



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

---

# **" ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΕΥΡΥΤΕΡΟΥ ΠΟΛΕΟΔΟΜΙΚΟΥ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ "**

---

**ΜΠΙΣΧΙΝΙΩΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ,  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ Α.Π.Θ.**

**ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2015**

---

# Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

---

|                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....</b>                                                    | <b>4</b>  |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>                                       | <b>6</b>  |
| 1.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ.....                                                | 6         |
| 1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ.....                    | 6         |
| 1.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....                                     | 11        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....</b>                          | <b>13</b> |
| 2.1 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....                             | 13        |
| 2.2 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....                                   | 17        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ.....</b>                                | <b>22</b> |
| 3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....                                                         | 22        |
| 3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ<br>ΜΕΛΕΤΗΣ..... | 29        |
| 3.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....                                         | 37        |
| 3.3.1. ΔΗΜΟΣ ΘΕΡΜΗΣ - ΔΗΜΟΣ<br>ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ.....                           | 37        |
| 3.3.2. ΔΗΜΟΣ ΠΥΛΑΙΑΣ - ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ -<br>ΧΟΡΤΙΑΤΗ.....                   | 38        |
| 3.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....                          | 39        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ - ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....</b>             | <b>44</b> |
| 4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....                                                         | 44        |
| 4.2 ΔΗΜΟΣ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ.....                                                | 46        |
| 4.3 ΔΗΜΟΣ ΘΕΡΜΗΣ.....                                                   | 52        |
| 4.4 ΔΗΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ.....                                             | 63        |
| 4.5 ΔΗΜΟΣ ΠΥΛΑΙΑΣ - ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ - ΧΟΡΤΙΑΤΗ.....                         | 66        |

|                                                   |           |
|---------------------------------------------------|-----------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....</b> | <b>69</b> |
| <b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....</b>                             | <b>75</b> |
| <b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>                          | <b>86</b> |

# Π Ρ Ο Λ Ο Γ Ο Σ

Η διπλωματική αυτή εργασία με τίτλο " Θερμομετρήσεις στην ευρύτερη περιοχή του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης", πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Σκοπός της παρούσας διατριβής ήταν η θερμομέτρηση γεωτρήσεων στον ευρύτερο χώρο του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης. Η καταγραφή της θερμοκρασίας του νερού έγινε με τη βοήθεια ενός **ειδικού ηλεκτρονικού θερμομέτρου**, ενώ ο προσδιορισμός της θέσης με τη χρήση **GPS (Global Positioning System) - Παγκόσμιο Σύστημα Στιγματοθέτησης**. Στη συνέχεια, έγινε αποτύπωση των γεωτρήσεων που μετρήθηκαν σε χάρτη στο πρόγραμμα **Google Earth** (ο χάρτης αυτός παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 4).

Στόχος της εργασίας ήταν η συλλογή νέων πληροφοριών καθώς και η κατά περίπτωση επικαιροποίηση μετρήσεων θερμοκρασίας από υπάρχουσες γεωτρήσεις, δεδομένου ότι η δυνατότητα αξιοποίησης της γεωθερμίας σε εφαρμογές θέρμανσης και ψύξης στη συγκεκριμένη περιοχή θα μπορούσε να αποτελέσει μια εξαιρετικά ενδεδειγμένη προοπτική σε συνδυασμό με τη διαθέσιμη τεχνολογία, ιδίως στη σημερινή εποχή.

Για την ολοκλήρωση της διπλωματικής διατριβής, καταλυτικό ρόλο έπαιξε η άριστη συνεργασία με το προσωπικό των Δήμων Πυλαίας-Χορτιάτη, Θερμαϊκού, Θέρμης και Θεσσαλονίκης, όπως επίσης και με τους υπεύθυνους της Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής, του Καζίνο Hyatt και του Ξενοδοχείου Hyatt. Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να τους ευχαριστήσω για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσαν για την εργασία μου.

Από τη θέση αυτή θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και σύγχρονο θέμα. Επίσης, ευχαριστώ τη Δρ. Γεωθερμίας Παπαχρήστου Μαρία για την ιδέα της, πάνω στην οποία βασίστηκα, καθώς και για την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου παρείχε σε όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας μέσω συμβουλών, διορθώσεων και εμπιστοσύνης. Θερμά ευχαριστώ την

εταιρεία ΓΕΩΕΡΕΥΝΑ Ο.Ε. και συγκεκριμένα τον κ. Βασίλη Παπαευαγγέλου για τη συνεργασία και τη βοήθεια που μου παρείχε. Τέλος, ευχαριστώ την οικογένεια μου που με στήριξε και μου έδωσε όλα τα απαραίτητα εφόδια για να φτάσω μέχρι εδώ και να συνεχίσω.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 ΓΕΝΙΚΟΙ ΟΡΙΣΜΟΙ

Με τον όρο **"Γεωθερμία"** αναφερόμαστε στον επιστημονικό κλάδο που σχετίζεται με την έρευνα και την εκμετάλλευση της θερμότητας του εσωτερικού της γης. Η Γεωθερμία περιλαμβάνει την καταγραφή των συνθηκών κατανομής των θερμοκρασιών του υπεδάφους, την έρευνα της υπόγειας κυκλοφορίας των θερμών νερών, τον εντοπισμό και την αξιοποίηση γεωθερμικών συστημάτων και πεδίων χαμηλής, μέσης και υψηλής ενθαλπίας (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).

Ο όρος **"Γεωθερμική Ενέργεια"** αναφέρεται στη φυσική, ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που ρέει από το θερμό εσωτερικό του πλανήτη προς την επιφάνεια. Πρόκειται ουσιαστικά για τις αξιοποιήσιμες ποσότητες θερμότητας που εμπεριέχονται σε υδροθερμικά συστήματα ή πόρους, σε γεωπεπιεσμένα συστήματα, σε συστήματα βαθιών θερμών - ξηρών πετρωμάτων και σε μαγματικά συστήματα (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).

Τέλος, **"Γεωθερμικό Δυναμικό"** σύμφωνα με τον Νόμο 3175/2003, είναι το σύνολο των γηγενών φυσικών ατμών, των θερμών νερών, επιφανειακών ή υπόγειων, και της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών που υπερβαίνουν τους είκοσι πέντε βαθμούς Κελσίου (25°C).

## 1.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

Τα υδροθερμικά γεωθερμικά συστήματα (ατμού και νερού) συνηθέστερα ταξινομούνται με βάση την ενθαλπία ή τη θερμοκρασία των ρευστών. Έτσι, οι γεωθερμικοί πόροι διακρίνονται σε :

- υψηλής ενθαλπίας, όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 150°C.

- μέσης ενθαλπίας, όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από 90-150°C.
- χαμηλής ενθαλπίας, όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από 25-90°C.

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία (Ν.3175/2003), τόσο τα γεωθερμικά πεδία όσο και τα ρευστά τους ταξινομούνται στις εξής κατηγορίες :

- υψηλής ενθαλπίας, όταν η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από 90°C.
- χαμηλής ενθαλπίας, όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από 25-90°C.

Όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη από 25°C, τότε αναφερόμαστε στη λεγόμενη **"αβαθή γεωθερμία"**, η οποία αφορά στη θερμότητα που βρίσκεται αποθηκευμένη στους γεωλογικούς σχηματισμούς (πετρώματα και υδροφορείς) του φλοιού της γης, των οποίων η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 25°C.

Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας πραγματοποιείται ανάλογα με τη θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών. Οι χρήσεις χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες :

- i. ηλεκτρικές χρήσεις : αφορούν στην παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από ρευστά υψηλής και μέσης ενθαλπίας.
- ii. άμεσες χρήσεις : απευθείας χρήση της θερμότητας των γεωθερμικών ρευστών χωρίς προηγούμενη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- iii. Γεωθερμικές Αντλίες Θερμότητας (Γ.Α.Θ), οι οποίες είναι μονάδες που απορροφούν και μεταφέρουν θερμότητα από ένα χαμηλής θερμοκρασίας μέσο ( $T < 25^{\circ}\text{C}$ ) (νερό ή έδαφος) σε ένα μέσο με υψηλότερη θερμοκρασία (όπως ο αέρας).

Οι μέθοδοι παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με γεωθερμία εξαρτώνται από τον τύπο, το χημισμό και τη θερμοκρασία των ρευστών. Οι κύριοι τύποι γεωθερμικών

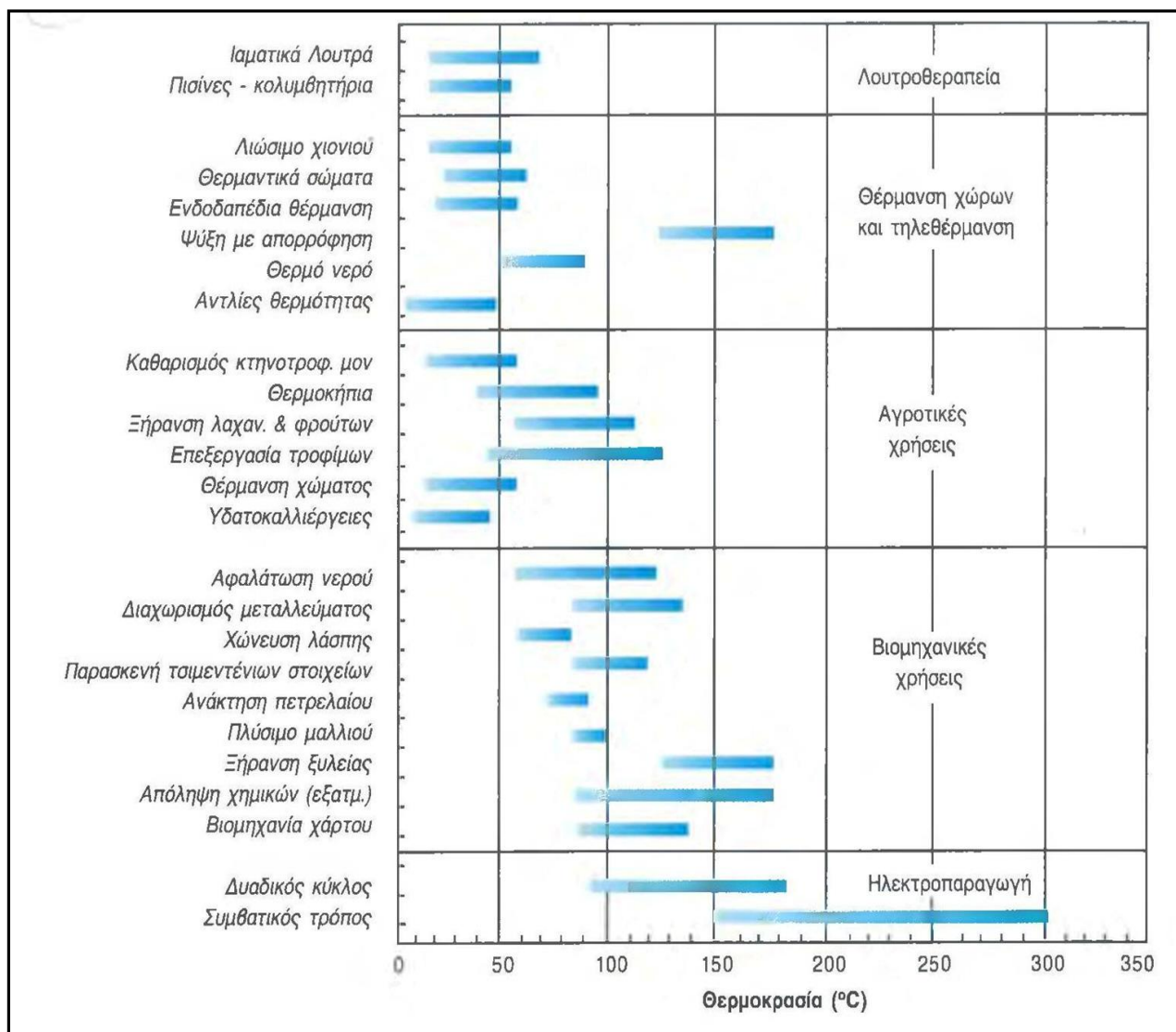
μονάδων είναι ο κύκλος ατμού, ο κύκλος εκτόνωσης διφασικού ρευστού και ο δυαδικός κύκλος. Ο κύκλος ατμού χρησιμοποιείται μόνο σε ορισμένα γεωθερμικά πεδία στον κόσμο που παράγουν ξηρό γεωθερμικό ατμό. Ο κύκλος εκτόνωσης διφασικού ρευστού εφαρμόζεται στις περιπτώσεις στις οποίες το γεωθερμικό ρευστό φτάνει ως (ή μετατρέπεται σε) διφασική ροή στην επιφάνεια, έχοντας υψηλή θερμοκρασία (μεγαλύτερη από 150°C) και πίεση. Ο δυαδικός κύκλος χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που τα γεωθερμικά ρευστά έχουν θερμοκρασία μεταξύ 85-175°C, χρησιμοποιεί δηλαδή κατά κύριο λόγο ρευστά μέσης ενθαλπίας. Αυτός ο τύπος γεωθερμικής μονάδας έχει σημαντικά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα, τα οποία αναφέρονται αναλυτικά στη σχετική βιβλιογραφία (π.χ. Φυτίκας & Ανδρίτσος 2004), παρόλα αυτά τείνει να επικρατήσει παγκοσμίως, δεδομένου ότι τα πεδία μέσης ενθαλπίας είναι σαφώς περισσότερα από τα υψηλής ενθαλπίας.

Οι άμεσες εφαρμογές της γεωθερμικής ενέργειας βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας όπως ο αγροτικός (θέρμανση θερμοκηπίων και εδάφους, ιχθυοκαλλιέργειες και υδατοκαλλιέργειες), ο βιομηχανικός (ξήρανση-αφυδάτωση προϊόντων, παραγωγή χαρτιού και ανάκτηση ορυκτών και CO<sub>2</sub>), ο τουριστικός (θέρμανση πισινών, λουτροθεραπείες κλπ.). Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στη θέρμανση θερμοκηπίων έχει ως σκοπό την ταχύτερη ή πρόωμη ανάπτυξη των φυτών και τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του θερμοκηπίου χωρίς τη χρήση συμβατικών καυσίμων. Όσον αφορά στην ξήρανση αγροτικών προϊόντων, η γεωθερμία αποδεδειγμένα συμβάλει στην αύξηση του συντελεστή λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος, ενώ στις υδατοκαλλιέργειες συντελεί στην προστασία και ανάπτυξη των διάφορων ψαριών ή/και ερπετών (π.χ. αλιγάτορες). Η θέρμανση χώρων παραγματοποιείται με διάφορους τρόπους ανάλογα με τη θερμοκρασία των ρευστών (εναλλάκτες θερμότητας, αερόθερμα, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας κλπ.).

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο τις τελευταίες δεκαετίες για τον κλιματισμό εσωτερικών χώρων και έχουν ως πηγή θερμότητας το έδαφος ή το νερό. Λειτουργούν με διάφορα σχήματα όπως είναι οι αντλίες που λειτουργούν με υπόγεια νερά, οι αντλίες που λειτουργούν με επιφανειακά νερά και οι αντλίες που είναι συνδεδεμένες με το υπέδαφος (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).

Αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας σε άμεσες χρήσεις γίνεται σε περισσότερες από 80 χώρες, σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα δεδομένα (Lund & Boyd, 2015), με συνολική εγκατεστημένη ισχύ περίπου 70.000 MWt. Παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από γεωθερμία γίνεται μέχρι σήμερα σε 26 χώρες, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ περίπου 12.365 MWe (Bertani, 2015).

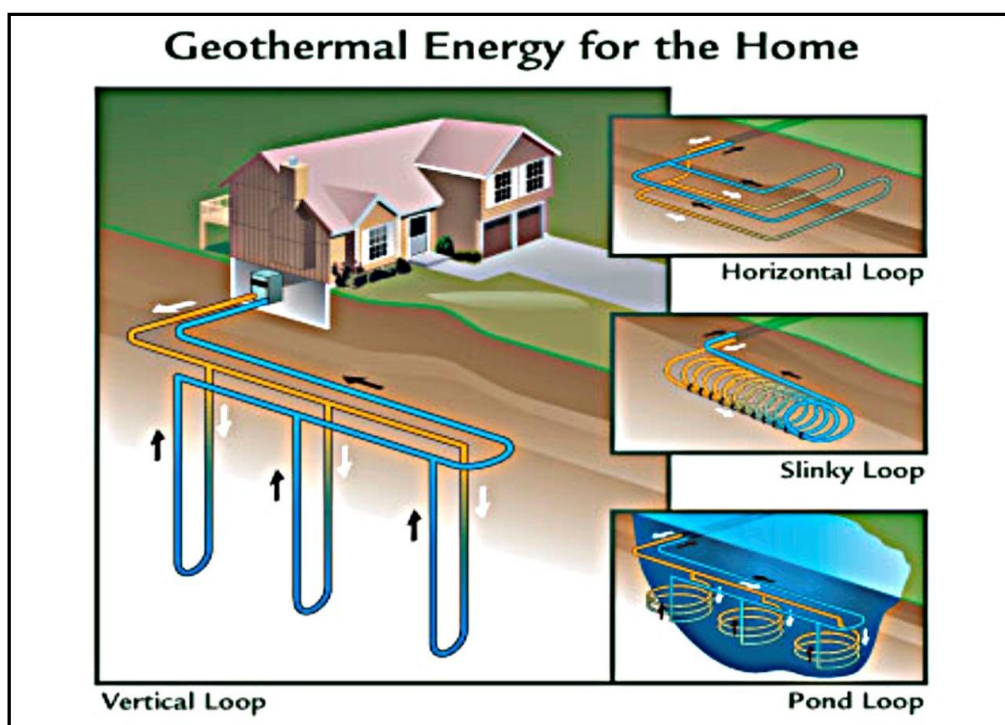
Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχήμα 1) παρουσιάζονται οι χρήσεις της γεωθερμίας σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών, ενώ στα σχήματα 2 και 3 απεικονίζονται παραδείγματα χρήσης γεωθερμικών αντλίων θερμότητας για τη θέρμανση ή ψύξη κτηρίων.



**Σχήμα 1 : Τροποποιημένο διάγραμμα Lindal (από Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004)**



Σχήμα 2 : Περίπτωση Γ.Α.Θ. στην περίπτωση κτηρίων. Με μαύρα βέλη απεικονίζονται οι δεξαμενές ζεστού νερού, με μπλε οι Γ.Α.Θ και με κόκκινα βέλη οι γεωεναλλάκτες θέρμανσης γεώτρησης (από [www.geothermal heat exchanger.com/images](http://www.geothermalheatexchanger.com/images), τροποποιημένο)



Σχήμα 3 : Διάφοροι τύποι εγκατάστασης γεωθερμικών αντλίων θερμότητας (από [www.nared.org](http://www.nared.org))

### 1.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας θεωρούνται γενικά από μικρές έως αμελητέες, ανάλογα με το είδος, το χημισμό, τη θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού καθώς και τον τύπο της εφαρμογής στην οποία χρησιμοποιείται. Οι κυριότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

- εκπομπές αερίων
- διάθεση υγρών και στερεών αποβλήτων
- θερμική και χημική ρύπανση
- θόρυβος
- επιφανειακές οχλήσεις-χρήσεις γης
- πρόκληση καθιζήσεων
- πτώση στάθμης υδροφόρου ορίζοντα
- δημιουργία μικροσεισμικότητας

Κατά κανόνα, οι επιπτώσεις από τη χρήση των ρευστών υψηλής ενθαλπίας είναι μεγαλύτερες σε σχέση με αυτές που ενδεχομένως να δημιουργηθούν από τα ρευστά μέσης ή χαμηλής ενθαλπίας. Η αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας δεν προκαλεί σχεδόν καμία επίπτωση στο περιβάλλον, δεδομένου ότι πραγματοποιείται με κλειστά κυκλώματα και εγκαταστάσεις.

Από τις παραπάνω επιπτώσεις το μεγαλύτερο ενδιαφέρον συγκεντρώνει η αέρια ρύπανση, η οποία καταγράφεται κυρίως σε πεδία υψηλής ενθαλπίας που αξιοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Αφορά κυρίως στα μη συμπυκνούμενα αέρια που περιλαμβάνονται στη σύσταση των ρευστών (κυρίως CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Rn, NH<sub>3</sub> και λιγότερο CH<sub>4</sub>, Hg, B). Με τη διαθέσιμη σημερινή τεχνολογία, οι εκπομπές αυτές είναι εύκολο να ανιχνευθούν, να ελεγχθούν και τελικά να ελαχιστοποιηθούν, εξαλείφοντας τις όποιες πιθανές επιβλαβείς συνέπειες.

Όσον αφορά τις υπόλοιπες επιπτώσεις, κάποιες έχουν πολύ προσωρινό χαρακτήρα (θόρυβος, διάθεση στερεών αποβλήτων, επιφανειακές οχλήσεις) και παύουν να υφίστανται μετά το πέρας των εργασιών κατασκευής των γεωθερμικών γεωτρήσεων και των μονάδων παραγωγής. Η γεωθερμία απαιτεί χρήση γης πολύ

μικρής έκτασης (το πολύ 2,5 στρέμματα), ενώ η διάθεση αποβλήτων, οι κατιζήσεις, η πτώση στάθμης υπόγειου νερού και η ρύπανση αντιμετωπίζονται άμεσα και οριστικά με την επανεισαγωγή των ρευστών μετά τη χρήση τους στον ταμιευτήρα. Πρόκληση μικροσεισμικότητας αναφέρεται μόνο σε μεμονωμένες περιπτώσεις στον κόσμο και συνδέεται με την αξιοποίηση της θερμότητας των θερμών ξηρών πετρωμάτων.

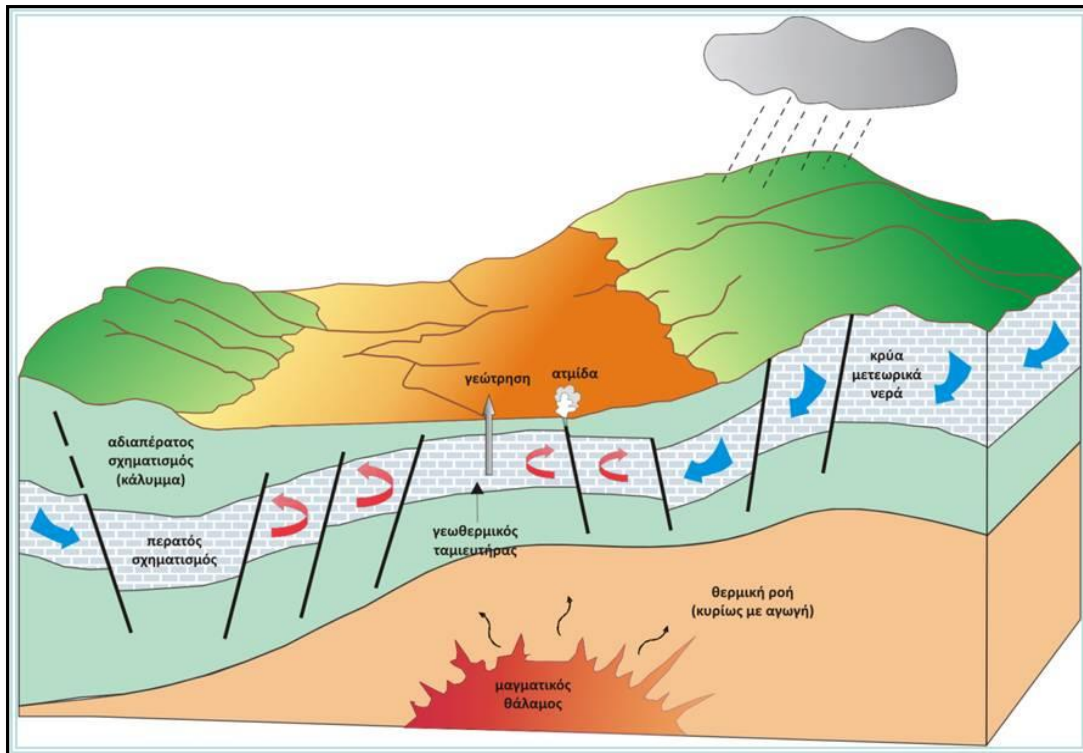
---

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

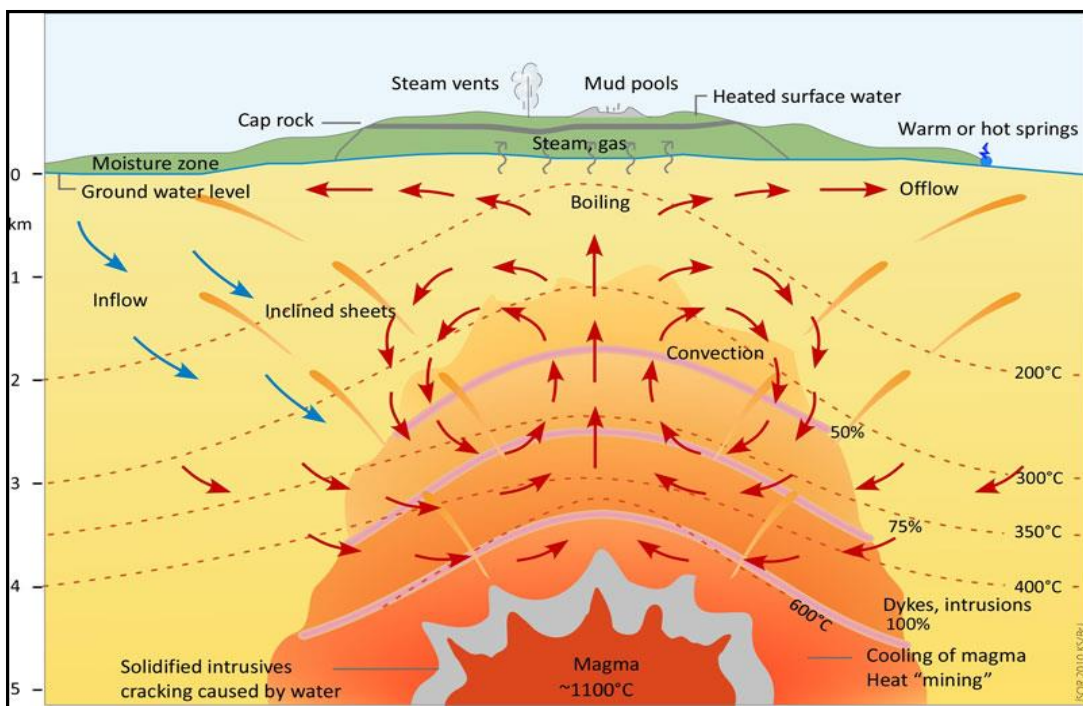
---

## 2.1 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, υπάρχουν τρεις κατηγορίες γεωθερμικών πεδίων: υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Στην Ελλάδα, έχουν εντοπιστεί βεβαιωμένα πεδία υψηλής ενθαλπίας στη Μήλο και στη Νίσυρο, δηλαδή στην περιοχή του ηφαιστειακού νησιωτικού τόξου του Νοτίου Αιγαίου, ενώ στη Βόρεια Ελλάδα και τα νησιά του Β.Αιγαίου επικρατούν τα πεδία μέσης και κυρίως χαμηλής ενθαλπίας. Το χαρακτηριστικό των μοντέλων υψηλής ενθαλπίας είναι η παρουσία μίας πολύ θερμής εστίας σε σχετικά μικρό βάθος, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4 και στο Σχήμα 5. Συνήθως πρόκειται για μια μαγματική διείσδυση η οποία θερμαίνει, μέσω του μηχανισμού της αγωγής, τα περιβάλλοντα πετρώματα, αυξάνοντας σημαντικά τη γεωθερμική βαθμίδα στην περιοχή και δημιουργώντας πολύ μεγάλη θερμική ανωμαλία. Θερμική ανωμαλία παρατηρείται όταν η θερμοκρασία σε κάποιο βάθος είναι μεγαλύτερη από την αναμενόμενη λόγω υψηλότερης γεωθερμικής βαθμίδας σε σχέση με τη μέση γήινη. Η ύπαρξη κατάλληλου ταμιευτήρα και στεγανού γεωλογικού καλύμματος συνθέτουν, μαζί με τη θερμή εστία, το γεωθερμικό μοντέλο υψηλής ενθαλπίας. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις βεβαιωμένων πεδίων υψηλής θερμικής ενθαλπίας στον Ελληνικό χώρο αποτελούν η Μήλος και η Νίσυρος.

