



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

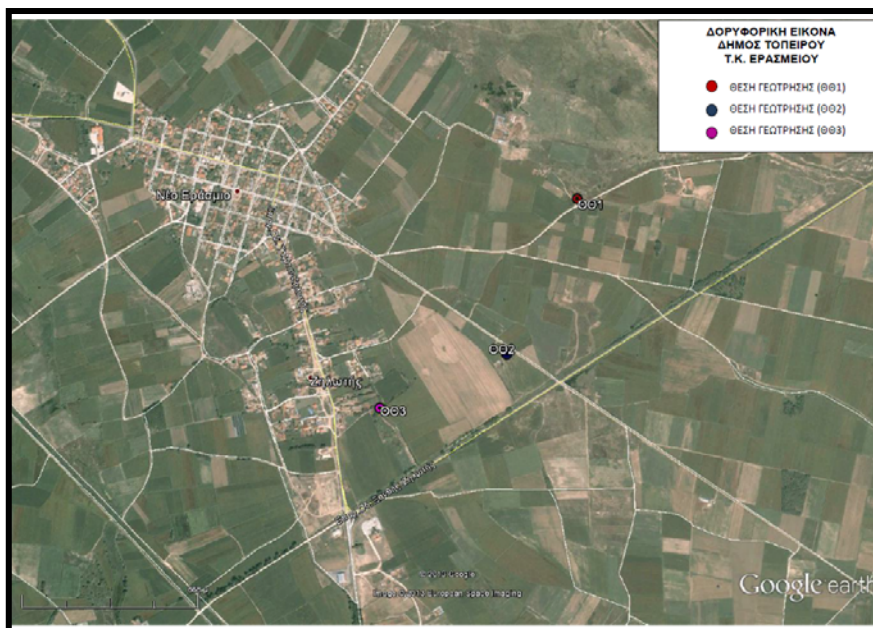
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Εργ. Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

ΕΒΡΗΜ ΧΙΑΜΗ ΟΓΛΟΥ

**« ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ Ν. ΕΡΑΣΜΙΟΥ –
ΜΑΓΓΑΝΩΝ Ν. ΞΑΝΘΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ »**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2014

ΕΒΡΗΜ ΧΙΑΜΗ ΟΓΛΟΥ

**« ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ Ν. ΕΡΑΣΜΙΟΥ –
ΜΑΓΓΑΝΩΝ Ν. ΞΑΝΘΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ »**

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας
Εργ. Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων Καθηγητής

Αναπληρωτής Καθηγητής Κωνσταντίνος Βουδούρης

© Εβρήμ Χιλμή Ογλού, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας 2014
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

**« ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ Ν. ΕΡΑΣΜΙΟΥ –
ΜΑΓΓΑΝΩΝ Ν. ΞΑΝΘΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ »**

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	6
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ	8
2.1 Χρήση της Γεωθερμίας στον κόσμο.....	10
2.2 Αξιοποίηση Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα.....	10
3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	11
3.1 Γεωθερμία στην Ανατολική Μακεδονία – Θράκη.....	13
4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ Ν. ΕΡΑΣΜΙΟΥ – ΜΑΓΓΑΝΩΝ Ν. ΞΑΝΘΗ	15
4.1 Γενικά	15
4.2 Γεωλογία και Τεκτονική στην περιοχή έρευνας	16
4.3 Γεωθερμικές Συνθήκες.....	21
5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ Ν. ΕΡΑΣΜΙΟΥ	28
5.1 Γενικά	28
5.2 Περιγραφή Εργασιών	30
5.2.1 Διαμόρφωση χώρου.....	30
5.2.2 Εργασίας Διάτρησης των γεωτρήσεων	31
5.3 Μέθοδος Διαγραφιών (LOGGINGS).....	35
5.4 Περιφραγματική Σωλήνωση των Γεωτρήσεων.....	40
5.5 Τσιμέντωση των Γεωτρήσεων (ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3).....	42
5.6 Σωλήνωση.....	44
5.7 Χαλίκωση	48

5.8 Ανάπτυξη Γεώτρησης με αέρα (AIR-LIFT)	50
5.9 Δοκιμαστική Άντληση Γεωτρήσεων	51
5.9.1 Προάντληση	51
5.9.2 Κανονική Δοκιμαστική Άντληση.....	52
6. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....	57
7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	59
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	61
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	72

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά την περιγραφή των χαρακτηριστικών και των γεωθερμικών συνθηκών του πεδίου χαμηλής ενθαλπίας του Ν. Εράσμιου – Μαγγάνων (Νομός Ξάνθης) καθώς και τη συλλογή και επεξεργασία των νέων στοιχείων που προέκυψαν για την περιοχή από την κατασκευή νέων γεωτρήσεων.

Στην ευρύτερη περιοχή του Ν. Εράσμιου, κατά τους μήνες Ιούνιο – Σεπτέμβριο 2013, έλαβε χώρα η διάνοιξη τριών ερευνητικών, και στην συνέχεια παραγωγικών, γεωθερμικών γεωτρήσεων από την εταιρία «ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΞΑΝΘΗΣ Α.Ε.», η οποία έχει τα δικαιώματα διαχείρισης και εκμετάλλευσης του γεωθερμικού πεδίου χαμηλής ενθαλπίας Ν. Ερασμίου – Μαγγάνων Ξάνθης.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας αρχικά έγινε συλλογή των υπαρχόντων βιβλιογραφικών δεδομένων που αφορούν τη στρωματογραφία και τεκτονική της περιοχής καθώς και των στοιχείων που προέκυψαν από εκτεταμένη γεωθερμική έρευνα που πραγματοποίησε το Ι.Γ.Μ.Ε. Επίσης, πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση της κατασκευής των γεωτρήσεων και των δοκιμαστικών αντλήσεων, υπολογισμός των υδρογεωλογικών και υδραυλικών παραμέτρων των θερμών υδροφορέων, όπως της εκμεταλλεύσιμης παροχής, της στάθμης άντλησης και ηρεμίας και εκτίμηση της κρίσιμης παροχής.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της διπλωματικής Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ. κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη και την Δρ. Γεωθερμίας κ. Μαρία Παπαχρήστου για την ανάθεση του θέματος και για την καίρια καθοδήγηση τους κατά την διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Δρ. Γεωθερμίας κ. Νίκο Κολιό, για την σημαντική βοήθεια και τις πολύτιμες συμβουλές που μου παρείχε κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί μία φυσική, ήπια και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και περιέχεται σε υπόγειους ταμειυτήρες νερού ή/και ατμού, επιφανειακά θερμά νερά (π.χ. πηγές) και σε θερμά ξηρά πετρώματα.

