς είναι πολύ μεγαλύτερο στη ξηρά από ότι στον θαλάσσιο χώρο, γεγονός που δηλώνει ότι το κέντρο της ιζηματογενούς λεκάνης ήταν στην ξηρά με άνοδο του νότιου τμήματος, που στη συνέχεια, κατά το Μειόκαινο, βυθίζεται, με αποτέλεσμα οι σχηματισμοί αυτοί να αποκτήσουν μεγάλο πάχος.

- Νέα βύθιση της περιοχής με νέα επίκλυση άρχισε τμηματικά από το Μέσο Μειόκαινο και συνεχίστηκε μέχρι το Άνω Μειόκαινο, όπου η λεκάνη βρισκόταν στην οπισθοχώρα σαν λεκάνη «ηπειρωτικής συστροφής». Αποτέλεσμα αυτού ήταν η δημιουργία μιας μικρής κλίμακας τοπικής ασυμφωνίας μεταξύ του Κάτω και Άνω Μειοκαινού.

- Η Άνω-Μειοκαινική εφελκυστική τεκτονική, περισσότερο οριζόντιων κινήσεων, προσέβαλε όλους τους προγενέστερους σχηματισμούς μέχρι και το υπόβαθρο, είτε με νέα ρηγμάτωση είτε με παλαιά που επαδραστηριοποιήθηκε. Η τεκτονική αυτή δημιούργησε οριζόντιες μετακινήσεις τεμαχών με πολλά ψαλιδωτά ρήγματα, ρηγματωμένες ζώνες πλάγιες, κλιμακωτές βαθμίδες και μισοκέρατα.

- Από το Άνω Μειόκαινο η περιοχή βυθίζεται πάλι και δέχεται ανάλογα του αναγλύφου της θαλάσσια, λιμναία και χερσαία ιζήματα (Νουσινάνος, 1991).

- Μετά την ιζηματογένεση του Πλειοκαινού σημειώνεται μία μετακίνηση προς N-NA της λεκάνης, καταλήγοντας στο σχηματισμό του Θερμαϊκού Κόλπου, του οποίου ο πυθμένας κλίνει προς τα Νότια, και συνεχιζόμενης της ιζηματογένεσης του Τεταρτογενούς.



Από τις υπάρχουσες γεωτρήσεις (ξηράς και θάλασσας) παρατηρείται μία αύξηση του πάχους των Μειοκαινικών ιζημάτων, υποδεικνύοντας ότι η λεκάνη στο νότιο τμήμα βυθίστηκε σημαντικά. Αντίθετα, το πάχος των σχηματισμών Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου είναι μικρότερο στο Θερμαϊκό και μεγαλύτερο στη Λεκάνη Θεσσαλονίκης. Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι το κέντρο της ιζηματογενούς λεκάνης ήταν στην ξηρά, με μία άνοδο του νότιου τμήματος, το οποίο στη συνέχεια κατά τη διάρκεια του Μειοκαίνου βυθίζεται, έχοντας ως αποτέλεσμα οι Μειοκαινικοί σχηματισμοί να αποκτήσουν μεγάλο πάχος (Λαλεχός, 1983).

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

3.1 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ

Η ιδιαίτερη γεωτεκτονική κατάσταση (ρηξιγενής τεκτονική) που διαμορφώθηκε στον Βορειοελλαδικό χώρο μετά την αλπική ορογένεση, η παρουσία υπόθερμων νερών και η έντονη παρουσία Πλειοκαινικών λαβών δημιουργούν προϋποθέσεις ύπαρξης γεωθερμικού ενδιαφέροντος και τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την δημιουργία υδροθερμικών συστημάτων κυρίως χαμηλής ενθαλπίας.

Στην Κεντρική Μακεδονία οι μεγάλες ιζηματογενείς λεκάνες, αποτέλεσμα κυρίως εφελκυστικής τεκτονικής, συνοδεύτηκαν από αύξηση της ροής θερμότητας και επέτρεψαν τη συγκέντρωση θερμικής ενέργειας σε βαθείς γεωλογικούς σχηματισμούς, που πολλές φορές παρουσιάζουν υψηλό πορώδες και περιέχουν γεωθερμικά ρευστά τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν για το υψηλό θερμοενεργειακό τους φορτίο.

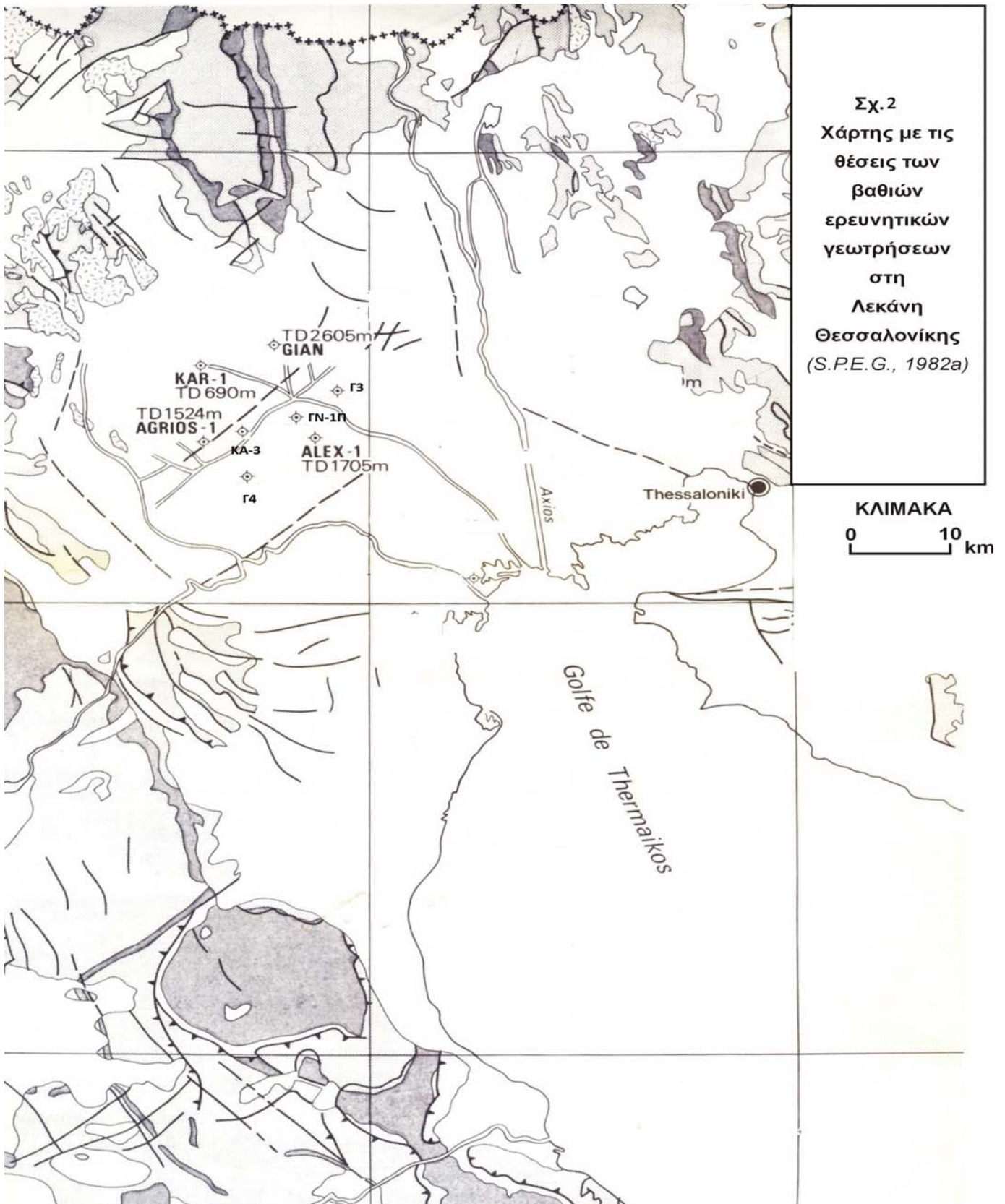
3.2 ΒΑΘΙΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

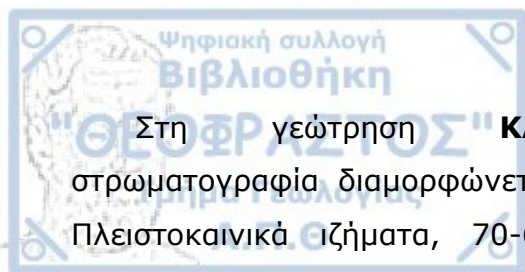
Στη λεκάνη Θεσσαλονίκης έχουν ανορυχθεί οι ακόλουθες βαθιές γεωτρήσεις έρευνας υδρογονανθράκων από ξένες εταιρίες, Ελληνικό Δημόσιο και Δ.Ε.Π. (S.P.E.G., 1982a,b; Λαλεχός, 1983): AGRIOSSYKIA-1 (AGR-1 ή AGRIOS-1), ALEXANDRIA (AL-1 ή ALEX-1), KARIOTISSA-1 (KA-1 ή KAR-1), , GIANNITSA-1 (YIA-1 ή GIAN-1KO), KA-3, Γ3, Γ4 και η γεωθερμική παραγωγική γεώτρηση ΓΝ-1Π. Οι θέσεις των γεωτρήσεων αυτών απεικονίζονται στο χάρτη Σχ. 2. Οι συντεταγμένες των γεωτρήσεων αυτών, το έτος κατασκευής τους, τα βάθη τους και οι καταγεγραμμένες θερμοκρασίες στο εσωτερικό τους παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Στοιχεία για τις γεωτρήσεις έρευνας υδρογονανθράκων στη Λεκάνη Θεσσαλονίκης
[S.P.E.G.,1982a,b, P.P.C. (D.E.P.-E.K.Y.), 1988].

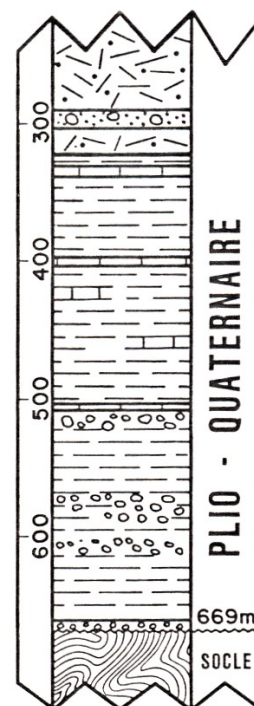
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΕΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΟΛΙΚΟ ΒΑΘΟΣ (m)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ
ΚΑΡΙΟΤΙΣΣΑ-1 (KAR-1 ή KA-1)	1967	40° 45' 58,73" N 22° 17' 38,52" E	18,0	690	48°C (στα 690 m)
ΓΙΑΝΝΙΤΣΑ-1 (YA-1 ή GIAN-1)	1961-62	40° 47' 00" N 22° 23' 42" E	24,3	2.605	32°C (στα 459 m) 55°C (στα 2.506 m) 57°C (στα 2.605 m)
ΑΓΡΙΟΣΣΥΚΙ Α-1 (AGR-1 ή ΑΓΡΙΟΣ-1)	1967	40° 40' 51,58" N 22° 18' 39,88" E	16,0	1.524	45°C (στα 1.055 m) 50°C (στα 1.524 m)
ΑΛΕΧΑΝΔΡΙ Α-1 (AL-1 ή ALEX-1)	1980	40° 41' 29" N 22° 26' 09" E	14,15	1.705	39°C (στα 700 m) 65°C (στα 1.705 m)
ΚΑ-3	1994	40° 41' 10" N 22° 18' 20" E		655	22°C (στα 100m) 23.5 °C (στα 150m) 28.2°C(στα 300m)
Γ3	1998	40° 43' 00" N 22° 23' 05" E		532	24.5 °C (στα 100m) 25.5°C (στα 150m) 27.8°C(στα 300m)
Γ4	1998	40° 38' 20" N 22° 23' 05" E		620	19°C(στα 100m) 19.7°C(στα 150m) 24.5°C(στα 300m)
ΓΝ-1Π	2003	40° 38' 05" N 22° 25' 05" E	8	850	34.67°C (στα100m) 34.7°C (στα 150m) 34.8°C (στα 300m)

Στο χάρτη του Σχήματος 2 απεικονίζονται οι θέσεις των προαναφερθέντων βαθιών ερευνητικών γεωτρήσεων υδρογονανθράκων, με το αντίστοιχο βάθος να αναγράφεται δίπλα στην κωδική ονομασία της κάθε γεώτρησης.





Στη γεώτρηση **KARIOTISSA-1** η στρώματογραφία διαμορφώνεται ως εξής: 0-70 m Πλειστοκαινικά ιζήματα, 70-670 m Μειοκαινικοί σχηματισμοί και 670-690 m μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Υδροπερατά στρώματα εντοπίζονται σε βάθη 180-322 m (τόφφοι με κλαστικό υλικό και κροκαλοπαγή στα 290-305 m), 509-662 m (μερικά στρώματα (~10), πάχους 3-4 m, κροκαλοπαγών) και 669-690 m (κροκαλοπαγή - οροφή υποβάθρου). Το πορώδες στους Μειοκαινικούς σχηματισμούς είναι περίπου 10-18% στο ανώτερο τμήμα και 10-14% στο χαμηλότερο. Η διαπερατότητα εκτιμάται ότι είναι καλή στους τοφφίτες και τα κροκαλοπαγή. Η μέση γεωθερμική βαθμίδα, μέχρι τα 310m υπολογίστηκε σε $4.38^{\circ}\text{C}/100\text{m}$. Στο Σχήμα 3 απεικονίζεται η λιθοστρωματο-γραφική στήλη της γεώτρησης KARIOTISSA-1, σύμφωνα με την οποία στα 669 m συναντάται το μεταμορφωμένο υπόβαθρο στη βάση των σχιστολίθων, πλούσιων σε πυριτικά.

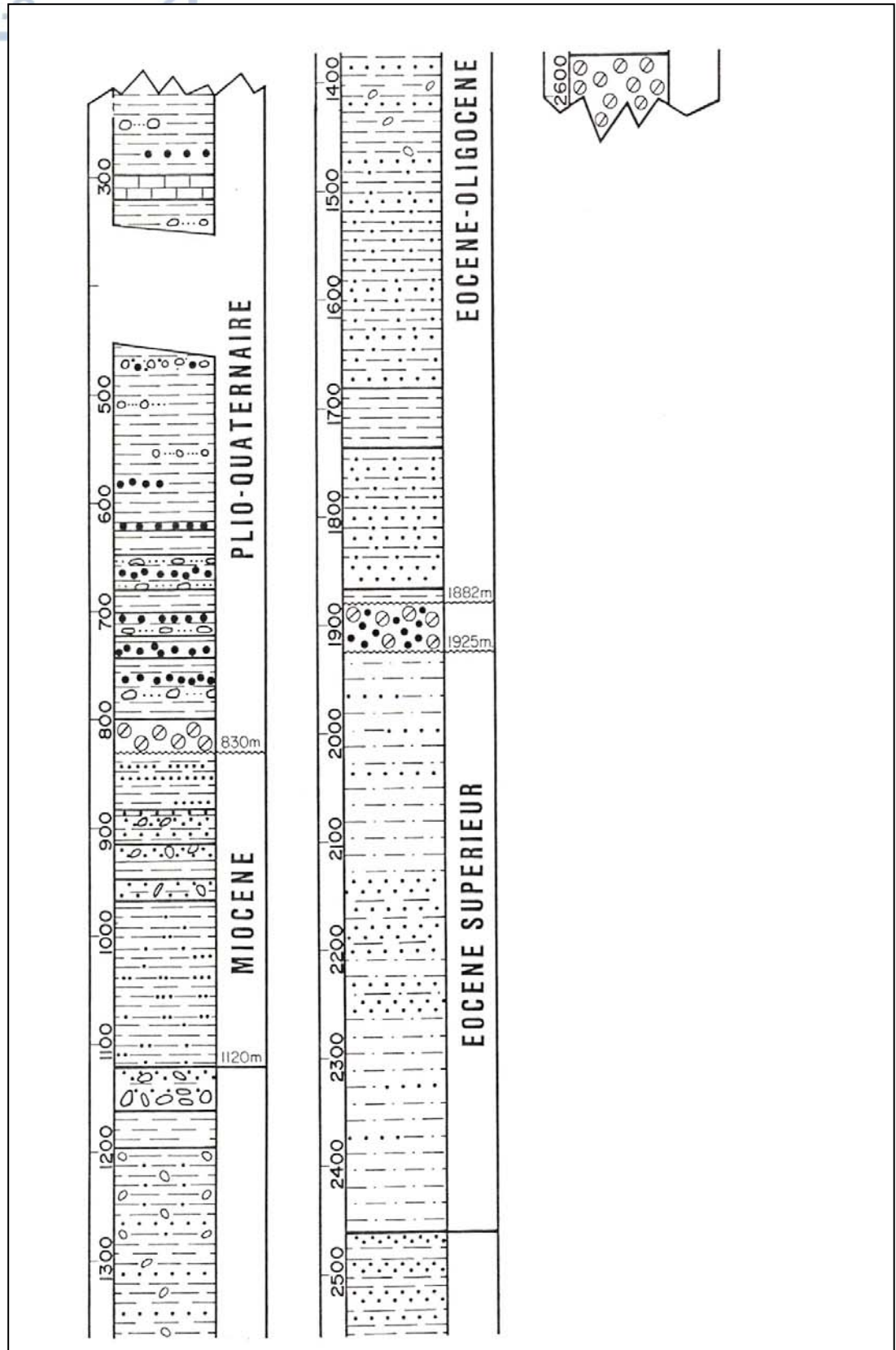


Σχήμα 3. Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης KARIOTISSA-1 (S.P.E.G., 1982b).