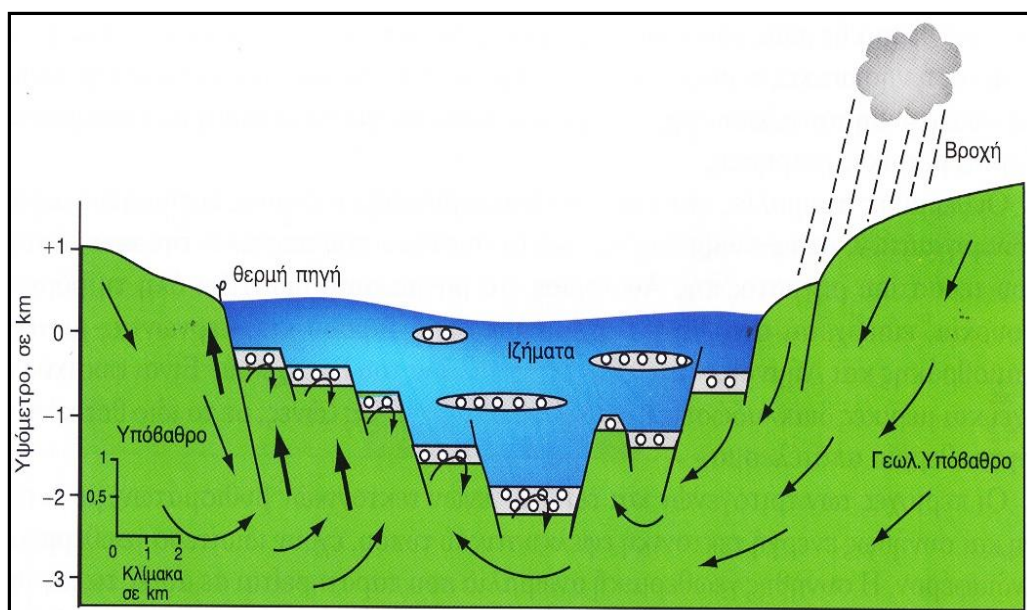


Σχήμα 4 : Γεωθερμικό πεδίο υψηλής ενθαλπίας με τα κύρια συστατικά του : τη μαγματική εστία, το μη περατό κάλυμμα και το γεωθερμικό ταμιευτήρα (από [www.geothermal-energy.org](http://www.geothermal-energy.org))



Σχήμα 5 : Γεωθερμικό μοντέλο υψηλής ενθαλπίας που δείχνει την υπόγεια κυκλοφορία του νερού και την εκδήλωσή του στην επιφάνεια, αφού θερμανθεί (από [www.geothermal-energy.org](http://www.geothermal-energy.org))

Στα γεωθερμικά συστήματα μέσης και χαμηλής ενθαλπίας, η θερμική ανωμαλία είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με αυτή των μοντέλων υψηλής ενθαλπίας, λόγω της απουσίας εστίας θερμότητας σε μικρό σχετικά βάθος. Οι συνθήκες που ευνοούν τη δημιουργία γεωθερμικών συστημάτων μέσης και χαμηλής ενθαλπίας, σχετίζονται κατά βάση με την τεκτονική, κυρίως όταν είναι εφελκυστικού τύπου, η οποία προκαλεί την ανάπτυξη μεγάλων και βαθιών ρηγμάτων. Τα ρήγματα αυτά λειτουργούν ως δίοδοι κυκλοφορίας των ρευστών και ανόδου τους προς την επιφάνεια δημιουργώντας αξιόλογες γεωθερμικές ανωμαλίες. Γεωθερμικά πεδία μέσης και χαμηλής ενθαλπίας, που συνδέονται με εφελκυστική τεκτονική (μεγάλου βάθους ρήγματα, τριτογενή-τεταρτογενή βυθίσματα, καλυμμένες τεκτονικές δομές) έχουν εντοπιστεί σε πολλές περιοχές της χώρας μας, κυρίως όμως στα νησιά του Β. Αιγαίου και στη Βόρεια Ελλάδα.



**Σχήμα 6 : Χαρακτηριστικό γεωθερμικό μοντέλο χαμηλής ενθαλπίας. Τα γεωθερμικά ρευστά βρίσκονται και κυκλοφορούν στα κροκαλοπαγή, στα ιζήματα και κοντά στα ρήγματα. Τα μαύρα βέλη δείχνουν την κυκλοφορία των υπόγειων θερμών νερών και ρευστών (από Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).**

Στον παρακάτω χάρτη παρουσιάζονται όλες οι περιοχές της Ελλάδας (υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας) που εμφανίζουν γεωθερμικό ενδιαφέρον.



**Σχήμα 7 : Γεωθερμικά πεδία - γεωθερμικές περιοχές του ελληνικού χώρου (από Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).**

Όπως φαίνεται στο χάρτη, σε κάποιες περιοχές (π.χ. Δυτική Ελλάδα, Πελοπόννησος, Κρήτη) οι συνθήκες είναι γενικά λιγότερο ευνοϊκές για την ανάπτυξη γεωθερμικών συστημάτων, εκτός κάποιων μεμονωμένων περιπτώσεων. Βέβαια, θερμοκρασίες μέχρι 25°C σε μικρά βάθη (αβαθής γεωθερμία) μπορούν να εντοπιστούν και να αξιοποιηθούν πρακτικά παντού.

## 2.2 ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Παρά την ύπαρξη βεβαιωμένων πεδίων υψηλής ενθαλπίας στον ελληνικό χώρο, δε γίνεται χρήση της γεωθερμίας για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος. Η αξιοποίηση της γεωθερμίας περιορίζεται στις άμεσες χρήσεις και στις εφαρμογές με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας.

Οι άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα περιλαμβάνουν τη λουτροθεραπεία, τη θέρμανση των θερμοκηπίων, τις υδατοκαλλιέργειες - ιχθυοκαλλιέργειες, τη θέρμανση κτηρίων και εσωτερικών χώρων, την ξήρανση αγροτικών προϊόντων και την αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας με αντλίες θερμότητας. Η θέρμανση θερμοκηπίων και εδαφών με γεωθερμία, ξεκίνησε στην Ελλάδα στα τέλη του 1970. Στις επόμενες δεκαετίες δεν παρατηρήθηκε, δυστυχώς, σημαντική αύξηση τέτοιων εφαρμογών. Παρόλα αυτά, ενθαρρυντική εξέλιξη αποτελεί το σύγχρονο υδροπονικό γεωθερμικό θερμοκήπιο που λειτουργεί από το 2014 στο Νέο Εράσμιο Ξάνθης, για τη θέρμανση του οποίου χρησιμοποιούνται γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας μέχρι 60-61°C.

Θέρμανση χώρων με γεωθερμία πραγματοποιείται σε ελάχιστες περιοχές στον ελληνικό χώρο. Ανάμεσα σε αυτές βρίσκονται και δύο λουτροθεραπευτικές εγκαταστάσεις (Νέα Απολλωνία Θεσσαλονίκης και Τραιανούπολη στη Θράκη) στις οποίες τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας χρησιμοποιούνται όχι μόνο για ιαματικούς σκοπούς αλλά και για τη θέρμανση των εγκαταστάσεων.

Ξήρανση αγροτικών προϊόντων με γεωθερμία πραγματοποιείται στο Νέο Ερασμίο Ξάνθης σε ειδική μονάδα, η οποία χρησιμοποιεί γεωθερμικό νερό χαμηλής ενθαλπίας, περίπου 60°C. Στην ίδια περιοχή γίνεται και πρωίμηση φυτειών σπαραγγιών και εκτροφή διακοσμητικών ψαριών. Παλαιότερα λειτουργούσε στο ίδιο γεωθερμικό πεδίο και μονάδα αντοπαγετικής προστασίας ψαριών, η οποία όμως έχει πλέον σταματήσει. Αντίθετα, αντίστοιχες εγκαταστάσεις στο Πόρτο Λάγος συνεχίζουν να λειτουργούν με επιτυχία από τη δεκαετία του 1990, με πολύ καλά αποτελέσματα.

Άλλη μία ενδιαφέρουσα γεωθερμική εφαρμογή είναι η καλλιέργεια του μικροφύκου «σπιρουλίνα», η οποία λαμβάνει χώρα στη Νιγρίτα Σερρών εδώ και περίπου 20 χρόνια (Εικόνα 1). Τα πλούσια σε CO<sub>2</sub> θερμά νερά της περιοχής συνιστούν ιδανικές συνθήκες για τη συγκεκριμένη υδατοκαλλιέργεια.



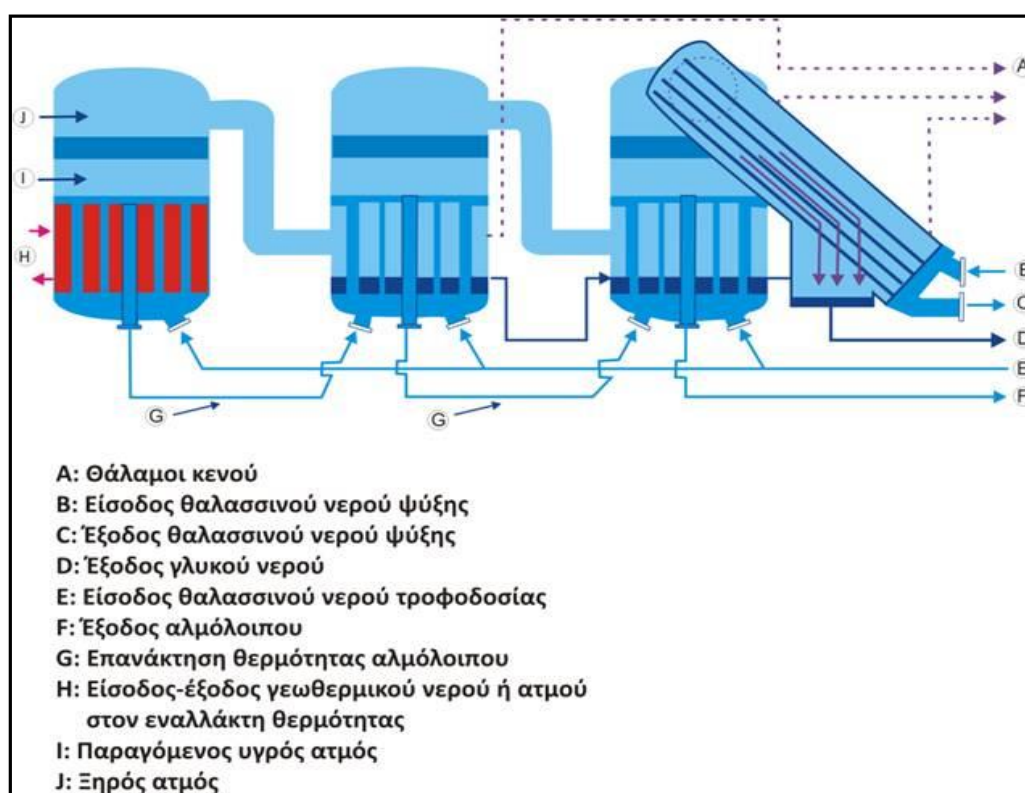
**Εικόνα 1 : Φωτογραφία από μονάδα καλλιέργειας σπιρουλίνας (από Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004)**

Στην Ελλάδα υπάρχουν περισσότερες από 750 θερμές πηγές, σε 60 από τις οποίες λειτουργούν λουτροθεραπευτικές εγκαταστάσεις. Ως χαρακτηριστικά παραδείγματα αναφέρονται οι Θερμοπύλες, η Αιδηψός, τα λουτρά Πόζαρ, το Λουτράκι Κορινθίας, ο Λαγκαδάς, η Νέα Απολλωνία, το Άγγιστρο κλπ στη Μακεδονία, κ. ά.

Ένας σημαντικός τομέας αξιοποίησης της γεωθερμίας αποτελεί η αφαλάτωση, η οποία είναι μια εξαιρετικά ενεργοβόρα διεργασία. Ειδικά στην Ελλάδα, όπου πολλές, κυρίως νησιωτικές, περιοχές αντιμετωπίζουν έντονο πρόβλημα επάρκειας γλυκού νερού χρήσης, η γεωθερμία θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά, τόσο με απευθείας χρήση των γεωθερμικών ρευστών, όσο και με παραγωγή της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων.

Στη χώρα μας, αφαλάτωση με τη βοήθεια της γεωθερμικής ενέργειας έγινε, στα τέλη της δεκαετίας του 1990, στην Κίμωλο με την λειτουργία μιας μικρής πιλοτική μονάδας, η οποία χρησιμοποιούσε ρευστά 61°C για την παραγωγή περίπου 3m<sup>3</sup>/h αφαλατωμένου νερού πολύ καλής ποιότητας (Σχήμα 8). Όμως, η λειτουργία

της μονάδας αυτής σταμάτησε πολύ σύντομα για λόγους που δε σχετίζονται με τη γεωθερμία.

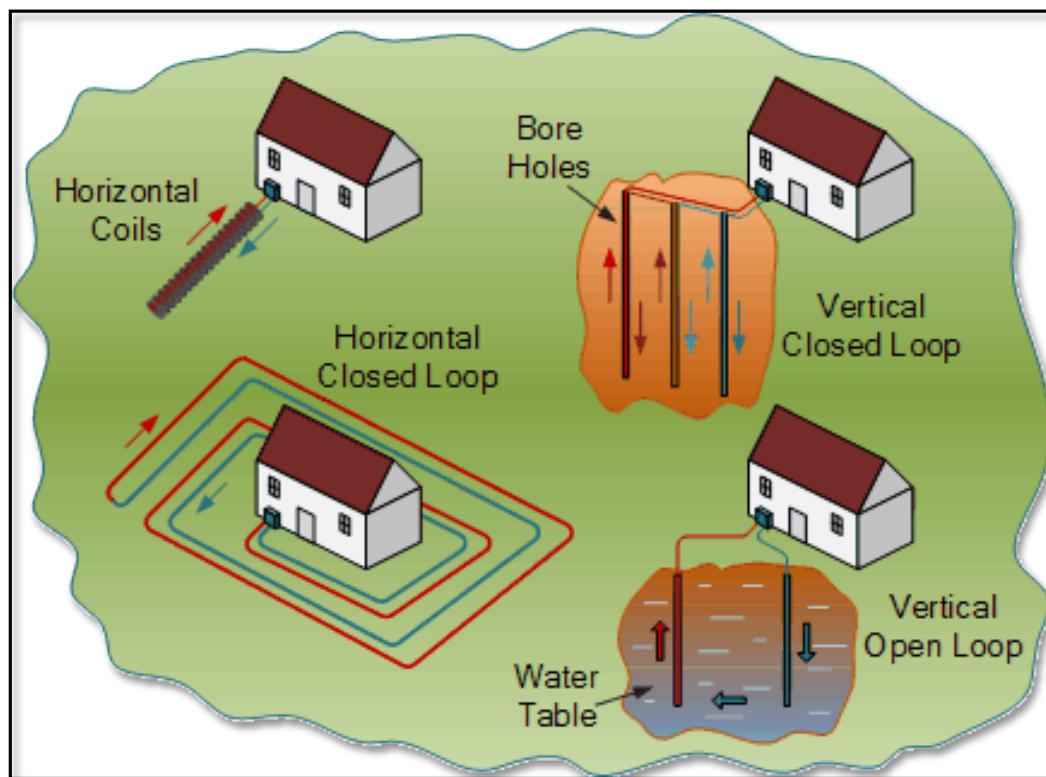


**Σχήμα 8 : Το σύστημα αφαλάτωσης και τα χαρακτηριστικά του που εφαρμόστηκε στην Κίμωλο (από Φυντίκας και Ανδρίτσος, 2004)**

Η αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας με τη χρήση αντλίων θερμότητας παρουσίασε μεγάλη ανάπτυξη στην Ελλάδα τα τελευταία χρόνια, ενώ τέτοια συστήματα κλιματισμού χρησιμοποιούνται εκτενώς σε όλον τον κόσμο. Σύμφωνα με πρόσφατα στοιχεία στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί περισσότερες από 850 περιπτώσεις εγκατάστασης γεωθερμικών αντλίων θερμότητας με συνολική εγκατεστημένη ισχύ περίπου 85MWt, εκτιμάται όμως ότι ο πραγματικός τους αριθμός ξεπερνά τις 1000. Περισσότερες από 100 εφαρμογές αναφέρονται σε συστήματα εγκατεστημένης ισχύος μεγαλύτερης από 100kW (Andritsos et al.,...;...Papachristou et al.,2015). Μερικές από αυτές, έχουν χωρητικότητα που ξεπερνάει τα 100MWt. Οι Γ.Α.Θ. διακρίνονται σε ανοιχτές, κλειστές οριζόντιες και κλειστές κατακόρυφες και η χρήση τους αυξάνεται κάθε χρόνο όλο και περισσότερο.

Στο Σχήμα 9 παρουσιάζονται οι παραπάνω περιπτώσεις γεωθερμικών αντλίων θερμότητας, ενώ στον Πίνακα 1 προσδιορίζονται συγκεντρωτικά οι άμεσες χρήσεις

της γεωθερμίας και η ετήσια κατανομή της γεωθερμικής ενέργειας σε κάθε περίπτωση.



Σχήμα 9 : Η διάκριση των Γ.Α.Θ σε ανοιχτές, κλειστές οριζόντιες και κλειστές κατακόρυφες (από [www.alternative-energy-tutorials.com](http://www.alternative-energy-tutorials.com))

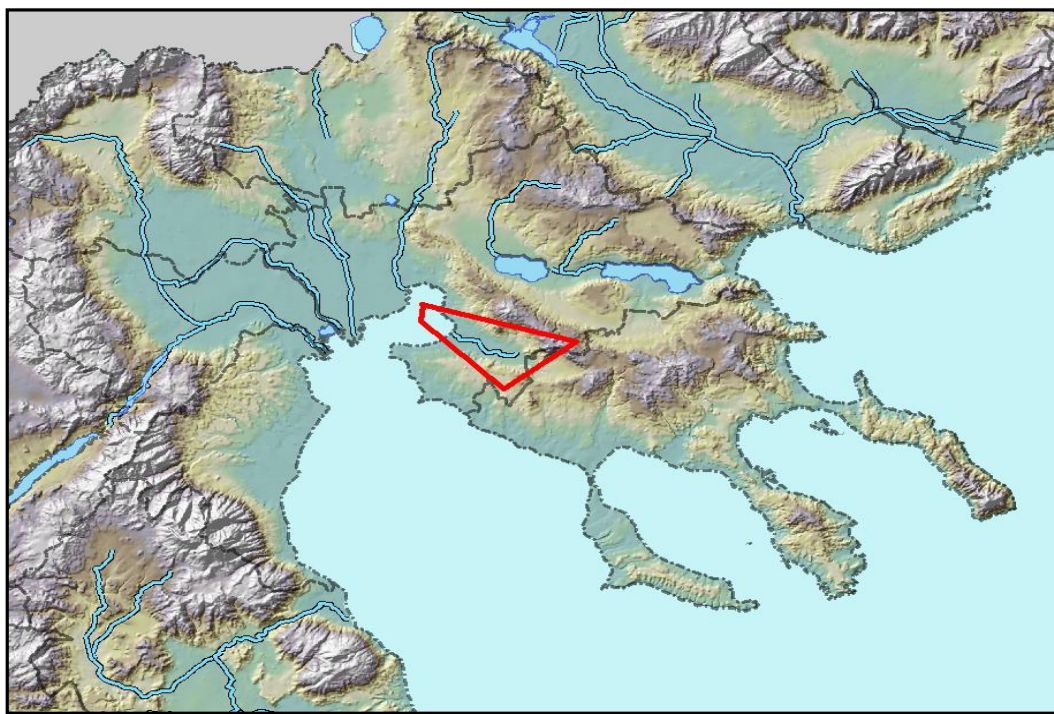
**Πίνακας 1 : Χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας και ετήσια κατανομή της σε κάθε περίπτωση (από Andritsos et al.,...;...Papachristou et al.,2015)**

| Χρήση                                    | Χωρητικότητα<br>(MWt) | Ετήσια ποσότητα<br>ενέργειας<br>(TJ/yr = $10^{12}$ J/yr) | Συντελεστής<br>Χωρητικότητας |
|------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------|
| Θέρμανση χώρων                           | 1.65                  | 17.8                                                     | 0.33                         |
| Θέρμανση<br>Θερμοκηπίων                  | 33.9                  | 335                                                      | 0.34                         |
| Ιχθυοκαλλιέργειες -<br>Υδατοκαλλιέργειες | 7.61                  | 59.8                                                     | 0.25                         |
| Ξήρανση αγροτικών<br>προϊόντων           | 0.28                  | 1.79                                                     | 0.2                          |
| Μπάνιο και Πισίνες                       | 43                    | 260                                                      | 0.19                         |
| Άλλες χρήσεις                            | 0.4                   | 4.06                                                     | 0.32                         |
| <b>Υποσύνολο</b>                         | 85.8                  | 678                                                      | 0.25                         |
| Γεωθερμικές<br>Αντλίες Θερμότητας        | 135                   | 648                                                      | -                            |
| <b>Σύνολο</b>                            | 220.5                 | 1326                                                     | -                            |

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

## 3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η περιοχή έρευνας καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης από τα δυτικά (Δήμος Πυλαίας - Χορτιάτη - περιοχή Ασβεστοχωρίου) έως και τα πιο ανατολικά (Δήμος Θερμαϊκού - περιοχή Περαιάς). Περιλαμβάνει τη λεκάνη του Ανθεμούντα, η οποία καταλαμβάνει συνολική έκταση 318km<sup>2</sup> και παρουσιάζεται στο Σχήμα 10. Η περιοχή έρευνας όπως αναφέρθηκε, περιλαμβάνει τμήματα των Δήμων Θέρμης, Θερμαϊκού, Πυλαίας - Πανοράματος - Χορτιάτη και Θεσσαλονίκης. Ο Δήμος Θεσσαλονίκης αποτελεί το μεγαλύτερο πληθυσμιακά Δήμο της περιοχής μελέτης, ενώ ο Δήμος Θερμαϊκού χαρακτηρίζεται ως ο πιο πυκνοκατοικημένος με πληθυσμιακή κάλυψη 801,78 κατοίκους/km<sup>2</sup> (Καζάκης, 2013). Όπως γίνεται αντιληπτό και από τον παρακάτω Πίνακα, ο πληθυσμός, του οποίου οι "υδατικές" ανάγκες καλύπτονται από τη λεκάνη του Ανθεμούντα ξεπερνάει τους 44.000 κατοίκους στην περιοχή έρευνας και τους 56.000 συνολικά.



Σχήμα 10 : Χάρτης προσανατολισμού της λεκάνης του Ανθεμούντα.

\* Ο Πίνακας 2 αφορά πληθυσμιακά στοιχεία των περιοχών στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις και δε περιλαμβάνει όλες τις Δημοτικές Ενότητες των Δήμων. Για παράδειγμα ο Δήμος Θέρμης περιλαμβάνει και τη Δημοτική Ενότητα Μίκρας, στην οποία δεν έγιναν μετρήσεις όπως και ο Δήμος Θερμαϊκού τις Δημοτικές Ενότητες Επανομής και Μηχανιώνας.

**Πίνακας 2 : Γενικά πληθυσμιακά στοιχεία της περιοχής έρευνας (Πηγή Ε.Σ.Υ.Ε.)**

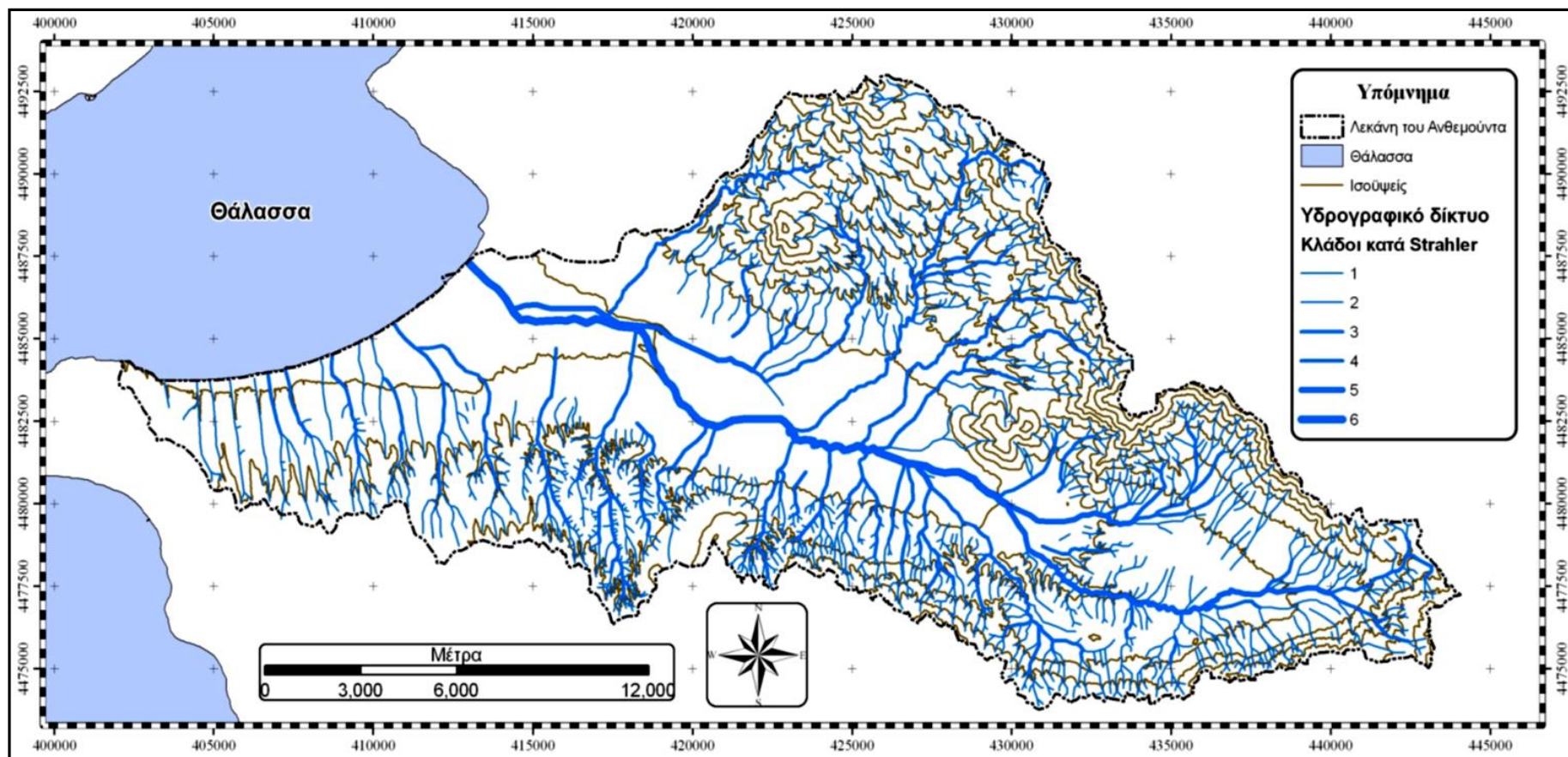
| Περιφερειακή Ενότητα | Δήμος             | Δημοτική Ενότητα | Πληθυσμός (2011) |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Θεσσαλονίκης         | Θερμαϊκού         | Θερμαϊκού        | 16.353           |
|                      | Θέρμης            | Θέρμης           | 18.669           |
|                      |                   | Βασιλικών        | 9.260            |
|                      | Θεσσαλονίκης      | Θεσσαλονίκης     | 260.120          |
|                      | Πυλαίας- Χορτιάτη | Πυλαίας          | 20.205           |
|                      |                   | Χορτιάτη         | 13.743           |

Οι κλιματικές και υδρολογικές συνθήκες μιας περιοχής επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό, τα διαθέσιμα αποθέματα του νερού και την απόδοση των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων που βρίσκονται προς εκμετάλλευση. Γενικά, το κλίμα στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό, με υψηλές θερμοκρασίες και επίπεδα υγρασίας και εξάτμισης το καλοκαίρι και ήπιους έως ψυχρούς και υγρούς χειμώνες. Οι βροχοπτώσεις είναι συχνές το χειμώνα, ιδιαίτερα στη λεκάνη του Ανθεμούντα γεγονός που ευνοεί την κατείσδυση του νερού στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα για μελλοντική χρήση, και σπάνιες το καλοκαίρι.

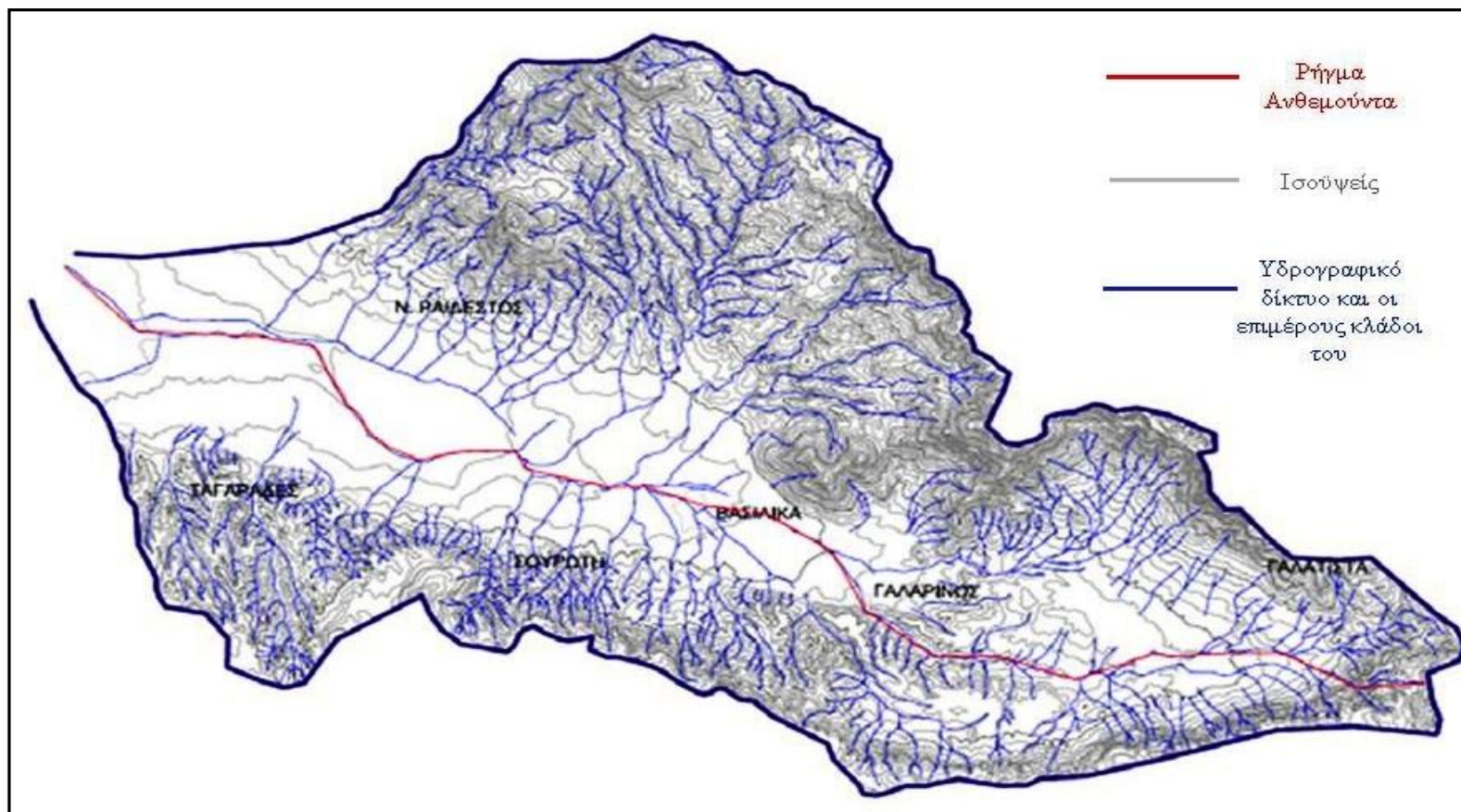
Το υδρογραφικό δίκτυο μιας περιοχής επηρεάζει και διαμορφώνει τη γεωμορφολογία της. Οι μορφές του εξαρτώνται από τα κλιματικά και λιθολογικά στοιχεία της περιοχής, ενώ ο αριθμός των κλάδων του από διάφορους νόμους, οι οποίοι διατυπώθηκαν από τους Horton (1945) και Strahler (1957) (Καζάκης, 2013). Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης του Ανθεμούντα είναι καλά αναπτυγμένο και φτάνει μέχρι τις εκβολές του Θερμαϊκού κόλπου, έχοντας συνολικό μήκος περίπου 37 km (Σχήμα 11). Η λεκάνη του Ανθεμούντα, όπως θ' αναλυθεί και σε επόμενο κεφάλαιο, παρουσιάζει αυξημένο γεωθερμικό ενδιαφέρον. Το γεγονός αυτό οφείλεται και στο ενεργό ρήγμα του Ανθεμούντα, το οποίο διασχίζει πολλές περιοχές της υδρολογικής λεκάνης και απεικονίζεται στο Σχήμα 12.