Η αξιοποίηση της αφορά στην κάλυψη ενεργειακών αναγκών σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας (π.χ. θέρμανση, λειτουργία θερμοκηπίων, παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας κ.τ.λ.) και ξεκίνησε πριν από χιλιάδες χρόνια, με τη χρήση πηγαίων θερμών πηγών για ιαματικούς σκοπούς. Αναπτύχθηκε ιδιαίτερα κατά τον 20^ο αιώνα, με την παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας και τις πολλές και σημαντικές εφαρμογές της.

Σε μια εποχή όπου η σταδιακή απεξάρτηση από τα συμβατικά καύσιμα είναι το πλέον ζητούμενο, τόσο για περιβαλλοντικούς όσο και οικονομικούς λόγους, η γεωθερμική ενέργεια, με ελάχιστες ή καθόλου περιβαλλοντικές επιπτώσεις και συγκριτικά μικρό κόστος εκμετάλλευσης, αποτελεί μια πολύ ελκυστική εναλλακτική λύση, ιδίως σε περιοχές ευνοημένες γεωθερμικά, όπως είναι η χώρα μας και ιδιαίτερα η Β. Ελλάδα (*Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004*).

Ανάλογα της ενθαλπία των γεωθερμικών ρευστών, η οποία είναι ανάλογη της θερμοκρασίας τους, τα γεωθερμικά πεδία (ή συστήματα) και τα ρευστά τους ταξινομούνται σε διάφορες κατηγορίες, με επικρατέστερο διαχωρισμό τον ακόλουθο:

- *Υψηλής Ενθαλπίας* (>150°C)
- *Μέσης Ενθαλπίας* (90 έως 150°C)
- *Χαμηλής Ενθαλπίας* (25 έως 90°C)

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία, τα γεωθερμικά ρευστά και πεδία ταξινομούνται ως υψηλής (>90°C) και χαμηλής (25-90°C) θερμοκρασίας.

Μία ξεχωριστή κατηγορία αποτελεί η εκμετάλλευση της λεγόμενης «**αβαθούς**» γεωθερμίας, δηλαδή της θερμότητας που περιέχεται σε επιφανειακούς ή μικρού βάθους υδροφορείς και γεωλογικούς σχηματισμούς, των οποίων η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 25°C. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας επέτρεψε την εκμετάλλευση της αβαθούς γεωθερμίας, η οποία μάλιστα παρουσιάζει αλματώδη ανάπτυξης παγκοσμίως.

2. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΓΕΩΘΕΡΜΙΑΣ

Οι γεωθερμικές εφαρμογές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και αφορούν, όπως προαναφέρθηκε, την κάλυψη των αναγκών του σε θερμική ενέργεια (άμεσες χρήσεις) αλλά και ηλεκτρισμό (ηλεκτρικές χρήσεις).

Επιγραμματικά:

- Τα ρευστά **υψηλής ενθαλπίας** χρησιμοποιούνται συνήθως για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
- Τα ρευστά **μέσης ενθαλπίας** με την κατάλληλη τεχνολογία, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος (δυναμικό σύστημα) με πολύ καλούς οικονομικούς όρους και φυσικά για παραγωγή θερμότητας.
- Τα ρευστά **χαμηλής ενθαλπίας** αξιοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές όπως η θέρμανση χώρων, η ξήρανση, η αφαλάτωση, σε πολλές αγροτικές δραστηριότητες (π.χ. θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες, κλπ), στον βιομηχανικό και τον τουριστικό τομέα.

Δεδομένου ότι γεωθερμικό πεδίο Ν. Ερασμίου – Μαγγάνων είναι χαμηλής ενθαλπίας, θα γίνει συνοπτική παρουσίαση των πλέον συνηθισμένων και τεχνικοοικονομικά συμφερούσων χρήσεων των ρευστών χαμηλής ενθαλπίας είναι:

α) Τηλεθέρμανση

Η περιφερειακή θέρμανση (τηλεθέρμανση) οικισμών και πόλεων βρίσκει εφαρμογή σε πολλές χώρες. Η τηλεθέρμανση με γεωθερμική ενέργεια παρέχει ευνοϊκές οικονομικές συνθήκες εκμετάλλευσης λόγω του σχετικά χαμηλού κόστους, συντηρήσεως και λειτουργίας των εγκαταστάσεων, στις περισσότερες περιπτώσεις.

Οι θερμικές απαιτήσεις εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες, ενώ οι θερμοκρασίες σχεδιασμού από τη χρήση (κατοικίες 18-20°C, γραφεία 17-18°C κ.λπ.). Όταν γίνεται συνδυασμός τηλεθέρμανσης και κάλυψης αναγκών σε ζεστό νερό πρέπει η θερμοκρασία του γεωθερμικού ρευστού να είναι τουλάχιστον 65°C (Αδραμίδου, 2011). Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η τηλεθέρμανση με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας πρέπει το κόστος της γεωθερμικής ενέργειας να αντιστοιχεί στο 50-60% του κόστους πετρελαίου (Αδραμίδου, 2011).

β) Αφαλάτωση θαλασσινού νερού

Η αφαλάτωση θαλασσινού νερού με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας δύναται να επιτευχθεί με διάφορες μεθόδους, η πιο συνηθισμένη από τις οποίες είναι η μέθοδος πολυσταδιακής εξάτμισης σε κενό (MES) (Αδραμίδου, 2011). Για να είναι οικονομικά συμφέρουσα η αφαλάτωση πρέπει η θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών να είναι τουλάχιστον 60°C (Αδραμίδου, 2011). Η θερμοκρασία απόρριψης σχεδιάζεται να είναι 40-50°C. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για περίπτωση αφαλάτωσης θαλασσινού νερού με γεωθερμικά ρευστά θερμοκρασίας 75°C και παροχής 100 m³/h μπορεί να

επιτευχτεί αφαλάτωση 600 m³/h την ημέρα (Αδραμίδου, 2011). Για να θεωρείται οικονομικά συμφέρουσα αφαλάτωση θαλασσινού νερού με τη χρήση γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας πρέπει το κόστος της γεωθερμικής ενέργειας να αντιστοιχεί το πολύ στο 60% του κόστους αφαλάτωσης με πετρέλαιο (Αδραμίδου, 2011).