Η λιθολογία της γεώτρησης **GIANNITSA-1** (Σχήμα 4) τα πρώτα 830 m είναι Πλειο-Τεταρτογενή ιζήματα και συνίστανται από: (α) την κυριαρχία των αμμούχων αργίλων μέχρι το βάθος των 621 m με παρεμβολές υπόλευκου φαμμιτικού ασβεστόλιθου και υπόλευκων άμμων και μη συμπαγών μικροκροκαλοπαγών, (β) εναλλαγές αδρόκοκκων άμμων με μικροκροκαλοπαγή και αμμούχες αργίλους σε βάθη 621-799 m, και (γ) κροκαλοπαγές (799-830 m), ηλικίας Ποντίου. Τα Μειοκαινικά ιζήματα εκτείνονται σε βάθος 830 – 1.120 m, αποτελούμενα από: (α) μία φαμμιτική σειρά (830-980 m) με πάγκους φαμμιτών πάχους 3-12 m και αργίλους με εμφάνιση χαλαζιακών χαλίκων και (β) μία σειρά (980-1.120 m) ιλυούχων αργίλων που εξελίσσονται σε φαμμιτικές αργίλους. Κάτω από τους Μειοκαινικούς σχηματισμούς συναντώνται Ολιγοκαινικά ιζήματα σε βάθος 1.120-1.882 m με φαμμίτες (λιγότερο ή περισσότερο αργιλικούς), αργίλους και κάποιες παρεμβολές μη συνεκτικοποιημένων χαλίκων (κυρίως στο διάστημα 1.120-1.527 m). Μεταξύ 1.882 και 1.925 m διαπιστώνεται μία κροκαλοπαγής σειρά, Ολιγοκαινικής ηλικίας, η οποία υπέρκειται των σχηματισμών του Ανώτερου Ηώκαινου.

Οι σχηματισμοί του Ανώτερου Ηώκαινου είναι κυρίως άργιλοι με φαμμιτικούς πάγκους.

Τέλος, σε βάθος 2.560-2.605 m συναντώνται αδρομερή κροκαλοπαγή. Η μέση γεωθερμική βαθμίδα, μέχρι τα 459m υπολογίστηκε σε 3.9 °C/100m.



Σχήμα 4. Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης GIANNITSA-1 (S.P.E.G., 1982b)

Στη γεώτρηση GIANNITSA-1, πιθανοί ενδιαφέροντες οριζόντες μέχρι τα πρώτα 1.600 m εντοπίζονται στα ακόλουθα βάθη του Πίνακα 2 [P.P.C.(D.E.P.-E.K.Y.), 1988].

Πίνακας 2. Βάθη πιθανών ενδιαφερόντων οριζόντων για τη γεώτρηση GIANNITSA-1.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΗ (m)	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ
GIANNITSA-1 (YA-1 / GIAN-1)	980 – 998	Κροκαλοπαγή
	1.102 – 1.162	Χάλικες με παρεμβολές ασβεστολίθων
	1.297 – 1.313	Στρώματα ασβεστολίθων με κροκαλοπαγή
	1.342 – 1.374	Αδρόκοκκος ψαμμίτης
	1.402 – 1.422	Ψαμμίτης
	1.450 – 1.470	Αδρόκοκκος ψαμμίτης - Κατά θέσεις ασβεστόλιθοι
	1.471 – 1.485	Ψαμμίτης

Τα πορώδη και οι υδροπερατότητες των στρωμάτων μέχρι τα 1.500 m από την επιφάνεια ποικίλλουν σημαντικά, εντούτοις γενικά είναι καλά έως πολύ καλά.

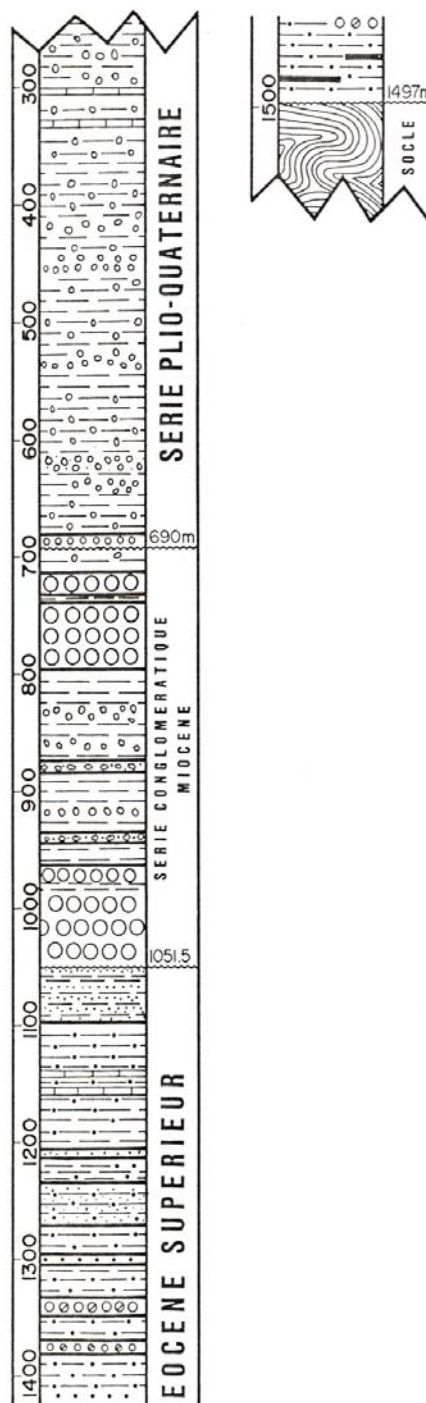
Στη γεώτρηση **AGRIOSSYKIA-1** η στρωματογραφία έχει ως εξής (Σχήμα 10): 0-120 m: Πλειστόκαινο, 120 – 690 m: Πλειόκαινο, 690 – 1.051,5 m: Μειόκαινο και 1051.5 – 1497 m: Ολιγόκαινο – Ανώτερο Ηώκαινο. Τα Πλειο-Τεταρτογενή ιζήματα που εκτείνονται μέχρι το βάθος των 690 m αποτελούνται: (α) από μία κλαστική σειρά (0-262 m), με χάλικες από τα λευκοκρατικά ηφαιστειακά πετρώματα και το προ-Τριτογενές υπόβαθρο και με αργίλους και (β) από μία αργιλομαργαϊκή σειρά (262-690 m) με κάποιους λεπτούς πάγκους ασβεστολίθων, στην κορυφή της σειράς. Στα 131 m η κλαστική σειρά εμπλουτίζεται με μία σειρά λευκοκρατικών ηφαιστειακών τόφφων (τραχείτες & ανδεσίτες). Σε βάθος 680-690 m εμφανίζονται χάλικες, που αποτελούν και το κροκαλοπαγές βάσης της Πλειο-Τεταρτογενούς σειράς. Ανάμεσα στα 690 και 1.051,5 m συναντάται μία κροκαλοπαγής σειρά, Μειοκαινικής ηλικίας, αποτελούμενη από εναλλαγές πάγκων κροκαλοπαγών, αξιόλογου πάχους, και αργίλων. Τα κροκαλοπαγή συνίστανται από αδρομερείς χάλικες μαρμάρων και αργιλικό συνδετικό υλικό. Σε βάθος 1.051,5-1.497 m διαπιστώνεται η παρουσία μιας ιζηματογενούς σειράς, που χαρακτηρίζεται από αργιλο-ψαμμιτική μέχρι αργιλο-ιλυολιθική, ηλικίας Ανώτερου Ηώκαινου. Ασβεστολιθικοί χάλικες απαντούν στα 1.060 m και μικροί ασβεστολιθικοί πάγκοι στα 1.135, 1.145 και 1.155 m. Μέλη πολυγενών κροκαλοπαγών συναντώνται στα 1.330, 1.370 και 1.440 m, ενώ είναι εμφανής η παρουσία λιγνιτικών οριζόντων στην κορυφή και στη βάση αυτής της σειράς του Ανώτερου Ηώκαινου. Το μεταμορφωμένο υπόβαθρο διαπιστώνεται σε βάθος 1.497 m και δομείται από

μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους έντονα πυριτιωμένους (χαλαζίτες) με διεισδύσεις διαβασών.

Κάτω από τα πρώτα 200 m από την επιφάνεια, αξιόλογο πορώδες (>17%) παρουσιάζουν στρώματα μέσα σε πακέτα ιζημάτων σε βάθη 685-738, 796-980, 980-1.052, 1.205-1.207, 1.217-1.250 m και η αντίστοιχη περατότητα των στρωμάτων αυτών χαρακτηρίζεται ως «μέτρια μέχρι καλή».

Από loggings στο εσωτερικό της γεώτρησης καταγράφηκαν οι θερμοκρασίες των 45° και 50° C σε βάθη 1.055 και 1.524 m αντίστοιχα. Στρώματα με γεωθερμικό ενδιαφέρον, που ανιχνεύθηκαν μέχρι τα 1.500 m, εντοπίζονται σε βάθη 980-1.052 και 1.205-1.270 m μέσα σε κροκαλοπαγή και ιλυόλιθους και με τιμές πορώδους 26 και 15% αντίστοιχα. Η υδροπερατότητα χαρακτηρίζεται ως καλή.

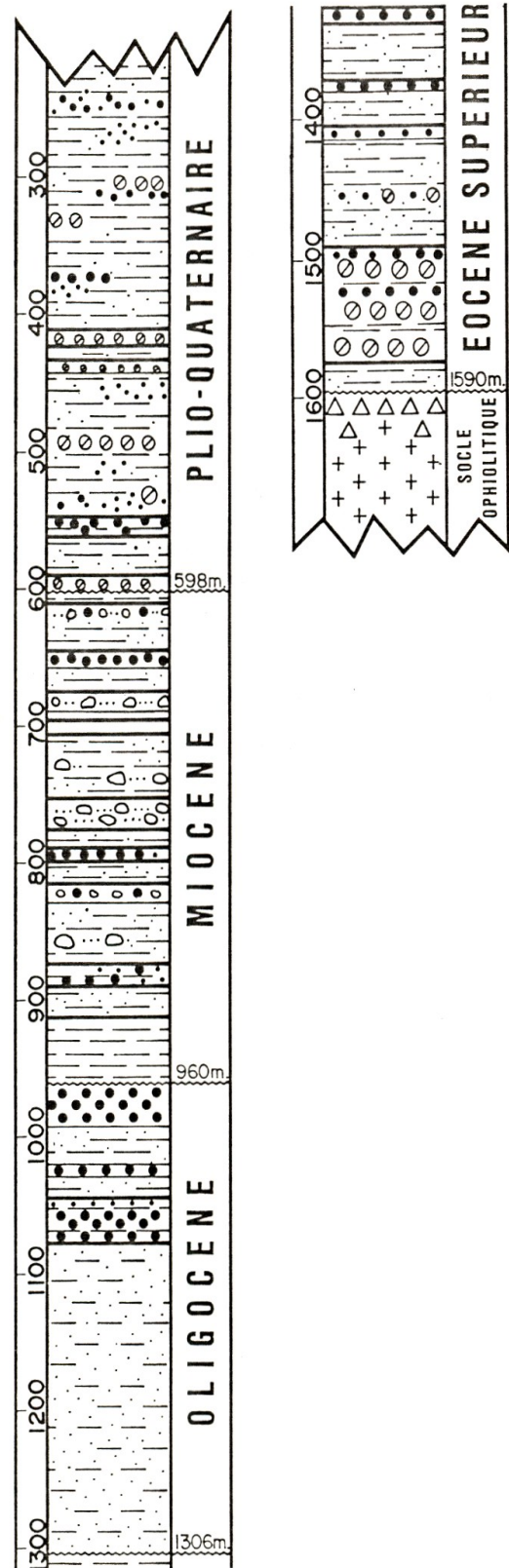
Τα συνολικά πάχη των υδροφόρων στρωμάτων είναι 72 m για τα κροκαλοπαγή και 60 m για τους ιλυόλιθους. Οι θερμοκρασίες που καταγράφηκαν είναι 45°C για τα βάθη 980-1.052 m και 48°C για τα 1.205-1.270 m. Ελαφρά παρουσία CH₄ διαπιστώνεται σε βάθη 738-796 m. Η μέση γεωθερμική βαθμίδα, μέχρι τα 1055m υπολογίστηκε σε 2.8 °C/100 m.



Σχήμα. 5. Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης AGRIOSSYKIA-1 (S.P.E.G., 1982b)

Στη γεώτρηση **ALEXANDRIA-1** κάτω από τα 300 m και μέχρι τα πρώτα 1.000 m από την επιφάνεια χαρακτηρίζονται από ενδιαφέροντες οριζόντες μεταξύ των άλλων στρωμάτων με πορώδη που υπολογίζονται ότι ποικίλλουν από 17 μέχρι 26% συνδεδεμένα με πολύ καλές υδροπερατότητες.

Η υδροφορία εντοπίζεται σε στρώματα άμμων, ψαμμιτών και κροκαλοπαγών - μικροκροκαλοπαγών. Ελαφρά παρουσία αερίου CH₄ διαπιστώνεται κάτω από τα 800 m. Στο Σχήμα 6 απεικονίζεται η λιθολογική στήλη της γεώτρησης ALEXANDRIA-1. Η στρωματογραφική στήλη της γεώτρησης είναι η ακόλουθη: 0-598 m: Πλειο-Τεταρτογενές, 598-960 m: Μειόκαινο και 960-1.600 m: Ηώκαινο-Ολιγόκαινο. Σε βάθος 1.600m συναντάται το οφιολιθικό υπόβαθρο. Τα Πλειο-Τεταρτογενή ιζήματα συνιστούν μια κλαστική ακολουθία με χαλαζιακές άμμους, κροκαλοπαγή, και αργίλους με λεπτές παρεμβολές ασβεστολίθων. Οι Μειοκαινικοί σχηματισμοί (598-960m) αποτελούνται από εναλλαγές μικροκροκαλοπαγών, πλούσιων σε χαλαζία, άμμων, ψαμμιτών και αργίλων, ενώ μεταξύ 917 και 960 m συναντάται μία αργιλική ζώνη. Κάτω από τα 960 m και μέχρι τα 1.306 m διαπιστώνεται μία μονότονη σειρά, Ολιγοκαινικής ηλικίας, με ιλυόλιθους με παρεμβολές άμμων και ψαμμιτών. Η παρουσία ψαμμιτών, με χαλαζιακούς κόκκους υπογωνιώδεις και αδύναμη διαβαθμισμένη στρώση, διαπιστώνεται στην κορυφή αυτής της Ολιγοκαινικής σειράς.



Σχήμα 6. Λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης ALEXANDRIA-1 (S.P.E.G., 1982b).

Μεταξύ 1.306 και 1.590 m εκτείνονται κλαστικοί σχηματισμοί του Ανώτερου Ηώκαινου με ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και αργίλους. Οι ψαμμίτες είναι καλά ταξινομημένοι με κόκκους προερχόμενους από τα μεταμορφωμένα πετρώματα της περιοχής.

Οι άργιλοι είναι αμμούχες και ιλυώδεις που εξελίσσονται σε ψαμμίτες, ασβεστολιθικούς, με κόκκους στρογγυλώδεις.

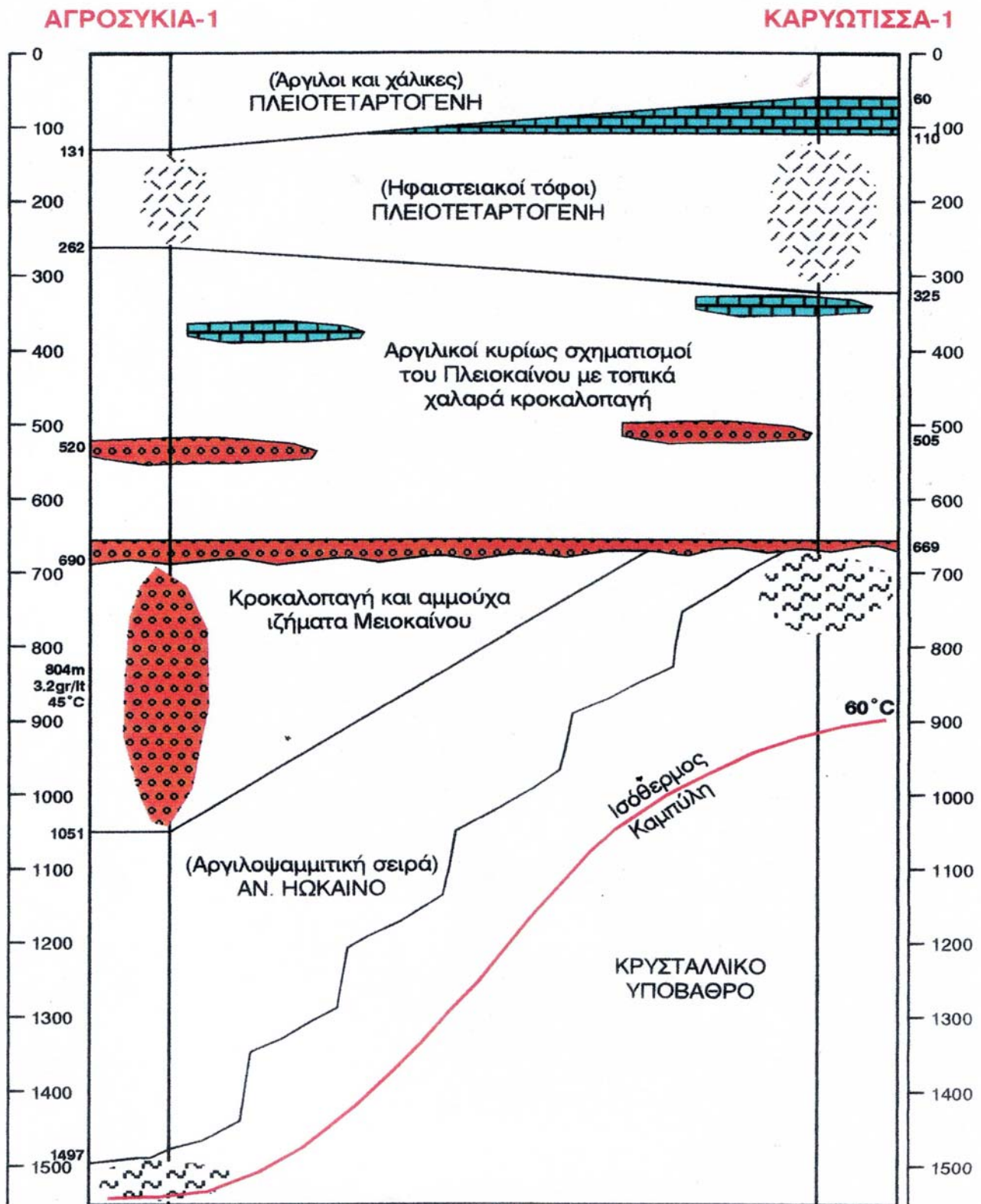
Λεπτές ενστρώσεις κάρβουνου είναι εμφανείς μέσα στη σειρά αυτή του Ανώτερου Ηώκαινου. Στα 1.490-1.575 m συναντάται πολύ συμπαγές κροκαλοπαγές με θραύσματα μεταμορφωμένων πετρωμάτων με αργιλόλιθο. Η μέση γεωθερμική βαθμίδα, μέχρι τα 700m υπολογίστηκε σε 3.4 °C/100 m.