Στην περιοχή μελέτης του Δήμου Πυλαίας - Χορτιάτη, το μεγαλύτερο γεωθερμικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιοχή του Ασβεστοχωρίου. Κάτι τέτοιο είναι λογικό καθώς στην περιοχή υπάρχει το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου, το οποίο θεωρείται πιθανά ενεργό. Το ρήγμα αυτό είναι κανονικό και το μήκος του φτάνει μέχρι τα 10km. Οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν σε 2 γεωτρήσεις της περιοχής (Γ8 και Γ9 στο χάρτη του Κεφαλαίου 4) και θ' αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο, μαρτυρούν πιθανή γεωθερμική δραστηριότητα που οφείλεται σε αυτό το ρήγμα. Το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου επηρεάζει τους γεωλογικούς σχηματισμούς της περιοχής και έχει προκαλέσει και πολλά προβλήματα κατολισθήσεων στις γύρω περιοχές (από Ζερβοπούλου, 2010). Στο Σχήμα 13 παρουσιάζεται το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου μέσα στην υδρολογική λεκάνη του Δενδροπόταμου, η οποία περικλείει διάφορες από τις περιοχές μελέτης.

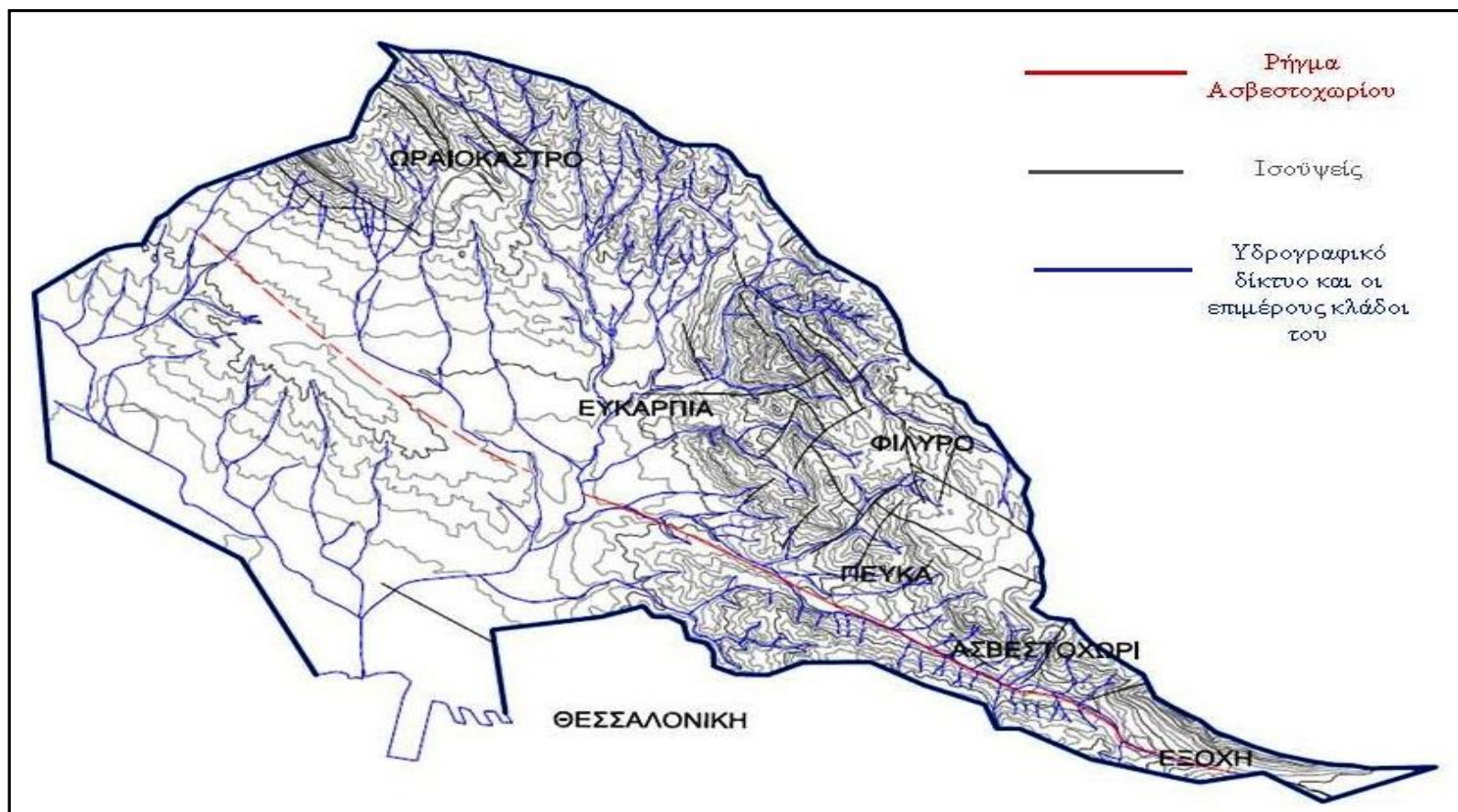
Σχήμα 11 : Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης του Ανθεμούντα με τις ισουψείς και τους κλάδους κατά Strahler (από Καζάκης, 2013)



Σχήμα 12 : Υδρολογική λεκάνη και υδρογραφικό δίκτυο του Ανθεμούντα. Με κόκκινο απεικονίζεται το ρήγμα του Ανθεμούντα και με γκρίζο χρώμα οι ισοϋψείς (από Ζερβοπούλου, 2010, με τροποποιήσεις)

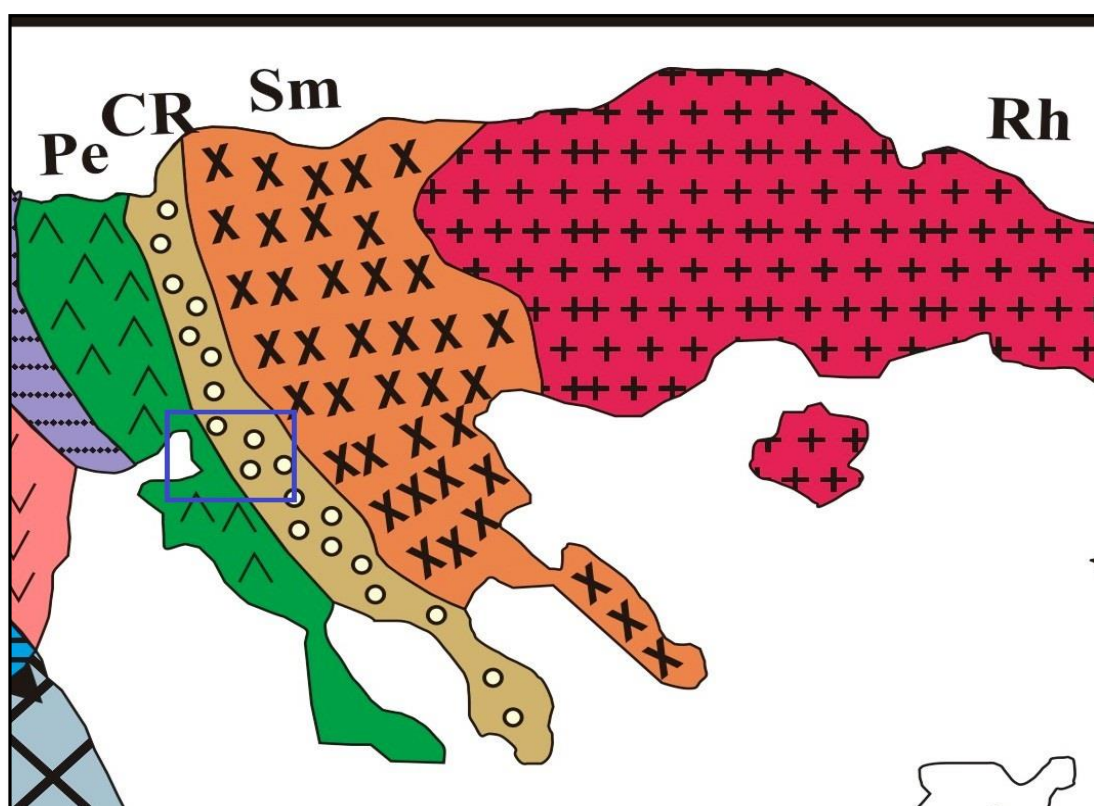


Σχήμα 13 : Υδρολογική λεκάνη και υδρογραφικό δίκτυο του Λενδροπόταμου. Με κόκκινο απεικονίζεται το ρήγμα του Ασβεστοχωρίου και με γκριζο χρώμα οι ισοϋψείς (από Ζερβοπούλου, 2010, με τροποποιήσεις)



### 3.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης εκτείνεται στο όριο τριών γεωτεκτονικών ζωνών, της Περιοδοπικής Ζώνης, της Υποζώνης της Παιονίας (Ζώνη Αξιού) και περιλαμβάνει και ένα πολύ μικρό κομμάτι της Σερβομακεδονικής Μάζας, όπως παρουσιάζεται και στο Σχήμα 14. Η Περιοδοπική Ζώνη και η Υποζώνη της Παιονίας ανήκουν στις Εσωτερικές Ελληνίδες, σε αντίθεση με τη Σερβομακεδονική Μάζα, η οποία αποτελεί τμήμα της Ελληνικής Ενδοχώρας.



**Σχήμα 14 : Χάρτης των Γεωτεκτονικών Ζωνών της Ελλάδας. Με το σύμβολο Rh απεικονίζεται η Μάζα της Ροδόπης, με Sm της Σερβομακεδονικής, με CR της Περιοδοπικής και με Pe η Υποζώνη της Παιονίας. Μέσα σε πλαίσιο παρουσιάζεται η περιοχή έρευνας (από Παπαχρήστου, 2015)**

Η Σερβομακεδονική Μάζα αποτελεί μια ετερόχθονη μάζα από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα και διακρίνεται σε δύο ενότητες : την Ενότητα των Κερδυλλίων και την Ενότητα του Βερτίσκου, η οποία υπέρκειται της Ενότητας των Κερδυλλίων. Η πρώτη συνίσταται κυρίως από μάρμαρα και βιοτιτικούς γνευσίους και η δεύτερη από μιγματίτες, αμφιβολίτες και γνευσίους. Από τεκτονικής

άποψης διακρίνουμε δύο ορογενετικές περιόδους, αλλά και διάφορες φάσεις πτυχώσεων. Η πρώτη ορογενετική περίοδος έλαβε χώρα στο προ-Άνω Παλαιοζωικό, ενώ η δεύτερη στο Ιουρασικό. Η Σερβομακεδονική Μάζα επωθείται πάνω στην ενότητα Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη που ανήκει στην Περιοδοπική Ζώνη (Μουντράκης, 2004).

Η Περιοδοπική Ζώνη αποτελεί την πιο εσωτερική ζώνη των Ελληνίδων, διακρίνεται κυρίως από Αλπικά ιζήματα και χωρίζεται σε τρεις Ενότητες : την Ενότητα Ντεβέ Κοράν - Δουμπιά, την Ενότητα Μελισσοχωρίου - Χολομώντα και την Ενότητα Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη. Η Ενότητα Ντεβέ Κοράν αποτελείται κυρίως, από μετακλαστικά ιζήματα (σχηματισμός Εξαμιλίου) και ηφαιστειοιζηματογενή πετρώματα, η Ενότητα Μελισσοχωρίου - Χολομώντα από το φλύσχη της Σβούλας και η Ενότητα Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη από μαγματικά πετρώματα. Σύμφωνα με την παλαιογεωγραφία της Περιοδοπικής Ζώνης είναι γνωστό πως αποτελούσε, κατά τη διάρκεια του Ιουρασικού, την ηπειρωτική κατώφλεια της Σερβομακεδονικής Μάζας, η οποία κατέληγε σε μια βαθιά αύλακα, περιφερειακά της ηπειρωτικής μάζας (Μουντράκης, 2010). Όσον αφορά την τεκτονική της Περιοδοπικής Ζώνης έχει χαρακτηριστεί από δύο φάσεις πτυχώσεων. Η πρώτη φάση πτυχώσεων οδήγησε στην εμφάνιση ισοκλινών πτυχών και προκάλεσε τη σχιστότητα των πετρωμάτων, ενώ η δεύτερη φάση πτυχώσεων οδήγησε στη δημιουργία πτυχών ανοιχτών, μετα - μεταμορφικών και πτυχών τύπου knick ηλικίας Τριτογενούς.

Η Υποζώνη της Παιονίας αποτελεί τμήμα της Ζώνης του Αξιού και καλύπτεται από νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα. Με τη σειρά της, η Υποζώνη της Παιονίας διακρίνεται σε επτά Ενότητες : την Ενότητα Γευγελής, την Ενότητα Ωραιοκάστρου, την Ενότητα Βαφειοχωρίου, την Ενότητα Αρτζάν, την Ενότητα Άσπρης Βρύσης, την Ενότητα Μεταλλικού και την Ενότητα Λεβεντοχωρίου. Η Παιονία αποτέλεσε μια μεσοζωική αύλακα που συνόρευε προς τα Δυτικά με το ύβωμα του Πάϊκου (Μουντράκης, 2004).

Η λεκάνη του Ανθεμούντα δημιουργήθηκε από τη δράση ενός συστήματος κανονικών ρηγμάτων λόγω των εφελκυστικών τάσεων της περιοχής που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου (Ψιλοβίκος 1977, 1981, Faugetes 1977, Συρίδης 1990, από Καζάκης, 2013). Τα ρήγματα αυτά εμφανίζονται με διάφορες διευθύνσεις και ορισμένα από αυτά έχουν πολύ μεγάλο μήκος. Εντοπίζονται είτε στο υπόβαθρο είτε πολύ πιο επιφανειακά και καλύπτονται από νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα. Το πιο σημαντικό από τα ρήγματα αυτά είναι το ρήγμα του

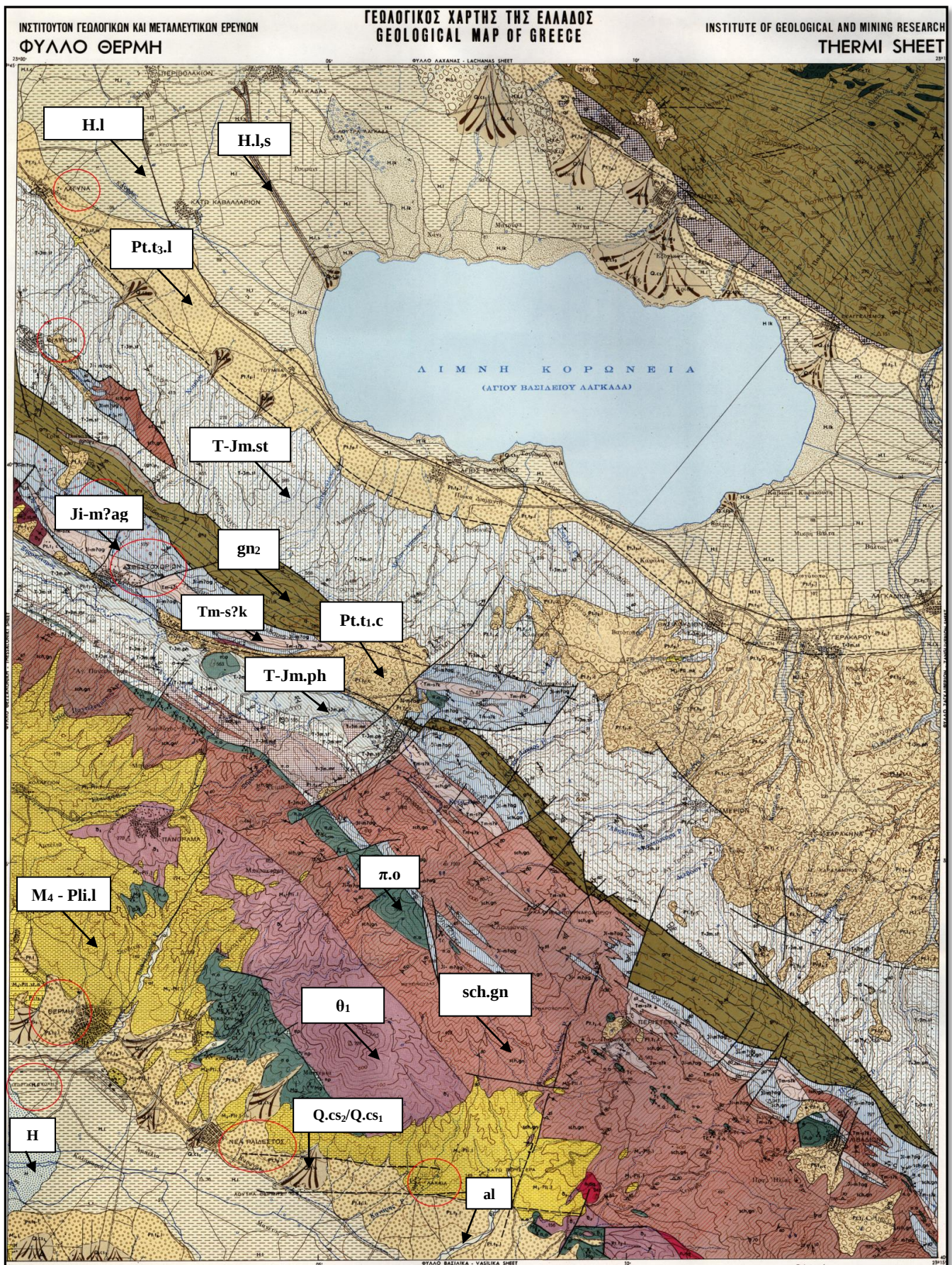
Ανθεμούντα, το οποίο επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό, τις υδρογεωλογικές και γεωθερμικές συνθήκες της περιοχής μελέτης, καθώς διαμορφώνει τα υδροφόρα στρώματα (Καζάκης, 2013).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον, από γεωλογικής άποψης, παρουσιάζουν οι περιοχές της Θέρμης και της Περαιάς της λεκάνης του Ανθεμούντα, αλλά και του Δήμου Πυλαίας - Πανοράματος - Χορτιάτη, οι οποίες αποτέλεσαν τις βασικές περιοχές μελέτης. Επικρατούν διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί, οι οποίοι ανήκουν στις Ζώνες και Ενότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω . Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται περιληπτικά οι κωδικοί των γεωλογικών σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής, έτσι όπως αποτυπώνονται στους γεωλογικούς χάρτες της Θέρμης (Σχήμα 15) και της Θεσσαλονίκης (Σχήμα 16), με τις αντίστοιχες ονομασίες και ηλικίες τους.

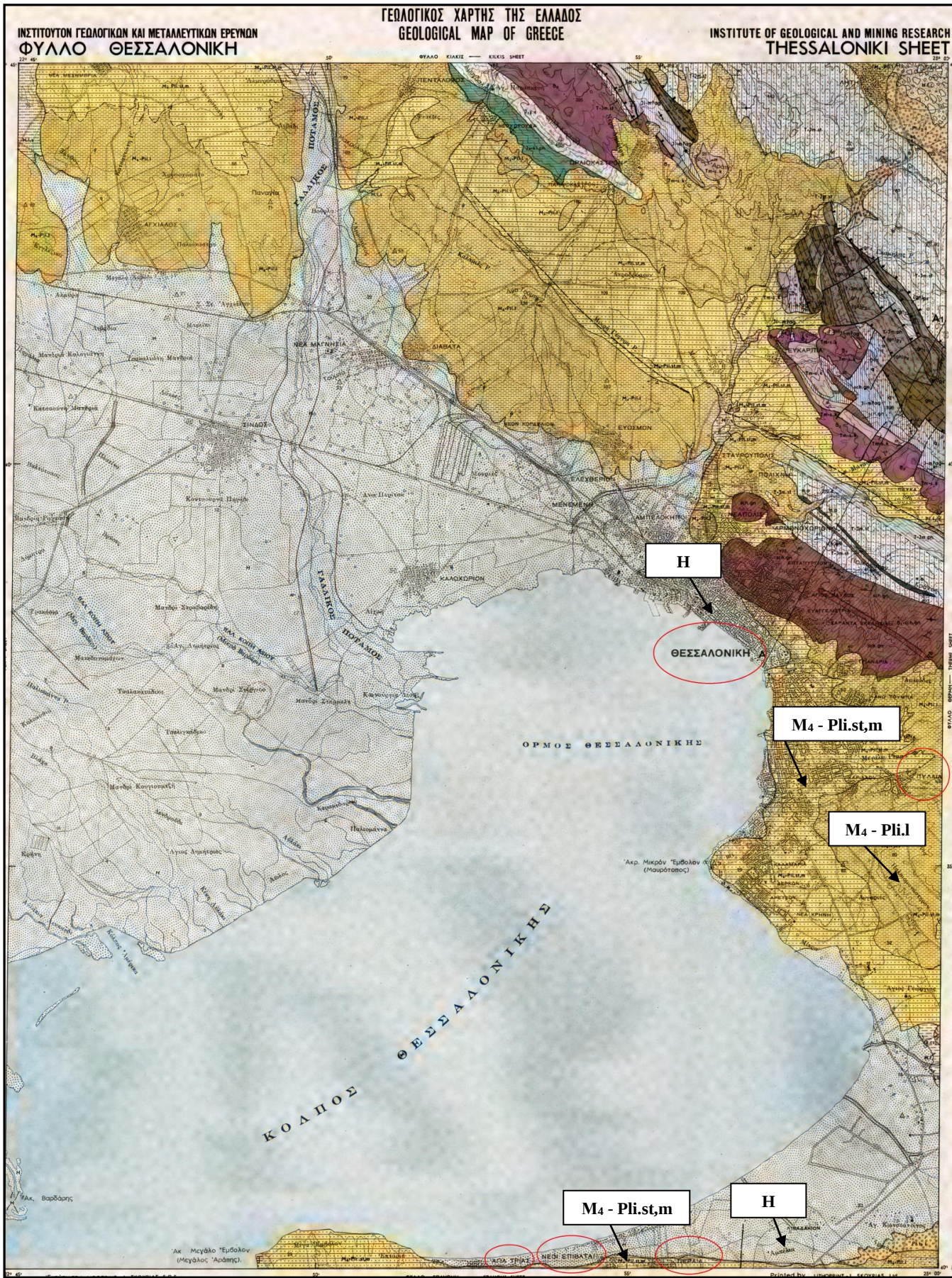
**Πίνακας 3 : Γεωλογικοί σχηματισμοί της ευρύτερης περιοχής μελέτης από το νεότερο στον παλαιότερο.**

| <b>ΗΛΙΚΙΑ</b>       | <b>ΚΩΔΙΚΟΣ</b>                         | <b>ΟΝΟΜΑΣΙΑ</b>                                                                    |
|---------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ΟΛΟΚΑΙΝΟ</b>     | al                                     | Αλλουβιακές Αποθέσεις                                                              |
|                     | H.l,s                                  | Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων                                        |
|                     | H.l                                    | Προσχώσεις κοιλάδων                                                                |
|                     | H                                      | Ολοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες                                                   |
| <b>ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ</b> | Pt.t <sub>3</sub> .l                   | Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων                                                       |
|                     | Pt.t <sub>1</sub> .c                   | Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων                                                        |
|                     | Q.cs <sub>2</sub> /Q.cs <sub>1</sub>   | Ριπίδια προσχώσεων                                                                 |
| <b>ΝΕΟΓΕΝΕΣ</b>     | M <sub>4</sub> - Pl <sub>i</sub> .st,m | Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά                                                              |
|                     | M <sub>4</sub> - Pl <sub>i</sub> .l    | Σειρά ερυθρών αργίλων                                                              |
| <b>ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ</b>    | θ <sub>1</sub>                         | Γάββρος                                                                            |
|                     | Ji-m?ag                                | Αργιλικόι Σχιστόλιθοι                                                              |
|                     | Tm-s?k                                 | Ασβεστόλιθοι ανακρυσταλλωμένοι                                                     |
|                     | T-Jm.st                                | Χαλαζίτες                                                                          |
|                     | T-Jm.ph                                | Φυλλίτες                                                                           |
|                     | sch.gn                                 | Λευκοκρατικός αλβιτικός - σερικιτικός γνεύσιος, Επιγνεύσιοι και Πρασινοσχιστόλιθοι |
|                     | π.ο                                    | Δουνίτες και Περιδοτίτες                                                           |
| <b>ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ</b>  | gn <sub>2</sub>                        | Διμαρμαρυγιακοί Γνεύσιοι                                                           |

Σχήμα 15 : Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής της Θέρμης. Σε κόκκινο κύκλο φαίνονται οι περιοχές, στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις (από Ι.Γ.Μ.Ε., τροποποιημένο)



Σχήμα 16 : Γεωλογικός Χάρτης της περιοχής της Θεσσαλονίκης. Σε κόκκινο κύκλο φαίνονται οι περιοχές, στις οποίες πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις (από Ι.Γ.Μ.Ε., τροποποιημένο)



Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση των σχηματισμών της περιοχής μελέτης, σύμφωνα με τα φύλλα ΓΜΕ της Θέρμης και της Θεσσαλονίκης με κλίμακα 1:50000 :

### **Σχηματισμοί Ολοκαίνου (Τεταρτογενές) :**

- **al** : Αλλουβιακές αποθέσεις : άμμοι, άργιλοι, ψηφίδες, μικρής έκτασης.
- **H.l.s** : Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων : άμμοι, αμμούχες άργιλοι και ψηφίδες.
- **H.I** : Προσχώσεις κοιλάδων : αμμούχες άργιλοι.
- **H** : Ολοκαινικές αποθέσεις αδιαίρετες : παράκτιες αποθέσεις (άμμοι, σύναγμα), προσχώσεις πεδιάδων, ερυθρές άργιλοι με ασβεστιτικά συγκρίματα. Στη βάση επικρατούν κροκαλοπαγή.

### **Σχηματισμοί Πλειστοκαίνου (Τεταρτογενές) :**

- **Pt.t3.l** : Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων : Εντοπίζονται άμμοι και χαλίκια κάτω από αργιλώδες κάλυμμα.
- **Pt.t1.c** : Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων : Αποτελείται από ψηφίδες και κροκάλες με πηλό ή αμμούχα άργιλο.
- **Q.cs2/Q.cs1** : Ριπίδια προσχώσεων διαφορετικής ηλικίας.

### **Σχηματισμοί Νεογενούς :**

- **M4 - Pl.i.st,m** : Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά : Παρατηρούνται άμμοι και κίτρινες μάργες εναλλασσόμενες με κροκαλοπαγή και αμμούχες μάργες. Διασταυρωμένες στρώσεις εντοπίζονται μέσα στην άμμο.
- **M4 - Pl.i.l** : Σειρά ερυθρών αργίλων : ερυθρές έως κεραμόχρωμες ιλυώδεις άργιλοι με μαρμαρυγίες και ασβεστιτικά συγκρίματα.