γ) Θέρμανση θερμοκηπίων

Οι χρήσεις και το μέγεθος των θερμοκηπιακών εγκαταστάσεων εξαρτάται από τη διαθέσιμη γεωθερμική ενέργεια, από τις κλιματικές συνθήκες, από τα υλικά κατασκευής των θερμοκηπίων και από το είδος της καλλιέργειας (Αδραμίδου, 2011). Μια πάρα πολύ κοινή περίπτωση, για τα δεδομένα του ελλαδικού χώρου, είναι η θέρμανση γυάλινων θερμοκηπίων ντομάτας με θερμαντικό μέσο γεωθερμικά ρευστά 40–55°C (Αδραμίδου, 2011). Στην περίπτωση αυτή απαιτούνται περίπου 150.000 kcal/h το στρέμμα για μία περίοδο θέρμανσης, κατά μέσο όρο, 1.250 ωρών (Load Factor 14%) διατηρώντας μία εσωτερική θερμοκρασία αέρα τουλάχιστον 14°C (Αδραμίδου, 2011)

δ) Ιχθυοκαλλιέργειες

Η απαραίτητη θερμοκρασία στο νερό της δεξαμενής της ιχθυοκαλλιέργειας κυμαίνεται από 14 έως 30°C, ανάλογα με το είδος της (Αδραμίδου, 2011). Για να χρησιμοποιηθεί το γεωθερμικό νερό απευθείας στις δεξαμενές θα πρέπει να έχει καλή ποιότητα και κατάλληλο χημισμό, ενώ η θερμοκρασία του θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 20°C. Οι εγκαταστάσεις μπορούν να χρησιμοποιούν απευθείας γεωθερμικά ρευστά. Τα γεωθερμικά ρευστά χρησιμοποιούνται είτε ως θερμαντικό μέσο από γεώτρηση είτε απευθείας στις δεξαμενές καλλιέργειας (π.χ. καλλιέργεια σπιρουλίνας) θερμοκρασίας 25 έως 35°C (Αδραμίδου, 2011), είτε από το απορριπτόμενο νερό από τη θέρμανση θερμοκηπίων (διαδοχική χρήση ρευστών).

2.1 Χρήση της Γεωθερμίας στον κόσμο

Η πρώτη βιομηχανική εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας έγινε στο (Larderello) Ιταλίας, όπου από τα μέσα του 18^{ου} αιώνα χρησιμοποιήθηκε ο φυσικός ατμός για την παραγωγή βορικού οξέος αλλά και για τη θέρμανση διαφόρων κτιρίων. Το 1904 έγινε στο ίδιο μέρος η πρώτη παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος από τη γεωθερμία (σήμερα παράγονται εκεί 2,5 δισ. kWh/έτος). Η χώρα με την πιο εντυπωσιακή ίσως αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας είναι η Ισλανδία, η οποία καλύπτει ένα πολύ μεγάλο μέρος των αναγκών της χώρας σε ηλεκτρική ενέργεια και θέρμανση (89%) από τη γεωθερμία. (<http://el.wikipedia.org>)

Σύμφωνα με την Διεθνή Ένωση Γεωθερμικών (IGA – www.geothermal-energy.org) 25 χώρες παράγουν ηλεκτρική ισχύ με γεωθερμική ενέργεια το έτος 2013. Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής ενέργειας στον κόσμο ανήλθε στα 11.772 MWe, σημειώνοντας αύξηση περισσότερων από 1050 MWe σε σχέση με το 2010.

Με βάση νέα στοιχεία (Lund et al., 2010), 78 χώρες αξιοποιούν την γεωθερμική ενέργεια σε άμεσες χρήσεις, παράγοντας 50.583 MWth ετησίως.

2.2 Αξιοποίηση Γεωθερμικής Ενέργειας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα παρά την ύπαρξη αξιόλογου δυναμικού υψηλής και μέσης ενθαλπίας δεν γίνεται παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με γεωθερμία. Η αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας περιορίζεται στις άμεσες χρήσεις από την εκμετάλλευση του σημαντικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας της χώρας. Με τις σημερινές γνώσεις από τα δεδομένα των γεωτρήσεων και από άλλες ενδείξεις στα γεωθερμικά πεδία, εκτιμάται ότι το βεβαιωμένο συνολικό δυναμικό της γεωθερμίας χαμηλής ενθαλπίας (με βάση την απόρριψη των νερών σε θερμοκρασίες περίπου 25°C) ανέρχεται περίπου σε 700-800 MWth, (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004). Η παραγωγή ενέργειας από την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας χαμηλής ενθαλπίας και αβαθούς γεωθερμίας στην Ελλάδα για χρήσεις που αφορούν θέρμανση (κτιρίων και θερμοκηπίων), ξήρανση αγροτικών προϊόντων, ιχθυοκαλλιέργειες, γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, ιαματικό τουρισμό κ.λ.π. έφτασε το έτος 2013 τα 180 MWth εγκατεστημένης ισχύος, εκ των οποίων τα 100 MWth από αβαθή γεωθερμία (Andritsos et al., 2013). Συγκριτικά με τις δυνατότητες που υπάρχουν, η εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού χαμηλής ενθαλπίας στην χώρα μας είναι ασήμαντη. Σήμερα λειτουργούν μόλις 25 θερμοκήπια που θερμαίνονται με γεωθερμία, καλύπτοντας έκταση 210 στρέμματα και με εγκατεστημένη ισχύ περί τα 24 MWth (Andritsos et al., 2013). Αυτό συμβαίνει παρά το γεγονός ότι οι συνθήκες παραγωγής και εκμετάλλευσης των γεωθερμικών ρευστών είναι συμφέρουσες και τα γεωθερμικά πεδία συμπίπτουν γεωγραφικά με εύφορες πεδιάδες με μεγάλη γεωργική παραγωγή.

3. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Λόγω κατάλληλων γεωτεκτονικών συνθηκών, ο Ελληνικός χώρος διαθέτει σημαντικό γεωθερμικό δυναμικό υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας σε οικονομικά βάθη (100-1500m) (Σχ. 1). Σε μερικές περιπτώσεις τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά, κάνοντας ιδιαίτερα ελκυστική από οικονομική άποψη την εκμετάλλευσή τους. (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).

Η έρευνα για την αναζήτηση γεωθερμικής ενέργειας άρχισε το 1971 με βασικό φορέα το Ι.Γ.Μ.Ε. και μέχρι το 1979 μόνο στις περιοχές υψηλής ενθαλπίας. Κατά την εξέλιξη των εργασιών, η ΔΕΗ, ως άμεσα ενδιαφερόμενη για την ηλεκτροπαραγωγή, ανέλαβε τις παραγωγικές γεωτρήσεις υψηλής ενθαλπίας και την ανάπτυξη των πεδίων, χρηματοδοτώντας επιπλέον τις έρευνες στις πιθανές για τέτοια ρευστά γεωθερμικές περιοχές. Συντάχθηκε ο προκαταρκτικός χάρτης γεωθερμικής ροής του ελληνικού χώρου, όπου φάνηκε ότι η γεωθερμική ροή στην Ελλάδα είναι σε πολλές περιοχές μεγαλύτερη από τη μέση γήινη. Από το 1971 μέχρι σήμερα έχουν ερευνηθεί πολλές περιοχές στην επικράτεια. Ενδεικτικά αναφέρονται οι: Μήλος, Νίσυρος, Λέσβος, Μέθανα, Σουσάκι Κορινθίας, Καμένα Βούρλα, Θερμοπύλες, Υπάτη, Αιδηψός, Κίμωλος, Πολύαιγος, Σαντορίνη, Κως, Νότια Θεσσαλία, Αλμωπία, περιοχή Στρυμόνα, περιοχή Ξάνθης, Σαμοθράκη και πολλές άλλες (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).