Στρώματα με γεωθερμικό ενδιαφέρον που ανιχνεύθηκαν στη γεώτρηση ALEXANDRIA-1 μέχρι το βάθος των 1.500 m είναι αυτά που παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Στρώματα με γεωθερμικό ενδιαφέρον (μέχρι τα 1.500 m), που ανιχνεύθηκαν στη γεώτρηση ALEXANDRIA-1 [P.P.C. (D.E.P.-E.K.Y.), 1988].

Βάθος (m)	Λιθολογία	Πορώδες %	Υδροπερατότητα	Ολικό Πάχος Υδροφόρων (m)	Υπολογιζόμενη Παροχή (m ³ /h)	Θερμοκρασία T(°C)
300-670	Ψαμμίτης/ Μικρο κροκαλοπαγή	26	Πολύ Καλή	35	45	33
675 - 685	Μικρο-κροκαλοπαγή	17	Πολύ Καλή	10	8	38
695 - 705	Ψαμμίτης	23	Πολύ Καλή	10	10	39
757 - 776	Ψαμμίτης	26	Πολύ Καλή	19	20	41
776 - 960	Ψαμμίτης/ Μικρο-κροκαλοπαγή	22	Πολύ Καλή	30	30	44

Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται μια τομή συσχέτισης των γεωτρήσεων έρευνας υδρογονανθράκων ΑΓΡΙΟΣΥΚΙΑ-1 και ΚΑΡΙΟΤΙΣΣΑ-1.



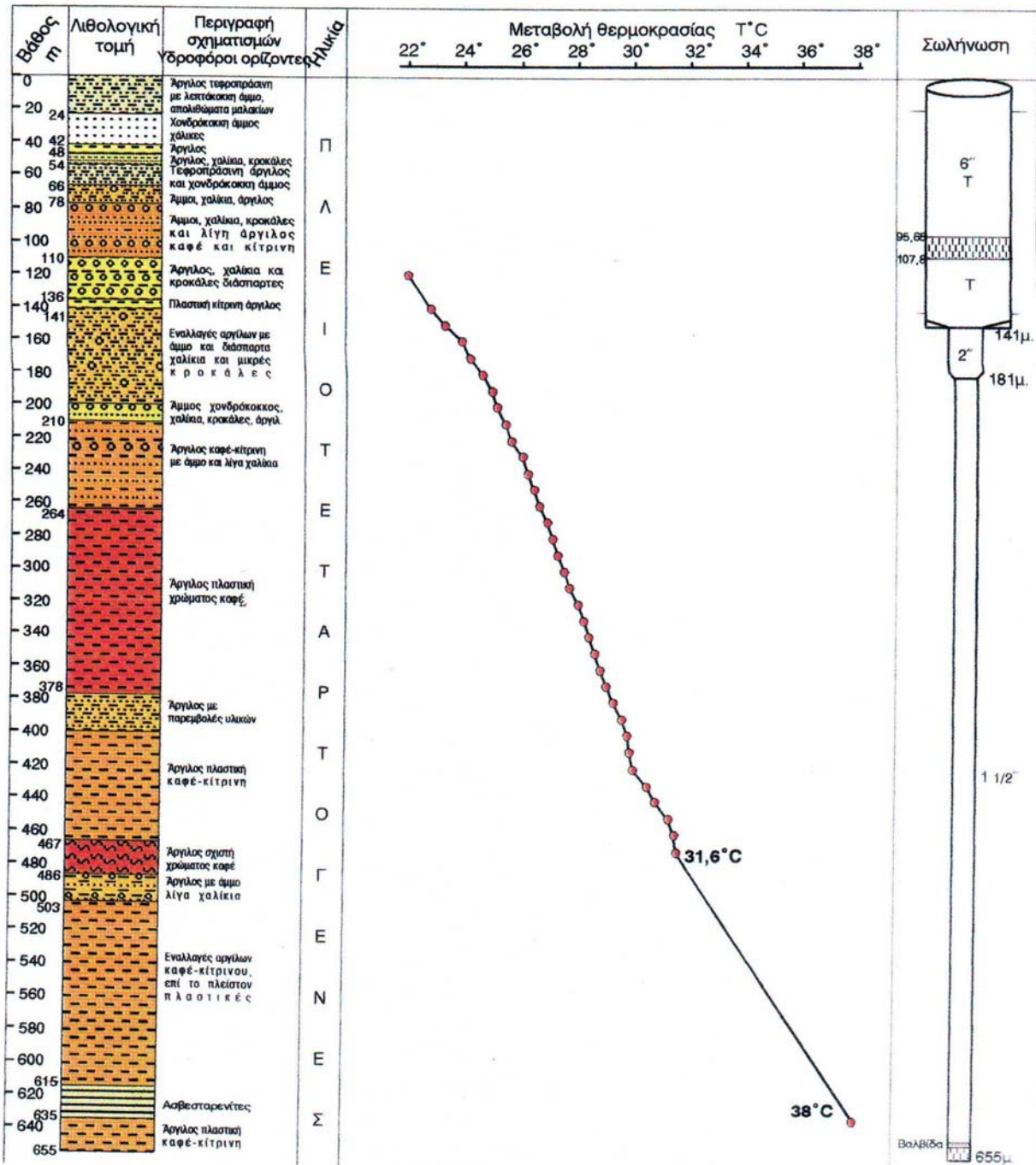
Σχήμα 7. Από τη συσχέτιση των δύο γεωτρήσεων εξάγεται το συμπέρασμα ότι σε ίδια βάθη εμφανίζονται διαφορετικές θερμοκρασίες. Όπου το κρυσταλλικό υπόβαθρο παρουσιάζεται αναθλωμένο (ΚΑΡΙΟΤΙΣΣΑ-1), και το πάχος των Μειοκαινικών ιζημάτων μικρό, μετρήθηκαν μεγαλύτερες θερμοκρασίες σε μικρότερα βάθη (Ατζέμογλου κ.ά., 2000).

ΕΡΓΟ: Έρευνα & Αξιοποίηση Γ/Θ πεδίου κάμπου Κρύας Βρύσης Πέλλας
ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ: ΕΑΠΤΑ
ΦΟΡΕΑΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: Αναπτυξιακή Εταιρία Κάμπου Κρύας Βρύσης

ΑΝΑΔΟΧΟΣ: Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ.
ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ-ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΚΑ-3 (Οικ.Πάρκο Κρύας Βρύσης)

Έναρξη: α' φάση 07/12/94
Λήξη : α' φάση 22/12/94
Έναρξη: β' φάση 02/05/95
Λήξη : β' φάση 21/06/95



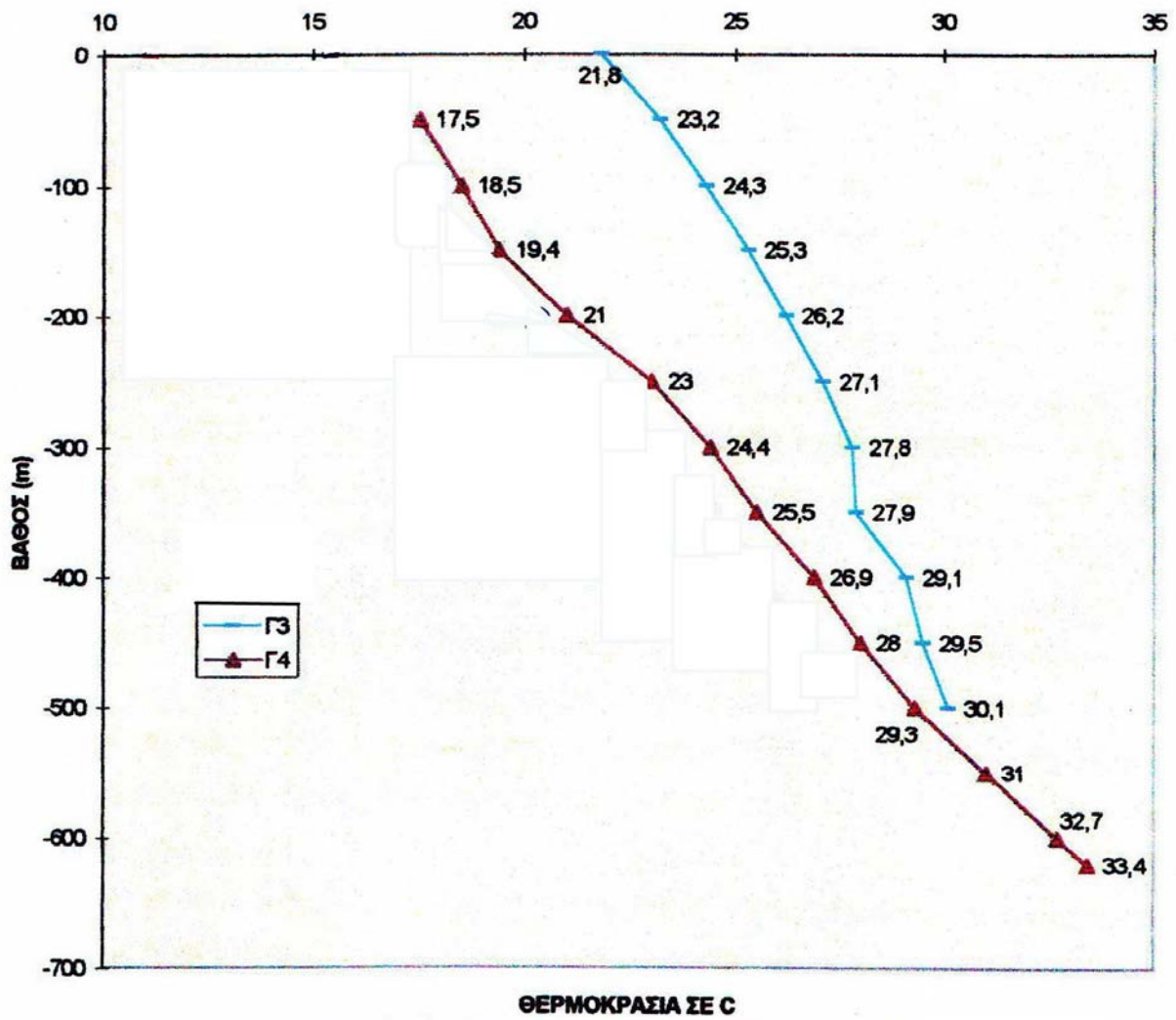
Σχήμα 8. Λιθολογική τομή γεώτρησης ΚΑ-3 και διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας με το βάθος.

Η γεώτρηση **KA-3** (ανατολική πλευρά του χωριού Κρύα Βρύση) έφθασε μέχρι το βάθος των 655 m. Στη γεώτρηση κυριαρχούν αργιλομαργαϊκοί σχηματισμοί του Πλειο-Τεταρτογενούς, ενώ στα 615 m εμφανίζονται υδροπερατοί σχηματισμοί ασβεστοψαμμιτικής σύστασης.

Βαθύτερα, κάτω από τα 690 m, αναπτύσσονται – σύμφωνα με τα δεδομένα της γεώτρησης υδρογονανθράκων KARIOTISSA-1 – οι σχηματισμοί του Μειοκαινού, που αποτελούν γεωθερμικό στόχο επειδή παρουσιάζουν υψηλό πορώδες, έχουν καλή υδροπερατότητα και ποιότητα ρευστών και αναμενόμενες, πιθανές θερμοκρασίες 45-50 °C. Στα 95-108m εντοπίστηκαν υδροφόροι ορίζοντες με καλής ποιότητας νερό και αρτεσιανή ροή. Στο εσωτερικό της γεώτρησης KA-3 έχει καταγραφεί η θερμοκρασία των 38°C σε βάθος 630 m, ενώ η μέση τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας, μέχρι το τελικό βάθος της γεώτρησης, εκτιμάται σε 3,6°C/100 m.

Η **γεώτρηση Γ3** κατασκευάσθηκε σε απόσταση 6,6 km Β του Νησιού και διέτρησε συνολικά 532 m. Η στρωματογραφία: Τεταρτογενείς σχηματισμοί μέχρι το βάθος των 210 m και στη συνέχεια (210 – 532 m) Πλειοκαινικές αποθέσεις. Οι Τεταρτογενείς σχηματισμοί περιλαμβάνουν άμμους, κροκάλες από το μεταμορφωμένο υπόβαθρο, αργίλους, ποταμοχειμάρρια και ηφαιστειοκλαστικά υλικά από τα ηφαιστειακά κέντρα του Βόρα, λιμναίους ασβεστόλιθους. Οι Πλειοκαινικές αποθέσεις περιλαμβάνουν λιμναίους ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή (με κροκάλες από το υπόβαθρο), ηφαιστειοκλαστικά υλικά και εναλλαγές ψαμμιτών, άμμων, βιογενούς ασβεστολιθικής αργίλου, ασβεστιτικού ψαμμίτη και κροκαλοπαγών. Στο εσωτερικό της γεώτρησης μετρήθηκε η θερμοκρασία των 30,1°C σε βάθος 500 m. Η μέση γεωθερμική βαθμίδα, μέχρι τα 500m υπολογίστηκε σε 3.04 °C/100 m.

Η **γεώτρηση Γ4** κατασκευάσθηκε σε απόσταση 1,4 km Β του Νησιού και διέτρησε συνολικά 620 m. Η στρωματογραφία: Τεταρτογενείς σχηματισμοί μέχρι τα 225 m και Πλειοκαινικές αποθέσεις μεταξύ 225 και 620 m. Οι Τεταρτογενείς σχηματισμοί περιλαμβάνουν εναλλαγές αργίλων και άμμων, κροκαλοπαγές με υδροφορία και αδρομερή χαλαρά κροκαλοπαγή. Οι Πλειοκαινικές αποθέσεις συνίστανται από αλλοιωμένα αργιλοποιημένα πυροκλαστικά υλικά, ηφαιστειοϊζηματογενή αργιλοποιημένα πυροκλαστικά υλικά με ασβεστοψαμμιτικές ενστρώσεις, αμμούχους ηφαιστειοκλαστικούς ασβεστοψαμμιτικούς σχηματισμούς και αμμούχες αργίλους με θραύσματα εξαλλοιωμένων ηφαιστιτών. Στο εσωτερικό της γεώτρησης μετρήθηκε η θερμοκρασία των 33,4°C σε βάθος 611 m. Η μέση γεωθερμική βαθμίδα, μέχρι τα 611m υπολογίστηκε σε 3.04 °C/100 m.



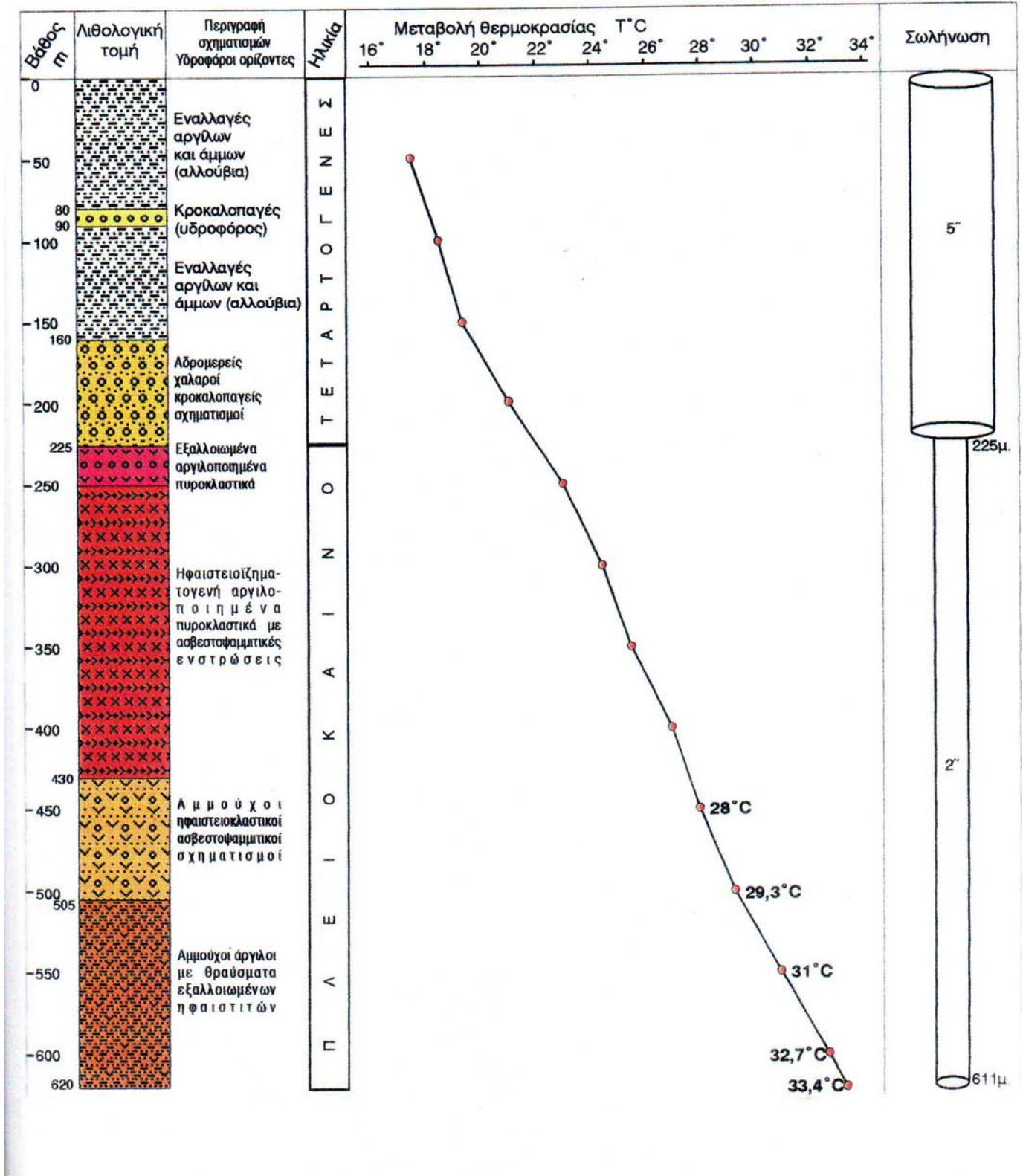
Σχήμα 9 . Θερμομετρήσεις γεωτρήσεων Γ3 & Γ4

ΕΡΓΟ: Έρευνα & Ανάπτυξη Γ/Θ ενέργειας Ν.Ημαθίας
9561941
Β' Κ.Π.Σ. - Εθνικό σκέλος

ΑΝΑΔΟΧΟΣ: Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ.
Παράρτημα Θεσ/νίκης.