### Σχηματισμοί Μεσοζωικού :

- **θ<sub>2</sub>** : Γάββρος : Εμφανίζεται χονδρόκοκκος, ουραλιτιωμένος και σωσσυριτιωμένος χωρίς εμφανή σχιστότητα.
- **Ji-m?ag** : Αργιλικοί σχιστόλιθοι ηλικίας K-M. Ιουρασικού της Ενότητας Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη (Μεταϊζηματογενή Πετρώματα) : Πρασινωποί, αμμούχοι και αδιαβάθμητοι ψαμμίτες που μεταβαίνουν πλευρικά σε πράσινους φυλλίτες με γραφίτη. Ανάμεσά τους παρεμβάλλονται παχείς ορίζοντες κερατολίθων και στρώματα μαύρου δολερίτη.
- **Tm-s?k** : Ασβεστόλιθοι ανακρυσταλλωμένοι - Μάρμαρα ηλικίας M-A. Τριαδικού της Ενότητας Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη (Μεταϊζηματογενή Πετρώματα) : Πρόκειται για τεφρογάλανους, συμπαγείς ασβεστόλιθους σε παχειά στρώματα που σχηματίζουν τεκτονικούς φακούς μέσα στη μαγματική σειρά Χορτιάτη.
- **T-Jm.st** : Χαλαζίτες της Ομάδας Σβούλας ηλικίας Τριαδικού - Μ.Ιουρασικού : κοκκινοκάστανοι, λεπτόκοκκοι έως μεσόκοκκοι χαλαζιτικοί ψαμμίτες με ενστρώσεις σκοτεινότεφων φυλλιτών.
- **T-Jm.ph** : Φυλλίτες της Ομάδας Σβούλας ίδιας ηλικίας με τους Χαλαζίτες : Εμφανίζονται σκοτεινότεφροι έως μαύροι με ενστρώσεις χαλαζιτών.
- **sch.gn** : Γνεύσιοι - Επιγνεύσιοι και Πρασινοσχιστόλιθοι της Μαγματικής σειράς Χορτιάτη ηλικίας Μεσοζωικού : Παρουσιάζουν γνευσιακό ή οφθαλμοειδή ιστό και έχουν ηλικία παλαιότερη του γρανοδιορίτη τύπου Σιθωνίας.
- **π.ο** : Περιδοτίτες και Δουνίτες : Έχουν ηλικία παλαιότερη των γάββρων του Λαναρίου και αποτελούνται κυρίως από βερλίτες και βρονζίτες. Συμπληρώνουν μαζί με τους Πυροξενίτες την υπερβασική σειρά, ενώ μέσα στους Δουνίτες παρεμβάλλονται φακοί και ταινίες χρωμίτη. Μέσα στα σχιστώδη σώματα επικρατεί ένας σχηματισμός αντιγοριτικού σχιστόλιθου.

### **Σχηματισμοί Παλαιοζωικού :**

- **gn<sub>2</sub>** : Οι γενέσεις αυτοί ανήκουν στη Σερβομακεδονική Μάζα, στην ενότητα του Βερτίσκου και εμφανίζονται εξαλλοιωμένοι.

## **3.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

### **3.3.1. ΔΗΜΟΣ ΘΕΡΜΗΣ - ΔΗΜΟΣ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ**

Ένα μεγάλο μέρος της περιοχής που πραγματοποιήθηκαν θερμομετρήσεις ανήκει στη λεκάνη του Ανθεμούντα, για την οποία υπάρχουν αρκετά διαθέσιμα υδρογεωλογικά στοιχεία. Μια πρώτη παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι ότι στη λεκάνη περιλαμβάνονται περιοχές με πλούσια υδροφορία, περιοχές με μέτρια καθώς και κάποιες με πολύ μικρή έως αμελητέα υδροφορία.

Οι περιοχές με πλούσια υδροφορία είναι αυτές, οι οποίες καλύπτονται από Τεταρτογενείς γεωλογικούς σχηματισμούς (Ολοκαίνου και Πλειστοκαίνου) όπως είναι άμμοι, άργιλοι, ψηφίδες, ερυθρές άργιλοι με ασβεστιτικά συγκρίματα, χαλίκια, αμμούχες άργιλοι, πηλοί, ριπίδια προσχώσεων και κροκαλοπαγή που συναντώνται στη βάση των σχηματισμών. Αυτοί οι Τεταρτογενείς σχηματισμοί χαρακτηρίζονται από μέση έως μεγάλη υδραυλική αγωγιμότητα. Ακόμη, διάφοροι ανθρακικοί σχηματισμοί όπως τα μάρμαρα κοντά στην επιφάνεια και οι ασβεστόλιθοι αποτελούν πετρώματα με πλούσια υδροφορία και μαζί με τους Ολοκαινικούς και Πλειστοκαινικούς σχηματισμούς παρουσιάζουν αυξημένο γεωθερμικό ενδιαφέρον (Καζάκης, 2013).

Σύμφωνα με στοιχεία που προέκυψαν από γεωτρήσεις στους Νεογενείς σχηματισμούς της λεκάνης (Καζάκης, 2013), υπάρχουν στρώματα με φτωχή υδροφορία, άλλα με μέτρια και ορισμένα με πλούσια υδροφορία. Τα στρώματα με πλούσια υδροφορία εμφανίζονται κυρίως στα χαμηλότερα υψόμετρα στο νότιο τμήμα της λεκάνης. Οι Νεογενείς σχηματισμοί αποτελούνται από κίτρινες άμμους, μάργες εναλλασσόμενες με κροκαλοπαγή, ασβεστόλιθους, ερυθρές αργίλους και ψαμμίτες. Τα Νεογενή και Τεταρτογενή στρώματα, τα οποία εμφανίζουν πλούσια υδροφορία (τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι) οδηγούν στη δημιουργία νέων υδροφόρων οριζόντων, υπό τις κατάλληλες συνθήκες (Καζάκης, 2013).

Οι γάββροι, οι δουνίτες, οι περιδοτίτες, οι σχιστόλιθοι, τα μάρμαρα σε μεγάλα βάθη και γενικότερα τα πυριγενή και μεταμορφωμένα πετρώματα της περιοχής του Ανθεμούντα αποτελούν υδροστεγανούς γεωλογικούς σχηματισμούς και η κυκλοφορία του νερού και των γεωθερμικών ρευστών πραγματοποιείται μόνο σε πιθανές ζώνες διάρρηξης και ρωγμάτωσης.

Οι πορώδεις ή κοκκώδεις υδροφορείς των Τεταρτογενών και Νεογενών στρωμάτων διακρίνονται τόσο σε ελεύθερους όσο και σε υπό-πίεση υδροφορείς. Οι ελεύθεροι υδροφορείς είναι αυτοί που επικρατούν στις περισσότερες περιοχές που έγιναν θερμομετρήσεις και κυρίως στην περιοχή της Περαίας. Αντίθετα, η πλειοψηφία των υπό-πίεση υδροφορέων βρίσκονται κυρίως στην περιοχή του Δήμου Θέρμης και υπόκεινται των ελεύθερων υδροφορέων. Τέλος, ο παρακάτω Πίνακας (Πίνακας 4) παρουσιάζει το συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας  $k$  για τα διάφορα είδη πετρωμάτων που συναντήθηκαν στην περιοχή μελέτης (Καζάκης, 2013).

**Πίνακας 4 : Τιμές του συντελεστή υδραυλικής αγωγιμότητας για διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς.**

| ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ $k$ (m/sec) |
|------------------------|-------------------------------------------------|
| ΑΡΓΙΛΟΣ                | $10^{-9}$                                       |
| ΙΛΥΣ                   | $10^{-9} - 10^{-7}$                             |
| ΑΜΜΟΣ                  | $10^{-6} - 10^{-4}$                             |
| ΧΑΛΙΚΙΑ                | $5 \cdot 10^{-4} - 7 \cdot 10^{-3}$             |

### 3.3.2. ΔΗΜΟΣ ΠΥΛΑΙΑΣ - ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ - ΧΟΡΤΙΑΤΗ

Μετά την εφαρμογή του προγράμματος <<Καλλικράτης>>, σύμφωνα με το οποίο επανακαθορίστηκαν τα όρια των Δήμων και συγχωνεύτηκαν πολλοί από αυτούς, ο Δήμος Πυλαίας - Πανοράματος - Χορτιάτη απέκτησε μεγαλύτερη έκταση. Έτσι, σε αυτόν περιλαμβάνονται σήμερα και οι περιοχές Ασβεστοχωρίου, Πανοράματος και Φιλύρου, στις οποίες επίσης πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις.

Όπως και στη λεκάνη του Ανθεμούντα, οι γεωλογικοί σχηματισμοί που παρουσιάζουν υδρογεωλογικό ενδιαφέρον είναι οι Τεταρτογενείς και οι Νεογενείς

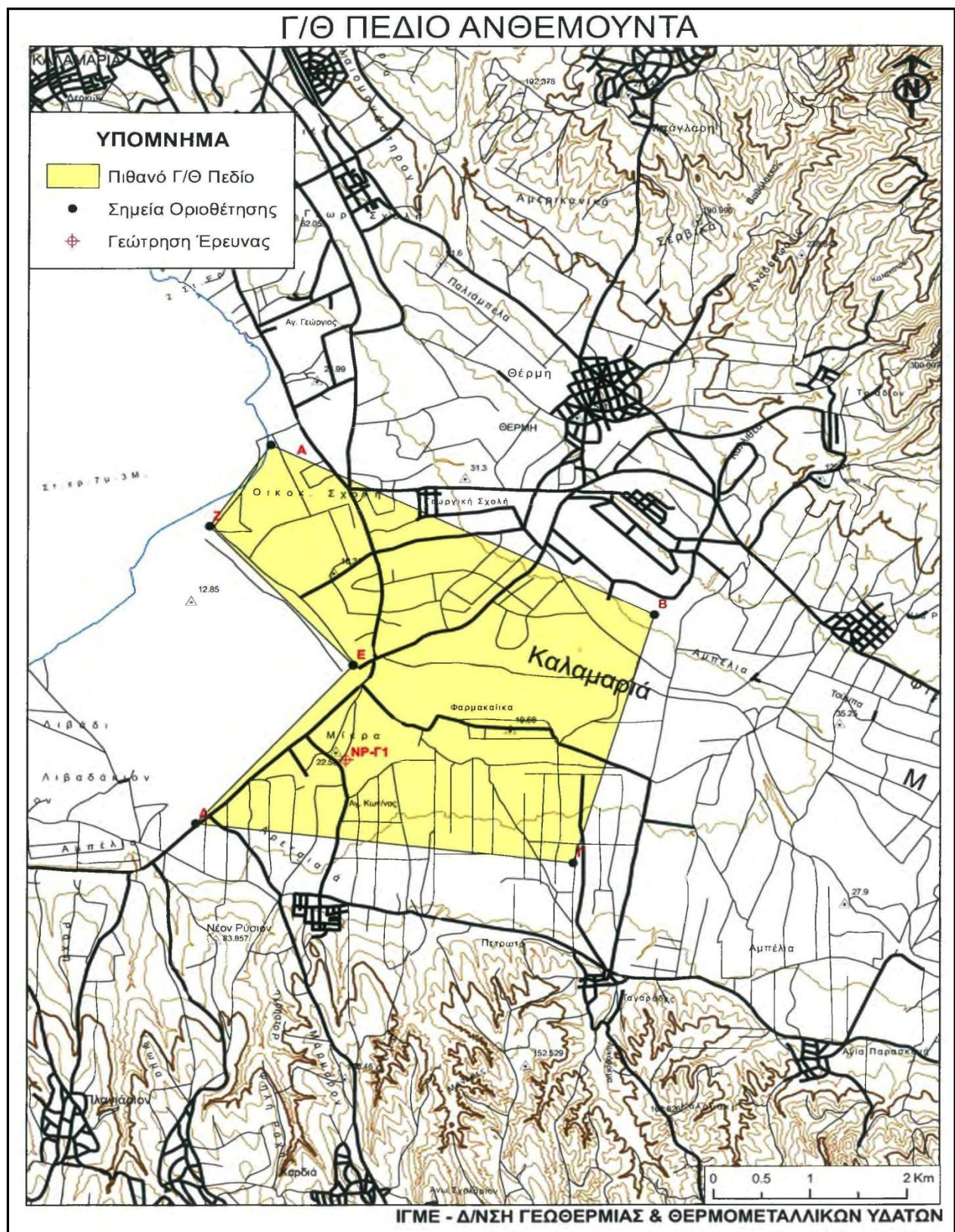
αποθέσεις. Οι πρώτες, παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη εξάπλωση στην περιοχή και μέσα σε αυτούς έχουν βρεθεί ελεύθεροι υδροφόροι ορίζοντες, μεγάλου πάχους, ενώ κάτω από αυτούς βρίσκονται υπό-πίεση υδροφορείς που σε κάποιες περιπτώσεις παρουσιάζουν αρτεσιανισμό. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο Δήμο Πυλαίας ήταν στην πλειονότητά τους σε επιφανειακούς υδροφορείς (περιοχές Ασβεστοχωρίου και Λαγυνών). Σε μία περίπτωση (γεώτρηση Γ5) στην περιοχή Παπά - Μπαχτσέ του Χορτιάτη, συναντήθηκε αρτεσιανισμός.

### 3.4 ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες παραγράφους βέβαιο γεωθερμικό ενδιαφέρον παρουσιάζεται στην περιοχή του Ανθεμούντα. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν άλλωστε και οι θερμές πηγές της Θέρμης και της Αγίας Παρασκευής, ενώ έχει βρεθεί και μικρός αριθμός αναβλύσεων μέσα σε τραβερτινοειδείς αποθέσεις με θερμοκρασία 21-28°C (Ι.Γ.Μ.Ε., 2001). Μέρος της λεκάνης (13km<sup>2</sup>) αποτελεί πιθανό γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας με τα εξής χαρακτηριστικά (σύμφωνα με τη μελέτη του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών) :

- Η θερμοκρασία του γεωθερμικού ταμιευτήρα κυμαίνεται από 25-40°C.
- Το βάθος του ταμιευτήρα είναι μεγαλύτερο από 100m.
- Η παροχή φτάνει τα 15 m<sup>3</sup>/h.
- Τα κύρια χημικά στοιχεία των γεωθερμικών ρευστών είναι το ασβέστιο (Ca), το νάτριο (Na), το αργίλιο (Al), το φθόριο (F), το χλώριο (Cl) και το βόριο (B). Από πλευράς χημικών ενώσεων επικρατούν το ανθρακικό οξύ (HCO<sub>3</sub>) και το οξείδιο του πυριτίου (SiO<sub>2</sub>).

Το πιθανό γεωθερμικό πεδίο με τα χαρακτηριστικά του παρουσιάζεται στο Σχήμα 17.



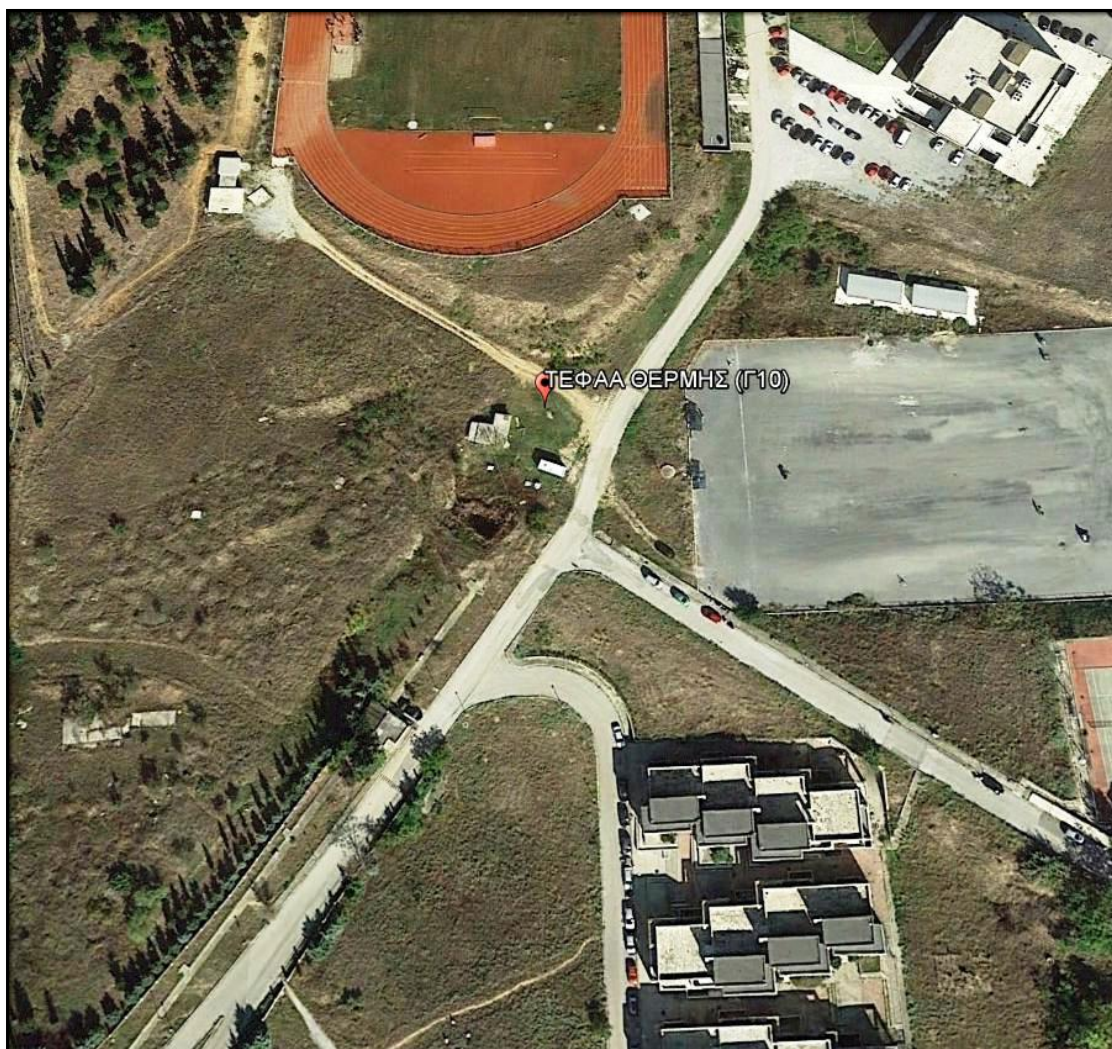
**Σχήμα 17 : Γεωθερμικό Πεδίο της Λεκάνης του Ανθεμούντα σύμφωνα με το Ι.Γ.Μ.Ε.**

Στην περιοχή του πιθανού γεωθερμικού πεδίου του Ανθεμούντα έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες τόσο από το Ι.Γ.Μ.Ε. όσο και από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Αυτές οι μελέτες είχαν ως στόχο τον εντοπισμό των γεωθερμικών ρευστών και τον προσδιορισμό του δυναμικού των πιθανών γεωθερμικών πεδίων. Για την πραγματοποίηση των εργασιών αυτών, μετρήθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. συνολικά 112 γεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης (λεκάνη του Ανθεμούντα) και κατασκευάστηκαν χάρτες ισοθερμικών καμπύλων για τα βάθη 100 και 200 m (Ι.Γ.Μ.Ε, 2001). Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες παρουσιάζουν η περιοχή κοντά στην Αμερικανική Γεωργική Σχολή (21-23°C), η περιοχή των Λουτρών Θέρμης (23-25°C), του Αεροδρομίου, των ΤΕΦΑΑ Θέρμης (23-24°C) και της Ν. Ραιδεστού (19-22,5°C).

Στην ευρύτερη περιοχή του αεροδρομίου, οι θερμομετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. επιβεβαίωσαν την ύπαρξη γεωθερμικού ενδιαφέροντος. Συγκεκριμένα, στην περιοχή του αεροδρομίου οι θερμοκρασίες του νερού που μετρήθηκαν στην κεφαλή των ερευνητικών γεωτρήσεων κυμαίνονταν από 15,5°C έως 21°C, ενώ σε βαθύτερες γεωτρήσεις της περιοχής από 22°C έως 28°C (Ι.Γ.Μ.Ε, 2001). Με στόχο τη χρήση της γεωθερμίας για τον κλιματισμό και τη θέρμανση των κτηρίων του αεροδρομίου "Μακεδονία", ανορύχθηκε μια γεώτρηση μικρής διαμέτρου σε μικρή απόσταση από το αεροδρόμιο. Η γεώτρηση συνάντησε σε βάθος 550 m τους πρώτους θεμούς υδροφόρους ορίζοντες, με τη θερμοκρασία του νερού να φτάνει τους 42-45°C και την ποιότητά του να είναι άριστη. Με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν εκτιμήθηκε πως τα γεωθερμικά ρευστά σε βάθος 600-1000 m θα έχουν θερμοκρασίες 50-70°C. Με αυτόν τον τρόπο επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη θετικής θερμικής ανωμαλίας (Ι.Γ.Μ.Ε, 2001).

Το γεωθερμικό ενδιαφέρον της ευρύτερης περιοχής της λεκάνης του Ανθεμούντα επιβεβαιώνει και η θερμοκρασία του νερού της γεώτρησης των ΤΕΦΑΑ Θέρμης, η οποία στην κεφαλή της γεώτρησης φτάνει την τιμή των 24°C. Η γεώτρηση κατασκευάστηκε μετά από τα ενθαρυντικά αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σχετική μελέτη του Ι.Γ.Μ.Ε., με σκοπό την κάλυψη των αναγκών των κτηρίων του ΤΕΦΑΑ σε κλιματισμό. Αρχικά, η γεώτρηση είχε σα στόχο να φτάσει τα 400-500 m βάθος, όμως το γεωτρήσιμο στα 248 m διέτρησε έναν υπό πίεση υδροφόρο ορίζοντα με νερό πολύ καλής ποιότητας που παρουσίασε αρτεσιανισμό. Μετά από αρκετές δυσκολίες τσιμεντώθηκαν τα τοιχώματα της γεώτρησης και έτσι η διάτρηση συνεχίστηκε μέχρι τα 287 m βάθος (στα 280 - 287 m συνάντησε δεύτερο υδροφόρο

ορίζοντα), όπου και σταμάτησε εξαιτίας της εύρεσης του γεωλογικού οφιολιθικού υποβάθρου, με πολλές διαρρήξεις και των πολύ σοβαρών προβλημάτων που δημιουργήθηκαν από τις μεγάλες ποσότητες νερού που έβγαιναν στην επιφάνεια (Φυτίκας,2000).



**Εικόνα 2 : Θέση της Γεώτρησης Γ10 στις εγκαταστάσεις των ΤΕΦΑΑ Θέρμης**

Η παρουσία μεγάλου αριθμού υδροπερατών σχηματισμών, οι οποίοι μπορούν να παίζουν το ρόλο του γεωθερμικού ταμιευτήρα, σε συνδυασμό με την ύπαρξη ενεργών ρηγμάτων, με κυριότερο το ρήγμα του Ανθεμούντα, καθώς και η κάλυψη των ρηγμάτων αυτών από τους Τεταρτογενείς και Νεογενείς σχηματισμούς επιφέρει τις σωστές προϋποθέσεις για την κυκλοφορία των γεωθερμικών ρευστών και την ανάπτυξη γεωθερμικών συστημάτων χαμηλής ενθαλπίας. Η δημιουργία θερμών πηγών οφείλεται ακριβώς στα ενεργά ρήγματα της περιοχής. Μέσω των ρηγμάτων, τα

θερμά ρευστά έφτασαν στην επιφάνεια δημιουργώντας τις γνωστές θερμές πηγές. Σε αντίθετη περίπτωση, εγκλωβίστηκαν σε κάποιο βάθος οπότε τόσο η εύρεση όσο και η εκμετάλλευσή τους μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την ανόρυξη γεωτρήσεων (Ι.Γ.Μ.Ε, 2001).

Με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα (γεωλογικά, στρωματογραφικά, γεωφυσικά, υδρογεωλογικά), τις υπάρχουσες μελέτες, αλλά και τις θερμοκρασίες του νερού των γεωτρήσεων που μετρήθηκαν στην ευρύτερη περιοχή επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη θερμικής ανωμαλίας, θερμής υδροφορίας και αυξημένης γεωθερμικής βαθμίδας.

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ - ΘΕΡΜΟΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

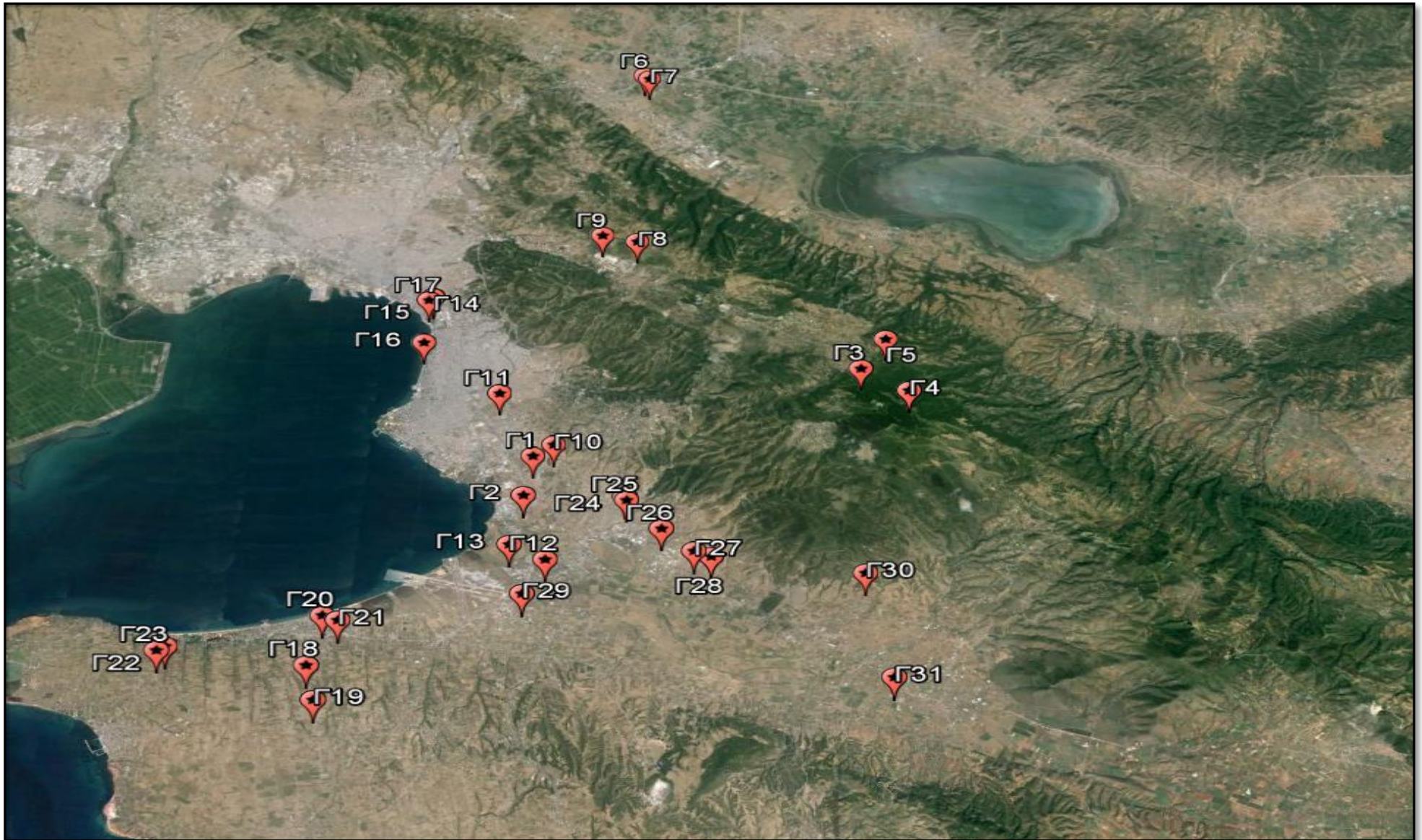
---

### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των θερμομετρήσεων στις γεωτρήσεις των διάφορων Δήμων δεν αντιμετωπίστηκαν ιδιαίτερα σημαντικά προβλήματα, χωρίς ωστόσο να απουσιάζουν κάποιες δυσκολίες. Ορισμένες από αυτές, εντοπίστηκαν στο γεγονός πως κάποιες γεωτρήσεις ήταν εκτός λειτουργίας για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα και δεν κατέστη δυνατή η μέτρηση. Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια, θερμομετρήσεις έγιναν σε γεωτρήσεις του Δήμου Θεσσαλονίκης, του Δήμου Θερμαϊκού, του Δήμου Θέρμης, του Δήμου Πυλαίας - Πανοράματος - Χορτιάτη, αλλά και σε αρκετές γεωτρήσεις ιδιωτικών φορέων, οι οποίοι ανήκουν στους παραπάνω Δήμους. Συνολικά, μετρήθηκε η θερμοκρασία σε 31 γεωτρήσεις. Στον χάρτη του σχήματος 18 παρουσιάζονται οι θέσεις των γεωτρήσεων που μετρήθηκαν με σκοπό τη συλλογή πληροφοριών για τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην περιοχή έρευνας.

Ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των εργασιών υπαίθρου και κατά περίπτωση των χαρακτηριστικών των γεωτρήσεων, όπου αυτό κατέστη δυνατό.

Σχήμα 18 : Θέσεις των γεωτρήσεων που μετρήθηκαν.