Βεβαιωμένα πεδία υψηλής ενθαλπίας έχουν εντοπιστεί στη Μήλο και στη Νίσυρο. Πιθανά πεδία υψηλής ενθαλπίας υπάρχουν στην Κίμωλο, στη Σαντορίνη, στην Κω, στη Λέσβο και μέσης ενθαλπίας στα Μέθανα, στο Σουσάκι, στη Σαντορίνη, στην Κω, στη Λέσβο και σε λεκάνες της Βόρειας Ελλάδας.

Τα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας είναι διάσπαρτα στη νησιωτική και ηπειρωτική Ελλάδα. Η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο μπορεί να γίνει σημαντική, καθώς αποτελούν ενεργειακό πόρο φιλικό στο περιβάλλον, κοινωνικά αποδεκτό και παρουσιάζουν σημαντικό οικονομικό και αναπτυξιακό ενδιαφέρον.

Οι παραγωγικές γεωτρήσεις στα δύο γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας έφεραν στην επιφάνεια ρευστά πολύ υψηλής θερμοκρασίας. Στην Μήλο μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 325°C σε βάθος 1000m και στην Νίσυρο 350°C σε βάθος 1500m. Οι γεωτρήσεις αυτές θα μπορούσαν να στηρίξουν μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 20 και 5 MW αντίστοιχα, ενώ το πιθανό συνολικό δυναμικό υπολογίζεται να είναι της τάξης των 200 MW στη Μήλο και 50 MW στη Νίσυρο. (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).



Σχήμα 1: Γεωθερμικές περιοχές της Ελλάδας (Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004).

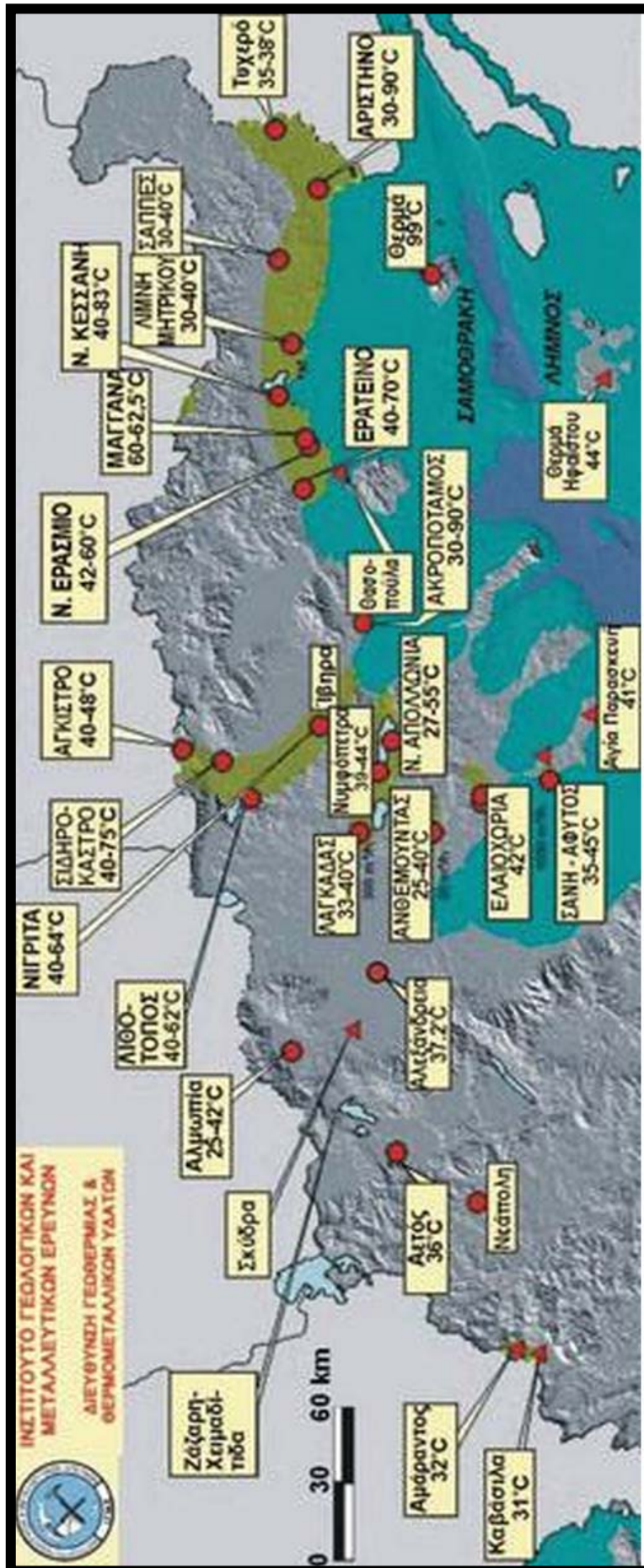
Τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής ενθαλπίας που έχουν εντοπιστεί σε πολλές περιοχές της Βόρειας Ελλάδας (Σχ. 2) αξιοποιούνται για θέρμανση, θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργειες κ.λ.π.

Στην λεκάνη των λιμνών Βόλβης και Λαγκαδά έχουν εντοπισθεί τρία πολύ ρηχά πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56°C. Στη Σαμοθράκη υπάρχουν ενθαρρυντικά στοιχεία, καθώς γεωτρήσεις βάθους μέχρι 100m συνάντησαν νερά της τάξης των 100°C. Στην λεκάνη του Στρυμόνα έχουν εντοπισθεί τα πολύ σημαντικά πεδία: Θερμών – Νιγρίτας, Λιθότοπου – Ηράκλειας, Θερμοπηγής – Σιδηροκάστρου και Αγγίστρου. Πολλές γεωτρήσεις παράγουν νερά μέχρι 75°C, συνήθως αρτεσιανά και πολύ καλής ποιότητας και μεγάλης παροχής. Μεγάλα και μικρότερα γεωθερμικά θερμοκήπια λειτουργούν στην Νιγρίτα και το Σιδηρόκαστρο.