Έναρξη : 09/07/98
Λήξη : 06/10/98

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ4 (Νησί)



Σχήμα 11. Λιθολογική τομή γεώτρησης Γ4 και διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας με το βάθος.

Τα αποτελέσματα χημικών αναλύσεων νερών από μεγάλο αριθμό δειγμάτων της ευρύτερης περιοχής έδειξαν ότι πρόκειται για «γλυκά» νερά με τιμές αγωγιμότητας που κυμαίνονται μεταξύ 246 και 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και σπάνια υπερβαίνουν τα 1.100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στην περιοχή Ειρηνούπολης (δυτική πλευρά της λεκάνης) και στην περιοχή της κεντρικής λεκάνης (περιοχή Νησίου) οι επιφανειακοί υδροφόροι παράγουν νερά του τύπου Ca-HCO_3 μετεωρικής προέλευσης. Μόνη διαφοροποίηση εντοπίζεται σε δείγματα νερών βάθους περίπου 200 m, τα οποία εντοπίζονται στη νότια περιοχή προς τον οικισμό του Πλατέος και έχουν τάσεις προς νερά του τύπου Na-Cl . Όσον αφορά τα ρευστά βαθύτερης προέλευσης με αυξημένη θερμοκρασία, παρατηρείται μία τάση των νερών προς Na-HCO_3 με Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (Σ.Δ.Α. ή T.D.S.) που δεν υπερβαίνει το 1 g/l. Στην περιοχή Νησίου τα νερά των γεωτρήσεων Γ3 και Γ4 είναι Na-HCO_3 τύπου με τιμές ηλεκτρ. αγωγιμότητας 1.249 και 368 $\mu\text{S}/\text{cm}$ αντίστοιχα.

Η γεώτρηση ΓΝ-1Π. Εξαιτίας των εξής συμπερασμάτων:

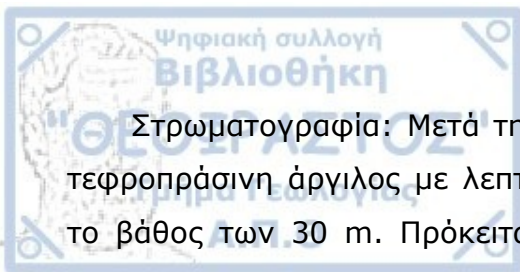
- η μεγαλύτερη θερμική ανωμαλία στην περιοχή της λεκάνης διαπιστώθηκε στην περιοχή Αλεξάνδρειας Ημαθίας,
- οι γεωφυσικές διασκοπήσεις υποδεικνύουν ένα σύστημα αντικλινικών δομών βόρεια της Αλεξάνδρειας,
- η αναμενόμενη παρουσία Μειοκαινικών σχηματισμών είναι σημαντικού πάχους (~300 m) και έχουν καλά υδραυλικά χαρακτηριστικά (πορώδες, περατότητα)

Κατασκευάστηκε η βαθιά γεωθερμική γεώτρηση έρευνας – παραγωγής ΒΒΔ της Αλεξάνδρειας, ΓΝ-1Π και έφθασε μέχρι βάθος 805 m.

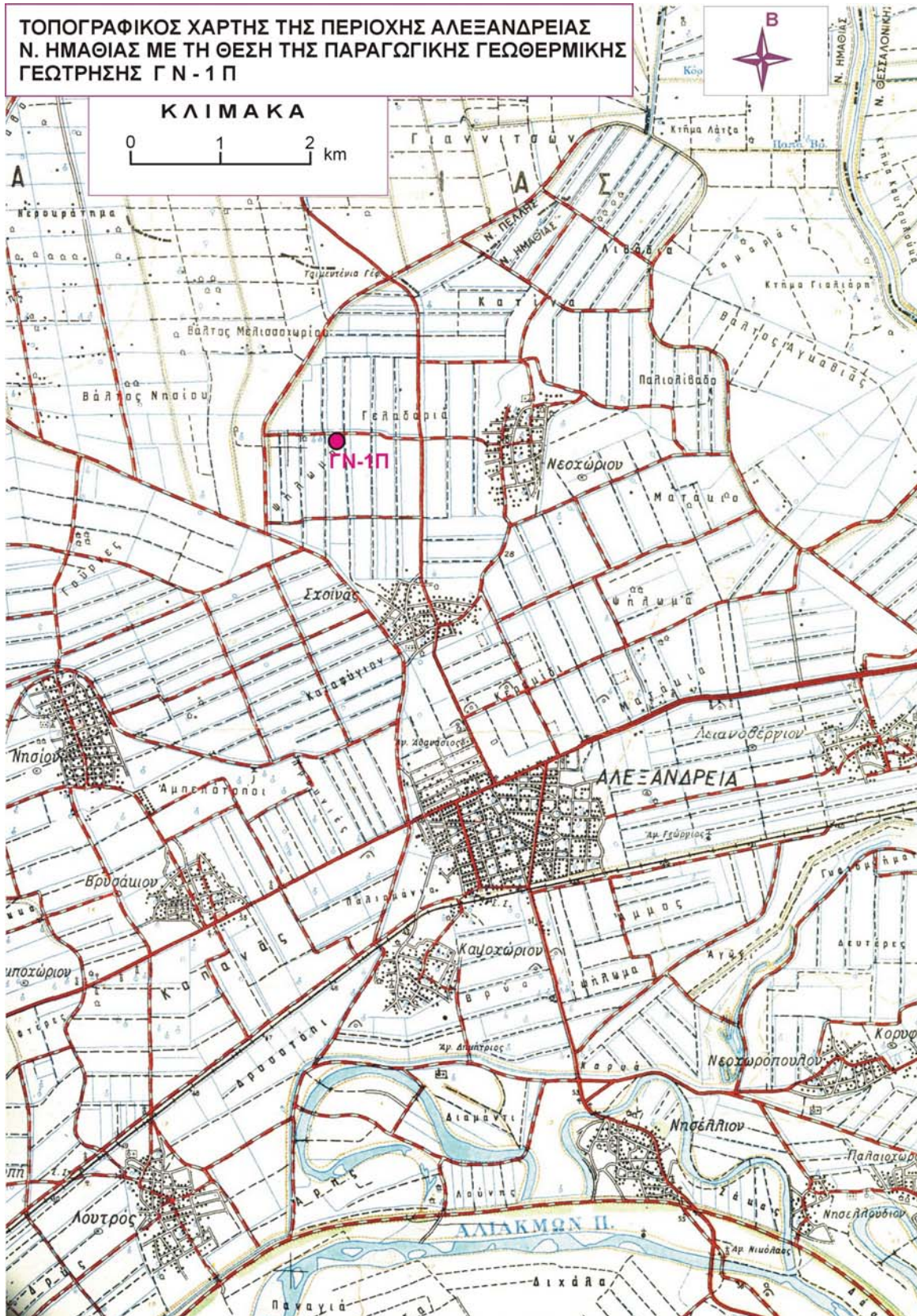
Η παραγωγική γεωθερμική γεώτρηση ΓΝ-1Π βρίσκεται ΒΒΔ της Αλεξάνδρειας Ν. Ημαθίας, σε απόσταση ~ 4 km ΒΒΔ της πόλης της Αλεξάνδρειας, 1,8 km ΒΒΔ του χωριού «Σχοινάς» και 1,6 km Δ του χωριού «Νεοχώριο».

Η θέση της γεώτρησης πάνω σε τοπογραφικό χάρτη παρουσιάζεται στο Σχ. 12

Στο Σχήμα 13 παρουσιάζεται η λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης με τα τεχνικά – κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της και τις μεταβολές της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας με το βάθος, όπως αυτές καταγράφηκαν στο εσωτερικό της γεώτρησης κατά την εκτέλεση διαγραφιών.



Στρωματογραφία: Μετά τη μαύρη φωτική γη, πάχους περίπου 2 m, παρουσιάζεται τεφροπράσινη άργιλος με λεπτόκοκκη άμμο και κοχύλια, Τεταρτογενούς ηλικίας, μέχρι το βάθος των 30 m. Πρόκειται προφανώς για αλλουβιακές αποθέσεις. Από τα 30 και μέχρι τα 110 m, συναντάται η ίδια τεφροπράσινη άργιλος με την παρουσία μικρών χαλίκων ηφαιστιτών. Τοφικά και αργιλομαργαϊκά υλικά ανοιχτού κίτρινου χρώματος συναντώνται μεταξύ 110 και 210 m. Ακολουθούν μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, κίτρινες μάργες, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με παρεμβολές πυριτωμένου μαργαϊκού ασβεστόλιθου καφέ χρώματος μέχρι τα 255m.



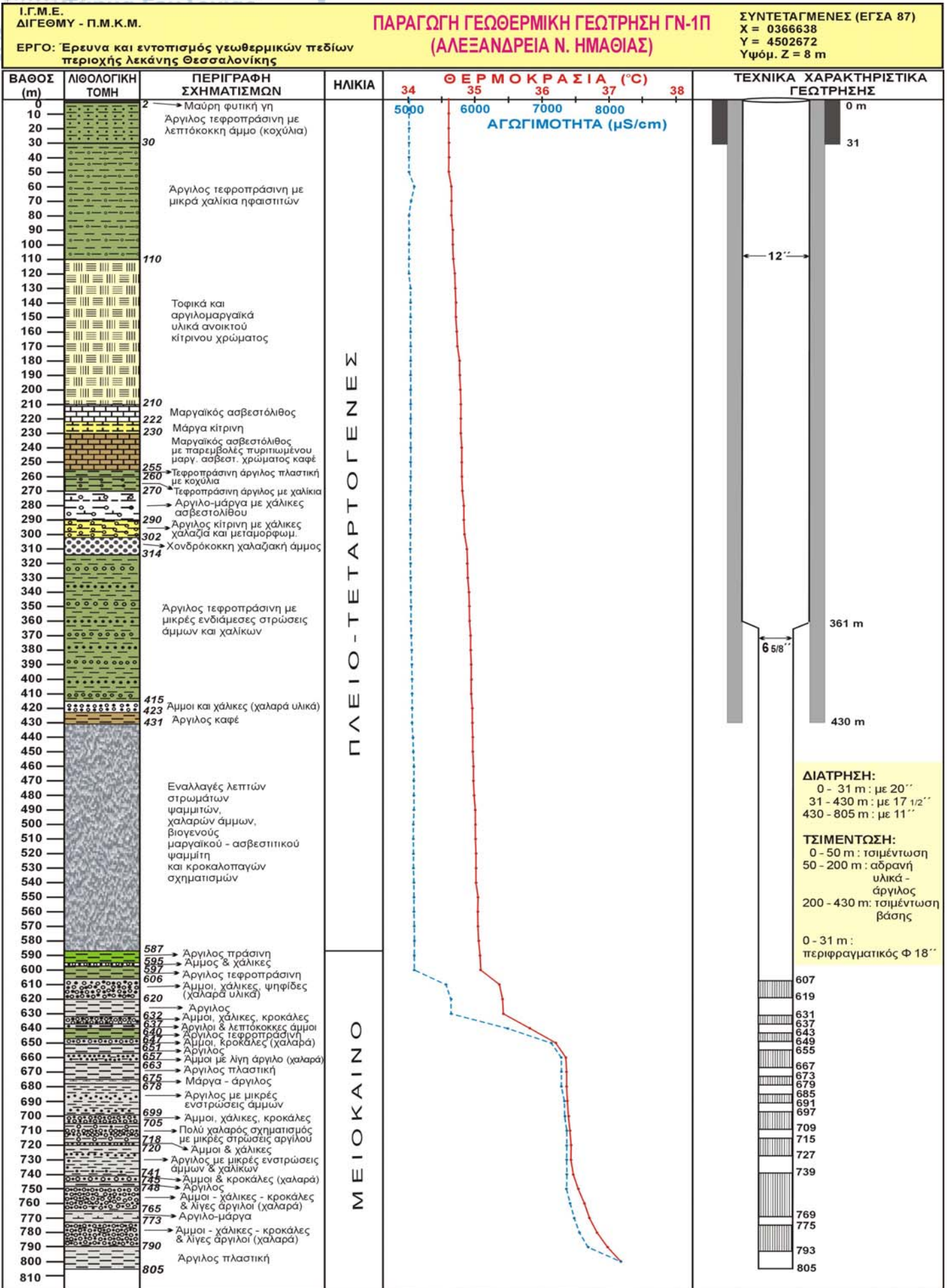
Σχήμα12. Τοπογραφικός χάρτης (τμήμα από τον τοπογραφικό χάρτης της Γ.Υ.Σ., κλίμακας 1:50.000, Φύλλο «ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑ») της περιοχής Αλεξάνδρειας Ν. Ημαθίας με τη θέση της παραγωγικής γεωθερμικής γεώτρησης ΓΝ-1Π.

Στη συνέχεια, μια κλαστική σειρά αποτελούμενη από αργίλους, χάλικες και άμμους, και πιο συγκεκριμένα πλαστικές τεφροπράσινες άργιλοι με κοχύλια (255-260 m), τεφροπράσινες άργιλοι με χάλικες (260-270 m), αργιλομάργες με ασβεστολιθικούς χάλικες (270-290 m), κίτρινες άργιλοι με χάλικες χαλαζία και μεταμορφωμένων πετρωμάτων (290-302 m), αδρόκοκκες χαλαζιακές άμμοι (302-314 m), τεφροπράσινες άργιλοι με μικρές ενδιάμεσες στρώσεις άμμων και χαλίκων (314-415 m), χαλαρά υλικά με άμμους και χάλικες (415-423 m) και καφέ αργίλους (423-431 m). Κάτω από τα 431 m και μέχρι τα 587 m συναντώνται εναλλαγές λεπτών στρωμάτων ψαμμιτών, χαλαρών άμμων, βιογενούς μαργαϊκού - ασβεστιτικού ψαμμίτη και κροκαλοπαγών σχηματισμών. Τα ιζήματα από την επιφάνεια και μέχρι το βάθος των 587 m θεωρούνται Πλειο-Τεταρτογενούς ηλικίας.

Κάτω από τα 587 m συναντάται μία κλαστική σειρά αποτελούμενη από εναλλαγές αργίλων, αργιλο-μαργών, άμμων και χαλίκων. Οι αποθέσεις αυτές θεωρούνται Μειοκαινικής ηλικίας και απαντούν μέχρι και το τέλος της γεώτρησης, στα 805 m. Τα πιο αδρόκοκκα τμήματα αυτής της κλαστικής σειράς, δηλ. οι άμμοι και τα μικροκροκαλοπαγή (χάλικες) φαίνεται ότι παρουσιάζουν καλή διαπερατότητα.

Πίνακας 4. Αποτελέσματα μετρήσεων θερμοκρασίας και αγωγιμότητας ρευστών σε βάθος > 600 m στη γεώτρηση ΓΝ-1Π κατά την εκτέλεση των διαγραφιών (loggings).

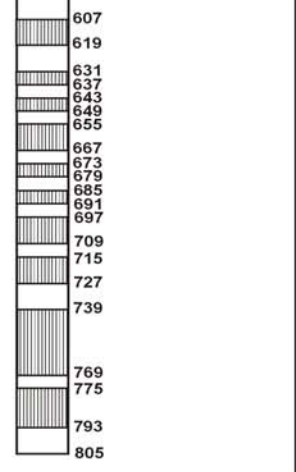
ΦΙΛΤΡΑ (m)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm) στην αντίστοιχη θερμοκρασία μέτρησης
607 - 619	35,1 - 35,4	5.100 - 5.650
631 - 637	35,4 - 35,8	5.650 - 6.500
643 - 649	35,9 - 36,2	6.500 - 7.150
655 - 667	36,37	7.300
673 - 679	36,38	7.300
685 - 691	36,39	7.350
697 - 709	36,42	7.380
715 - 727	36,45	7.380
739 - 769	36,45 - 36,67	7.500
775 - 800	36,8 - 37,2	7.560 - 8.200



ΔΙΑΤΡΗΣΗ:
 0 - 31 m : με 20''
 31 - 430 m : με 17 1/2''
 430 - 805 m : με 11''

ΤΣΙΜΕΝΤΩΣΗ:
 0 - 50 m : τσιμέντωση
 50 - 200 m : αδρανή υλικά - άργιλος
 200 - 430 m : τσιμέντωση βάσης

0 - 31 m : περιφραγματικός Φ 18''



Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων θερμοκρασίας και αγωγιμότητας σε όλο το μήκος της γεώτρησης ΓΝ-1Π από την επιφάνεια και μέχρι το βάθος των 800 m.

Πίνακας 5. Αποτελέσματα των μετρήσεων θερμοκρασίας και αγωγιμότητας ρευστών στο εσωτερικό της γεώτρησης ΓΝ-1Π κατά την εκτέλεση των διαγραφιών (loggings).