## 4.2 ΔΗΜΟΣ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ

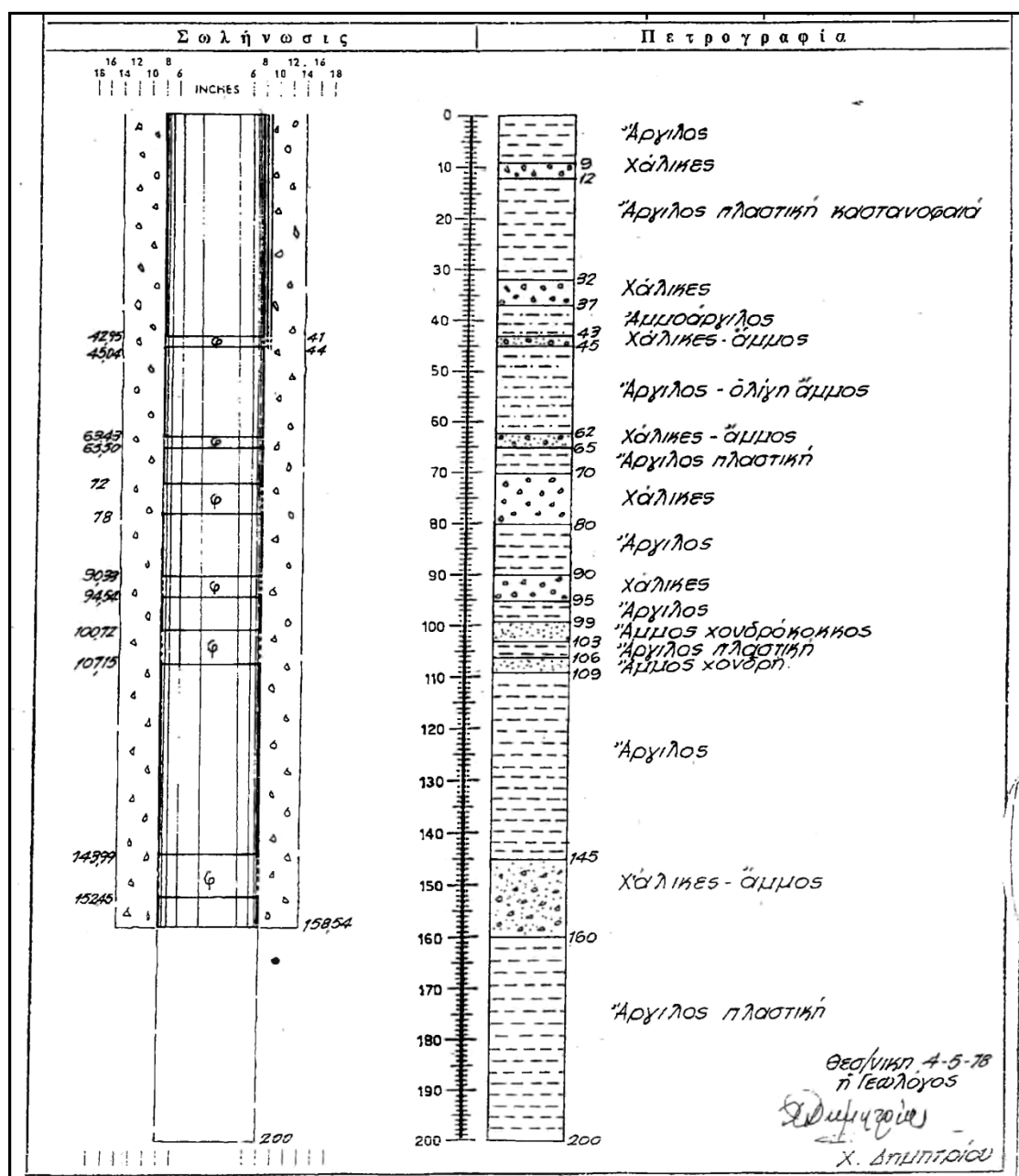
Ο Δήμος Θερμαϊκού αποτέλεσε έναν από τους πιο ενδιαφέροντες Δήμους σε γεωθερμικό επίπεδο. Έγιναν μετρήσεις σε 6 γεωτρήσεις της περιοχής. Παρακάτω παρουσιάζονται πιο αναλυτικά οι γεωτρήσεις, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τη συγκεκριμένη έρευνα.

- **Δημοτική Γεώτρηση Βονοφάκου (Γ21)**

Η γεώτρηση αυτή έχει 200 μέτρα βάθος και παροχή που φτάνει τα 60 m<sup>3</sup>/h. Κατά την ανόρυξή της οι πιο σημαντικοί γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντήθηκαν ήταν άργιλος, άμμος και χαλίκια, ενώ υδροφορία συναντήθηκε εκεί που τοποθετήθηκαν τα φίλτρα της γεώτρησης (41-44 m, 63,43-65,5 m, 72-78 m κ.ο.κ.) όπως παρουσιάζεται και στη λιθολογική τομή του Σχήματος 19. Η θερμοκρασία του νερού έφτασε τους 21,2°C. Η ποιότητα του νερού, σύμφωνα με χημικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί και ορισμένες από αυτές παρουσιάζονται στο **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ)**, είναι καλή, καθώς η παρουσία χλωριούχων είναι ασήμαντη. Τα θειικά και τα νιτρικά ιόντα συναντούνται επίσης σε χαμηλές περιεκτικότητες μέσα στο νερό, όπως και ο σίδηρος και το μαγγάνιο, ενώ το pH του νερού έχει τιμή 7,7.



**Εικόνα 3 : Φωτογραφία από τη διαδικασία μέτρησης του νερού της γεώτρησης Βονοφάκου με το ειδικό ηλεκτρονικό θερμόμετρο**



**Σχήμα 19 : Λιθολογική τομή της γεώτρησης Βονοφάκου (από Δ.Ε.Υ.Α.Θεσσαλίας)**

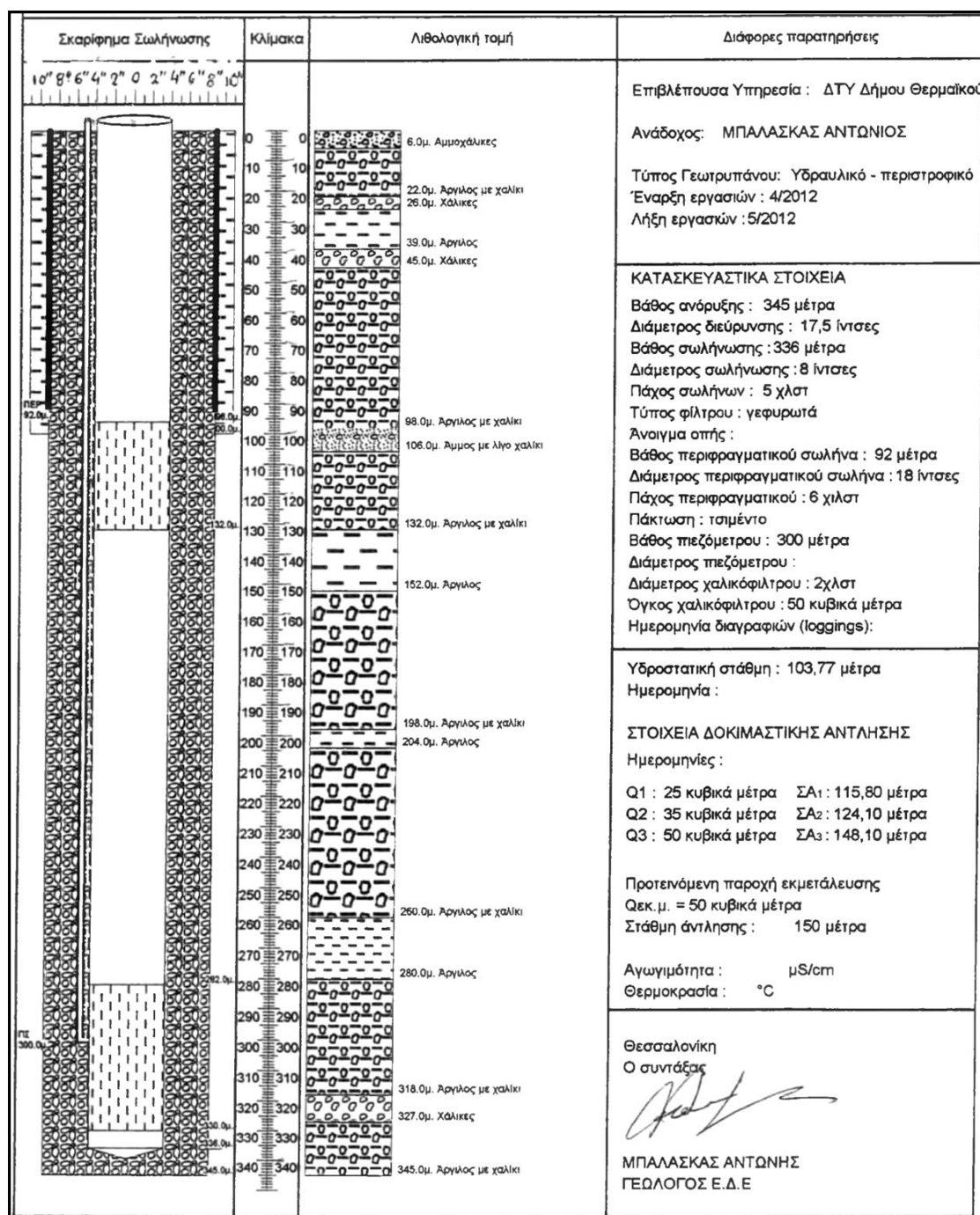
- Δημοτική Γεώτρηση Ερμήδη (Γ18)**

Η γεώτρηση της περιοχής Ερμήδη αποτελεί μια πρόσφατη ανορυχθείσα γεώτρηση με σκοπό να καλύψει τις αυξανόμενες υδατικές ανάγκες της περιοχής. Η γεώτρηση έφτασε μέχρι τα 350 μέτρα βάθος, ενώ η προτεινόμενη παροχή

εκμετάλευσης τα 50 m<sup>3</sup>/h. Η θερμοκρασία του νερού της γεώτρησης μετρήθηκε στους 22,4°C. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντήθηκαν ήταν κυρίως άργιλοι και χαλίκια, ενώ υδροφορία συναντήθηκε στα 96-132 m και στα 282-330 m, όπως παρουσιάζεται και στη λιθολογική τομή της γεώτρησης στο Σχήμα 20. Η ποιότητα του νερού θεωρείται πολύ καλή με ασήμαντη παρουσία χλωριόντων και μικρές περιεκτικότητες σε θειικά και νιτρικά ιόντα. Αυξημένη ωστόσο, εμφανίζεται η παρουσία του νατρίου (κάτω βέβαια από το Νόμιμο Όριο των 200mg/l), όπως φαίνεται και στο **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ)** της συγκεκριμένης γεώτρησης. Το pH του νερού έχει τιμή 7,8.



**Εικόνα 4 : Φωτογραφία από τη μέτρηση του νερού της γεώτρησης του Ερμήδη**



**Σχήμα 20 : Λιθολογική τομή και κατασκευαστικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης Ερμύδη (από Δ.Ε.Υ.Α.Θερμαϊκού)**

### • Δημοτική Γεώτρηση Γάτσου (Γ20)

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού σε αυτή την περίπτωση έγινε από τη δεξαμενή του Δημαρχείου, η οποία βρίσκεται σε απόσταση 200 m από τη γεώτρηση και μέσω σωληνώσεων το νερό προωθείται στη συγκεκριμένη δεξαμενή. Το βάθος

της είναι 240 m και οι γεωλογικοί σχηματισμοί που διατρήθηκαν είναι άργιλος, άμμος, χαλίκια και μικροκροκαλοπαγή. Η παροχή της γεώτρησης φτάνει τα 45 m<sup>3</sup>/h, ενώ το αντλητικό συγκρότημα τοποθετήθηκε στα 115 m βάθος. Η θερμοκρασία του νερού της γεώτρησης μετρήθηκε στους 20,7°C. Το pH του νερού έχει τιμή 7,7. Σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις (**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**) η ποιότητά του είναι καλή παρά την αυξημένη παρουσία άμμου που αντιμετωπίστηκε με την τοποθέτηση κατάλληλων φίλτρων. Τα θειικά και τα νιτρικά ιόντα υπάρχουν σε μικρές ποσότητες.



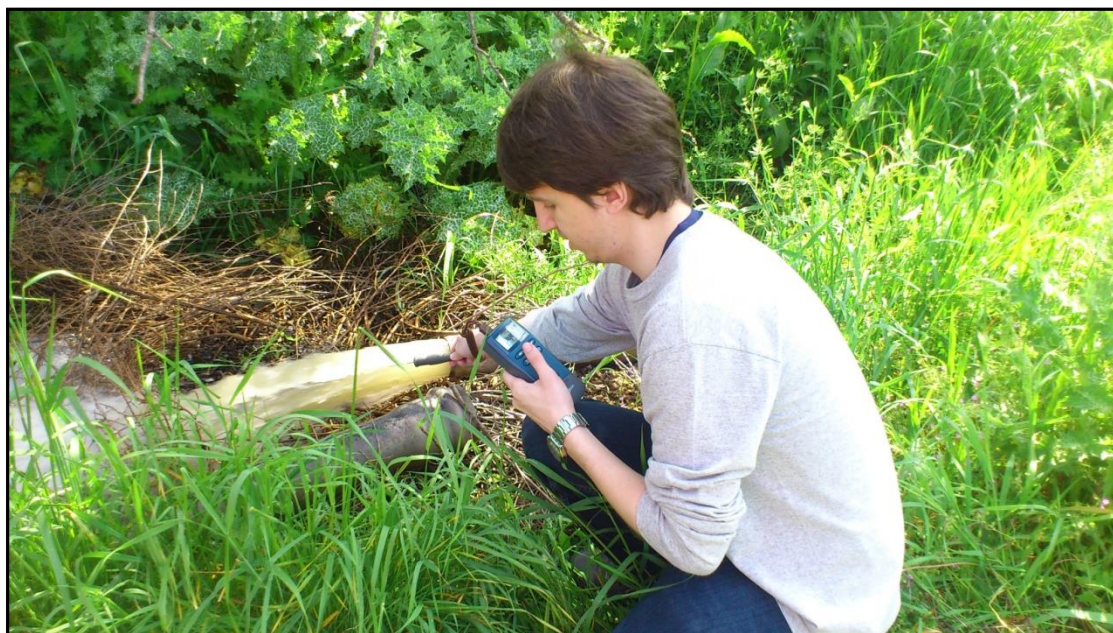
**Εικόνα 5 : Φωτογραφία της δεξαμενής της γεώτρησης από την οποία μετρήθηκε η θερμοκρασία του νερού**

- **Δημοτική Γεώτρηση Υπερήφανο (Γ19)**

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού της γεώτρησης αυτής πραγματοποιήθηκε από τη δεξαμενή, στην οποία διοχετεύεται το νερό και βρίσκεται σε απόσταση 2 km από τη γεώτρηση Υπερήφανο (στη θέση Ραντάρ). Η θερμοκρασία που μετρήθηκε στη δεξαμενή έχει τιμή 19,6°C και η παροχή της φτάνει τα 45 m<sup>3</sup>/h. Ωστόσο λόγω της μεγάλης απόστασης από τη γεώτρηση δε μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τη θερμοκρασία στη θέση της γεώτρησης.

- **Δημοτικές Γεωτρήσεις στη περιοχή Αγία Τριάδα - Κερασιά - Αμπελόκηποι (Γ22 και Γ23)**

Οι 2 αυτές γεωτρήσεις βρίσκονται σχεδόν στην ίδια τοποθεσία (όριο Αγίας Τριάδας - Κερασιάς) και χρησιμοποιούνται για υδρευτικούς και για αρδευτικούς σκοπούς. Το βάθος τους φτάνει τα 298 m περίπου, η παροχή τους τα 60 m<sup>3</sup>/h. Η θερμοκρασία στη μία γεώτρηση (Γ-22) έχει τιμή 24,9°C και στη δεύτερη (Γ-23) 25,1°C, γεγονός που κατατάσσει τα νερά στο όριο χαμηλής θερμοκρασίας, ενώ είναι πιθανή η ύπαρξη μεγαλύτερων θερμοκρασιών σε μεγαλύτερο βάθος. Η ποιότητα του νερού είναι πολύ καλή και στις δύο περιπτώσεις με ασήμαντη παρουσία χλωριόντων.



**Εικόνα 6 : Φωτογραφία από τη γεώτρηση με θερμοκρασία 24,9°C, στην περιοχή Αγίας Τριάδας - Κερασιάς**



**Εικόνα 7 : Φωτογραφία από τη γεώτρηση με θερμοκρασία 25,1°C στην περιοχή Αγίας Τριάδας - Κερασιάς - Αμπελόκηποι**

#### **4.3 ΔΗΜΟΣ ΘΕΡΜΗΣ**

Στο Δήμο Θέρμης πραγματοποιήθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός θερμομετρήσεων (13). Οι μετρήσεις έγιναν τόσο σε δημοτικές γεωτρήσεις όσο και σε γεωτρήσεις ιδιωτικών φορέων όπως είναι το Καζίνο Hyatt, το Ξενοδοχείο Hyatt και η Αμερικανική Γεωργική Σχολή. Επίσης, έγινε μέτρηση στη γεώτρηση του κτηρίου των ΤΕΦΑΑ Θέρμης.

- **Δημοτικές Γεωτρήσεις Εργοταξίου (Γ24) - Θερμοκηπίου (Γ25)**

Οι πρώτες δύο γεωτρήσεις μετρήθηκαν στο ίδιο χώρο (στη δεξαμενή του Εργοταξίου της περιοχής Τριαδίου) και απέχουν η μία από την άλλη 100-150 m. Η γεώτρηση του Εργοταξίου έχει 161 m βάθος, παροχή 20 m<sup>3</sup>/h και θερμοκρασία 20,6°C. Η ποιότητα του νερού της γεώτρησης είναι πολύ καλή και το pH του νερού έχει τιμή 8. Η γεώτρηση του Θερμοκηπίου έχει 294 m βάθος και παροχή 55 m<sup>3</sup>/h και

θερμοκρασία 21,7°C. Η ποιότητα του νερού είναι και εδώ πολύ καλή, με ασήμαντη παρουσία χλωριόντων και νατρίου, ενώ το pH του νερού κυμαίνεται και πάλι στην τιμή των 8 - 8,1. Συνδυάζοντας τα παραπάνω στοιχεία και λόγω του μεγαλύτερου βάθους της γεώτρησης του Θερμοκηπίου, της μεγαλύτερης τιμής θερμοκρασίας, καθώς και της μικρής απόστασης που τις χωρίζει, γίνεται αντιληπτό πως σε μεγαλύτερα βάθη είναι πιθανός ο εντοπισμός υψηλότερων θερμοκρασιών και γεωθερμικού ενδιαφέροντος. Παρακάτω παρουσιάζεται μια φωτογραφία που δείχνει τη μέτρηση των θερμοκρασιών του νερού των δύο γεωτρήσεων μέσα στο Εργοτάξιο.



**Εικόνα 8 : Φωτογραφία όπου απεικονίζεται η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού της γεώτρησης Γ25 και στο δεξιό σωλήνα έγινε μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού της γεώτρησης Γ24**

- **Δημοτική Γεώτρηση Interbeton στο Τριάδι (Γ26)**

Η γεώτρηση αυτή έχει βάθος που φτάνει τα 243 m, ενώ η παροχή είναι 60 m<sup>3</sup>/h. Η θερμοκρασία της γεώτρησης φτάνει τους 20°C. Η ποιότητα του νερού είναι και σε αυτήν την περίπτωση πολύ καλή με ασήμαντη την παρουσία χλωριόντων και θεικών ιόντων και το pH του νερού είναι περίπου 7,9.

- Δημοτικές Γεωτρήσεις Χυμπέ (Γ27) και Χριστοφόρου (Γ28) στη Ν.Ραιδεστό

Οι γεωτρήσεις αυτές βρίσκονται στην περιοχή της Νέας Ραιδεστού και απέχουν σχετικά μικρή απόσταση μεταξύ τους και τα βάθη, οι παροχές και οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν έχουν παρόμοιες τιμές. Η γεώτρηση Γ27 έχει βάθος 270 m, 40 m<sup>3</sup>/h παροχή και θερμοκρασία νερού 22,3°C, ενώ η ποιότητα του νερού θεωρείται καλή με ασήμαντη την παρουσία χλωριόντων. Το pH του νερού έχει τιμή γύρω στο 8. Η γεώτρηση Γ28 ανορύχθηκε μέχρι τα 246 m βάθος, η παροχή είναι ίδια με της γεώτρησης Γ27 (40 m<sup>3</sup>/h) και η θερμοκρασία που μετρήθηκε έφτασε τους 22,6°C. Η ποιότητα του νερού θεωρείται πολύ καλή με ασήμαντη την παρουσία χλωριούχων και νιτρικών ιόντων. Το νερό της γεώτρησης Γ28 έχει pH 8,1 και είναι άοσμο. Πιο αναλυτικά στοιχεία παρουσιάζονται στο **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ)**.



**Εικόνα 9 : Φωτογραφία με μέτρηση της γεώτρησης Χυμπέ στη Νέα Ραιδεστό.**



**Εικόνα 10 : Φωτογραφία με τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού στη γεώτρηση Χριστοφόρου της Νέας Ραιδεστού.**

- **Δημοτική Γεώτρηση στο Ν.Ρύσιο (Γ29)**

Η γεώτρηση αυτή έχει βάθος 174 m και παροχή που φτάνει τα 70 m<sup>3</sup>/h. Η τιμή της θερμοκρασίας του νερού αγγίζει τους 20,4°C, ενώ η ποιότητά του θεωρείται πολύ καλή με μικρή έως ασήμαντη παρουσία χλωριόντων. Τα νιτρικά ιόντα βρίσκονται σε μικρές περιεκτικότητες και το pH είναι 7,6. Το νερό της γεώτρησης είναι άοσμο και άγευστο, γεγονός που, σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά του, το καθιστά πόσιμο (βλέπε ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ).

- **Δημοτικές Γεωτρήσεις Λακκιά (Γ30) και Πιπινίκα 1 (Γ31) στα Βασιλικά**

Το νερό της γεώτρησης Πιπινίκα 1 (Γ31), που φθάνει σε βάθος 150 m, είναι πολύ καλής ποιότητας η θερμοκρασία του όμως είναι χαμηλή (17,8°C). Στην περιοχή της Λακκιάς η γεώτρηση Γ30 έχει 168 m βάθος και θερμοκρασία που φτάνει τους 21,2°C. Η παροχή της γεώτρησης είναι 25 m<sup>3</sup>/h, ενώ η ποιότητα του νερού θεωρείται πολύ καλή με ασήμαντη την παρουσία χλωριούχων ιόντων. Το pH του νερού έχει τιμή

7,4 και το νερό είναι άοσμο και άγευστο σύμφωνα με τη Χημική Ανάλυση της γεώτρησης.

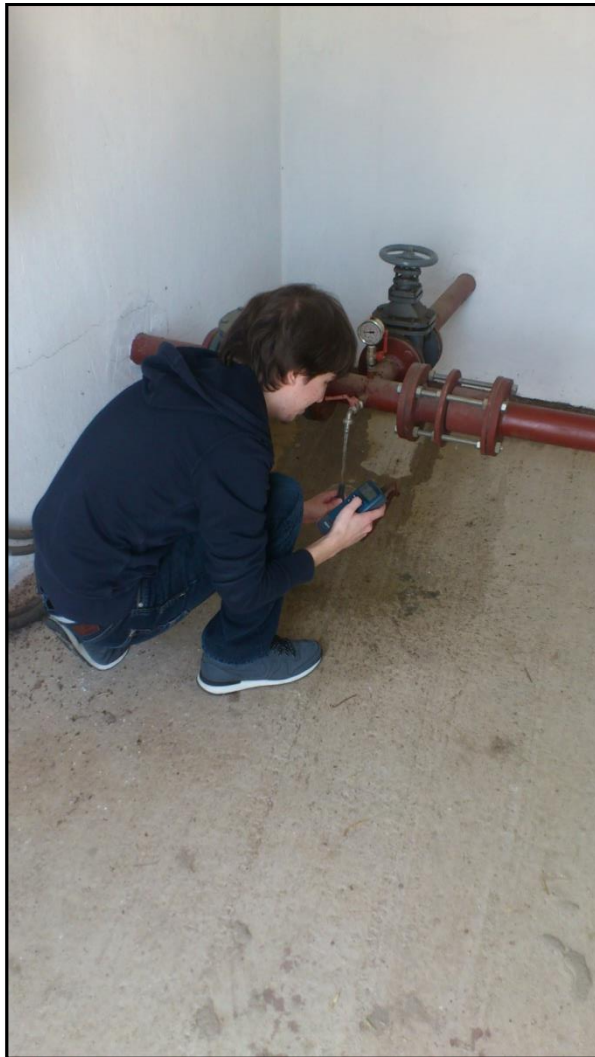


**Εικόνα 11 : Φωτογραφία από τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού στην περιοχή της Λακκιάς**

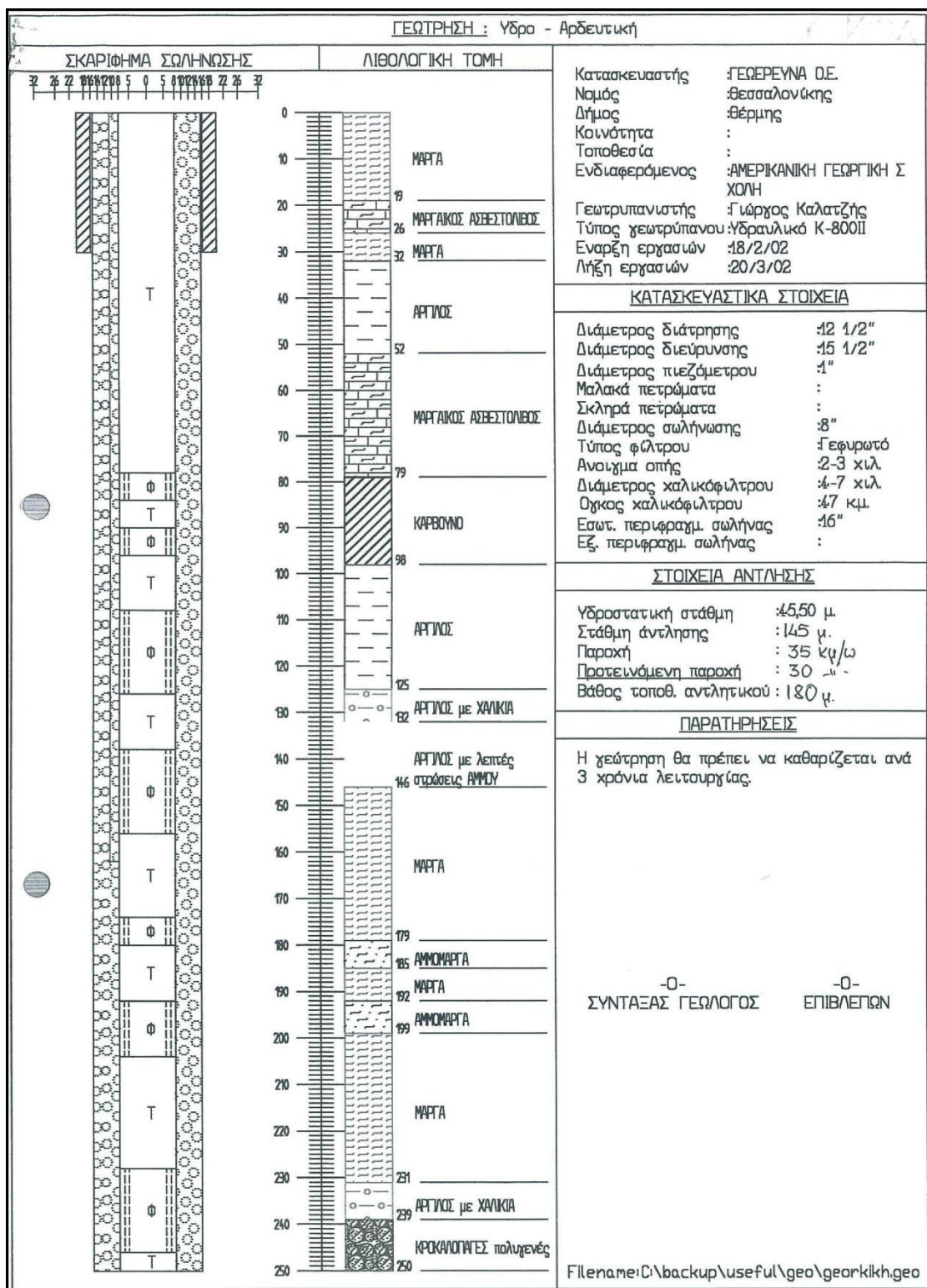
- **Ιδιωτικές Γεωτρήσεις Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής (Γ1 και Γ2)**

Στην Αμερικανική Γεωργική Σχολή μετρήθηκαν 2 γεωτρήσεις (Γ1 και Γ2), οι οποίες παρουσίασαν αυξημένο γεωθερμικό ενδιαφέρον και ιδιαίτερα η γεώτρηση Γ1, λόγω της θερμοκρασίας του νερού που μετρήθηκε στους 29,2°C, τιμή που δείχνει πως πρόκειται για περίπτωση γεωθερμικών ρευστών - νερών χαμηλής ενθαλπίας. Η συγκεκριμένη γεώτρηση έχει βάθος 380 m και συνάντησε διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς όπως μάργες, άργιλους, μαργαϊκούς ασβεστόλιθους κλπ. Αναλυτικότερα οι γεωλογικοί σχηματισμοί παρουσιάζονται στο Σχήμα 21, όπως επίσης και οι υδροφόροι ορίζοντες που φαίνονται από την τοποθέτηση των φίλτρων σε διάφορα βάθη. Εκτός από την αυξημένη θερμοκρασία, η ποιότητα του νερού εμφανίζεται ως πολύ καλή (**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ**), με ασήμαντη την παρουσία χλωριόντων. Ακόμη, το pH προσδιορίστηκε στην τιμή 8,2 και η παροχή της γεώτρησης στα 35 m<sup>3</sup>/h. Η γεώτρηση Γ2 ανορύχθηκε σε βάθος 170 m και

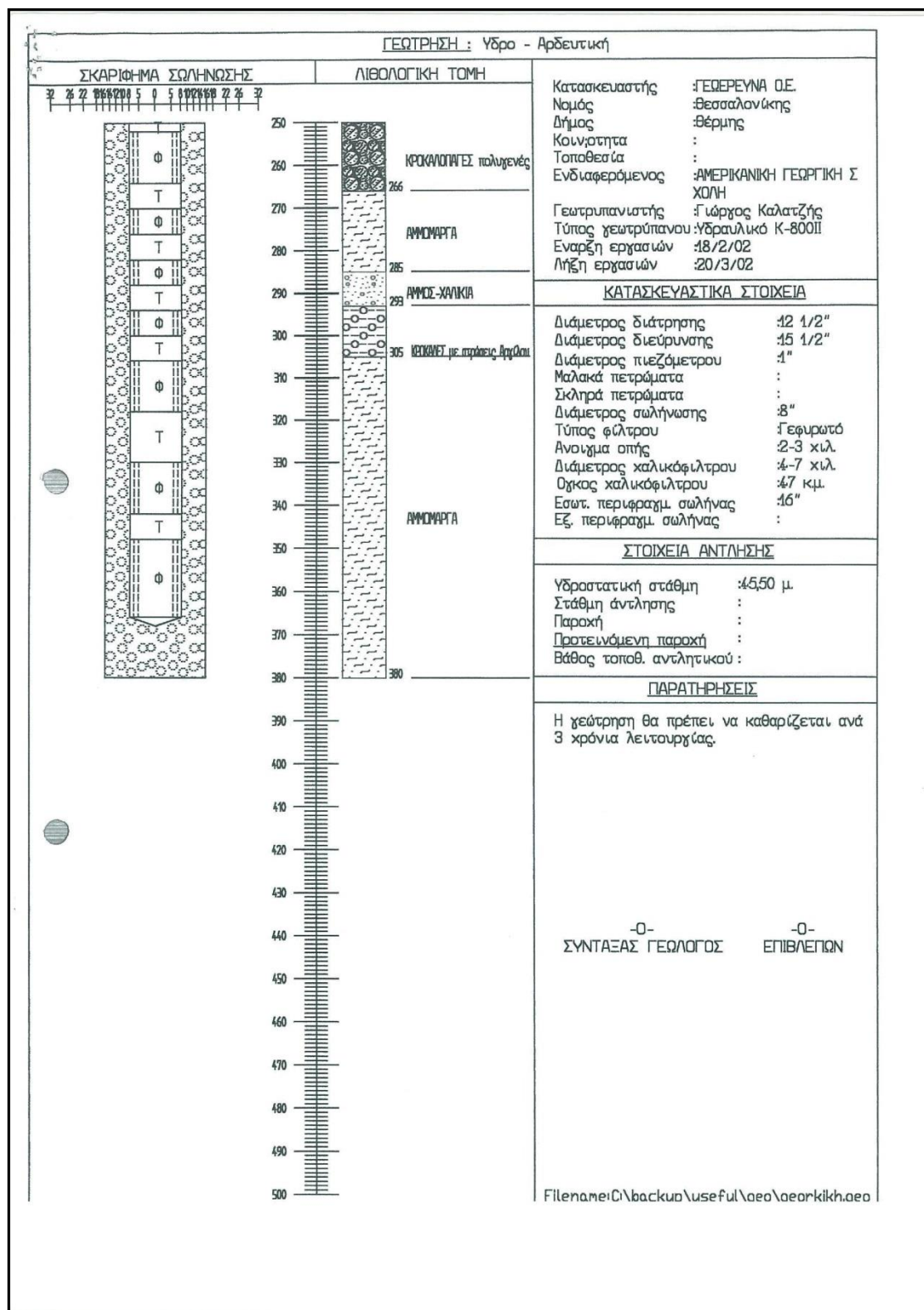
παρουσίασε θερμοκρασία 21,5°C. Η παροχή της φτάνει τα 30 m<sup>3</sup>/h, ωστόσο η ποιότητα του νερού δεν είναι πολύ καλή καθώς η παρουσία χλωριούχων ιόντων είναι αρκετά αυξημένη. Το pH του νερού έχει τιμή 8,1 όπως φαίνεται και στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ).