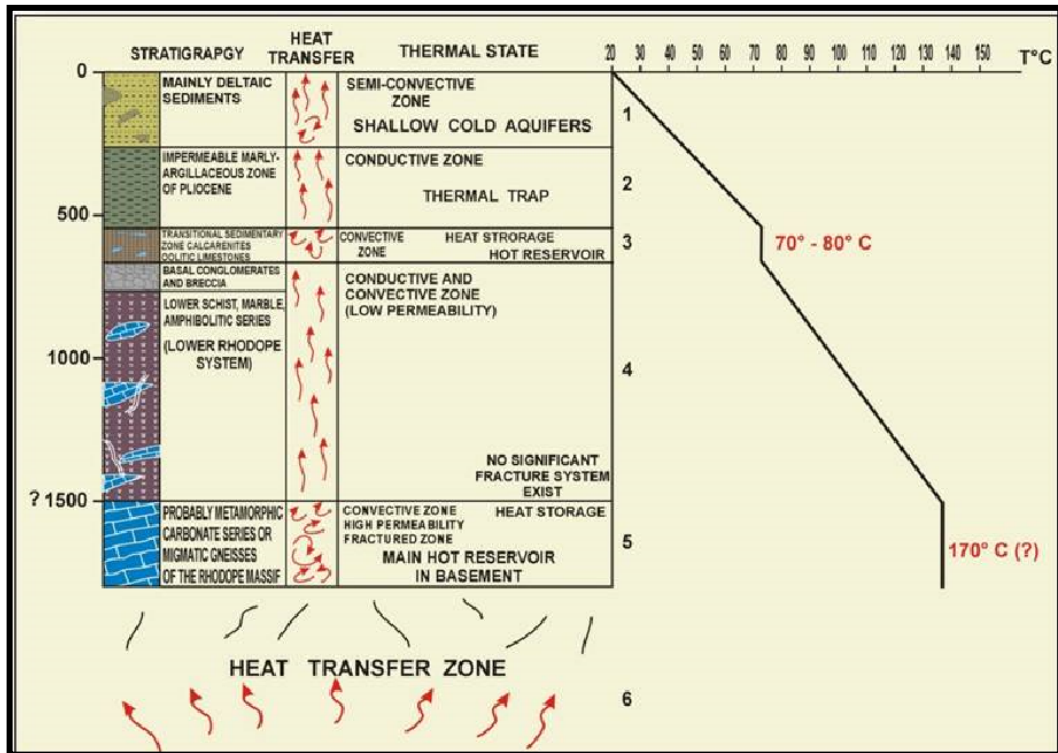
3.1 Γεωθερμία στην Ανατολική Μακεδονία – Θράκη

Στη περιοχή της Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης (Σχ. 2) έχουν εντοπιστεί τέσσερα γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας με μέγιστη θερμοκρασία τους 95°C. Πρόκειται για τα πεδία Νέας Κεσσάνης, Ν. Ερασμίου – Μαγγάνων, Ερατινού, Αριστινού – Αλεξανδρούπολης. Ο σχηματισμός των πεδίων αυτών συνδέεται με τη μαγματική δραστηριότητα, τη στρωματογραφική διάρθρωση, δηλαδή την ακολουθία των σχηματισμών που δημιουργήθηκαν μέσα στο γεωλογικό χρόνο και είναι ικανοί να φιλοξενούν γεωθερμικά ρευστά, και τις τεκτονικές συνθήκες. Η παραγωγή θερμικής ενέργειας από τα πεδία αυτά μπορεί να υπερβεί τα 100 MW (Kolios et al., 2005). Η παρουσία ταμειυτήρων μέσης ενθαλπίας σε μεγαλύτερα βάθη θεωρείται πολύ πιθανή.

Στην πεδινή περιοχή του Δέλτα Νέστου έχουν εντοπισθεί δύο πολύ σημαντικά γεωθερμικά πεδία, στο Ερατεινό Χρυσούπολης και στο Ν. Εράσμιο – Μάγγανα Ξάνθης. Νερά άριστης ποιότητας μέχρι 70°C (Σχ. 3) και σε πολύ οικονομικά βάθη (η γεωθερμική βαθμίδα είναι μέχρι 25°C/100m) παράγονται από γεωτρήσεις στις εύφορες αυτές πεδινές περιοχές. Στην Νέα Κεσσάνη και στο Πόρτο Λάγος Ξάνθης, σε μεγάλης έκτασης γεωθερμικά πεδία, παράγονται νερά θερμοκρασίας μέχρι 82°C



Σχήμα 2: Γεωθερμικά πεδία Βόρειας Ελλάδας (Φυτίκας & Ανδρίτσος, 2004).



Σχήμα 3. Η γεωθερμική βαθμίδα στο πεδίο Δέλτα Νέστου (*Fytikas and Kolios, 1992*).

4. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ Ν. ΕΡΑΣΜΙΟΥ – ΜΑΓΓΑΝΩΝ Ν. ΞΑΝΘΗ

4.1 Γενικά

Η γεωθερμική έρευνα στη λεκάνη του δέλτα του Νέστου ξεκίνησε την δεκαετία του 1980 από το Ι.Γ.Μ.Ε, λόγω της ύπαρξης ευνοϊκών γεωλογικών και τεκτονικών συνθηκών για την ανάπτυξη γεωθερμικών συστημάτων

Η περιοχή ενδιαφέροντος ανήκει στο Νομό Ξάνθης και βρίσκεται στις ανατολικές όχθες των εκβολών του ποταμού Νέστου. Το χερσαίο τμήμα της λεκάνης καλύπτει έκταση 450 km² και αναπτύσσεται κατά μήκος ενός άξονα ΑΒΑ–ΔΝΔ διεύθυνσης. Προς τα ανατολικά χωρίζεται από την λεκάνη Ξάνθης – Κομοτηνής με το τεκτονικό κέρασ Αβδήρων. Η λεκάνη του Δ. Νέστου άρχισε να δημιουργείται κατά το Μειόκαινο, στα δυτικά του κέρατος των Αβδήρων και οριοθετείται από δύο κύρια ρήγματα με διεύθυνση Β70⁰ και Β160⁰ (*Kolios et al., 2005*) (Σχ. 4).



Σχήμα 4. Τοποθεσία Νέου Εράσμιου – Μαγγάνων.