ΒΑΘΟΣ (m)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΒΑΘΟΣ (m)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)
0	34,61	5.011	320	34,89	5.039
10	34,61	5.011	330	34,90	5.040
20	34,61	5.011	340	34,92	5.044
30	34,61	5.011	350	34,92	5.045
40	34,61	5.012	360	34,92	5.045
50	34,61	5.015	370	34,93	5.050
60	34,65	5.090	380	34,93	5.056
70	34,65	5.045	390	34,94	5.062
80	34,65	5.012	400	34,94	5.067
90	34,67	5.012	410	34,94	5.067
100	34,67	5.012	420	34,96	5.068
110	34,68	5.012	430	34,96	5.068
120	34,70	5.012	440	34,97	5.079
130	34,71	5.033	450	34,97	5.080
140	34,72	5.033	460	34,98	5.089
150	34,72	5.033	470	34,98	5.089
160	34,73	5.034	480	34,99	5.089
170	34,74	5.034	490	35,01	5.089
180	34,77	5.034	500	35,01	5.080
190	34,77	5.034	510	35,01	5.080
200	34,78	5.034	520	35,02	5.080
210	34,79	5.034	530	35,02	5.080
220	34,79	5.034	540	35,02	5.089
230	34,79	5.034	550	35,05	5.089
240	34,81	5.034	560	35,05	5.090
250	34,81	5.034	570	35,05	5.100
260	34,81	5.034	580	35,06	5.100
270	34,82	5.034	590	35,08	5.100
280	34,84	5.034	600	35,09	5.100
290	34,84	5.034	610	35,37	5.573

Πίνακας 5. Αποτελέσματα των μετρήσεων θερμοκρασίας και αγωγιμότητας ρευστών στο εσωτερικό της γεώτρησης ΓΝ-1Π κατά την εκτέλεση των διαγραφιών (loggings).

ΒΑΘΟΣ (m)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΒΑΘΟΣ (m)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)
300	34,85	5.035	620	35,42	5.650
310	34,88	5.039	630	35,43	5.650
640	35,83	6.500	730	36,45	7.380
650	36,22	7.150	740	36,48	7.380
660	36,37	7.300	750	36,56	7.380
670	36,38	7.300	760	36,65	7.440
680	36,38	7.300	770	36,73	7.500
690	36,39	7.350	780	36,84	7.573
700	36,41	7.360	790	37,00	7.708
710	36,43	7.380	800	37,20	8.200
720	36,45	7.380			

Από τις μετρήσεις θερμοκρασίας και αγωγιμότητας προκύπτει ότι οι πιο ενεργοποιημένοι υδροφόροι είναι στο διάστημα βάθους 603 – 660 m και 750 – 800 m. Η μέγιστη θερμοκρασία που μετρήθηκε είναι 37,2°C στο βάθος των 800 m.

Λαμβάνοντας υπ' όψη ετών ότι η προσδιορισθείσα μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα για τον πλησιέστερο Μετεωρολογικό Σταθμό Κρύας Βρύσης (Υψόμετρο: 6 m, Συντεταγμένες: $\varphi = 40^{\circ} 37'$ και $\lambda = 22^{\circ} 18'$) και για την περίοδο 1950-1973 (Μπαλαφούτης, 1977) είναι 15,43°C, τότε αυτή η θερμοκρασία των 15,43°C μπορεί να θεωρηθεί και γενικά σαν η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής και με βάση αυτήν την αρχική θερμοκρασία να υπολογισθεί η μέση τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας της γεώτρησης ΓΝ-1Π. Συνεπώς, η μέση τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας σε όλο το μήκος της γεώτρησης ΓΝ-1Π είναι 2,72°C/100 m ή 27,2°C/km, δηλ. ελαφρώς μικρότερη της μέσης γήινης. Βέβαια, λόγω του αρτεσιανισμού της γεώτρησης και των ανοδικών κινήσεων του νερού στο εσωτερικό της, παρουσιάζεται μία τάση εξομοίωσης της θερμοκρασίας σε όλο το μήκος της γεώτρησης.

Η γεώτρηση ΓΝ-1Π παρουσιάζει αρτεσιανισμό, όπως φαίνεται στη Φωτογραφία 1. Με ελεύθερη ροή παρέχονται 30-40 m³/h γεωθερμικών νερών, θερμοκρασίας 34,1 °C. Επίσης, διαπιστώνεται η ύπαρξη φυσαλίδων, ενδεικτική της παρουσίας αερίων.



Φωτογραφία 1.
Ο αρτεσιανισμός της γεώτρησης ΓΝ-1Π. Μπορούν να διακριθούν φυσαλίδες, λόγω έκλυσης αερίων.

3.2.1. Ενεργειακή αξιοποίηση της παραγωγικής γεωθερμικής γεώτρησης ΓΝ-1Π

Με την ολοκλήρωση της γεώτρησης έρευνας – παραγωγής στην περιοχή Νησιού – Αλεξάνδρειας αποδείχθηκε η ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου, κατάλληλου για ενεργειακή αξιοποίηση. Η γεώτρηση ΓΝ-1Π παράγει γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 35,5°C, τα οποία μπορούν να τύχουν ενεργειακής αξιοποίησης.

Οι δοκιμές παραγωγής, οι υδροδυναμικές συνθήκες άντλησης, η ποιότητα και ο χημισμός του αντλούμενου γεωθερμικού ρευστού και η ποσότητα της αντλούμενης ενέργειας προδιαγράφουν ένα πολύ ικανοποιητικό σύστημα εκμετάλλευσης που είναι σε θέση να παράγει θερμοενεργειακό φορτίο:

$$Q = q \times \rho \times C_p \times \Delta t,$$

όπου q = η παροχή του ρευστού σε m^3/h [στην περίπτωση της ΓΝ-1Π λαμβάνεται $q=130 m^3/h$]

ρ = η πυκνότητα του ρευστού στη θερμοκρασία των 35,5°C [$\rho = 994,1 kg/m^3$]

C_p = η ειδική θερμοχωρητικότητα του ρευστού στη θερμοκρασία των 35,5°C [λαμβάνεται ως $C_p = 4,177 kJ/kg.K$ (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004)].

$$\Delta t = 35,5 - 24,5 = 11^{\circ}\text{C}$$

Με αντικατάσταση στον παραπάνω τύπο και λαμβάνοντας υπ' όψη ότι $1 \text{ cal} = 4,184 \text{ J}$ (CRC Press, 1976) είναι : $Q = 1.419.185 \text{ kcal/h}$

Προσεγγιστικά, το θερμοενεργειακό φορτίο σε kcal/h δίνεται από τη σχέση (Καβουρίδης Θ.) :

$$Q = q \times 1000 \times \Delta t$$

Οπότε για τη γεώτρηση ΓΝ-1Π για $q = 130 \text{ m}^3/\text{h}$ και $\Delta t = 35,5 - 24,5 = 11^{\circ}\text{C}$ έχουμε $1.430.000 \text{ kcal/h}$.

Οι $1.419.185 \text{ kcal/h}$ αντιστοιχούν σε $\sim 1.650 \text{ kW/h}$ [αφού $1 \text{ kcal} = 0,001163 \text{ kWh}$ (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004) ή $1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal/h}$ (CRC Press, 1976)].

Για τις $1.430.000 \text{ kcal/h}$ η αντιστοιχία είναι με 1.663 kW/h .

Λαμβάνεται λοιπόν ότι το θερμοενεργειακό φορτίο της γεωθερμικής γεώτρησης ΓΝ-1Π είναι περίπου $1.420.000 \text{ kcal/h}$ ή $1.650 \text{ kW/h} = 1,65 \text{ MWt}$.

Η εγκατεστημένη ισχύς σε MWt υπολογίζεται απευθείας και από τη σχέση (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004):

$$\text{Εγκατεστημένη ισχύς της μονάδας (MWt)} = m(\text{kg/s}) \times (T_i - T_o) \times 0,004184$$

όπου:

m = η μέγιστη παροχή γεωθερμικού νερού (σε kg/s)

T_i = η θερμοκρασία εισόδου του γεωθερμικού νερού στη μονάδα ($^{\circ}\text{C}$)

T_o = η θερμοκρασία απόρριψης του γεωθερμικού νερού ($^{\circ}\text{C}$).

Λαμβάνοντας: (α) $m = 130 \text{ m}^3/\text{h} = 130 \text{ m}^3/\text{h} \times 994,1 \text{ kg/m}^3 = 129.233 \text{ kg/h}$ (αφού η πυκνότητα του νερού στους 35°C είναι $994,1 \text{ kg/m}^3$) και άρα $m = 129.233 \text{ kg/h} = 129.233 \text{ kg} / 3600 \text{ s} = 35,9 \text{ kg/s}$, (β) $T_i = 35,5^{\circ}\text{C}$ και (γ) $T_o = 24,5^{\circ}\text{C}$ προκύπτει ότι η εγκατεστημένη ισχύς της γεώτρησης ΓΝ-1Π είναι: $1,65 \text{ MWt}$.

Με βάση την αντιστοιχία $1 \text{ T.I.Π.} = 10^7 \text{ kcal}$ (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004; <http://www.eppo.go.th/ref/UNIT-OIL.html>), προκύπτει ότι τα $1.420.000 \text{ kcal/h}$ αντιστοιχούν σε $0,142 \text{ T.I.Π./h}$.

Η ευρύτερη περιοχή είναι κατ' εξοχήν αγροτική με έντονη γεωργική δραστηριότητα και υπάρχουσες δυναμικές γεωργικές εφαρμογές και συνεπώς η γεωθερμική ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρωτίστως στον αγροτικό τομέα. Στην περιοχή Σχοινά - Νεοχωρίου, κοντά στην ανορυχθείσα γεώτρηση ΓΝ-1Π, μπορούν να πραγματοποιηθούν οι ακόλουθες εγκαταστάσεις :

(α) Καλλιέργεια σπαραγγιών με υπεδάφια θέρμανση.

(β) Θέρμανση θερμοκηπίων.

(γ) Δημιουργία κολυμβητικής δεξαμενής.

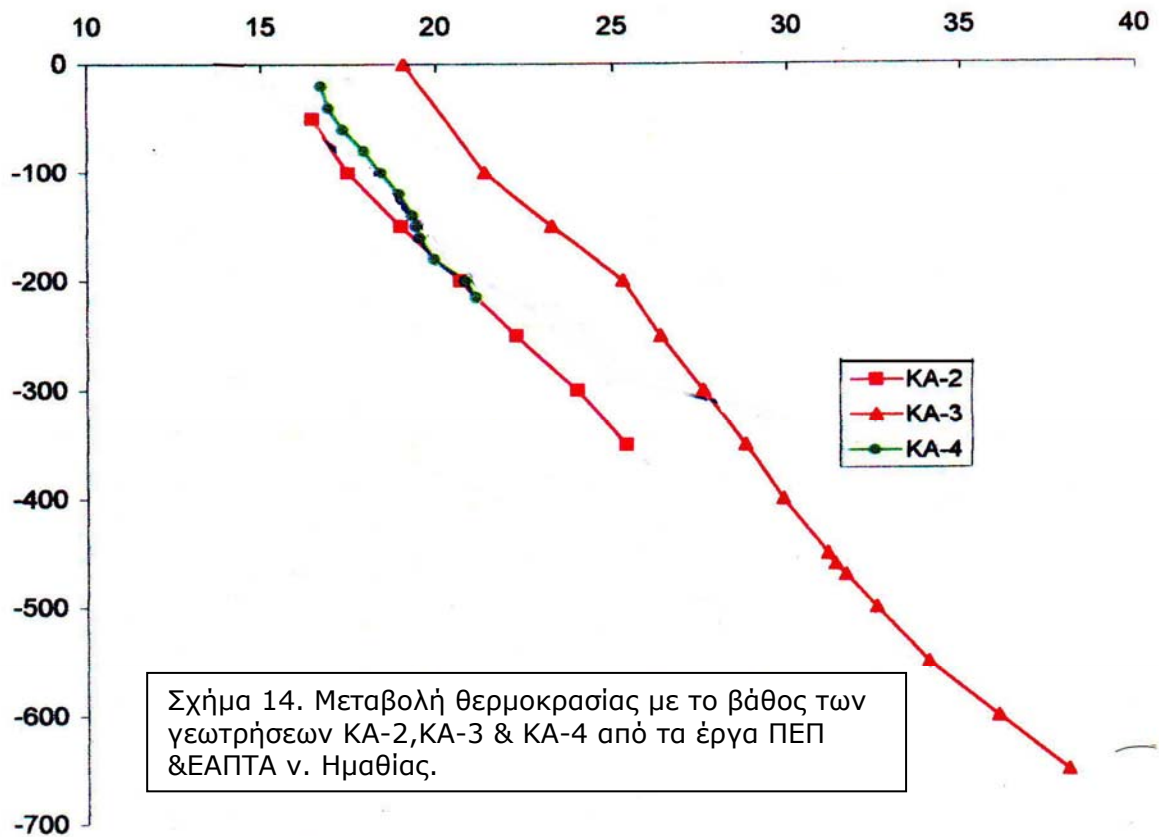
(ε) Θέρμανση κτιρίων με αξιοποίηση του νερού απόρριψης (24,5°C) με τη βοήθεια αντλιών θερμότητας.

3.3 ΡΗΧΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ ΓΕΩΤΡΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΙΓΜΕ ΤΑ ΕΤΗ 1992 – 1995, 1996 – 2000.

Η στρωματογραφία της ερευνητικής γεώτρησης **KA-2** (NA του χωριού Γαλατάδες, μεταξύ Γαλατάδων και Αγ. Λουκά): Τεταρτογενείς (αργίλους, άμμους με υδροφορία, ιλυώδεις αργίλους, εναλλαγές χονδρόκοκκων άμμων και αργίλων και εναλλαγές λεπτόκοκκων άμμων και αργίλων) και Πλειοκαινικούς σχηματισμούς (άμμους με υδροφορία και αργιλομαργαϊκές αποθέσεις). Το συνολικό βάθος της γεώτρησης είναι 350 m. Τα ιζήματα του Τεταρτογενούς απαντούν μέχρι το βάθος των 250 m και από τα 250 m και μέχρι το τέλος της διάτρησης συναντώνται Πλειοκαινικά ιζήματα. Η μέγιστη θερμοκρασία είναι 25,3°C και καταγράφεται σε βάθος 350 m, ενώ η μέση τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας υπολογίζεται σε 2,82 °C/100 m.

Η παραγωγική γεώτρηση **KA-4** (BA του χωριού Γαλατάδες και κοντά στη γεώτρηση υδρογονανθράκων KARIOTISSA-1) έφθασε μέχρι βάθος 250 m και διέτρησε αποκλειστικά Πλειοκαινικούς σχηματισμούς (εναλλαγές αργίλων και άμμων με διάσπαρτους χάλικες και λίγες κροκάλες). Μετρήθηκε η θερμοκρασία των 21,1°C σε βάθος 220 m, ενώ η μέση τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας υπολογίζεται σε 2,6°C/100 m.

Χημικές αναλύσεις δειγμάτων νερών από τις γεωτρήσεις KA-2, KA-3 και KA-4 έδειξαν (Κολιός Ν. & Κουτσινός Σ., 1999) ότι πρόκειται για Na-HCO₃ νερά, με κυριαρχία των ιόντων Na⁺ και HCO₃⁻ και φυσιολογικές συγκεντρώσεις SiO₂ (17,5-39 mg/l).

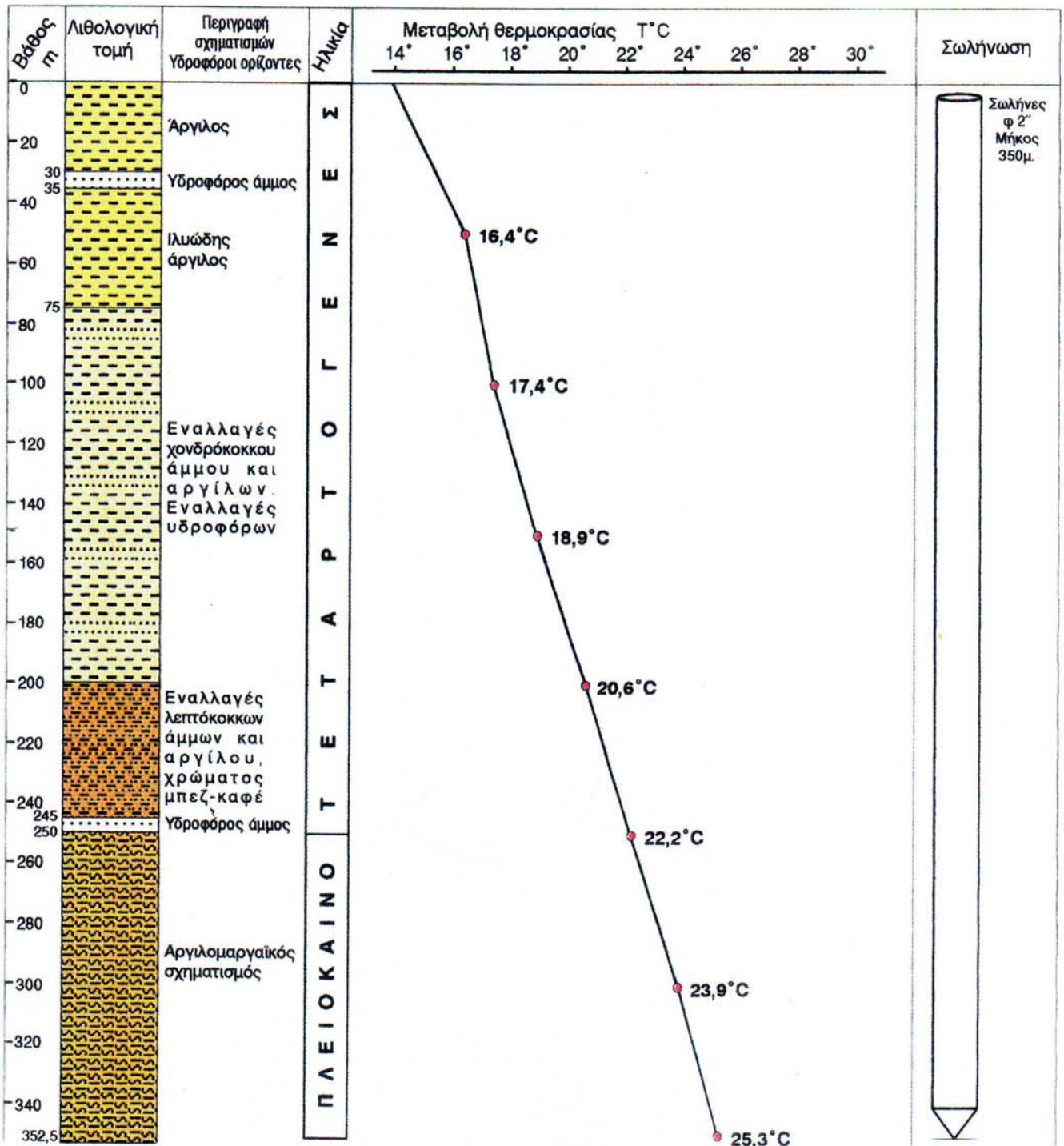


ΕΡΓΟ: Προσδιορισμός Γεωθερμικού πεδίου λεκάνης
ΠΕΠ : Καρυώτισσας - Γαλατάδων - Κρύας Βρύσης

ΑΝΑΔΟΧΟΣ: Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ.
Τμήμα Γεωθερμίας

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΚΑ-2

Έναρξη : 01/04/93
Λήξη : 11/06/93
Μ.Γ.Β. : 3,275°C/100m



Σχήμα 15. Λιθολογική τομή γεώτρησης ΚΑ-2 και διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας με το βάθος.