Εικόνα 12 : Φωτογραφία από τη μέτρηση της θερμοκρασίας της γεώτρησης Γ1



**Σχήμα 21 : Λιθολογική τομή γεώτρησης Γ1 Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής (από ΓΕΩΕΡΕΥΝΑ Ο.Ε.)**

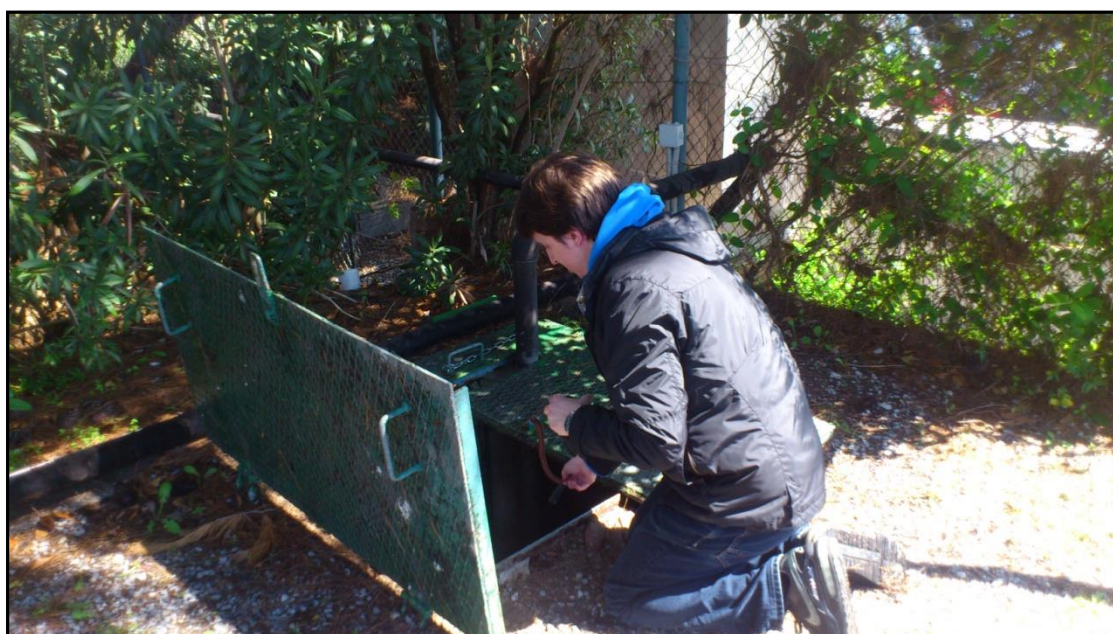


**Σχήμα 21 (συνέχεια): Λιθολογική τομή γεώτρησης Γ1 Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής (από ΓΕΩΡΕΥΝΑ Ο.Ε.)**

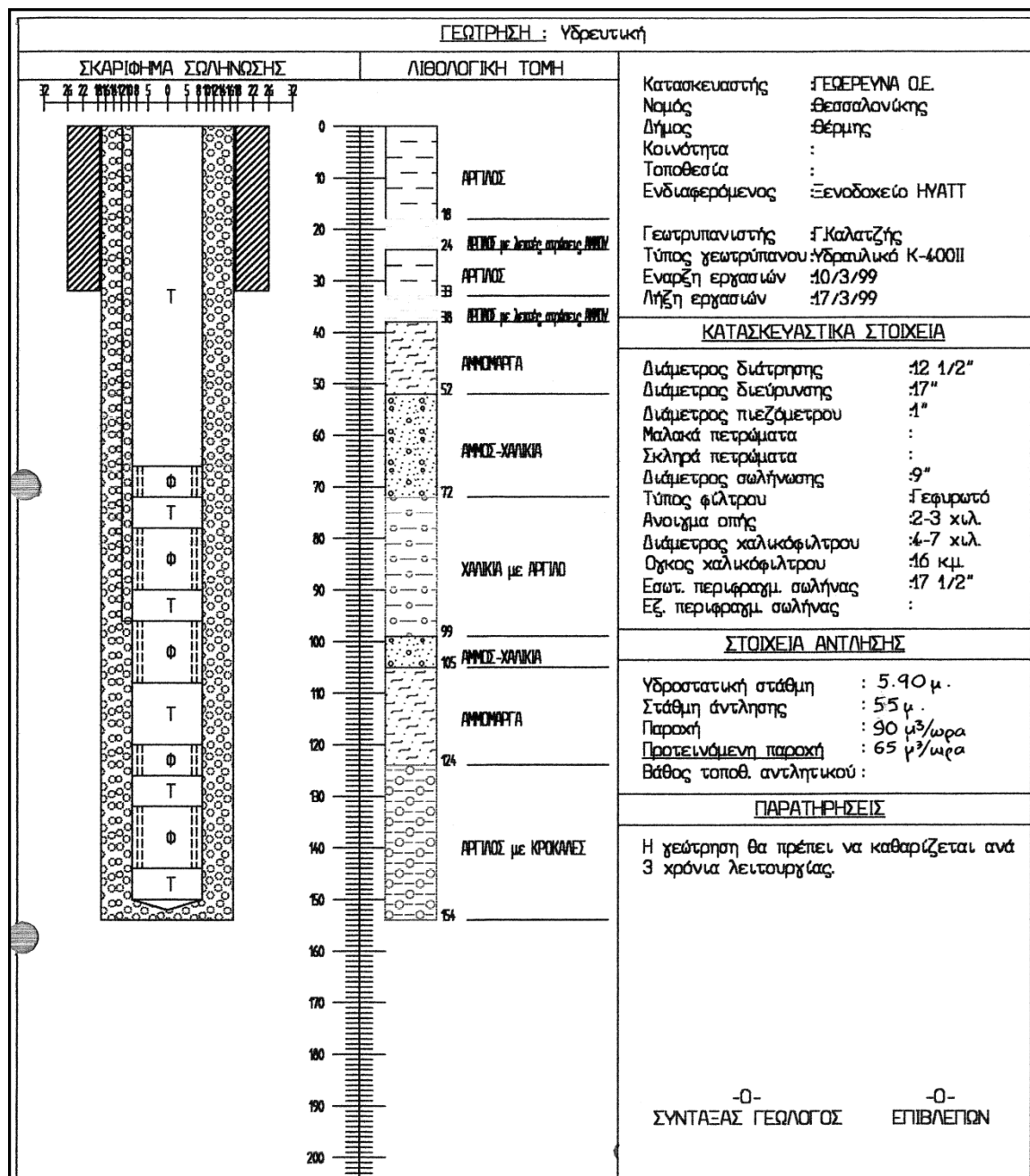
- **Ιδιωτικές Γεωτρήσεις Ξενοδοχείου Hyatt (Γ12) και Καζίνο Hyatt (Γ13)**

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις γεωτρήσεις του Ξενοδοχείου και του Καζίνο Hyatt έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον επειδή βρίσκονται εντός του γεωθερμικού πεδίου του Ανθεμούντα. Υδροφορίες και στις δύο γεωτρήσεις συναντήθηκαν σε διάφορα βάθη, όπως παρουσιάζεται και από την τοποθέτηση των φίλτρων στο Σχήμα 22 και στο Σχήμα 23. Η θερμοκρασία του νερού στη γεώτρηση του Ξενοδοχείου Hyatt (Γ12) έχει τιμή 20,5°C. Το βάθος της γεώτρησης είναι 154 m. Η ποιότητα του νερού είναι πολύ καλή, με ασήμαντη την παρουσία χλωριόντων, ενώ η παροχή της γεώτρησης φτάνει τα 35 m<sup>3</sup>/h. Το pH του νερού είναι 7,8.

Η γεώτρηση του Καζίνο Hyatt (Γ13) έχει θερμοκρασία 19,4°C, βάθος 146 m και παροχή 25 m<sup>3</sup>/h. Σε μεγαλύτερο βάθος και λόγω της ύπαρξης του πιθανού γεωθερμικού πεδίου δεν αποκλείεται να βρεθούν μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Η ποιότητα του νερού της γεώτρησης είναι επίσης πολύ καλή και το pH του νερού έχει τιμή 8,9. Οι διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί που εντοπίστηκαν κατά την ανόρυξη της γεώτρησης φαίνονται στη λιθολογική τομή στο Σχήμα 23. Στο **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ)** παρουσιάζεται λεπτομερώς η ανάλυση του νερού της γεώτρησης από το Καζίνο Hyatt.



**Εικόνα 13 : Φωτογραφία από τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού της γεώτρησης στο Καζίνο Hyatt (Γ13)**



**Σχήμα 22 : Λιθολογική τομή της γεώτρησης του Ξενοδοχείου Hyatt (Γ12)  
(από ΓΕΩΡΕΥΝΑ Ο.Ε.)**

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ: ΥΔΡΕΥΤΙΚΗ<br>CASINO HYATT                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                                                |                                                               |                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ<br>ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ                                                                                                                                                                                                                                                                         | ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ      |                                                |                                                               |                                    |
| <div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div> | 0                    |                                                | Κατασκευαστής : ΓΕΩΠΕΡΕΥΝΑ Ο.Ε.                               |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 3                    | Μπάζα διάφορα                                  | Νομός : Θεσσαλονίκης                                          |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 6                    | 6                                              | Δήμος : Θέρμης                                                |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 9                    | Αμμος χαλίκι                                   | Δημοτικό Διαμέρισμα :                                         |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 12                   |                                                | Τοποθεσία : Καζίνο                                            |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 15                   | Μάρμα γκρι-μπλε                                | Ενδιαφερόμενος : Καζίνο Hyatt                                 |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 18                   |                                                | Γεωτρυπανιστής : Λάζαρος Περχανίδης                           |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 21                   |                                                | Τύπος γεωτρυπάνου : Geospace                                  |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 24                   | 24                                             | Εναρξη εργασιών : 14/6/2010                                   |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 27                   |                                                | Λήξη εργασιών : 26/6/2010                                     |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 30                   |                                                | ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ                                       |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 33                   | Αργίλος καφέ-κόκκινη                           | Διάμετρος διήρτησης : 95/8"                                   |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 36                   | 36                                             | Διάμετρος διεύρυνσης : 11 1/2"                                |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 39                   |                                                | Διάμετρος πιεζόμετρου : 1", 90 μ.                             |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 42                   | Κροκάλες με χαλίκι                             | Μαλακά πετρώματα :                                            |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 45                   | 45                                             | Σκληρά πετρώματα :                                            |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 48                   | Αργίλος καφέ-κόκκινη                           | Διάμετρος σωλήνωσης : Πλαστικές PVC 6"                        |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 51                   | 50                                             | Τύπος φίλτρου : Γεφυρωτό                                      |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 54                   | Κροκαλοπαγές πολυγενές                         | Ανοίγμα οπής : 2-3 χιλ.                                       |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 57                   | 57                                             | Αργίλος καφέ-κόκκινη                                          | Διάμετρος χαλικάφιλτρου : 4-7 χιλ. |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 60                   |                                                | Όγκος χαλικάφιλτρου : 12 κ.μ.                                 |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 63                   | Κροκαλοπαγές πολυγενές                         | Διεύρ. Περιφραγμ. Σωλήνα :                                    |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 66                   |                                                | Εσωτ. Περιφραγμ. Σωλήνας :                                    |                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 69                   |                                                | ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΤΑΝΗΣΗΣ                                            |                                    |
| 72                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 72                   | Υδροστατική στάθμη : 20... μ.                  |                                                               |                                    |
| 75                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Αργίλος καφέ-κόκκινη | Στάθμη άντλησης : 50...μ.                      |                                                               |                                    |
| 78                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 78                   | Παροχή : 25 κ.μ./ώρα                           |                                                               |                                    |
| 81                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Αμμος χαλίκι         | Προτεινόμενη παροχή : 20 κ.μ./ώρα              |                                                               |                                    |
| 84                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 84                   | Βάθος τοποθ. αντιληκτικού : 66-69 μ ή 75-78 μ. |                                                               |                                    |
| 87                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 87                   | Αργίλος καφέ-κόκκινη                           | ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ                                                  |                                    |
| 90                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 90                   | Αμμος χαλίκι                                   | Η γεώτρηση θα πρέπει να καθαρίζεται ανά 3 χρόνια λειτουργίας. |                                    |
| 93                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      | Αργίλος με κροκάλες                            |                                                               |                                    |
| 96                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      |                                                |                                                               |                                    |
| 99                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      |                                                |                                                               |                                    |
| 102                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 102                  |                                                |                                                               |                                    |
| 105                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 104                  | Αμμος χαλίκι                                   |                                                               |                                    |
| 108                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 108                  | Αργίλος με κροκάλες                            |                                                               |                                    |
| 111                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 111                  | Αμμος χαλίκι                                   |                                                               |                                    |
| 114                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                                                |                                                               |                                    |
| 117                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                                                |                                                               |                                    |
| 120                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      | Αργίλος με κροκάλες                            |                                                               |                                    |
| 123                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                      |                                                |                                                               |                                    |
| 126                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 126                  |                                                |                                                               |                                    |
| ΣΥΝΤΑΞΑΣ ΓΕΩΛΟΓΟΣ ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ<br>ΤΕΧΝΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ<br>ΓΕΩΠΕΡΕΥΝΑ Ο.Ε.<br>Α. ΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ - ΠΑΠΑΔΕΥΑΤΕΛΟΥ Ο.Ε.<br>ΤΣΙΜΙΣΚΗ 54Β 22. ΘΕΣΣ/ΝΙΚΗ<br>ΤΗΛ. 2340 240111 - 2340 240152 Α.Φ.Μ. 081827757<br>Α.Μ. ΑΕΠΙ 8077-Δ.Ο.Υ. Δ' ΘΕΣΣ/ΝΙΚΗΣ                                                  |                      |                                                |                                                               |                                    |

Σχήμα 23 : Λιθολογική τομή της γεώτρησης του Καζίνο Hyatt (Γ13) (από ΓΕΩΠΕΡΕΥΝΑ Ο.Ε.)

| ΓΕΩΤΡΗΣΗ: ΥΔΡΕΥΤΙΚΗ<br>CASINO HYATT |                 |                      |                                     |
|-------------------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------------------|
| ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ<br>ΣΩΛΗΝΩΣΗΣ              | ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ |                      |                                     |
|                                     | 126             |                      | Κατασκευαστής : ΓΕΩΠΕΡΕΥΝΑ Ο.Ε.     |
|                                     | 129             | Αργίλος καφέ-κόκκινη | Νομός : Θεσσαλονίκης                |
|                                     | 132             |                      | Δήμος : Θέρμης                      |
|                                     | 135             | 135                  | Δημοτικό Διαμέρισμα :               |
|                                     | 138             | 138                  | Τοποθεσία : Καζίνο                  |
|                                     | 141             |                      | Ενδιαφερόμενος : Καζίνο Hyatt       |
|                                     | 144             | Κροκάλες             | Γεωτρυπανιστής : Λάζαρος Περχανίδης |
|                                     | 147             | 146                  | Τύπος γεωτρυπάνου : Geospace        |
|                                     | 150             |                      | Εναρξη εργασιών : 14/6/2010         |
|                                     | 153             |                      | Λήξη εργασιών : 26/6/2010           |

Σχήμα 23 (συνέχεια) : Λιθολογική τομή της γεώτρησης του Καζίνο Hyatt (Γ13) (από ΓΕΩΠΕΡΕΥΝΑ Ο.Ε.)

- **Γεώτρηση ΤΕΦΑΑ Θέρμης (Γ10)**

Η γεώτρηση των ΤΕΦΑΑ Θέρμης εμφανίζει πολύ αξιόλογο γεωθερμικό ενδιαφέρον και είναι αρτεσιανή. Η θερμοκρασία που μετρήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής είχε τιμή 23,1°C. Η ποιότητα του νερού θεωρείται καλή και το νερό πόσιμο. Η προτεινόμενη παροχή εκμετάλλευσης φτάνει μέχρι τα 80 m<sup>3</sup>/h.

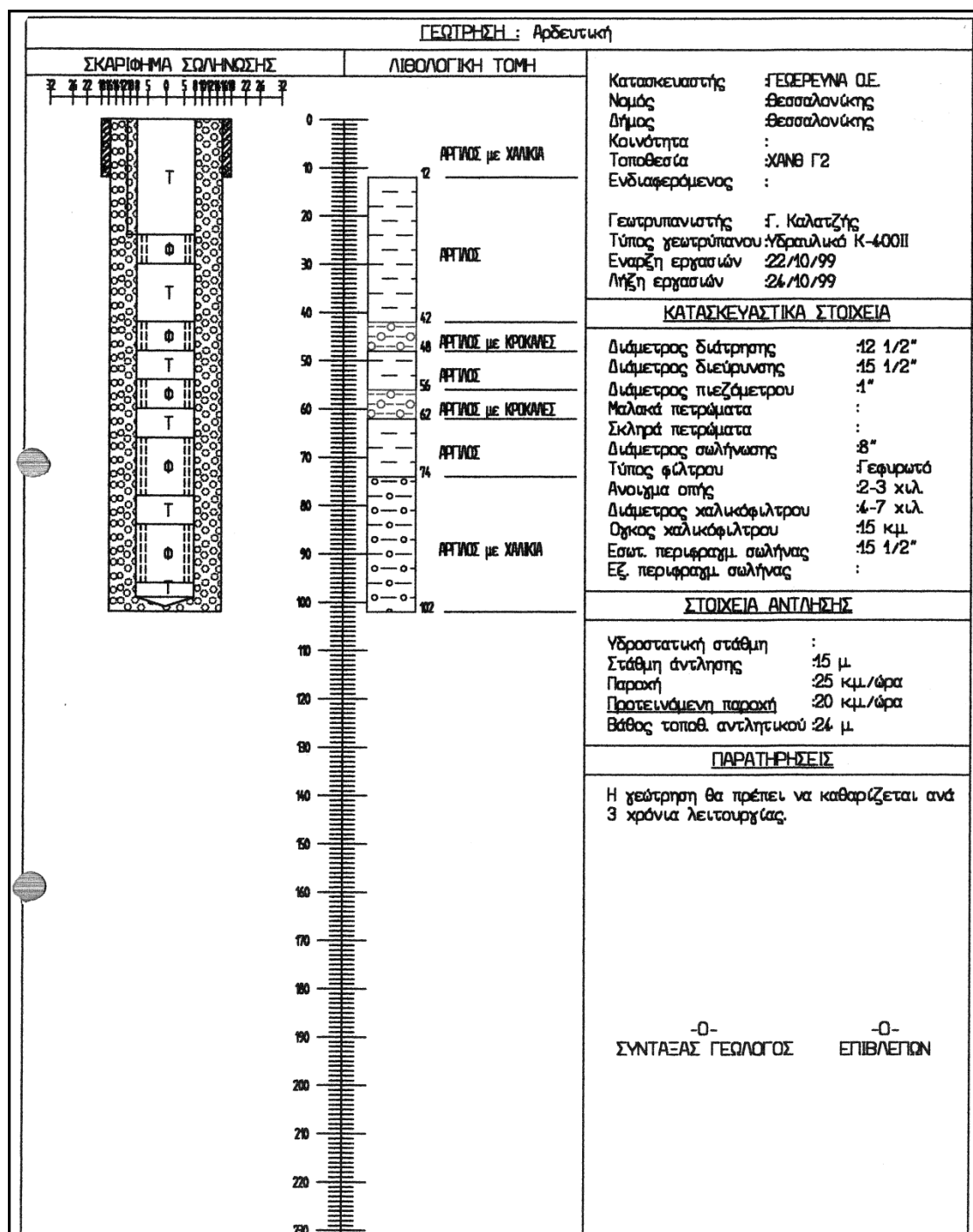
Οι Χημικές Αναλύσεις έδειξαν πως η ποιότητα του νερού είναι πολύ καλή, ενώ η θερμοκρασία του κατά τη διαδικασία παραγωγής έφτασε τους 23,5-24°C στην κεφαλή της γεώτρησης (Φυτίκας, 2000).

#### **4.4 ΔΗΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ**

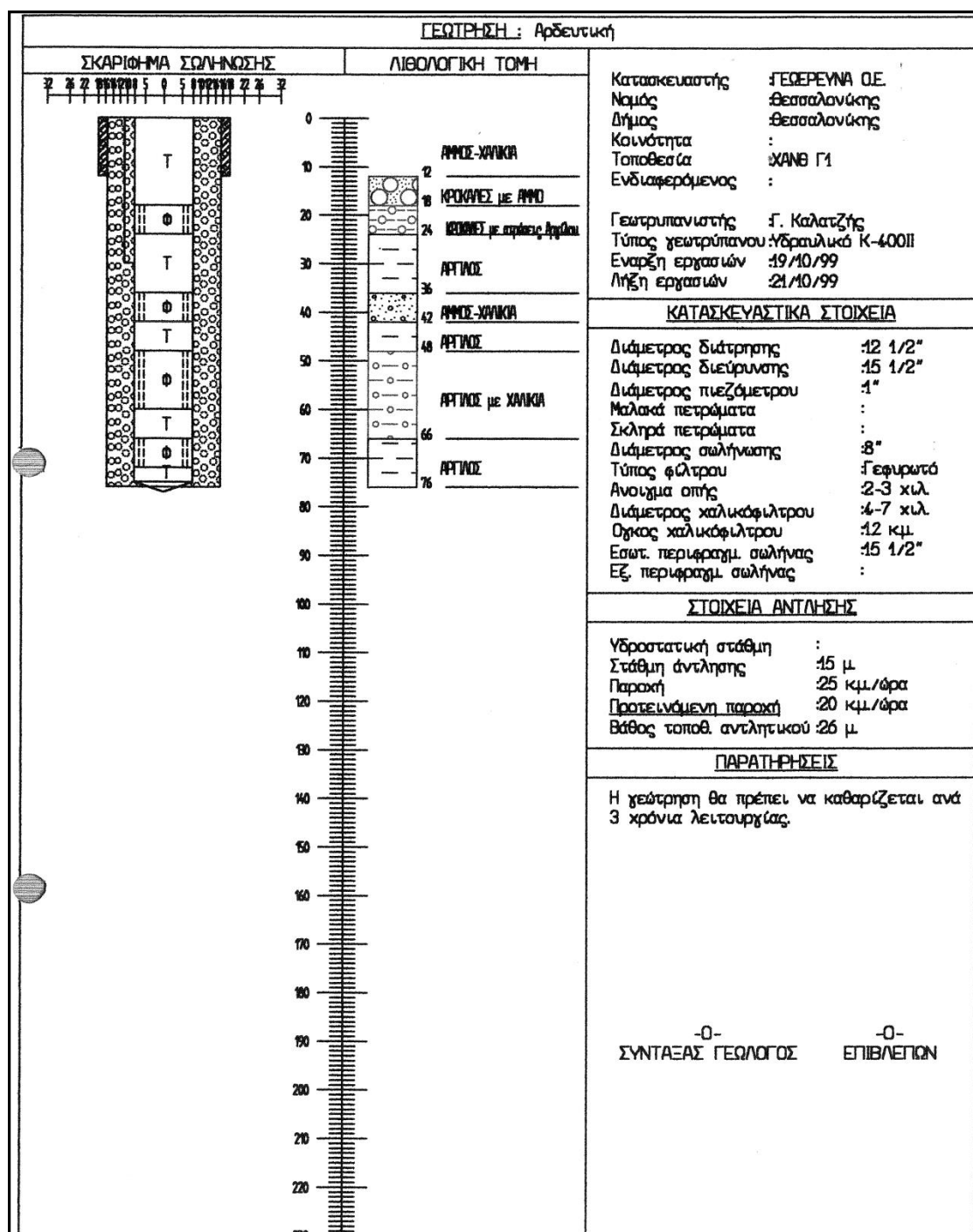
Στην περιοχή του Δήμου Θεσσαλονίκης, πραγματοποιήθηκαν συνολικά 4 μετρήσεις σε γεωτρήσεις. Δύο από αυτές τις μετρήσεις έγιναν στην περιοχή του Πάρκου της ΧΑΝΘ - κοντά στο θέατρο Κήπου, μία στο άγαλμα του Μεγάλου Αλεξάνδρου (δεξαμενή γεώτρησης) και μία στο Πάρκο Ν.Παραλίας στην οδό Μπότσαρη.

- **Δημοτικές Γεωτρήσεις στη ΧΑΝΘ (Γ14 και Γ15)**

Οι γεωτρήσεις αυτές εμφάνισαν ικανοποιητικές θερμοκρασίες (Γ15=19,5°C και Γ14=19,8°C). Παρόλα αυτά, θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι συγκεκριμένες γεωτρήσεις δε βρίσκονταν σε λειτουργία για μεγάλο χρονικό διάστημα και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μετά από λίγα μόνο λεπτά άντλησης. Ως εκ τούτου ίσως δε μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικές. Η ποιότητα του νερού δεν ήταν πολύ καλή εξαιτίας της παρουσίας αλάτων. Η παροχή κατά τη λειτουργία των γεωτρήσεων κυμαινόταν μεταξύ 20 - 25 m<sup>3</sup>/h. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντήθηκαν παρουσιάζονται στις λιθολογικές τομές των Σχημάτων 24 και 25. Ακόμη, από την τοποθέτηση των φίλτρων των συγκεκριμένων γεωτρήσεων, υδροφορίες εντοπίζονται σε διάφορα βάθη. Στη Γεώτρηση Γ15 υδροφορίες παρατηρούνται στα 26-30 m , στα 42-45 m, στα 57-60 m, στα 67-78 m και στα 82-97 m, ενώ στη Γεώτρηση Γ14 στα 18-22 m, στα 37-42 m και στα 67-72 m.



**Σχήμα 24 : Λιθολογική τομή της γεώτρησης Γ15 (από ΓΕΩΡΕΥΝΑ Ο.Ε.)**



**Σχήμα 25 : Λιθολογική τομή της Γεώτρησης Γ14 (από ΓΕΩΡΕΥΝΑ Ο.Ε.)**

• **Δημοτική Γεώτρηση Πάρκο Ν.Παραλίας - Μπότσαρη (Γ16)**

Η γεώτρηση Γ16 μετρήθηκε από τη δεξαμενή, στην οποία προωθείται το νερό της γεώτρησης. Η γεώτρηση βρίσκεται σε απόσταση 35 - 50 m από τη δεξαμενή. Η

θερμοκρασία που μετρήθηκε έφτασε τους 18,6°C. Η ποιότητά του θεωρείται πολύ καλή με ασήμαντη την παρουσία χλωριόντων. Το βάθος της γεώτρησης φτάνει τα 70 m. Η παροχή της γεώτρησης, η οποία είναι μία από τις ελάχιστες που λειτουργούν σήμερα στη Νέα Παραλία, φτάνει τα 25 m<sup>3</sup>/h.

- **Δημοτική Γεώτρηση Αγαλμα Μ.Αλεξάνδρου (Γ17)**

Αυτή η μέτρηση όπως και η προηγούμενη πραγματοποιήθηκε στη δεξαμενή της γεώτρησης σε απόσταση περίπου 25 m από τη γεώτρηση. Η γεώτρηση αυτή χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς και φτάνει τα 82 m βάθος. Η θερμοκρασία του νερού έχει τιμή 18,2°C, ενώ η ποιότητά του θεωρείται καλή.