4.2 Γεωλογία και Τεκτονική στην περιοχή έρευνας

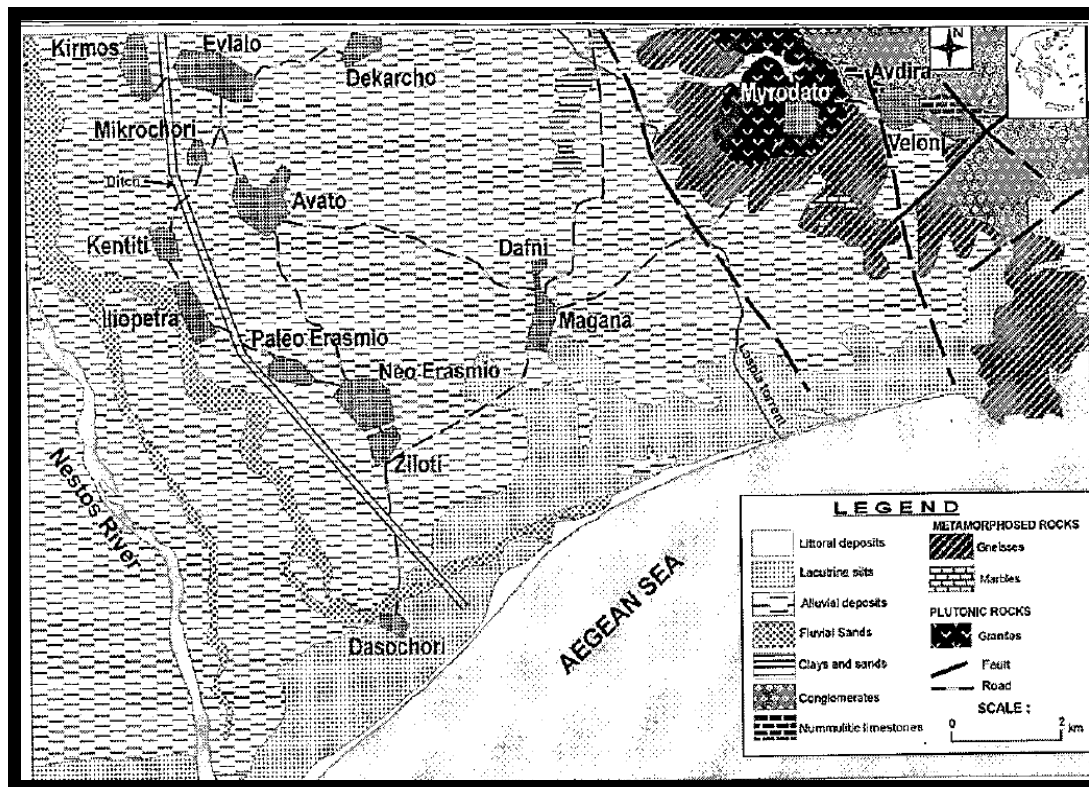
Η ιζηματογενής λεκάνη του Νέστου άρχισε να δημιουργείται στο τέλος του Κατώτερου Μειοκαίνου, μετά την κύρια συμπιεστική φάση του Ηωκαίνου.

Το υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα που ανήκουν στην Μάζα της Ροδόπης (κυρίως γνεύσιοι, αμφιβολίτες και μάρμαρα) και έχουν υποστεί πολλαπλές παραμορφώσεις και μεταμορφώσεις κατά τη διάρκεια διαδοχικών τεκτονικών επεισοδίων (Kolios et al., 2007). Το υπόβαθρο εμφανίζεται επιφανειακά στα δυτικά και νότια του χωριού “Μυρωδάτο” και κοντά στα Άβδηρα. Τα γεωφυσικά και γεωτρητικά δεδομένα από την ευρύτερη περιοχή δείχνουν ότι πάνω από το μεταμορφωμένο υπόβαθρο έχουν αποθεθεί ιζήματα μειοκαινικά (μάργες, ψαμμίτες, ιλύολιθοι, λιγνίτες, άργιλος, κροκαλοπαγές και ανυδρίτες). Η στρωματογραφική στήλη της λεκάνης αποτελείται από 800–900m Πλειο – Τεταρτογενών ιζημάτων στα ανώτερα τμήματα και περίπου 900m Μειοκαινικών ιζημάτων στα κατώτερα τμήματα (P.P.C., 1988).

Η ιζηματογένεση ξεκίνησε μετά την απόθεση κλαστικών – δελταικών ηπειρωτικών ιζημάτων σε εναλλαγές με λεπτόκοκκους ψαμμίτες, ιλύολιθους και αργίλιτες (Kolios et al., 2005). Στη συνέχεια ακολούθησε η απόθεση κροκαλοπαγών με παρεμβολές λιγνίτη (Μέσου – Ανώτερου Μειοκαίνου). Κατά το Ανώτερο Μειόκαινο η ιζηματογένεση συνεχίστηκε με την απόθεση εβαποριτικής ακολουθίας που συνίσταται από ανυδρίτες σε εναλλαγές με μικρού πάχους στρώματα ψαμμιτών, αργίλων και μάργας (Proedrou, 1979).

Τα Πλειο – Τεταρτογενή ιζήματα χαρακτηρίζονται από δελταϊκές αποθέσεις που αποτέθηκαν ασύμφωνα πάνω στις προηγούμενες σειρές. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από χαλαρούς ψαμμίτες και αργίλους τα περιθώρια της λεκάνης και θαλάσσια και λιμναία ιζήματα στο κέντρο της. Το συνολικό πάχος των ιζημάτων ανέρχεται σε 3500–4000m περίπου (Lalechos and Savoyat, 1977).

Η πρώτη εφελκυστική φάση (με διεύθυνση B50⁰) κατά το Ολιγόκαινο δημιούργησε την αρχική λεκάνη. Η δομή αυτή επηρεάστηκε στη συνέχεια από διαδοχικά κανονικά ρήγματα με παράταξη B120-140⁰ (Kolios et al., 2005). Κατά το Τεταρτογενές, μία νέα εφελκυστική φάση με διεύθυνση B–N διαμόρφωσε τη σημερινή μορφολογία και ενεργοποίησε ρήγματα παράταξης B70⁰. Ανατολικά του ποταμού Νέστου και του τμήματος της λεκάνης μεταξύ του Νέστου και του χωριού Μάγανα (Σχ. 5) διαμορφώνεται χερσαίο περιβάλλον με κλιμακωτά (en echelon) ρήγματα. Μερικές επιφανειακές εμφανίσεις των Μολασσικών ιζημάτων του Παλαιογενούς συνιστούν τμήματα του τεκτονικού κέρατος των Αβδήρων και εντοπίζονται στα δυτικά περιθώρια του (Kolios et al., 2005).



Σχήμα 5. Γεωλογικός χάρτης του Νέου Εράσμιου – Μαγανα γεωθερμικό πεδίο (Kolios & Karydakis et al., 2005).

Τα ιζήματα αυτά αποτελούνται από αρκόζες, καλκαρενίτες και νομουλιτοφόρους ασβεστόλιθους. Οι Πλειοκαινικοί σχηματισμοί εμφανίζονται ανατολικά του χωριού Δέκαρχο και αποτελούνται από εναλλαγές άμμων και αργίλων με στρώματα και φακούς χαλικιών. Γενικά, η περιοχή καλύπτεται από αλλουβιακές Ολοκαινικές αποθέσεις αργίλων, αμμούχων αργίλων και χαλικιών. Κάποια μαγματικά πετρώματα