ΕΡΓΟ: Έρευνα & Αξιοποίηση Γ/Θ πεδίου
κάμπου Κρύας Βρύσης.

ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ: ΕΑΠΤΑ

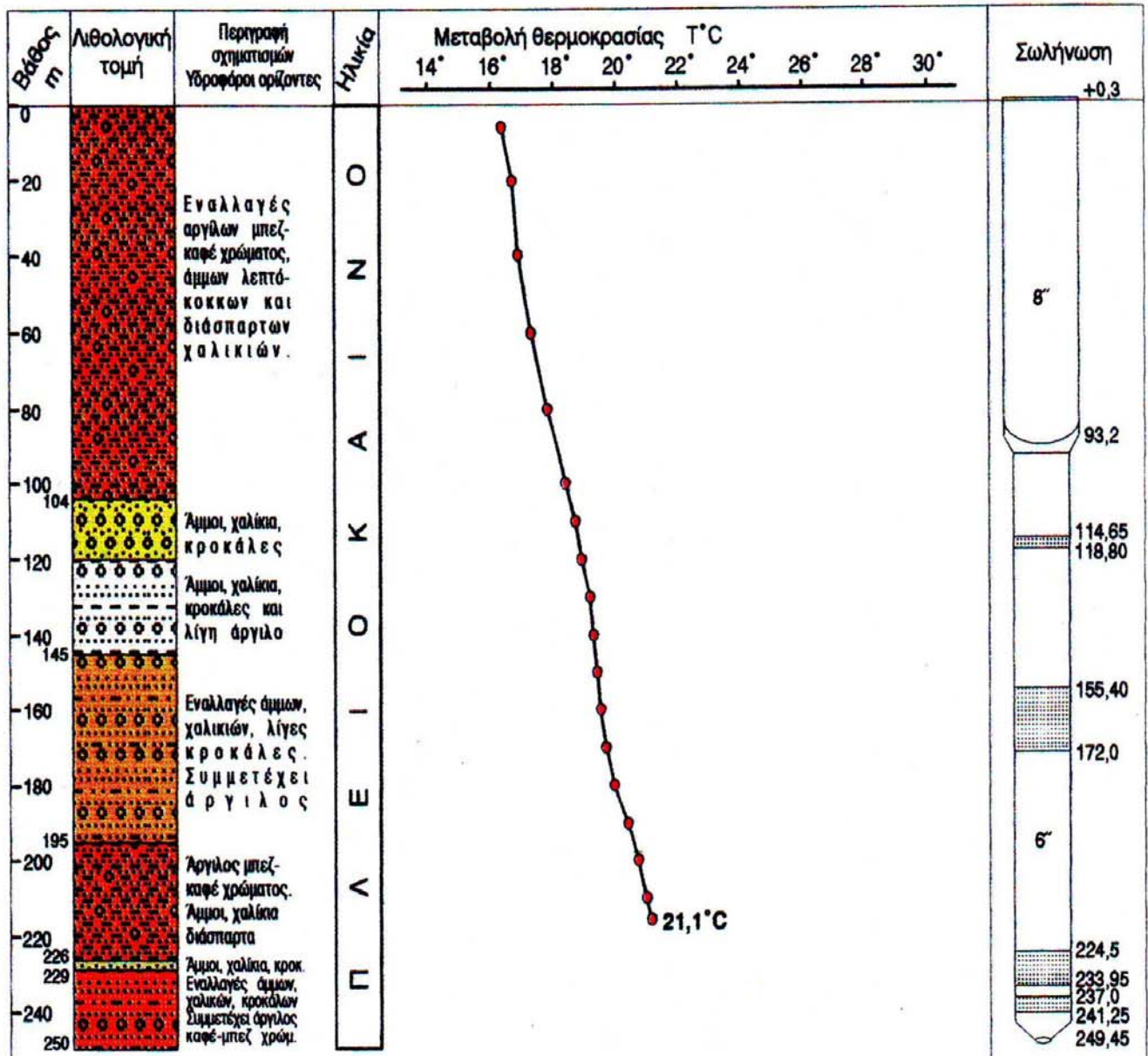
ΦΟΡΕΑΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: Αναπτυξιακή εταιρεία Κάμπου
Κρύας Βρύσης Πέλλας.

ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΚΑ-4 (Περιοχή Γαλατάδων)

ΑΝΑΔΟΧΟΣ: Ι.Γ.Μ.Ε./Δ.Ε.Π.Υ.
Τμήμα Γεωθερμίας

Έναρξη : 13/03/95

Λήξη : 20/04/95

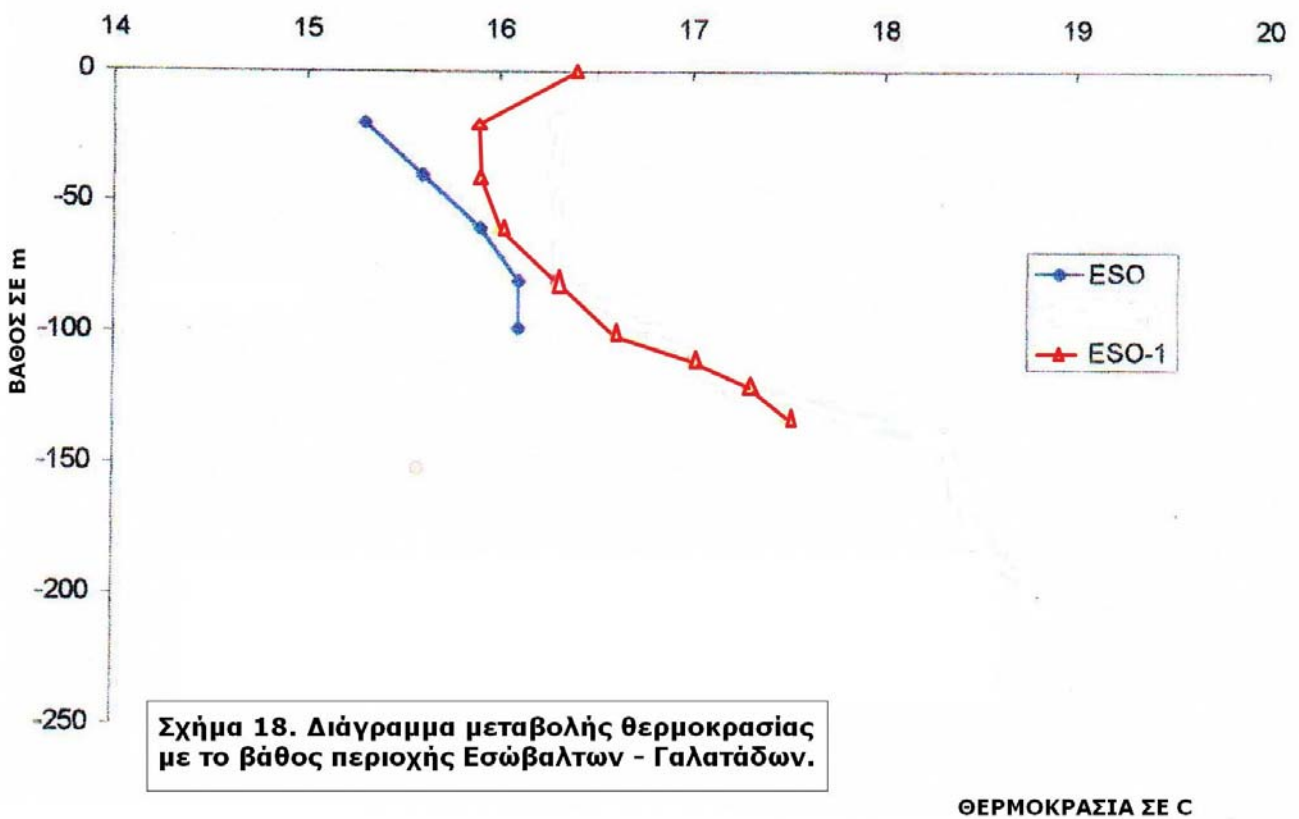
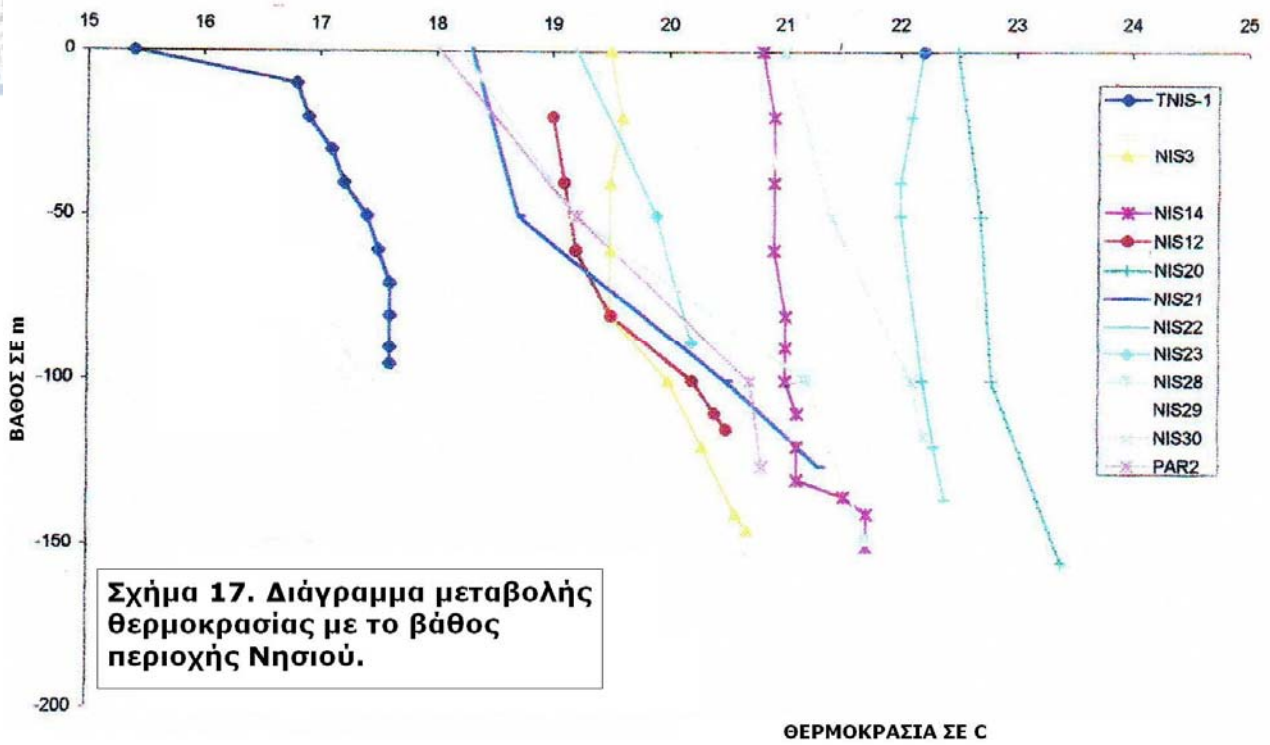


Σχήμα 16. Λιθολογική τομή γεώτρησης ΚΑ-4 και διάγραμμα μεταβολής θερμοκρασίας με το βάθος.

Από την αναγνωριστική θερμομετρική έρευνα πρόκυψε ότι στην ευρύτερη περιοχή υπάρχει μεγάλος αριθμός γεωτρήσεων βάθους μέχρι 200 m, οι οποίες συναντούν κυρίως ψυχρούς υδροφόρους ορίζοντες με θερμοκρασίες της τάξης των 17°C και συνεπώς δεν παρατηρείται σημαντική γεωθερμική βαθμίδα. Σε ορισμένες γεωτρήσεις (**NIS3, NIS12, NIS14, KB3, KB7, KB10**) καταγράφονται θερμοκρασίες 18,6 – 21,7°C σε βάθος 200 m περίπου. Η τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας κυμαίνεται μεταξύ 2 και 3°C/100 m. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αναμενόμενα επειδή η περιοχή δέχεται μεγάλες ποσότητες επιφανειακών νερών, τόσο μετεωρικής προέλευσης όσο και από την πλευρική τροφοδοσία των ορέων, που την περιβάλλουν (Βέρμιο, Πάικο). Έτσι, αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται σε βάθη μεγαλύτερα από τα 300 m περίπου, μέσα στις στεγανές ιζηματογενείς σειρές.

- Γεωτρήσεις, βάθους ≤ 200 m, που θερμομετρήθηκαν στις περιοχές Ειρηνούπολης – Αρσενίου – Πετριάς, Νησιού και Εσώβαλτων – Γαλατάδων, έδειξαν κανονική γεωθερμική βαθμίδα (3°C/100 m), έχοντας διατρήσει κυρίως τόφφους, αργίλους και κροκάλες.
- Στην περιοχή Β και ΒΑ του Νησιού διαπιστώθηκαν αυξημένες θερμοκρασίες (20,2-23,4°C) σε αρτεσιανές, βάθους 90-160 m.
- Στην περιοχή Αγγελοχωρίου – Ζερβοχωρίου (Δ. της Κρύας Βρύσης) μετρήθηκαν θερμοκρασίες 18,6 και 20,6°C σε γεωτρήσεις βάθους 120 και 200 m αντίστοιχα.
- Οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες είναι πλούσιοι σε νερό και η υδροστατική τους στάθμη είναι συνήθως πολύ ψηλά (λίγα cm μέχρι 25 m).

Από τη μελέτη των καταγραφέντων θερμοκρασιών των νερών των υδρογεωτρήσεων της περιοχής προέκυψε δύο περιοχές με γεωθερμικό ενδιαφέρον. Η 1^η περιοχή είναι μεταξύ Αγγελοχωρίου – Ζερβοχωρίου και η 2^η είναι αυτή Βόρεια του Νησιού.

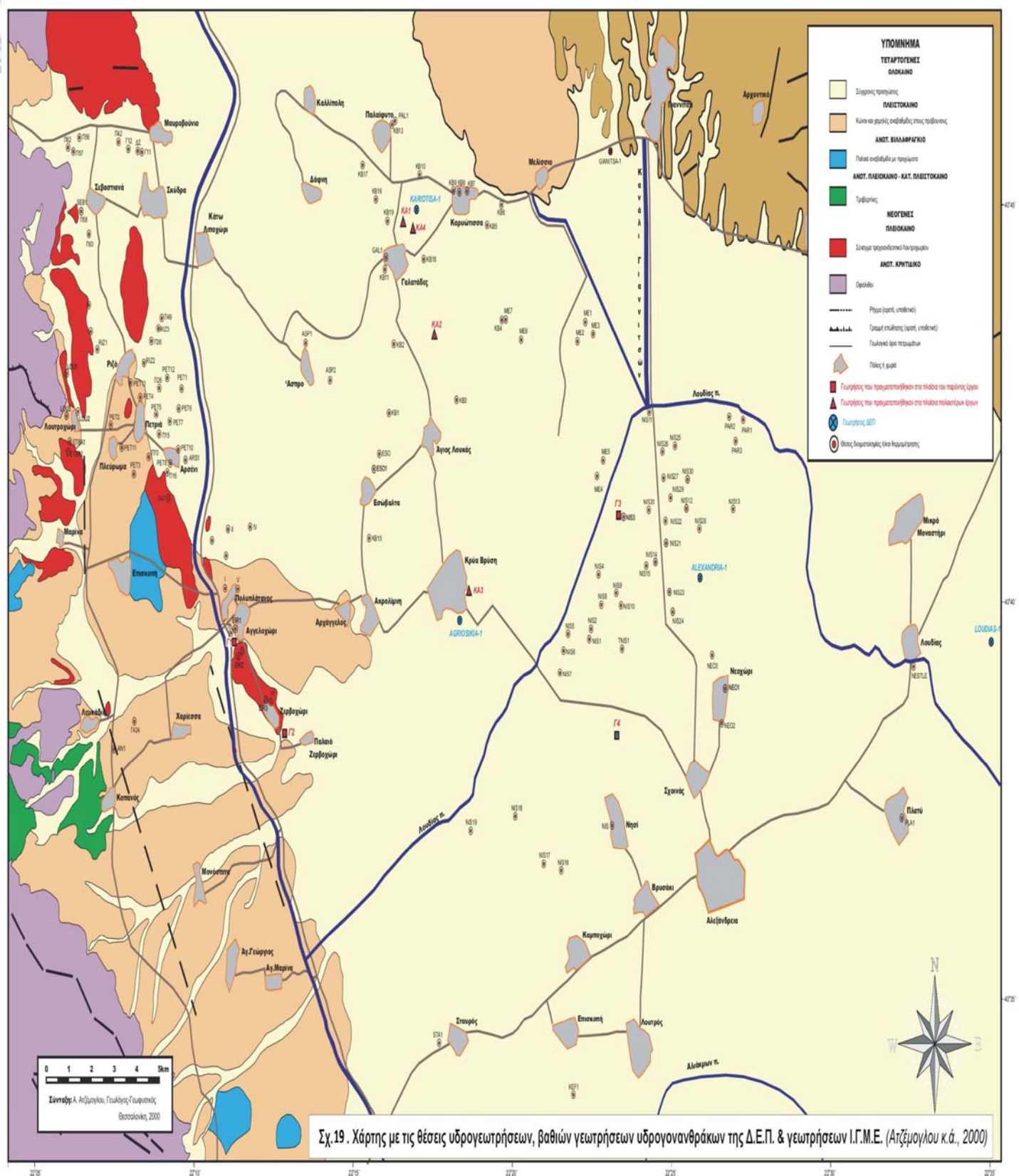


Πίν.