#### **4.5 ΔΗΜΟΣ ΠΥΛΑΙΑΣ - ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΟΣ - ΧΟΡΤΙΑΤΗ**

Στο Δήμο Πυλαίας - Πανοράματος - Χορτιάτη έγιναν 7 μετρήσεις σε γεωτρήσεις. Οι 6 από αυτές είναι δημοτικές, ενώ οι άλλη 1 είναι ιδιωτική γεώτρηση σ'ένα Πρατήριο Υγρών Καυσίμων (στα όρια με το Δήμο Θέρμης).

- **Δημοτικές Γεωτρήσεις Αργυρώ (Γ8) και Λατώ (Γ9) στο Ασβεστοχώρι**

Η γεώτρηση Γ9 στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου έχει βάθος 150 m, λειτουργεί συστηματικά για υδρευτικούς σκοπούς και η θερμοκρασία του νερού της γεώτρησης αγγίζει τους 21,4°C. Η παροχή της γεώτρησης φτάνει τα 80 m<sup>3</sup>/h, ενώ η ποιότητά του νερού είναι πολύ καλή με ασήμαντη την παρουσία χλωριόντων και νιτρικών ιόντων όπως φαίνεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ (ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ). Το pH του νερού είναι 7,88.

Η γεώτρηση Γ8 έχει βάθος 135 m, λειτουργεί επίσης συστηματικά για υδρευτικούς σκοπούς και η θερμοκρασία του νερού φτάνει τους 18,7°C. Η παροχή της γεώτρησης κυμαίνεται στα 35 m<sup>3</sup>/h, ενώ η ποιότητα του νερού είναι πολύ καλή,

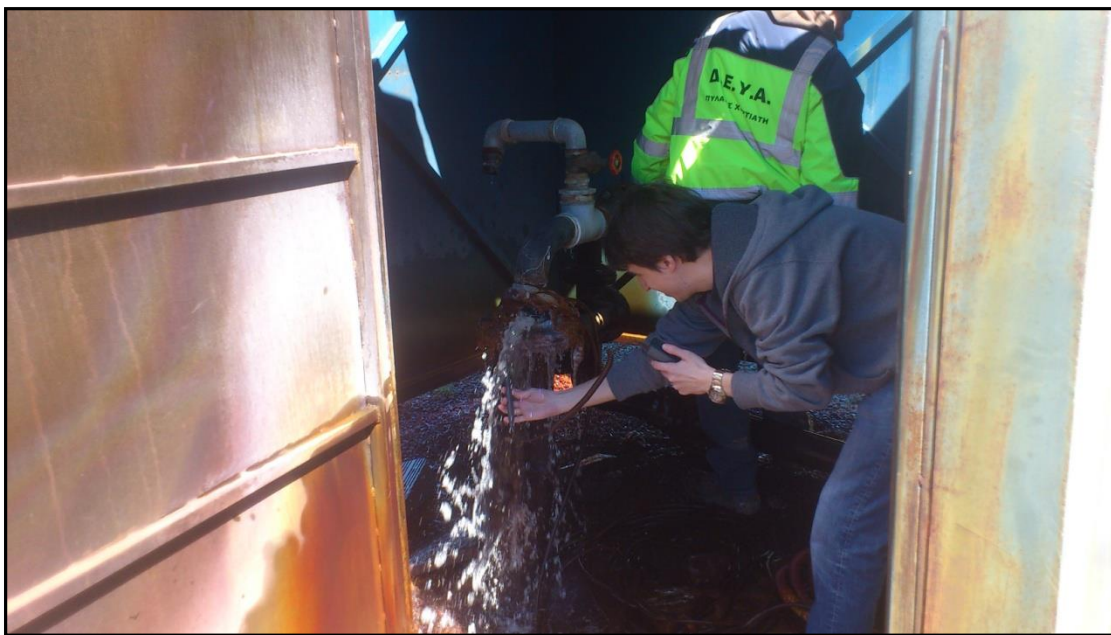
χωρίς σημαντική παρουσία χλωριόντων **ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ** (ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ).  
Το pH του νερού είναι 7,6.



**Εικόνα 14 : Φωτογραφία από τη γεώτρηση Αργυρώ (Γ8) κατά τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού της γεώτρησης**

- **Δημοτικές Γεωτρήσεις Βουνό 1 (Γ3), ΣΕΟ Καταφύγιο (Γ4) και Παπά Μπαγτσέ (Γ5) στο Χορτιάτη**

Οι θερμοκρασίες των γεωτρήσεων Γ3, Γ4 και Γ5 ήταν πολύ χαμηλές : 10,2°C, 11,2°C και 14,4°C. Οι γεωτρήσεις αυτές χρησιμοποιούνται για υδρευτικούς και αρδευτικούς λόγους, ενώ η γεώτρηση Γ5 είναι αρτεσιανή. Η ποιότητα του νερού θεωρείται από καλή έως πολύ καλή και στις 3 περιπτώσεις γεωτρήσεων.



Εικόνα 12 : Φωτογραφία από τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού στην αρτεσιανή γεώτρηση Παπά Μπαχτσέ.

- **Δημοτικές Γεωτρήσεις Λαγυνά Α (Γ6) και Λαγυνά Β (Γ7) στο Φίλυρο**

Η γεώτρηση Γ6 έχει θερμοκρασία νερού 16,1°C και η Γ7 16,7°C. Η παροχή των γεωτρήσεων είναι και στις δύο 30 m<sup>3</sup>/h. Η ποιότητά του νερού θεωρείται καλή, ενώ τα χλωριόντα δε συναντώνται σε μεγάλες περιεκτικότητες.

- **Ιδιωτική Γεώτρηση - Πρατήριο Υγρών Καυσίμων "ΚΑΛΠΑΚΙ" (Γ11)**

Η γεώτρηση Γ1, η οποία είναι αρτεσιανή σε πρατήριο υγρών καυσίμων στην περιοχή της Πυλαίας στα όρια με το Δήμο Θέρμης. Η θερμοκρασία μετρήθηκε στους 22,6°C.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η περιοχή έρευνας περιελάμβανε ένα μεγάλο μέρος της λεκάνης του Ανθεμούντα, καθώς επίσης και περιοχές του Δήμου Πυλαίας - Πανοράματος - Χορτιάτη και του Δήμου Θεσσαλονίκης. Η λεκάνη του Ανθεμούντα παρουσιάζει μεγάλο γεωθερμικό ενδιαφέρον τόσο στην περιοχή της Περαιάς όσο και σε αυτήν της Θέρμης και αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη δράση του ενεργού ρήγματος του Ανθεμούντα. Ενδιαφέρουσα περίπτωση, αποτελεί και η περιοχή του Ασβεστοχωρίου και ένα μικρό τμήμα της περιοχής της Πυλαίας. Όπως και στην περίπτωση της λεκάνης του Ανθεμούντα, σημαντικό ρόλο στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου διαδραματίζει το ενεργό ρήγμα του Ασβεστοχωρίου.

Η έρευνα που έχει πραγματοποιήσει το Ι.Γ.Μ.Ε. στην περιοχή έρευνας, κατέληξε στην οριοθέτηση πιθανού γεωθερμικού πεδίου ( $13\text{km}^2$ ) στη λεκάνη του Ανθεμούντα (Σχήμα 17). Στην περιοχή του αεροδρομίου έχουν κατασκευαστεί παραγωγικές γεωτρήσεις με στόχο τον κλιματισμό των νέων κτηρίων του αεροδρομίου. Οι θερμοκρασίες των ρευστών αποδείχθηκαν κατάλληλες για αξιοποίησή τους με τη βοήθεια των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας. Όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.4, η θερμοκρασία του νερού στις διάφορες περιοχές της λεκάνης του Ανθεμούντα (Αεροδρόμιο, Ν.Ρύσιο, Περαιά, Ν.Ραιδεστός, Αμερικάνικη Γεωργική Σχολή) κυμαίνονταν από  $15,5^\circ\text{C}$  στις ρηχές έως  $28^\circ\text{C}$  σε βαθύτερες γεωτρήσεις.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, οι μετρήσεις της θερμοκρασίας σε διάφορες γεωτρήσεις επαλήθευσαν την ύπαρξη γεωθερμικού ενδιαφέροντος κυρίως στη λεκάνη του Ανθεμούντα, αλλά και στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου. Η μεγαλύτερη θερμοκρασία που μετρήθηκε  $29,2^\circ\text{C}$  στην Αμερικανική Γεωργική Σχολή και η μικρότερη τους  $10,2^\circ\text{C}$  στην περιοχή του Χορτιάτη. Συγκεντρωτικά, οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν σε 31 γεωτρήσεις και το βάθος των γεωτρήσεων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

**Πίνακας 5 : Πίνακας με τα στοιχεία των γεωτρήσεων που μετρήθηκαν**

| <b>ΚΩΔΙΚΟΣ<br/>ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ</b> | <b>ΒΑΘΟΣ<br/>ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ<br/>(m)</b> | <b>ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ<br/>(°C)</b> | <b>ΠΕΡΙΟΧΗ</b>                                           |
|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Γ1                           | 380                                | 29,2                        | Αμερικανική<br>Γεωργική Σχολή                            |
| Γ2                           | 170                                | 21,5                        |                                                          |
| Γ3                           | ---                                | 10,2                        |                                                          |
| Γ4                           | ---                                | 11,2                        | Χορτιάτης                                                |
| Γ5                           | ---                                | 14,4                        |                                                          |
| Γ6                           | 130                                | 16,1                        |                                                          |
| Γ7                           | 145                                | 16,7                        | Φίλυρο                                                   |
| Γ8                           | 135                                | 18,7                        |                                                          |
| Γ9                           | 170                                | 21,4                        |                                                          |
| Γ10                          | 287                                | 23,1                        | ΤΕΦΑΑ Θέρμης                                             |
| Γ11                          | ---                                | 22,6                        |                                                          |
| Γ12                          | 154                                | 20,5                        |                                                          |
| Γ13                          | 146                                | 19,4                        | Καζίνο Hyatt                                             |
| Γ14                          | 102                                | 19,8                        |                                                          |
| Γ15                          | 76                                 | 19,5                        |                                                          |
| Γ16                          | 70                                 | 18,6                        | Νέα Παραλία                                              |
| Γ17                          | 82                                 | 18,2                        |                                                          |
| Γ18                          | 345                                | 22,4                        |                                                          |
| Γ19                          | ---                                | 19,6                        | Περαία                                                   |
| Γ20                          | 240                                | 20,7                        |                                                          |
| Γ21                          | 200                                | 21,2                        |                                                          |
| Γ22                          | 298                                | 24,9                        | Αγία Τριάδα -<br>Μηχανιώνα -<br>Αμπελόκηποι -<br>Κερασιά |
| Γ23                          | 298                                | 25,1                        |                                                          |
| Γ24                          | 161                                | 20,6                        |                                                          |
| Γ25                          | 294                                | 21,6                        | Θέρμη                                                    |
| Γ26                          | 243                                | 20                          |                                                          |
| Γ27                          | 270                                | 22,3                        |                                                          |
| Γ28                          | 246                                | 22,6                        | Τριάδι                                                   |
| Γ29                          | 174                                | 20,4                        |                                                          |
| Γ30                          | 168                                | 21,2                        |                                                          |
| Γ31                          | 150                                | 17,8                        | Νέα Ραιδεστός                                            |
|                              |                                    |                             |                                                          |
|                              |                                    |                             |                                                          |

Γενικά, οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες μετρήθηκαν στους Δήμους Θέρμης (από 17,8°C έως 22,6°C) και Θερμαϊκού (από 19,6°C έως 25,1°C), στην περιοχή του Ασβεστοχωρίου (18,7°C και 21,4°C) καθώς και στις ιδιωτικές γεωτρήσεις της Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής (21,5°C και 29,2°C), του Ξενοδοχείου Hyatt (20,5°C) και του Καζίνο Hyatt (19,4°C) που ανήκουν στην ευρύτερη περιοχή του

Δήμου Θέρμης. Επίσης σχετικά υψηλές θερμοκρασίες μετρήθηκαν στις δημοτικές γεωτρήσεις της Θεσσαλονίκης, με τους περιορισμούς όμως που προαναφέρθηκαν στο Κεφάλαιο 4. Αντίθετα, οι χαμηλότερες θερμοκρασίες του νερού εντοπίστηκαν, αναμενόμενα, στην περιοχή του Χορτιάτη (από 10,2°C έως 14,4°C).

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τις παραπάνω μετρήσεις σχετικά με τις δυνατότητες αξιοποίησης των υπάρχουσων γεωτρήσεων σε εφαρμογές ψύξης - θέρμανσης χώρων, συνοψίζονται ως εξής :

Οι μετρήσεις στις γεωτρήσεις **Γ18, Γ20, Γ21** και ενδεχομένως η **Γ19** του Δήμου Θερμαϊκού, δείχνουν ότι στην περιοχή υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες (θερμοκρασίες και παροχές) για τη θέρμανση και ψύξη κτηρίων με τη βοήθεια γεωθερμικών αντλίων θερμότητας (Γ.Α.Θ.). Κοντά στις γεωτρήσεις αυτές υπάρχουν κατοικίες, καταστήματα καθώς και μεγάλοι δημόσιοι και ιδιωτικοί χώροι (π.χ. ιδιωτική κλινική, Δημαρχείο, Γυμνάσιο) που θα μπορούσαν να επωφεληθούν άμεσα από τέτοιου είδους εφαρμογές.

Στον ίδιο Δήμο, οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν στις γεωτρήσεις (**Γ22** και **Γ23**) είναι υψηλότερες και κινούνται στο όριο της χαμηλής ενθαλπίας. Και σε αυτήν την περίπτωση η πλέον ενδεδειγμένη άμεση αξιοποίηση των νερών θα ήταν για κλιματισμό κτιρίων με Γ.Α.Θ. ή άλλες εφαρμογές θέρμανσης εσωτερικών χώρων.

Οι γεωτρήσεις που μετρήθηκαν στο Δήμο Θέρμης παρουσίασαν μεγάλο ενδιαφέρον, σχετικά αναμενόμενο βέβαια λόγω της βεβαιωμένης γεωθερμικής ανωμαλίας στην περιοχή. Η υψηλότερη θερμοκρασία μετρήθηκε στη γεώτρηση **Γ1** της Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής (29,2°C), η οποία φτάνει σε βάθος 380 m. Πιο ρηχή γεώτρηση στον ίδιο χώρο (170 m) συνάντησε ρευστά με θερμοκρασία 21,5°C. Και στις δύο περιπτώσεις τα νερά είναι κατάλληλα για χρήση τους σε γεωθερμικές αντλίες θερμότητας για τη θέρμανση εγκαταστάσεων (π.χ. θερμοκηπίων) και κτιρίων εντός της έκτασης της Αμερικανικής Γεωργικής Σχολής. Σε κοντινή απόσταση βρίσκεται το εμπορικό κέντρο Cosmos και το Ιατρικό Διαβαλκανικό Κέντρο, τα οποία και λόγω της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνουν θα μπορούσαν να επωφεληθούν από τη χρήση της γεωθερμίας χρησιμοποιώντας την ως μορφή ενέργειας για τη θέρμανση και ψύξη των χώρων τους καθώς και για διάφορες άλλες λειτουργίες. Ακόμη, τα καταστήματα που βρίσκονται στην περιοχή του IKEA, θα μπορούσαν με την ανόρυξη γεωτρήσεων να αξιοποιήσουν την αβαθή γεωθερμία της περιοχής.

Οι δημοτικές γεωτρήσεις **Γ24**, **Γ25** και **Γ26** έχουν θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 20-22°C, με ικανοποιητικές παροχές και καλή ποιότητα νερού. Κοντά στις γεωτρήσεις αυτές υπάρχουν αρκετά σχολικά κτήρια που θα μπορούσαν να κλιματίζονται με τη βοήθεια της γεωθερμίας, η οποία είναι άμεσα διαθέσιμη.

Οι επίσης δημοτικές γεωτρήσεις **Γ27** και **Γ28** στη Νέα Ραιδεστό έχουν θερμοκρασία γύρω στους 22°C και βρίσκονται σε κοντινή απόσταση από πολλές κατοικίες και το 1<sup>ο</sup> Δημοτικό Σχολείο Ν.Ραιδεστού. Συνεπώς, υπάρχει ο κατάλληλος συνδυασμός ζήτησης/προσφοράς και τα διαθέσιμα ρευστά θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν άμεσα στην περιοχή. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και για τη γεώτρηση **Γ29** (Νέο Ρύσιο), η οποία επίσης γειτνιάζει με σχολικά κτίρια.

Ικανοποιητικές και κατάλληλες για Γ.Α.Θ. κρίνονται και οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν στις δύο ιδιωτικές γεωτρήσεις εντός του χώρου του Ξενοδοχείου και του Καζίνο Hyatt (**Γ12** και **Γ13**). Σε σχετικά μικρά βάθη (~150 m) ο υδροφόρος ορίζοντας έχει θερμοκρασία της τάξης των 20°C, ενώ σε μεγαλύτερα βάθη αναμένεται να βρεθούν ακόμη μεγαλύτερες θερμοκρασίες. Οι εγκαταστάσεις του ξενοδοχείου και του καζίνο θα μπορούσαν να καλύψουν τις ανάγκες τους σε κλιματισμό όλο το χρόνο χρησιμοποιώντας νερά αυτής της θερμοκρασίας, μετά βέβαια από σχετική μελέτη και ανόρυξη περισσότερων γεωτρήσεων.

Για τη γεώτρηση **Γ10** (ΤΕΦΑΑ Θέρμης) υπάρχει ήδη σχετική μελέτη που εκπονήθηκε από το ΑΠΘ (2000). Η γεώτρηση αυτή κατασκευάστηκε για την κάλυψη των ανγκών ψύξης - θέρμανσης των κτιριακών εγκαταστάσεων των ΤΕΦΑΑ και είναι κατάλληλη από κάθε άποψη για την επίτευξη του στόχου αυτού. Δυστυχώς 15 χρόνια μετά παραμένει αναξιοποίητη.

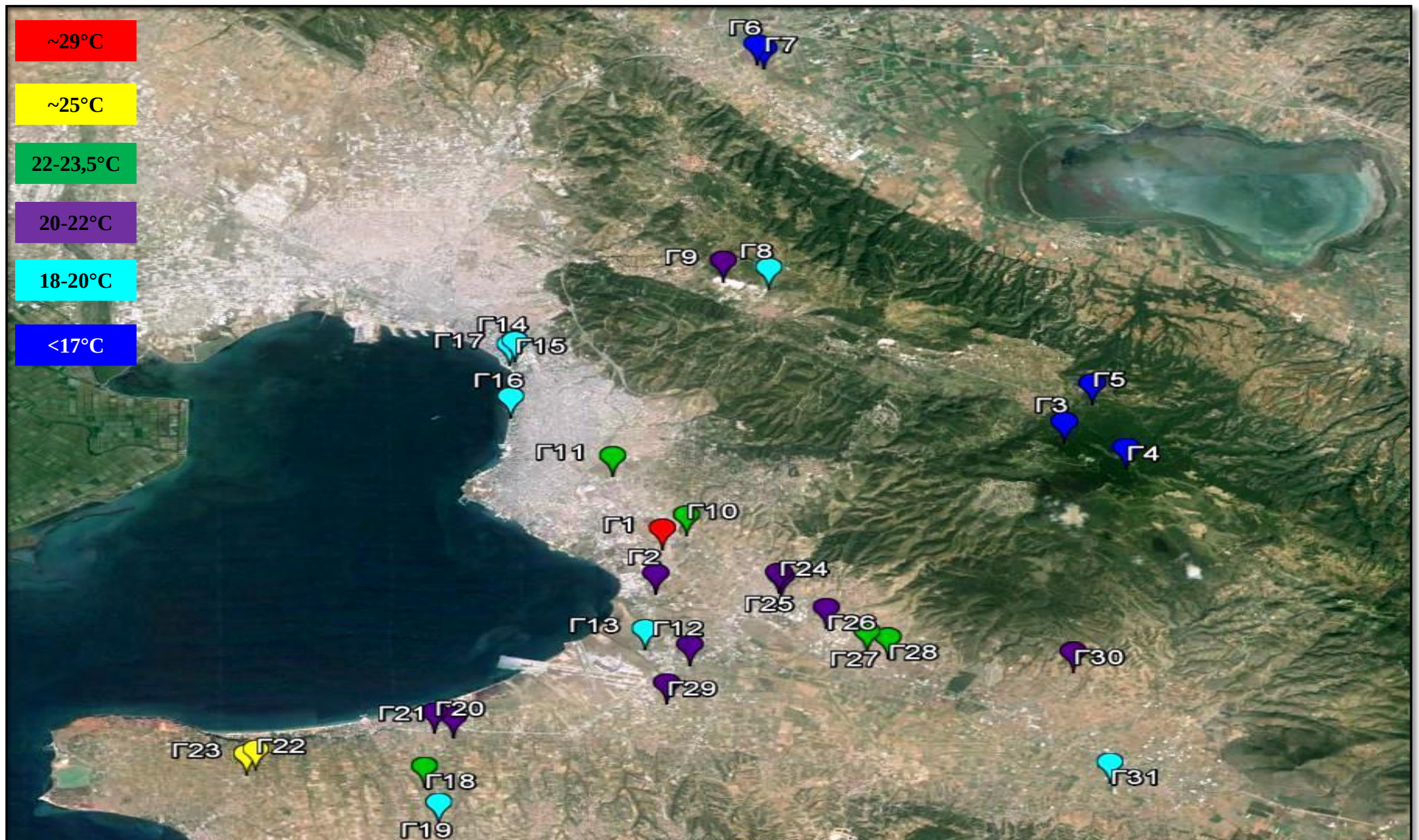
Η γεώτρηση **Γ11** στο Πρατήριο Υγρών Κανσίμων "ΚΑΛΠΑΚΙ" στα όρια του Δήμου Πυλαίας και Δήμου Θέρμης είχε θερμοκρασία 22,6°C, τιμή που επίσης είναι ενδιαφέρουσα για εφαρμογές ψύξης/θέρμανσης με Γ.Α.Θ. και είναι ενδεικτική της κατάστασης και σε αυτήν την περιοχή, στην οποία υπάρχουν πολλές επιχειρήσεις και κτιριακές εγκαταστάσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν την αβαθή γεωθερμία.

Οι δύο δημοτικές γεωτρήσεις στο Ασβεστοχώρι (**Γ8** και **Γ9**) έδειξαν επίσης ενδιαφέρουσες θερμοκρασίες, ιδιαίτερα η **Γ9** (21,4°C), με πολύ καλή ποιότητα νερού και καλή παροχή. Οι αυξημένες θερμοκρασίες πιθανότατα οφείλονται στη δράση του ρήγματος του Ασβεστοχωρίου και στην άνοδο θερμών ρευστών προς την επιφάνεια.

Τέλος, οι γεωτρήσεις του Δήμου Θεσσαλονίκης έδειξαν ότι υπάρχει ενδιαφέρον, δεδομένου ότι σε μικρά βάθη οι θερμοκρασίες ήταν σε όλες τις περιπτώσεις πάνω από 18°C και μάλιστα στην περιοχή της ΧΑΝΘ μεγαλύτερες των 19,5°C. Για τις τελευταίες βέβαια υπάρχει κάποια σοβαρή επιφύλαξη δεδομένου ότι οι μετρήσεις έγιναν μετά από ολιγόλεπτη μόνο άντληση ύστερα από μεγάλο χρονικό διάστημα που οι γεωτρήσεις δε λειτουργούσαν.

Παρακάτω, παρουσιάζεται χάρτης με την κατανομή των θερμοκρασιών των γεωτρήσεων που μετρήθηκαν (Σχήμα 26). Με κόκκινο φαίνεται η θερμοκρασία με τιμή ~29°C, με κίτρινο οι θερμοκρασίες με τιμές ~25°C, με πράσινο οι θερμοκρασίες των γεωτρήσεων από 22-23,5°C, με μωβ οι θερμοκρασίες των γεωτρήσεων από 20-22°C, με γαλάζιο οι θερμοκρασίες των γεωτρήσεων από 18-20°C και με μπλε οι θερμοκρασίες με τιμές μικρότερες των 17°C (<17°C).

Σχήμα 26 : Χάρτης με την κατανομή των θερμοκρασιών των γεωτρήσεων που μετρήθηκαν



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

| ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΗΤΗΘΕΝΤΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ |                                           |                       |               |                                      |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------------|
| ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ                               | ΜΕΘΟΔΟΣ                                   | ΕΚΦΡΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛ.       | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ    | ΝΟΜ.ΟΡΙΟ <sup>1</sup><br>ΚΥΑ Υ2/2600 |
| pH                                          | ASTM D1293-84                             | pH Units              | 7,7           | 9,5                                  |
| ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ                                 | ASTM D1125-91                             | μS/cm                 | 691           | 2500                                 |
| ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ                                  | ΑΡΗΑ 2340C 21th Ed                        | ppm CaCO <sub>3</sub> | 331           | -                                    |
| ΧΡΩΜΑ                                       | ΑΡΗΑ 2120,21η Ed, ΤΡΟΠ.                   | Hazen                 | ανιχν. <3     | -                                    |
| ΑΣΒΕΣΤΙΟ                                    | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 59            | -                                    |
| ΜΑΓΝΗΣΙΟ                                    | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 44            | -                                    |
| ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ                                  | ASTM D1889-88, ΤΡΟΠ.                      | NTU                   | ανιχν. <0,3   | -                                    |
| ΑΜΜΩΝΙΑ                                     | ASTM D1426-93, ΤΡΟΠ. (Nessler)            | mg/l                  | n.d. (< 0,04) | 0,5                                  |
| ΝΙΤΡΩΔΗ                                     | ΑΡΗΑ 4500-NO <sub>2</sub> , 21η Ed, ΤΡΟΠ. | mg/l                  | n.d. (< 0,02) | 0,5                                  |
| ΧΛΩΡΙΟΥΧΑ                                   | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 79            | 250                                  |
| ΝΙΤΡΙΚΑ                                     | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 5,4           | 50                                   |
| ΘΕΙΙΚΑ                                      | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 33,9          | 250                                  |
| ΣΙΔΗΡΟΣ                                     | ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS           | mg/l                  | 0,06          | 0,2                                  |
| ΜΑΓΓΑΝΙΟ                                    | ΑΡΗΑ 3111B Direct Acet-Air FAAS           | mg/l                  | ανιχν. <0,018 | 0,05                                 |

### ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ21 - ΒΟΝΟΦΑΚΟΥ (από Δ.Ε.Υ.Α. Θερμαϊκού)

| ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΗΤΗΘΕΝΤΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ |                                           |                       |            |                           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|------------|---------------------------|
| ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ                               | ΜΕΘΟΔΟΣ                                   | ΕΚΦΡΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛ.       | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ | ΝΟΜ.ΟΡΙΟ<br>ΚΥΑ Υ2/2600** |
| pH                                          | ASTM D1293-84                             | pH Units              | 7,8        | 9,5                       |
| ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ                                 | ASTM D1125-91                             | μS/cm                 | 980        | 2500                      |
| ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ                                  | ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ                              | ppm CaCO <sub>3</sub> | 220        | -                         |
| ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ                                | ΑΡΗΑ 2320, 21η Ed                         | mg/l                  | 210        | -                         |
| ΕΛ. ΧΛΩΡΙΟ                                  | ΕΣΩΤ. ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΔ-08                       | mg/l                  | -          | -                         |
| ΚΑΛΙΟ                                       | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 1,9        | 12                        |
| ΝΑΤΡΙΟ                                      | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 190        | 200                       |
| ΑΣΒΕΣΤΙΟ                                    | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 28         | -                         |
| ΜΑΓΝΗΣΙΟ                                    | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 35         | -                         |
| ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ                                  | ASTM D1889-88, ΤΡΟΠ.                      | NTU                   | -          | -                         |
| ΑΜΜΩΝΙΑ                                     | ASTM D1426-93, ΤΡΟΠ. (Nessler)            | mg/l                  | < 0,04     | 0,5                       |
| ΝΙΤΡΩΔΗ                                     | ΑΡΗΑ 4500-NO <sub>2</sub> , 21η Ed, ΤΡΟΠ. | mg/l                  | < 0,02     | 0,5                       |
| ΦΘΟΡΙΟΥΧΑ                                   | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 0,24       | 1,5                       |
| ΧΛΩΡΙΟΥΧΑ                                   | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 130        | 250                       |
| ΒΡΩΜΙΟΥΧΑ                                   | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | < 0,108    | -                         |
| ΝΙΤΡΙΚΑ                                     | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | < 0,886    | 50                        |
| ΘΕΙΙΚΑ                                      | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 62         | 250                       |
| ΟΡΘΟΦΩΣΦΟΡΙΚΑ                               | ΑΡΗΑ 4500-P, 21η Ed ΤΡΟΠ.                 | mg/l                  | < 0,09     | -                         |

### ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ18 - ΕΡΜΗΔΗ (από Δ.Ε.Υ.Α. Θερμαϊκού)

| ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΖΗΤΗΘΕΝΤΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΩΝ |                                           |                       |             |                        |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------|------------------------|
| ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ                               | ΜΕΘΟΔΟΣ                                   | ΕΚΦΡΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛ.       | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ  | ΝΟΜ.ΟΡΙΟ ΚΥΑ Υ2/2600** |
| pH                                          | ASTM D1293-84                             | pH Units              | 7,7         | 9,5                    |
| ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ                                 | ASTM D1125-91                             | μS/cm                 | 910         | 2500                   |
| ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ                                  | ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ                              | ppm CaCO <sub>3</sub> | 460         | -                      |
| ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ                                | ΑΡΗΑ 2320, 21η Ed                         | mg/l                  | 340         | -                      |
| ΑΣΒΕΣΤΙΟ                                    | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 85          | -                      |
| ΜΑΓΝΗΣΙΟ                                    | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 56          | -                      |
| ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ                                  | ASTM D1889-88, ΤΡΟΠ.                      | NTU                   | ανιχν. <0,3 | -                      |
| ΑΜΜΩΝΙΑ                                     | ASTM D1426-93, ΤΡΟΠ. (Nessler)            | mg/l                  | < 0,04      | 0,5                    |
| ΝΙΤΡΩΔΗ                                     | ΑΡΗΑ 4500-NO <sub>2</sub> , 21η Ed, ΤΡΟΠ. | mg/l                  | < 0,02      | 0,5                    |
| ΧΛΩΡΙΟΥΧΑ                                   | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 120         | 250                    |
| ΝΙΤΡΙΚΑ                                     | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 16          | 50                     |
| ΘΕΙΙΚΑ                                      | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 65          | 250                    |
| ΦΘΟΡΙΟΥΧΑ                                   | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | 0,21        | 1,5                    |
| ΒΡΩΜΙΟΥΧΑ                                   | IC-CD κατά ASTM D4327-91, ΤΡΟΠ.           | mg/l                  | < 0,108     | -                      |
| ΟΡΘΟΦΩΣΦΟΡΙΚΑ                               | ΑΡΗΑ 4500-P, 21η Ed ΤΡΟΠ.                 | mg/l                  | < 0,09      | -                      |
| ΝΑΤΡΙΟ                                      | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 95          | 200                    |
| ΚΑΛΙΟ                                       | IC-CD κατά ISO 14911:98 ΕΣ. ΜΔ-5          | mg/l                  | 3,4         | 12                     |

**ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ20 - ΓΑΤΣΟΥ (από Δ.Ε.Υ.Α. Θερμαϊκού)**

| ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ         |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| Παράμετρος Ελέγχου                                 | Ημερομηνία Δειγματοληψίας | Θέση δειγματοληψίας             | Αποτελέσματα Δειγματοληψίας | Ανώτατη Επιτρεπόμενη Τιμή Παραμέτρου                        | Τάξη <sup>1</sup> | Προβλεπόμενη Συχνότητα Δειγματοληψίας ανά έτος |
| Οσμή                                               | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | άσμο                        | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Γεύση                                              | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | άγευστο                     | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Χρώμα (σε μονάδες PtCo)                            | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 0                           | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Θολότητα (σε μονάδες NTU)                          | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 0,35                        | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Ολική Σκληρότητα (σε Γαλλικούς Βαθμούς)            | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 21,6                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Ασβέστιο(Ca) (σε mg/L)                             | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 26,5                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Μαγνήσιο(Mg) (σε mg/L)                             | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 36,5                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Νιτρικά(NO <sub>3</sub> ) (σε mg/L)                | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 5,74                        | 50                                                          | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Νιτρώδη(NO <sub>2</sub> ) (σε mg/L)                | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | n.d. <sup>2</sup>           | 0,5                                                         | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| pH                                                 | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 8,06                        | 6,5<Ph<9,5                                                  | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Αγωγιμότητα (σε μS/cm)                             | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 483                         | 2500                                                        | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Χλωριούχα(Cl <sup>-</sup> ) (σε mg/L)              | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | 29,8                        | 250                                                         | A                 | Μία φορά                                       |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
| Αμμωνιακά(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (σε mg/L) | 24/2/2015                 | 1ο ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ Ν.ΡΑΙΔΕΣΤΟΥ | n.d. <sup>2</sup>           | 0,5                                                         | A                 | Τέσσερις φορές                                 |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                                    |                           |                                 |                             |                                                             |                   |                                                |

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ28 - ΧΡΙΣΤΟΦΟΡΟΥ (από <http://www.deya-thermis.gr>)

| ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| Παράμετρος Ελέγχου                         | Ημερομηνία Δειγματοληψίας | Θέση δειγματοληψίας | Αποτελέσματα Δειγματοληψίας | Ανώτατη Επιτρεπόμενη Τιμή Παραμέτρου                        | Τάξη <sup>1</sup> | Προβλεπόμενη Συχνότητα Δειγματοληψίας ανά έτος |
| Όσμη                                       | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | άοσμο                       | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Μία φορά                                       |
| Γεύση                                      | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | άγευστο                     | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Μία φορά                                       |
| Χρώμα (σε μονάδες PCo)                     | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 0                           | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Μία φορά                                       |
| Θολότητα (σε μονάδες NTU)                  | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 0,35                        | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Μία φορά                                       |
| Ολική Σκληρότητα (σε Γαλλικούς Βαθμούς)    | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 32                          |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
| Ασβέστιο(Ca) (σε mg/L)                     | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 57,7                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
| Μαγνήσιο(Mg) (σε mg/L)                     | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 42,8                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
| Νιτρικά(NO <sub>3</sub> ) (σε mg/L)        | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 5,94                        | 50                                                          | A                 | Μία φορά                                       |
| Νιτρώδη(NO <sub>2</sub> ) (σε mg/L)        | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | n.d. <sup>2</sup>           | 0,5                                                         | A                 | Μία φορά                                       |
| pH                                         | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 7,37                        | 6,5<Ph<9,5                                                  | A                 | Μία φορά                                       |
| Αγωγιμότητα (σε μS/cm)                     | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 580                         | 2500                                                        | A                 | Μία φορά                                       |
| Χλωριούχα(Cl <sup>-</sup> ) (σε mg/L)      | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | 36,2                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |

**ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ30 - ΛΑΚΚΙΑ (από <http://www.deya-thermis.gr>)**

| Παράμετρος Ελέγχου                                 | Ημερομηνία Δειγματοληψίας | Θέση δειγματοληψίας | Αποτελέσματα Δειγματοληψίας | Ανώτατη Επιτρεπόμενη Τιμή Παραμέτρου | Τάξη <sup>1</sup> | Προβλεπόμενη Συχνότητα Δειγματοληψίας ανά έτος |
|----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|
|                                                    |                           |                     |                             | 250                                  |                   |                                                |
| Αμμωνιακά(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (σε mg/L) | 2/3/2015                  | ΕΚΚΛΗΣΙΑ            | n.d. <sup>2</sup>           | 0,5                                  | A                 | Μία φορά                                       |

**ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ30 - ΛΑΚΚΙΑ (ΣΥΝΕΧΕΙΑ) (από <http://www.deya-thermis.gr>)**

| ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|--------------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------|
| Παράμετρος Ελέγχου                         | Ημερομηνία Δειγματοληψίας | Θέση δειγματοληψίας | Αποτελέσματα Δειγματοληψίας | Ανώτατη Επιτρεπόμενη Τιμή Παραμέτρου                        | Τάξη <sup>1</sup> | Προβλεπόμενη Συχνότητα Δειγματοληψίας ανά έτος |
| Όσμη                                       | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | άσμο                        | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Έξι φορές                                      |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
| Γεύση                                      | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | άγευστο                     | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Έξι φορές                                      |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
| Χρώμα (σε μονάδες Pt/Co)                   | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 0                           | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Έξι φορές                                      |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
| Θολότητα (σε μονάδες NTU)                  | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 2,7                         | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής. | A                 | Έξι φορές                                      |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
| Ολική Σκληρότητα (σε Γαλλικούς Βαθμούς)    | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 32,6                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
| Ασβέστιο(Ca) (σε mg/L)                     | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 57,7                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
| Μαγνήσιο(Mg) (σε mg/L)                     | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 44,2                        |                                                             | A                 | Μία φορά                                       |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
|                                            |                           |                     |                             |                                                             |                   |                                                |
| Νιτρικά(NO <sub>3</sub> ) (σε mg/L)        | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 14                          |                                                             | A                 | Έξι φορές                                      |

ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ29 - Ν.ΡΥΣΙΟ (από <http://www.deya-thermis.gr>)

| Παράμετρος Ελέγχου                                 | Ημερομηνία Δειγματοληψίας | Θέση δειγματοληψίας | Αποτελέσματα Δειγματοληψίας | Ανώτατη Επιτρεπόμενη Τιμή Παραμέτρου | Τάξη <sup>1</sup>          | Προβλεπόμενη Συχνότητα Δειγματοληψίας ανά έτος |
|----------------------------------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
|                                                    |                           |                     |                             | 50                                   |                            |                                                |
| Νιτρώδη(NO <sub>2</sub> ) (σε mg/L)                | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | n.d. <sup>2</sup>           | 0,5                                  | A                          | Εξι φορές                                      |
| pH                                                 | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 7,58                        | 6,5<pH<9,5                           | A<br>A<br>A<br>A<br>A<br>A | Εξι φορές                                      |
| Αγωγιμότητα (σε μS/cm)                             | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 722                         | 2500                                 | A                          | Εξι φορές                                      |
| Χλωριούχα(Cl <sup>-</sup> ) (σε mg/L)              | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | 56,7                        | 250                                  | A                          | Μια φορά                                       |
| Αμμωνιακά(NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) (σε mg/L) | 18/2/2015                 | ΚΑΠΗ                | n.d. <sup>2</sup>           | 0,5                                  | A                          | Εξι φορές                                      |

**ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ29 - Ν.ΡΥΣΙΟ (ΣΥΝΕΧΕΙΑ) (από <http://www.deya-thermis.gr>)**

| ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ/ SAMPLE CONDITION UPON RECEIPT: ΚΑΝΟΝΙΚΗ |                                    |                |                                                                  |                                                          |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Φυσικοχημικές Παράμετροι<br>Parameter                                          | Μονάδες<br>Units                   | Τιμή<br>Result | Όριο αναφοράς<br>της μεθόδου<br>Reporting limit of<br>the method | Ανώτατο<br>νομοθετικό όριο<br>Max. acceptable<br>level** | Μέθοδος<br>Method                                        |
| pH                                                                             | μονάδες pH 22° C                   | 8,2            | 1-10                                                             | -                                                        | 4300-H.B St. Met. *                                      |
| Αγωγιμότητα (Conductivity)                                                     | μS/cm σε 20° C                     | 455            | 10-11670                                                         | -                                                        | 2510 B St. Met. *                                        |
| Ολική σκληρότητα (Total hardness)                                              | Γερμ. βαθμοί (°d)                  | 5,7            | 0,28                                                             | -                                                        | 2340-B St. Met. *                                        |
| Ασβέστιο (Ca)                                                                  | mg/L                               | 25,4           | 1,0                                                              | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Μαγνήσιο (Mg)                                                                  | mg/L                               | 9,5            | 0,60                                                             | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Κάλιο (K)                                                                      | mg/L                               | 1,4            | 1,0                                                              | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Νάτριο (Na)                                                                    | mg/L                               | 65,2           | 1,0                                                              | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Χαλκός (Cu)                                                                    | mg/L                               | N.D.           | 0,05                                                             | 2                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Σίδηρος (Fe)                                                                   | mg/L                               | 0,06           | 0,05                                                             | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Ψευδάργυρος (Zn)                                                               | mg/L                               | N.D.           | 0,05                                                             | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Μαγγάνιο (Mn)                                                                  | mg/L                               | N.D.           | 0,05                                                             | 0,05                                                     | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Χλωριούχα (Cl <sup>-</sup> )                                                   | mg/L                               | 36,7           | 10                                                               | -                                                        | 4500 Cl,B St. Met. *                                     |
| Θειικά (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )                                        | mg/L                               | 39,8           | 20                                                               | -                                                        | 4500 SO <sub>4</sub> ,E St. Met. *                       |
| Νιτρικά (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )                                        | mg/L                               | 2,1            | 2,0                                                              | 50                                                       | Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NO <sub>3</sub> -B St. Met. * |
| Νιτρώδη (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )                                        | mg/L                               | N.D.           | 0,03                                                             | 0,50                                                     | Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NO <sub>2</sub> -B St. Met. * |
| Αμμωνιακά (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )                                      | mg/L                               | N.D.           | 0,02                                                             | -                                                        | Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NH <sub>4</sub> -F St. Met. * |
| Φωσφόρος (P)                                                                   | mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | N.D.           | 1,14                                                             | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Βόριο (B)                                                                      | mg/L                               | 0,09           | 0,05                                                             | 1,0                                                      | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Ανθρακικά (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )                                     | mg/L                               | 0              | -                                                                | -                                                        | Ογκομετρικά                                              |
| Οξίνα Ανθρακικά (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )                               | mg/L                               | 192            | -                                                                | -                                                        | Ογκομετρικά                                              |
| Ανθρακική σκληρότητα<br>(Temporary hardness)                                   | Γερμ. βαθμοί (°d)                  | 5,7            | -                                                                | -                                                        | Υπολογιστικά                                             |
| Μη Ανθρακική σκληρότητα<br>(Permanent hardness)                                | Γερμ. βαθμοί (°d)                  | <0,2           | -                                                                | -                                                        | Υπολογιστικά                                             |
| Αλκαλικότητα P (Alkalinity P)                                                  | mg/L CaCO <sub>3</sub>             | 0              | -                                                                | -                                                        | Ογκομετρική<br>2320-B St. Met.                           |
| Ολική αλκαλικότητα<br>(Total alkalinity)                                       | mg/L CaCO <sub>3</sub>             | 158            | -                                                                | -                                                        | Ογκομετρική<br>2320-B St. Met.                           |
| Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS)                                                   | mg/L                               | 291            | -                                                                | -                                                        | 2540 St. Met.                                            |

St. Met.: APHA, Standard Methods 21<sup>st</sup> Ed. 2005

## ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ1 - ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ (από Αμερικανική Γεωργική Σχολή)

| ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ/ SAMPLE CONDITION UPON RECEIPT: ΚΑΝΟΝΙΚΗ |                                    |                |                                                                  |                                                          |                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Φυσικοχημικές Παράμετροι<br>Parameter                                          | Μονάδες<br>Units                   | Τιμή<br>Result | Όριο αναφοράς<br>της μεθόδου<br>Reporting limit of<br>the method | Ανώτατο<br>νομοθετικό όριο<br>Max. acceptable<br>level** | Μέθοδος<br>Method                                        |
| pH                                                                             | μονάδες pH 22° C                   | 8,1            | 1-10                                                             | -                                                        | 4500-H,B St. Met. *                                      |
| Αγωγιμότητα (Conductivity)                                                     | μS/cm σε/in 20° C                  | 1211           | 10-11670                                                         | -                                                        | 2510 B St. Met. *                                        |
| Ολική σκληρότητα (Total hardness)                                              | Γερμ. βαθμοί (°d)                  | 26,9           | 0,28                                                             | -                                                        | 2340- B St. Met. *                                       |
| Ασβέστιο (Ca)                                                                  | mg/L                               | 85,2           | 1,0                                                              | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Μαγνήσιο (Mg)                                                                  | mg/L                               | 67,0           | 0,60                                                             | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Κάλιο (K)                                                                      | mg/L                               | 1,2            | 1,0                                                              | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Νάτριο (Na)                                                                    | mg/L                               | 52,7           | 1,0                                                              | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Χαλκός (Cu)                                                                    | mg/L                               | N.D.           | 0,05                                                             | 2                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Σίδηρος (Fe)                                                                   | mg/L                               | N.D.           | 0,05                                                             | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Ψευδάργυρος (Zn)                                                               | mg/L                               | 0,06           | 0,05                                                             | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Μαγγάνιο (Mn)                                                                  | mg/L                               | N.D.           | 0,05                                                             | 0,05                                                     | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Χλωριούχα (Cl <sup>-</sup> )                                                   | mg/L                               | 259            | 10                                                               | -                                                        | 4500 Cl,B St. Met. *                                     |
| Θειικά (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )                                        | mg/L                               | 32,5           | 20                                                               | -                                                        | 4500 SO <sub>4</sub> , E St. Met. *                      |
| Νιτρικά (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )                                        | mg/L                               | 25,0           | 2,0                                                              | 50                                                       | Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NO <sub>3</sub> -B St. Met.   |
| Νιτρώδη (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )                                        | mg/L                               | N.D.           | 0,03                                                             | 0,50                                                     | Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NO <sub>2</sub> -B St. Met. * |
| Αμμονιακά (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )                                      | mg/L                               | N.D.           | 0,02                                                             | -                                                        | Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NH <sub>4</sub> -F St. Met. * |
| Φωσφόρος (P)                                                                   | mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | N.D.           | 1,14                                                             | -                                                        | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Βόριο (B)                                                                      | mg/L                               | 0,06           | 0,05                                                             | 1,0                                                      | ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Ανθρακικά (CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )                                     | mg/L                               | 0              | -                                                                | -                                                        | Ογκομετρικά                                              |
| Οξίνα Ανθρακικά (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )                               | mg/L                               | 246            | -                                                                | -                                                        | Ογκομετρικά                                              |
| Ανθρακική σκληρότητα<br>(Temporary hardness)                                   | Γερμ. βαθμοί (°d)                  | 11,7           | -                                                                | -                                                        | Υπολογιστικά                                             |
| Μη Ανθρακική σκληρότητα<br>(Permanent hardness)                                | Γερμ. βαθμοί (°d)                  | 15,2           | -                                                                | -                                                        | Υπολογιστικά                                             |
| Αλκαλικότητα P (Alkalinity P)                                                  | mg/L CaCO <sub>3</sub>             | 0              | -                                                                | -                                                        | Ογκομετρική<br>2320-B St. Met.                           |
| Ολική αλκαλικότητα<br>(Total alkalinity)                                       | mg/L CaCO <sub>3</sub>             | 202            | -                                                                | -                                                        | Ογκομετρική<br>2320-B St. Met.                           |
| Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS)                                                   | mg/L                               | 775            | -                                                                | -                                                        | 2540 St. Met.                                            |

St. Met.: APHA, Standard Methods 21<sup>st</sup> Ed, 2005.

## ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ2 - ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗ ΓΕΩΡΓΙΚΗ ΣΧΟΛΗ (από Αμερικανική Γεωργική Σχολή)

| ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ/ SAMPLE CONDITION UPON RECEIPT: ΚΑΝΟΝΙΚΗ |                         |                       |                                                                          |                                                          |                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Φυσικοχημικές Παράμετροι<br><i>Parameter</i>                                   | Μονάδες<br><i>Units</i> | Τιμή<br><i>Result</i> | Όριο αναφοράς<br>της μεθόδου<br><i>Reporting limit of<br/>the method</i> | Ανώτατο<br>νομοθετικό όριο<br>Max. acceptable<br>level** | Μέθοδος<br><i>Method</i>                                               |
| pH                                                                             | μονάδες pH 20° C        | 8,9                   | 1-10                                                                     | -                                                        | O.B.01.005<br>4500-H.B St. Met. *                                      |
| Αγωγιμότητα (Conductivity)                                                     | μS/cm σε/in 20° C       | 637                   | 10-11670                                                                 | -                                                        | O.B.01.006<br>2510 B St. Met. *                                        |
| Ολική σκληρότητα (Total hardness)                                              | Γερμ. βαθμοί (°d)       | 1,8                   | 0,28                                                                     | -                                                        | O.B.01.013<br>2340- B St. Met. *                                       |
| Ασβέστιο (Ca)                                                                  | mg/L                    | 7,3                   | 1,0                                                                      | -                                                        | O.B.01.017<br>ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Μαγνήσιο (Mg)                                                                  | mg/L                    | 3,3                   | 0,60                                                                     | -                                                        | O.B.01.017<br>ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Κάλιο (K)                                                                      | mg/L                    | 2,2                   | 1,0                                                                      | -                                                        | O.B.01.017<br>ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Νάτριο (Na)                                                                    | mg/L                    | 151                   | 1,0                                                                      | -                                                        | O.B.01.017<br>ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Σίδηρος (Fe)                                                                   | mg/L                    | N.D.                  | 0,05                                                                     | -                                                        | O.B.01.017<br>ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Μαγγάνιο (Mn)                                                                  | mg/L                    | N.D.                  | 0,02                                                                     | 0,05                                                     | O.B.01.017<br>ICP 3120 A,B Modified<br>St.Met. *                       |
| Χλωριούχα (Cl <sup>-</sup> )                                                   | mg/L                    | 42,6                  | 10                                                                       | -                                                        | O.B.01.007<br>4500 Cl,B St. Met. *                                     |
| Θειικά (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )                                         | mg/L                    | 33,6                  | 20                                                                       | -                                                        | O.B.01.008<br>4500 SO <sub>4</sub> ,E St. Met. *                       |
| Νιτρικά (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )                                        | mg/L                    | 9,8                   | 2,0                                                                      | 50                                                       | O.B.01.018<br>Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NO <sub>3</sub> -B St. Met. * |
| Νιτρώδη (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )                                        | mg/L                    | N.D.                  | 0,03                                                                     | 0,50                                                     | O.B.01.011<br>Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NO <sub>2</sub> ,B St. Met. * |
| Αμμωνιακά (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )                                      | mg/L                    | N.D.                  | 0,02                                                                     | -                                                        | O.B.01.009<br>Φασματοφωτομετρικά<br>4500 NH <sub>4</sub> -F St. Met. * |
| Φθόριο (F)                                                                     | mg/L                    | N.D.                  | 0,50                                                                     | -                                                        | Φωτομετρικά                                                            |
| Χρώμα (Color)                                                                  | μονάδες Pt-Co           | N.D.                  | 10                                                                       | -                                                        | 2120C, St. Met.                                                        |
| Θολρότητα (Turbidity)                                                          | NTU ή FAU               | N.D.                  | 5                                                                        | -                                                        | St. Met. 2130 B                                                        |

St. Met.: APHA, Standard Methods 21<sup>st</sup> Ed, 2005.

### ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ13 - KAZINO HYATT (από Καζίνο Hyatt)

| A/A | ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ /<br>PARAMETER            | ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ /<br>METHOD OF ANALYSIS                       | ΜΟΝΑΔΑ /<br>UNIT | ΟΡΙΟ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ /<br>DETECTION LIMIT | ΟΡΙΑ<br>ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ<br>[ΚΥΑ<br>Υ2/2600/2001<br>(ΦΕΚ<br>892/11.07.2001)<br>ΤΕΥΧΟΣ Β] | BAΘΟΣ<br>≈ 135m<br>2.ΑΡΓΥΡΩ 2 |
|-----|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1   | Συγκέντρωση ιόντων<br>υδρογόνου / pH | DIN 38404 (C5)                                                 |                  | 0                                    | -                                                                                  | 7,60                          |
| 2   | Αγωγιμότητα/<br>Conductivity         | ISO 7888                                                       | μS/cm            | 0,01                                 | 2500 μS/cm<br>στους 20°C                                                           | 622                           |
| 3   | Ολική σκληρότητα / Total<br>Hardness | Standard methods 2340-B                                        | °d               | 0,7                                  | -                                                                                  | 18,76                         |
| 4   | Ασβέστιο / Calcium                   | ISO 7980:1986                                                  | mg/L             | 0,1                                  | -                                                                                  | 91                            |
| 5   | Μαγνήσιο / Magnesium                 | ISO 7980:1986                                                  | mg/L             | 0,1                                  | -                                                                                  | 36,7                          |
| 6   | Νιτρικά / Nitrate                    | Φασματοφωτομετρικά Standard<br>Methods 4500 NO <sub>3</sub> -B | mg/L             | 0,1                                  | 50 (Ολικό άζωτο)                                                                   | 29,7                          |
| 7   | Νιτρώδη / Nitrite                    | Φασματοφωτομετρικά Standard<br>Methods 4500 NO <sub>2</sub> -B | mg/L             | 0,002                                | 50 (Ολικό άζωτο)                                                                   | 0,075                         |
| 8   | Αμμωνιακά / Ammonium                 | EPA 350.1                                                      | mg/L             | 0,001                                | -                                                                                  | δεν ανιχνεύτηκε               |
| 9   | Σίδηρος / Iron                       | DIN 38406-6                                                    | mg/L             | 0,01                                 | -                                                                                  | δεν ανιχνεύτηκε               |
| 10  | Μαγγάνιο / Manganese                 | DIN 38406-33                                                   | mg/L             | 0,01                                 | 0,5                                                                                | δεν ανιχνεύτηκε               |
| 11  | Θειικά / Sulfate                     | EPA 375.4                                                      | mg/L             | 5                                    | 500                                                                                | 40                            |
| 12  | Χλωριούχα / Chloride                 | EPA 325.1                                                      | mg/L             | 5                                    | 250                                                                                | 23                            |
| 13  | Θολρότητα / Turbidity                | Standard Methods 2130 B                                        | ntu              | 0,5                                  | -                                                                                  | δεν ανιχνεύτηκε               |
| 14  | Χρώμα / Color                        | Standard Methods 2120 B                                        | mg/l Pt          | 0                                    | -                                                                                  | δεν ανιχνεύτηκε               |

### ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ8 - ΑΡΓΥΡΩ (από Δ.Ε.Υ.Α. Πυλαίας)

| A/A | ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ /<br>PARAMETER            | ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ /<br>METHOD OF ANALYSIS                       | ΜΟΝΑΔΑ /<br>UNIT | ΟΡΙΟ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ /<br>DETECTION LIMIT | ΟΡΙΑ<br>ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ<br>[ΚΥΑ<br>Υ2/2600/2001<br>(ΦΕΚ<br>892/11.07.2001)<br>ΤΕΥΧΟΣ Β] | BAΘΟΣ<br>≈ 150m<br>3.ΛΑΤΩ |
|-----|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1   | Συγκέντρωση ιόντων<br>υδρογόνου / pH | DIN 38404 (C5)                                                 |                  | 0                                    | -                                                                                  | 7,88                      |
| 2   | Αγωγιμότητα/<br>Conductivity         | ISO 7888                                                       | μS/cm            | 0,01                                 | 2500 μS/cm<br>στους 20°C                                                           | 599                       |
| 3   | Ολική σκληρότητα / Total<br>Hardness | Standard methods 2340-B                                        | °d               | 0,7                                  | -                                                                                  | 21,56                     |
| 4   | Ασβέστιο / Calcium                   | ISO 7980:1986                                                  | mg/L             | 0,1                                  | -                                                                                  | 87                        |
| 5   | Μαγνήσιο / Magnesium                 | ISO 7980:1986                                                  | mg/L             | 0,1                                  | -                                                                                  | 36,9                      |
| 6   | Νιτρικά / Nitrate                    | Φασματοφωτομετρικά Standard<br>Methods 4500 NO <sub>3</sub> -B | mg/L             | 0,1                                  | 50 (Ολικό άζωτο)                                                                   | 31,5                      |
| 7   | Νιτρώδη / Nitrite                    | Φασματοφωτομετρικά Standard<br>Methods 4500 NO <sub>2</sub> -B | mg/L             | 0,002                                | 50 (Ολικό άζωτο)                                                                   | 0,068                     |
| 8   | Αμμωνιακά / Ammonium                 | EPA 350.1                                                      | mg/L             | 0,001                                | -                                                                                  | δεν ανιχνεύτηκε           |
| 9   | Σίδηρος / Iron                       | DIN 38406-6                                                    | mg/L             | 0,01                                 | -                                                                                  | δεν ανιχνεύτηκε           |
| 10  | Μαγγάνιο / Manganese                 | DIN 38406-33                                                   | mg/L             | 0,01                                 | 0,5                                                                                | δεν ανιχνεύτηκε           |
| 11  | Θειικά / Sulfate                     | EPA 375.4                                                      | mg/L             | 5                                    | 500                                                                                | 40                        |
| 12  | Χλωριούχα / Chloride                 | EPA 325.1                                                      | mg/L             | 5                                    | 250                                                                                | 33                        |
| 13  | Θολρότητα / Turbidity                | Standard Methods 2130 B                                        | ntu              | 0,5                                  | -                                                                                  | δεν ανιχνεύτηκε           |
| 14  | Χρώμα / Color                        | Standard Methods 2120 B                                        | mg/l Pt          | 0                                    | -                                                                                  | δεν ανιχνεύτηκε           |

### ΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ Γ9 - ΛΑΤΩ (από Δ.Ε.Υ.Α. Πυλαίας)

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Βιβλία - Σημειώσεις - Δημοσιεύσεις

ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ., ΑΝΔΡΙΤΣΟΣ, Ν. (2004), "Γεωθερμία", Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ, Κ. (2014), "Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού", Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (2010), "Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας", Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

ΚΑΖΑΚΗΣ, Ν. (2013), "Εκτίμηση της διακινδύνευσης της εξωτερικής ρύπανσης των υπόγειων νερών : Εφαρμογή στη λεκάνη του Ανθεμούντα", Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη.

ΖΕΡΒΟΠΟΥΛΟΥ, Α. (2010), "Νεοτεκτονικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης σε σχέση με τα εδάφη θεμελίωσης", Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη.

Ι.Γ.Μ.Ε. (2001), "Σχέδιο εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας για θέρμανση και κλιματισμό των νέων κτηρίων του αεροδρομίου "Μακεδονία" Θεσσαλονίκης", Θεσσαλονίκη.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ (2003) "ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ", "Κατασκευή ερευνητικής γεωθερμικής γεώτρησης στην περιοχή του αεροδρομίου "Μακεδονία" Θεσσαλονίκης", Θεσσαλονίκη.

ΚΑΡΑΛΕΞΗ, Ο., ΜΥΣΤΡΙΔΟΥ, Ο. (2005), "Περιγραφή και μελέτη υδρογεώτρησης περιοχή "Πατριαρχικό" του δήμου Πυλαίας", Θεσσαλονίκη.

ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ Α., ΚΑΡΚΑΛΗ, Β. (1997), "Γεωθερμική Μελέτη περιοχής αεροδρομίου Θεσσαλονίκης", Θεσσαλονίκη.

N. ANDRITSOS, P. DALAMBAKIS, A. ARVANITIS, M. PAPACHRISTOU, and M. FYTIKAS (2014), "Geothermal developments in Greece - Country update 2010 - 2014", Proc. World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015.

BERTANI, Z. (2015) "Geothermal Power (Generation) in the World 2010-2014 Update Report", Proc. World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015.

LUND, J., BOYD, T. (2015) "Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review", Proc. World Geothermal Congress 2015, Melbourne, Australia, 19-25 April 2015.

### **Websites**

**<http://www.nared.org>**

**[http://www.geothermal heat exchanger/images](http://www.geothermal-heat-exchanger.com/images)**

**<http://www.geothermal-energy.org>**

**<http://www.alternative-energy-tutorials.com>**

**<http://www.deya-thermis.gr>**