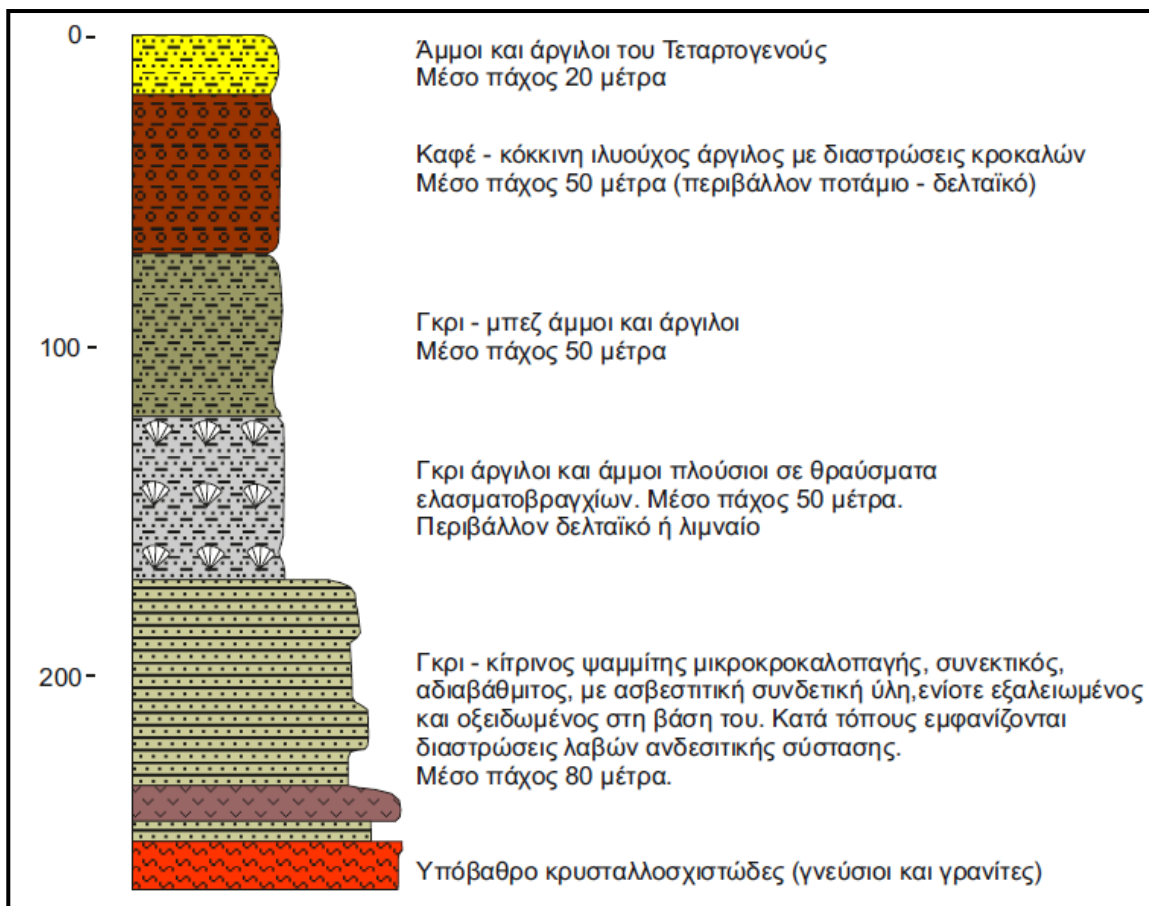
βασαλτικής – ανδεσιτικής σύστασης εντοπίζονται κάτω από Πλειστοκαινικά ιζήματα κοντά στην περιοχή των Αβδήρων.

Η ιζηματογένεση διαφοροποιείται λόγω της παλαιογεωγραφίας και των παλαιοαναγλύφων της περιοχής. Δύο κύριες λιθοστρωματογραφικές στήλες εμφανίζονται στην περιοχή, οι οποίες συνδέονται με την βύθιση του υποβάθρου και αφορούν στο κατώτερο και ανώτερο τέμαχος (*Kolios et al., 2005*)

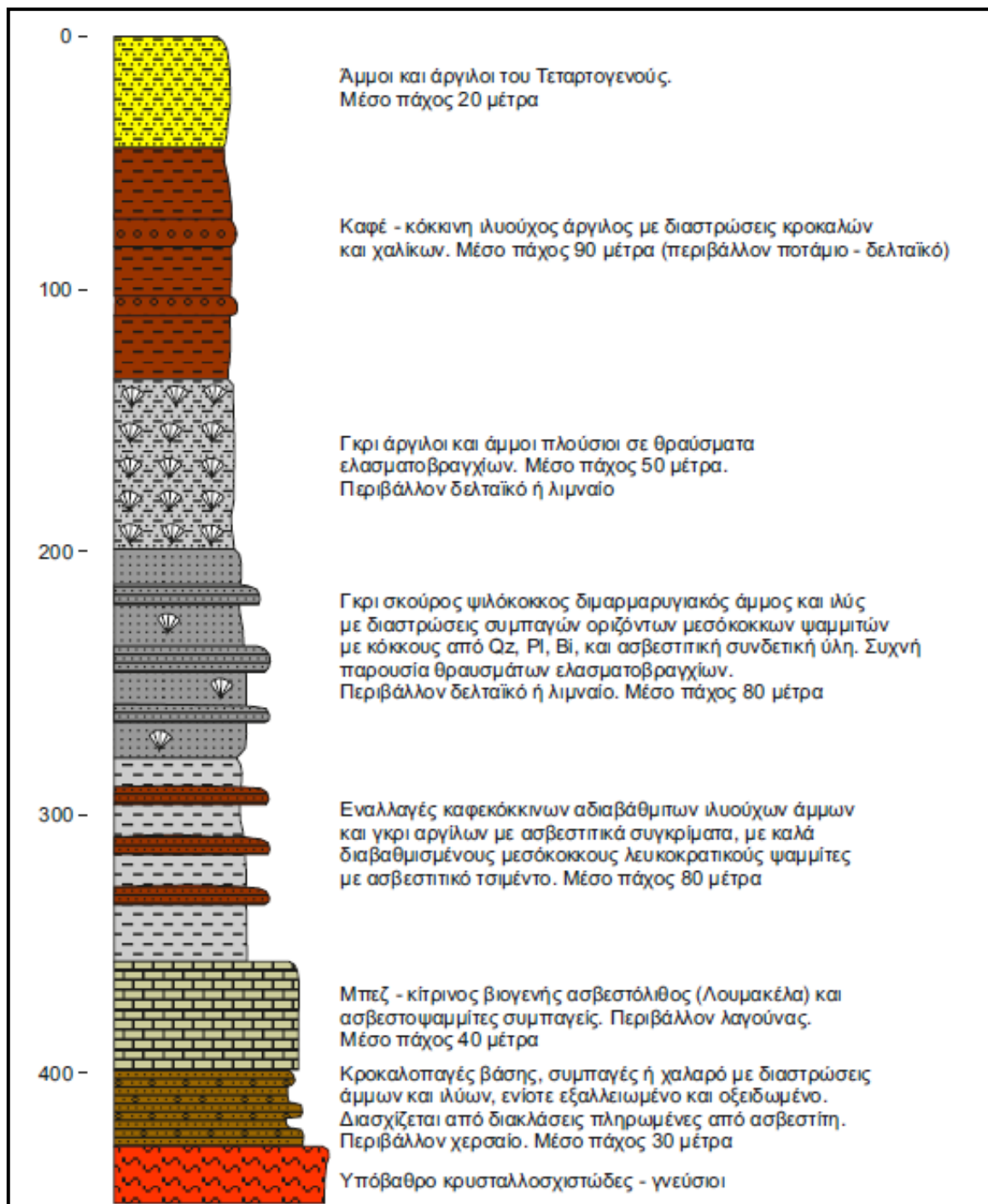
Το ανώτερο τέμαχος (**Σχ. 6**) (block) αποτελείται από: (i) Τεταρτογενείς άμμους και αργίλους μέσου πάχους 20m, (ii) κόκκινο – καστανών αργίλων με διασταυρωμένες στρώσεις χαλικιών που υποδεικνύουν ένα δελταϊκό – ποτάμιο παλαιοπεριβάλλον μέσου πάχους 50m, (iii) γκριζών – μπεζ άμμων και αργίλων μέσου πάχους 50m, (iv) γκριζών αργίλων και άμμων με απολιθώματα (*Cardium*), που υποδεικνύουν δελταϊκό – λιμναίο αποθετικό παλαιοπεριβάλλον, μέσου πάχους 50m, (v) γκριζοκίτρινων ψαμμιτών με ενστρώσεις ανδεσιτικών λαβών, μέσου πάχους 80m και τέλος (vi) το κρυσταλλικό υπόβαθρο (γνεύσιοι και γρανίτες) σε βάθος περίπου 250m.