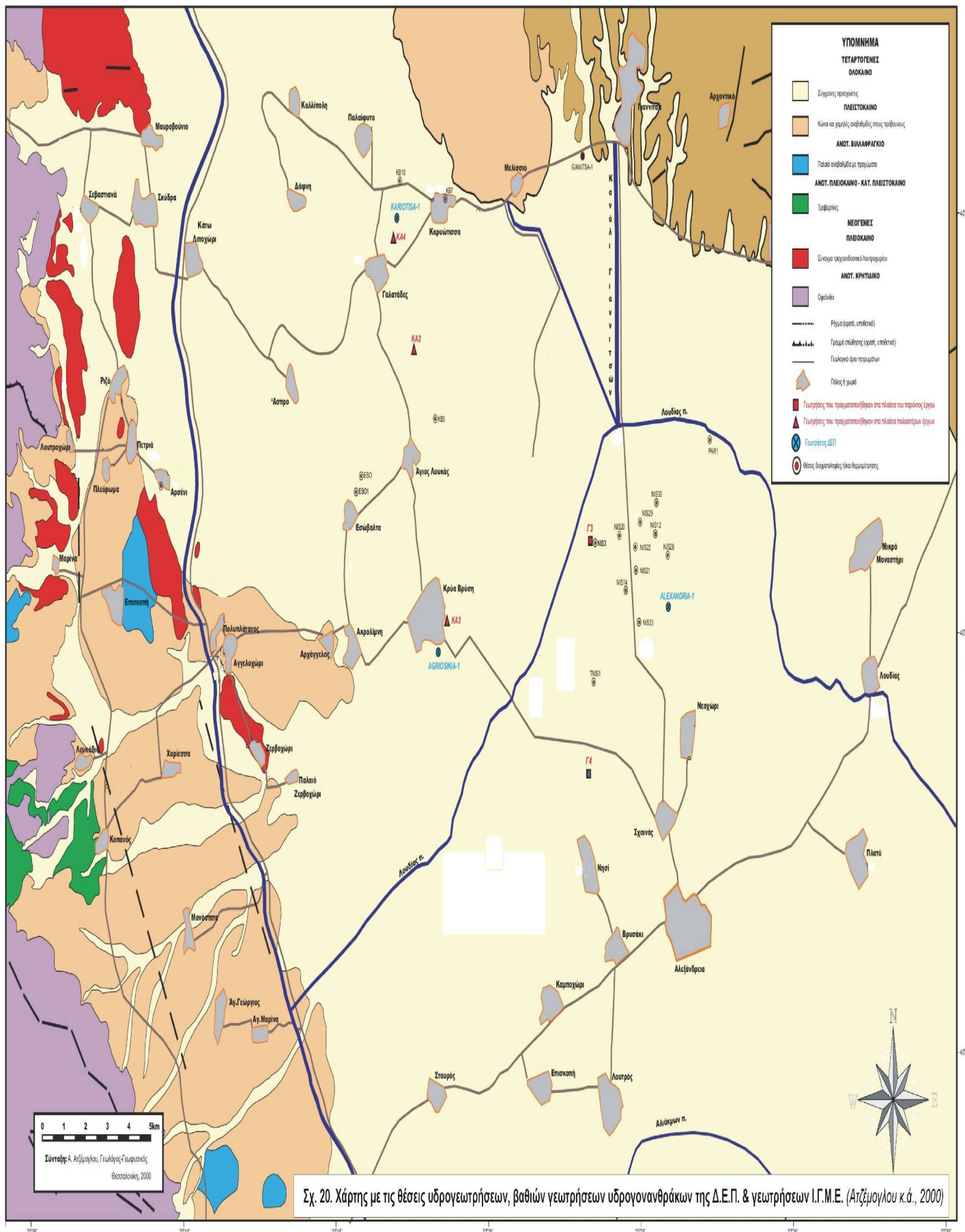
Πίνακας 6 . Στοιχεία για τις γεωτρήσεις έρευνας Ι.Γ.Μ.Ε και υδρογονανθράκων στη Λεκάνη Θεσσαλονίκης (ο πίνακας 6 περιλαμβάνει όλες τις γεωτρήσεις των οποίων τα στοιχεία χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας).

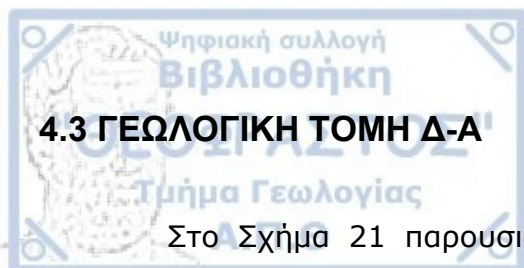
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΥΝΤΕΤΑ- ΓΜΕΝΕΣ Χ	ΣΥΝΤΕΤΑ- ΓΜΕΝΕΣ Υ	ΜΕΤΡΗΣΗ 100(m)	ΜΕΤΡΗΣΗ 150(m)	ΜΕΤΡΗΣΗ 300 (m)	ΟΛΙΚΟ ΒΑΘΟΣ (m)
KAR-1	22 17' 38,52''E	40 45' 58,73''N	18	20,3	29	690
GIAN-1	22 23' 42''E	40 47' 00''N	18,9	20,8	26,7	2.605
AGR-1	22 18' 39,88''E	40 40' 51,58''N	17,8	19,2	23,4	1.524
ALEX-1	22 26' 09'' E	40 41' 29N	18,4	20,1	33	1.705
ΓΝ-1Π	22 25' 05'' E	40 38' 05'' N	34,67	34,7	34,8	805
KA-3	22 18' 20'' E	40 41' 10'' N	22	23,5	28,2	655
Γ3	22 23' 05'' E	40 43' 00'' N	24,5	25,5	27,8	532
Γ4	22 23' 05 E	40 38' 20'' N	19	19,7	24,5	620
NIS3	22 23' 06'' E	40 43' 02'' N	20	20,7		150
NIS12	22 25' 03'' E	40 43' 05'' N	20,3			120
NIS14	22 24' 50'' E	40 40' 50'' N	20,9	21,7		160
NIS20	22 24' 45'' E	40 43' 05'' N	22,9	23,4		155
NIS21	22 25' 00'' E	40 40' 50'' N	21			130
NIS22	22 24' 70'' E	40 40' 70'' N	22,2	22,6		140
NIS23	22 24' 73'' E	40 40' 00'' N	20,4			90
NIS28	22 26' 09''E	40 40' 68'' N	21,1	21,7		150
NIS29	22 24' 75'' E	40 41' 10'' N	21			120
NIS30	22 25' 05'' E	40 41' 50'' N	22			120
TNIS1	22 23' 50'' E	40 39' 50'' N	17,5			100
PAR-2	22 26' 60'' E	40 42' 10'' N	20,5			130
KA2	22 17' 59'' E	40 43' 33'' N	17,4	18,9		353
KA4	22 17' 36'' E	40 45' 54'' N	19	19,7		250
ESO	22 15' 09'' E	40 42' 65'' N	16,1			100
ESO-1	22 15' 05'' E	40 42' 58'' N	16,6	18		140
KB10	22 18' 00'' E	40 45' 75'' N	18			110
KB3	22 18' 15'' E	40 42' 10'' N	18			105
KB7	22 18' 60'' E	40 45' 00'' N	18			108





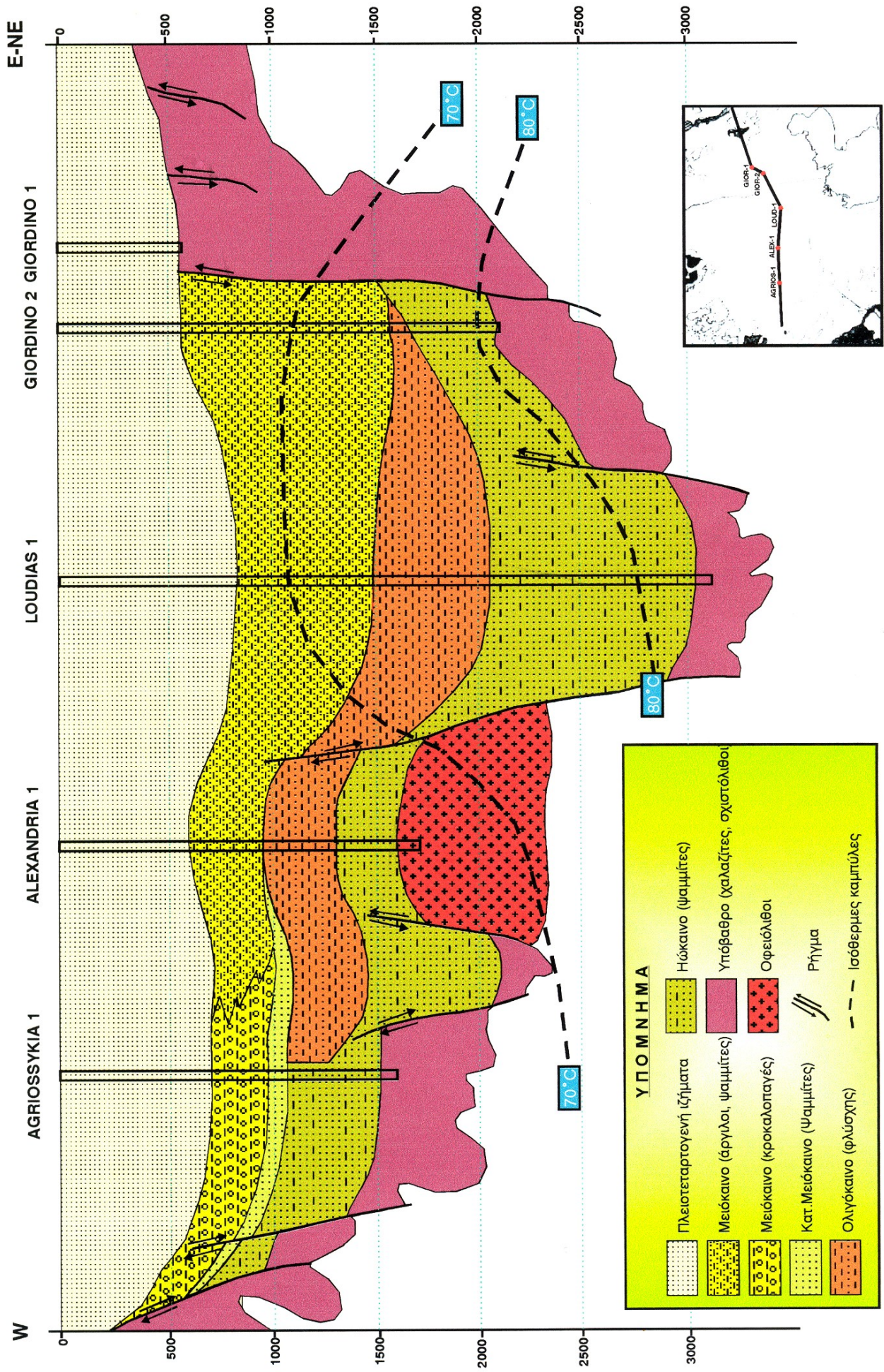
4.2 ΧΑΡΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΜΕΛΕΤΗΣ

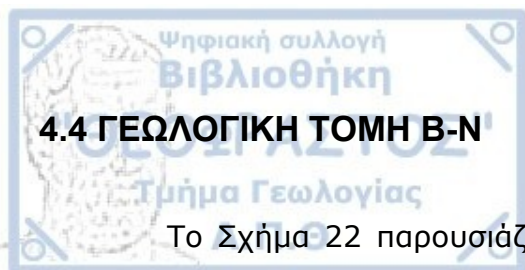




4.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ Δ-Α

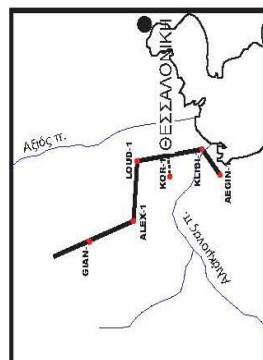
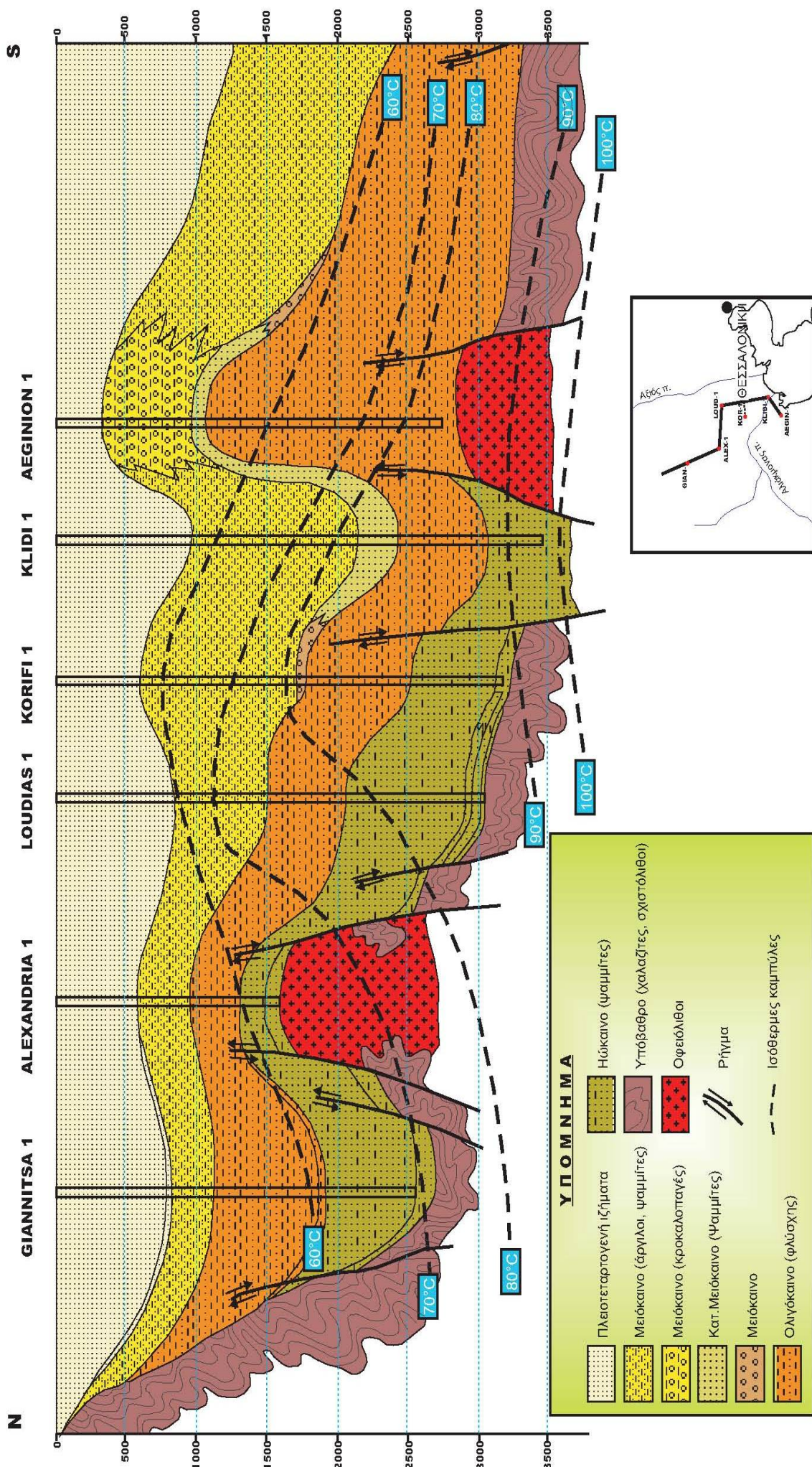
Στο Σχήμα 21 παρουσιάζεται χαρακτηριστική γεωλογική τομή που δείχνει τη στρωματογραφική και τεκτονική κατάσταση της λεκάνης Θεσσαλονίκης. Συγκεκριμένα, η γεωλογική τομή του Σχήματος 21 έχει μία γενική διεύθυνση Δ-Α και κατασκευάστηκε με βάση τις γεωτρήσεις AGRIOSSYKIA-1, ALEXANDRIA-1 καθώς και γεωτρήσεις οι οποίες διανοίχτηκαν ανατολικότερα της περιοχής μελέτης, αλλά ανήκουν στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Θεσσαλονίκης LOUDIAS-1, GIORDINO-1 και GIORDINO-2. Διαπιστώνεται η τεκτονική ανύψωση του υποβάθρου στην περιοχή της γεώτρησης ALEXANDRIA-1, με παράλληλη μείωση του πάχους των Ηωκαινικών σχηματισμών. Ακόμη, χαρακτηριστική είναι η απόθεση των Πλειο-Τεταρτογενών ιζημάτων απευθείας πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο ανατολικά του Αξιού, στην περιοχή της γεώτρησης GIORDINO-1. Το υπόβαθρο εμφανίζεται να βυθίζεται μεταξύ των ποταμών Λουδία και Αξιού, στην περιοχή της γεώτρησης LOUDIAS-1, με πάχος ιζημάτων που φθάνει τα 3.047 m. Επίσης, διαπιστώνεται ότι στη δυτική πλευρά της λεκάνης, προς την γεώτρηση AGRIOSSYKIA-1, τα Μειοκαινικά ιζήματα χαρακτηρίζονται από κροκαλοπαγή ενώ ανατολικότερα συνίστανται από αργίλους και ψαμμίτες και μόνο στη βάση των Μειοκαινικών σχηματισμών παρατηρείται κροκαλοπαγές.



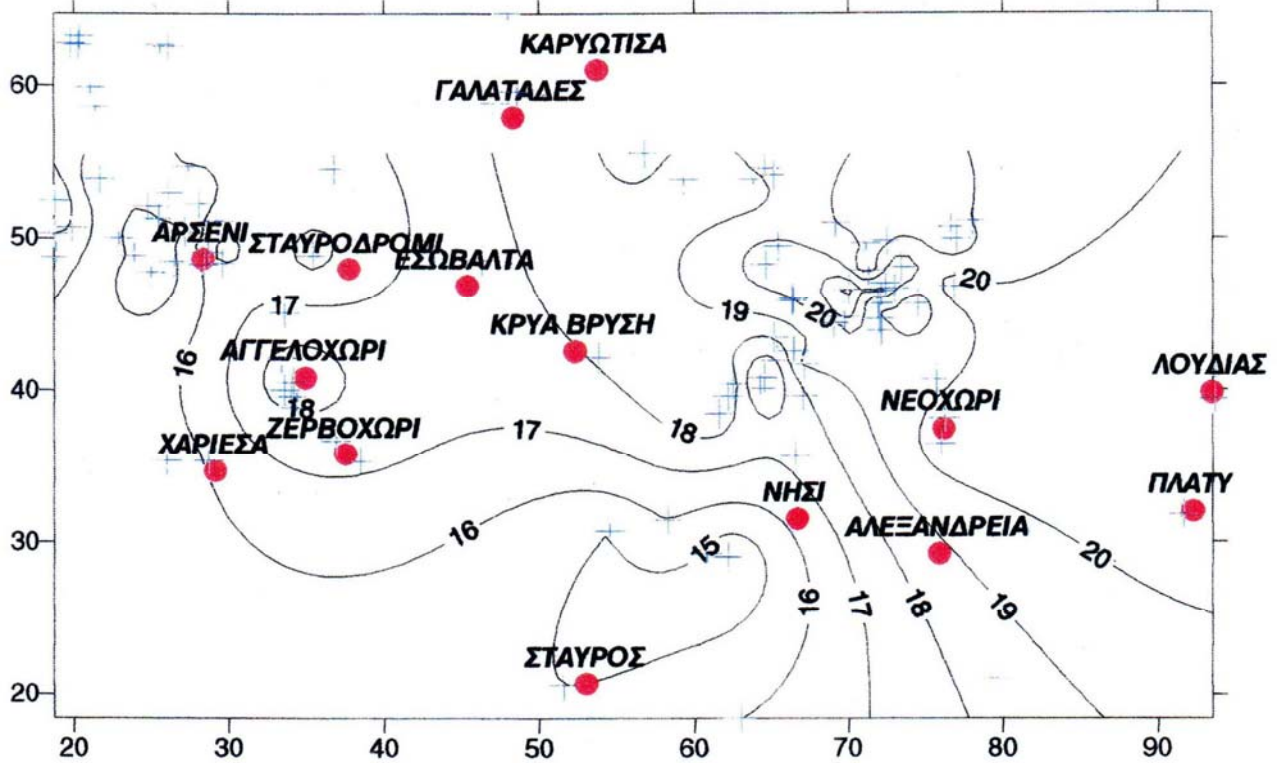


4.4 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ Β-N

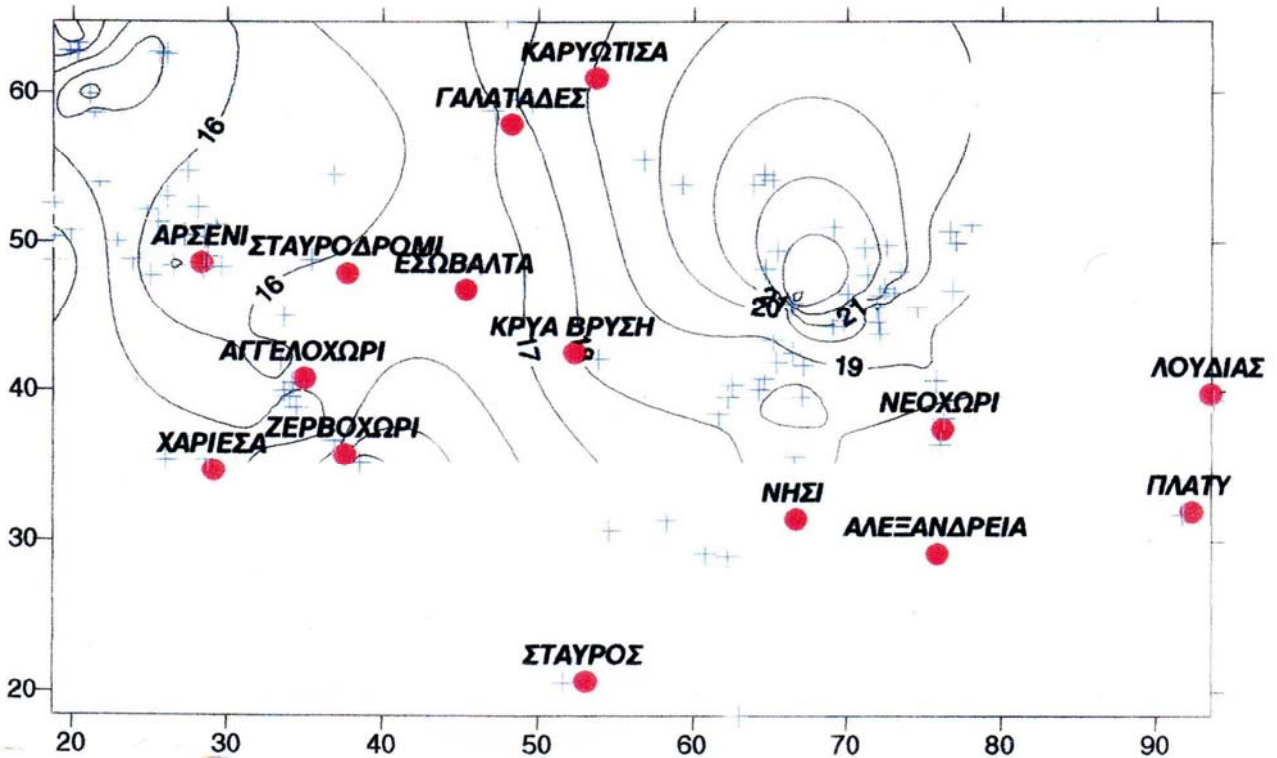
Το Σχήμα 22 παρουσιάζει γεωλογική τομή της Λεκάνης Θεσσαλονίκης με γενική διεύθυνση Β-N, η οποία κατασκευάστηκε με βάση τις γεωτρήσεις GIANNITSA-1, ALEXANDRIA-1, καθώς και γεωτρήσεις οι οποίες διανοίχτηκαν νοτιότερα της περιοχής μελέτης, αλλά ανήκουν στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Θεσσαλονίκης LOUDIAS-1, KORYFI-1, KLEIDI-1 και AEGINIO-1. Διαπιστώνεται και πάλι η τεκτονική ανύψωση του υποβάθρου στην περιοχή της γεώτρησης ALEXANDRIA-1. Μια άλλη ανύψωση, μικρότερη, παρατηρείται στην περιοχή της γεώτρησης AEGINIO-1. Εκτός της τεκτονικής ανύψωσης, στη γεώτρηση AEGINIO-1 διαπιστώνεται σημαντική αύξηση του πάχους των Ολιγοκαινικών σχηματισμών, οι οποίοι εμφανίζονται να αποτίθενται απευθείας πάνω στο υπόβαθρο. Το μεγαλύτερο πάχος των ιζημάτων συναντάται στην περιοχή της γεώτρησης KLEIDI-1, κοντά στις εκβολές του ποταμού Αλιάκμονα, η οποία παρά το ότι έφθασε μέχρι το βάθος των 3.986 m δεν συνάντησε το μεταμορφωμένο υπόβαθρο. Στην περιοχή της γεώτρησης AEGINIO-1 οι Μειοκαινικοί σχηματισμοί χαρακτηρίζονται από την έντονη παρουσία κροκαλοπαγών σε μεγάλο πάχος, σε αντίθεση με τις άλλες γεωτρήσεις, όπου οι Μειοκαινικές αποθέσεις αποτελούν μία κλαστική σειρά με ψαμμίτες και αργίλους και μόνο κατά θέσεις και στη βάση των Μειοκαινικών ιζημάτων είναι εμφανής η παρουσία κροκαλοπαγών.



4.5 ΙΣΟΘΕΡΜΩΝ ΚΑΜΠΥΛΩΝ



Σχήμα 23 Χάρτης ισοθέμων καμπυλών περιοχής έρευνας στην επιφάνεια.



Σχήμα 24 . Χάρτης ισοθέμων καμπυλών περιοχής έρευνας σε βάθος 100 m.

Με τη μελέτη των βαθιών γεωτρήσεων υδρογονανθράκων από τις αρχές του 1960, εντοπίζονται και γίνονται γνωστά συστήματα γεωθερμικού ενδιαφέροντος στη Λεκάνη Θεσσαλονίκης. Τέτοια υδροθερμικά συστήματα συναντώνται:

- i. Στις παρυφές της Δυτικής Λεκάνης Θεσσαλονίκης, όπου τα ιζήματα του Πλειοκαίνου έχουν αποθεθεί απ' ευθείας στο κρυσταλλικό ή μη υπόβαθρο. Σ' αυτή την περίπτωση οι ισόθερμες καμπύλες αναθολώνονται και η θερμική ενέργεια εγκλωβίζεται στους σχηματισμούς της βάσης ή στο ίδιο το υπόβαθρο.
- ii. Στο Νοτιο-ανατολικό περιθώριο της Δυτικής Λεκάνης Θεσσαλονίκης, όπου μαζί με το ανθρακικό υπόβαθρο αναθολώνονται προς την επιφάνεια και οι ισόθερμες καμπύλες, δημιουργώντας συνθήκες θερμικής ανωμαλίας και υψηλής γεωθερμικής βαθμίδας.
- iii. Στο κέντρο της λεκάνης, που είναι συνδεδεμένο με αντίκλινες δομές, η θερμική ενέργεια εγκλωβίζεται στη βάση των Πλειο-Τεταρτογενών σχηματισμών, αλλά και στα ιζήματα του Μειοκαίνου, όπου - από την ανάλυση των διαγραφιών (loggings) - εντοπίζονται σημαντικοί υδροθερμικοί ταμιευτήρες με υψηλό πορώδες και μεγάλη περατότητα.

Από την αξιολόγηση των γεωτρήσεων έρευνας υδρογονανθράκων σε συνδυασμό με τη σεισμική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τη Δ.Ε.Π. και τη γεωφυσική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από το Ι.Γ.Μ.Ε. (Περιφερειακή Μονάδα Κεντρικής Μακεδονίας) προκύπτουν τα ακόλουθα :

1. Οι Μειοκαινικοί σχηματισμοί συρρικνώνονται κάτω από τους Πλειο-Πλειστοκαινικούς (μεταξύ του χωριού Λευκάδια και της Κρύας Βρύσης).
2. Στα περιθώρια της λεκάνης και κατά μήκος των κύριων τεκτονικών γραμμών, όπου αναθολώνεται το υπόβαθρο, παρουσιάζεται αυξημένη γεωθερμική βαθμίδα.
3. Εντοπίζονται αντίκλινες δομές στις περιοχές των γεωτρήσεων ALEXANDRIA-1.

4. Στην περιοχή της γεώτρησης KARIOTISSA-1 παρατηρείται απότομη βύθιση της λεκάνης και εξάπλωση των Πλειο-Τεταρτογενών ιζημάτων πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο με συνολικό πάχος που φθάνει τα 670 m και μετρηθείσα θερμοκρασία 48°C στα 690 m.
5. Λαμβάνοντας υπ' όψη τις θερμοκρασίες που μετρήθηκαν στο εσωτερικό των γεωτρήσεων υδρογονανθράκων (όπως ήδη παρουσιάστηκαν παραπάνω), εκτιμάται ότι η γεωθερμική βαθμίδα για τη Λεκάνη Θεσσαλονίκης κυμαίνεται μεταξύ 26 και 40°C/km (για ορισμένα τμήματα των βαθιών ερευνητικών γεωτρήσεων) και είναι υψηλότερη της κανονικής.

Από την ανάλυση των στρωματογραφικών δεδομένων των γεωτρήσεων υδρογονανθράκων φαίνεται ότι οι ανώτερες σειρές αποτελούνται από στρώματα που έχουν γενικά μεγάλο πορώδες και πολύ καλή διαπερατότητα και κατακλύζονται από μετεωρικά νερά που διεισδύουν και αποτελούν τους ψυχρούς επιφανειακούς ορίζοντες. Σταθεροποίηση της γεωθερμικής βαθμίδας αναμένεται κάτω από τα 300 m, εκεί όπου οι αργιλομαργαϊκοί σχηματισμοί μπορούν να προστατεύσουν τα Μειοκαινικά υδροθερμικά συστήματα και τυχόν θερμική ανωμαλία.

Ότι αφορά τις δυνατότητες αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας στην ευρύτερη λεκάνη της Θεσσαλονίκης, προτείνονται τα εξής για τις επί μέρους περιοχές:

Η γεωθερμική γεώτρηση ΓΝ-1Π ΒΒΔ της Αλεξάνδρειας παράγει γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 35,5°C, τα οποία μπορούν να τύχουν ενεργειακής αξιοποίησης. Το θερμοενεργειακό φορτίο της υπολογίζεται σε 1.420.000 kcal/h (για παροχή ρευστού 130 m³/h και Δt=11°C) και άρα η εγκατεστημένη ισχύς σε 1,65 MWt. Το γεωθερμικό νερό της γεώτρησης ΓΝ-1Π μπορεί να χρησιμοποιηθεί για: (α) καλλιέργεια σπαρραγγιών με υπεδάφια θέρμανση, (β) θέρμανση θερμοκηπίων, (γ) δημιουργία κολυμβητικής δεξαμενής και (ε) θέρμανση κτιρίων με αξιοποίηση του νερού απόρριψης με την βοήθεια αντλιών θερμότητας.

Η προκαταρκτική – αναγνωριστική γεωθερμική έρευνα στην *ευρύτερη περιοχή της νοτιοδυτικής πλευράς της λεκάνης Θεσσαλονίκης* και συγκεκριμένα στην περιοχή των εκβολών των ποταμών Λουδία και Αλιάκμονα, έδειξε ότι η εκτέλεση βαθύτερων γεωτρήσεων μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή νερών θερμοκρασίας περίπου 25°C από οικονομικά βάθη, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε υδατοκαλλιέργειες στην παράκτια ζώνη. Ήδη, στην προαναφερθείσα περιοχή υπάρχουν κάποια ιχθυοτροφεία.

Η *ευρύτερη περιοχή του Πλατέος* χαρακτηρίζεται από έντονη οικονομική και οικιστική ανάπτυξη, σύγχρονη γεωργία με κτηνοτροφία σταβλισμένων ζώων,

πτηνοτροφεία, θερμοκηπιακές δραστηριότητες, μικρές βιοτεχνικές μονάδες και δημόσια κτίρια. Συνεπώς είναι εύκολη η εξοικονόμηση ενέργειας με τη χρήση αντλιών θερμότητας. Οι αντλίες θερμότητας θα μπορούν να αξιοποιήσουν την αβαθή γεωθερμική ενέργεια των υπόγειων νερών θερμοκρασίας 15-20°C, προερχόμενων από γεωτρήσεις βάθους 50-100 m. Στην ευρύτερη λεκάνη Θεσσαλονίκης υπάρχουν εκτεταμένοι επάλληλοι υπόγειοι υδροφορείς θερμοκρασίας 15-20 °C σε οικονομικά βάθη της τάξης των 100-150 m, με σχετικά υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα (για ικανοποιητικές παροχές) και υψηλή υδροστατική στάθμη (για εύκολη άντληση του ρευστού). Ο κλιματισμός ενός σχολείου ή μιας πτηνοτροφικής μονάδας, η θέρμανση ενός μικρού (2-3 στρεμμάτων) θερμοκηπίου, η ενεργειακή συνδρομή των αντλιών θερμότητας σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις είναι εύκολες υποθέσεις.

Στην περιοχή της *Κρύας Βρύσης*, οι γεωτρήσεις μεγάλου βάθους είναι δυνατό να εξασφαλίσουν αρκετό θερμικό φορτίο για τη λειτουργία οικολογικού πάρκου, για τη θέρμανση των χώρων του (γραφεία, ξενοδοχείο, κολυμβητήριο) και την ανάπτυξη σύγχρονων μεθόδων καλλιέργειας οικολογικής καλλιέργειας.

Συνοψίζοντας, τα μέχρι σήμερα ερευνητικά προγράμματα που πραγματοποιήθηκαν στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Θεσσαλονίκης έγιναν με στόχο τον εντοπισμό γεωθεμικών ρευστών. Το θερμοενεργειακό φορτίο αυτό είναι σημαντικό και μπορεί να αξιοποιηθεί σε μια σειρά ενεργοβόρων διαδικασιών στον αγροτικό τομέα (θέρμανση θερμοκηπίων, θέρμανση σπαραγγιών), στην ιχθυοκαλλιέργεια, στη θέρμανση και τον κλιματισμό χώρων, στην αναψυχή, τον τουρισμό υγείας και τον αγροτουρισμό.

- Ατζέμογλου, Α., Καρυδάκης, Γ., Κολιός, Ν., Κούτσιος, Σ. (2000), *Γεωθερμική έρευνα στη Δυτική Λεκάνη Θεσσαλονίκης*, Ι.Γ.Μ.Ε. – Περ. Μονάδα Κεντρ. Μακεδονίας
- Βουδούρης Κ. (2004), *Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος*, Τμήμα Γεωλογίας, Διδακτικές Σημειώσεις, Α.Π.Θ, Θεσσαλονίκη
- Γελεγέλης, Ι., Αξαόπουλος, Π., (2005), *Πηγές Ενέργειας Συμβατικές και Ανανεώσιμες*, Εκδόσεις Σύγχρονη Εκδοτική, Αθήνα
- Καρυδάκης, Γ., (2005) *Γεωθερμική Ενέργεια*, Εκδόσεις Αθλότυπο, Αθήνα
- Κολιός, Ν., Κούτσιος, Σ., (1999) *Γεωθερμική έρευνα περιοχής Γαλατάδων – Κρύας Βρύσης Ν. Πέλλας*, Ι.Γ.Μ.Ε. – ΔΕΠΥ Παραρτ. Θεσ/νίκης, Θεσ/νίκη
- Κολιός, Ν., Κούτσιος, Σ., Κουγκούλη, Χ., Αρβανίτη, Α., Καρυδάκη, Γ., (2005), *Ερευνα και εντοπισμος γεωθερμικων πεδιων περιοχης Λεκανης Θεσσαλονικης*, Ι.Γ.Μ.Ε. – Περ. Μονάδα Κεντρ. Μακεδονίας
- Μουντράκης, Δ. (1985), *Γεωλογία της Ελλάδας*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- Φυτίκας, Μ., Ανδρίτσος, Ν. (2004), *Γεωθερμία*, Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

<http://iga.igg.cnr.it/geo/geoenergy.php> (Προσπέλαση 18/12/2008)