Η στρωματογραφική διάστρωση του κατώτερου τεμάχους (**Σχ. 7**) διαμορφώνεται ως εξής: (i) Τεταρτογενείς άμμοι και άργιλοι μέσου πάχους 20m, (ii) κόκκινο – καστανών αργίλων με ενστρώσεις χαλικιών, ενδεικτικών του ποτάμιου – δελταϊκού παλαιοπεριβάλλοντος και μέσου πάχους 20m, (iii) γκριζών αργίλων και άμμων με ελασματοβράγχια (*Cardium*) που υποδηλώνουν δελταϊκό – λιμναίο αποθετικό περιβάλλον και έχουν μέσο πάχος 50m, (iv) σκουρόχρωμων γκριζών λεπτόκοκκων άμμων με ιλύες με ενστρώσεις μεσόκοκκων ψαμμιτών, πλούσιων σε θραύσματα ελασματοβράχων, μέσου πάχους 80m (δελταϊκό ή λιμναίο παλαιοπεριβάλλον), (v) εναλλαγές κόκκινων – καστανών άμμων με ιλύ, γκριζών αργίλων και μεσόκοκκων ψαμμιτών μέσου πάχους 80m, (vi) κιτρινωπός βιογενής ασβεστόλιθος και συμπαγείς καλκαρενίτες που δείχνουν λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον, (vii) κροκαλοπαγές βάσης με παρεμβολές άμμων και ιλύων που είναι αντιπροσωπευτικά ενός χερσαίου παλαιοπεριβάλλοντος (μέσου πάχους 30m) και τέλος (viii) κρυσταλλικό υπόβαθρο σε βάθη 400–450m.

Η ευρύτερη περιοχή γεωθερμικού πεδίου Ν. Εράσμιου – Μαγγάνων οροθετείται από δύο συστήματα ρηγμάτων με διεύθυνση παράταξης B140–160⁰ και B70⁰. Κοντά στο χωριό Ν. Εράσμιο υπάρχουν κανονικά ρήγματα BBD–NNA διεύθυνσης με μεγάλη γωνία βύθισης που προκαλούν βύθιση του υποβάθρου κατά 400–450m (*Kolios et al., 2005*).



Σχήμα 6. Χαρακτηριστική στρωματογραφική στήλη του άνω τεμάχους (Κολιός & Καρυδάκης, 2000).



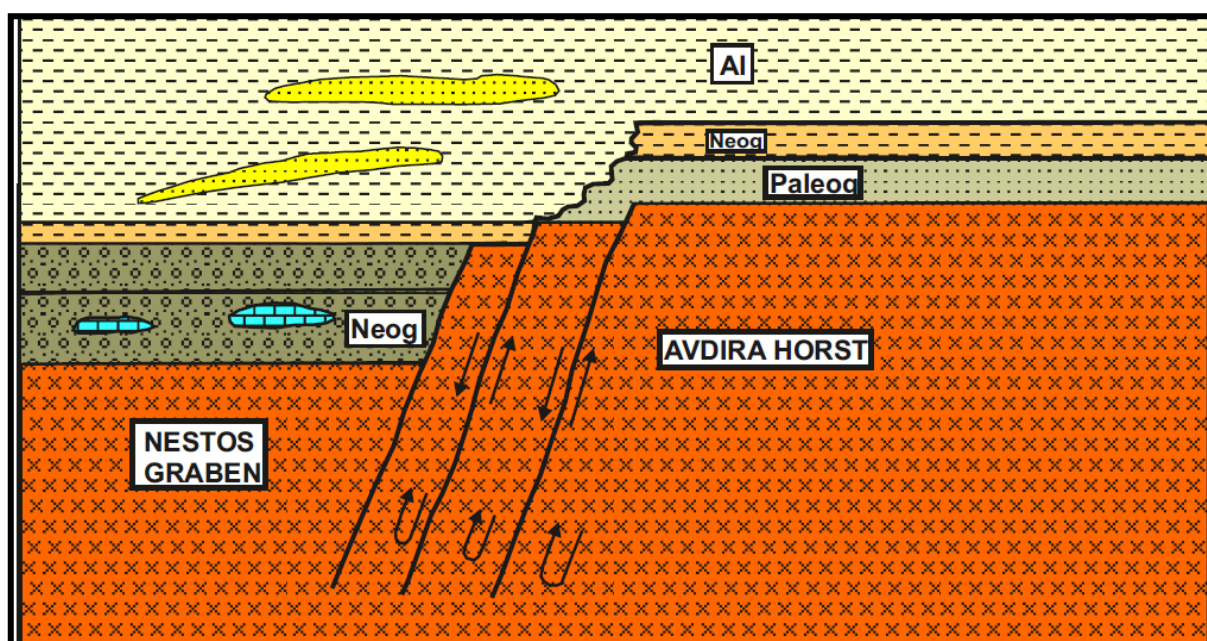
Σχήμα 7. Χαρακτηριστική στρωματογραφική στήλη του κάτω τεμάχους (Κολιός & Καρυδάκης, 2000).

4.3 Γεωθερμικές Συνθήκες

Η γεωθερμική έρευνα στην περιοχή Ν. Εράσμιου – Μαγγάνων του Ν. Ξάνθης άρχισε από το Ι.Γ.Μ.Ε. το 1986 ως συνέχεια των ερευνητικών δραστηριοτήτων στις ιζηματογενείς λεκάνες της Ανατ. Μακεδονίας και Θράκης (Κολιός και Καρυδάκης, 2000).

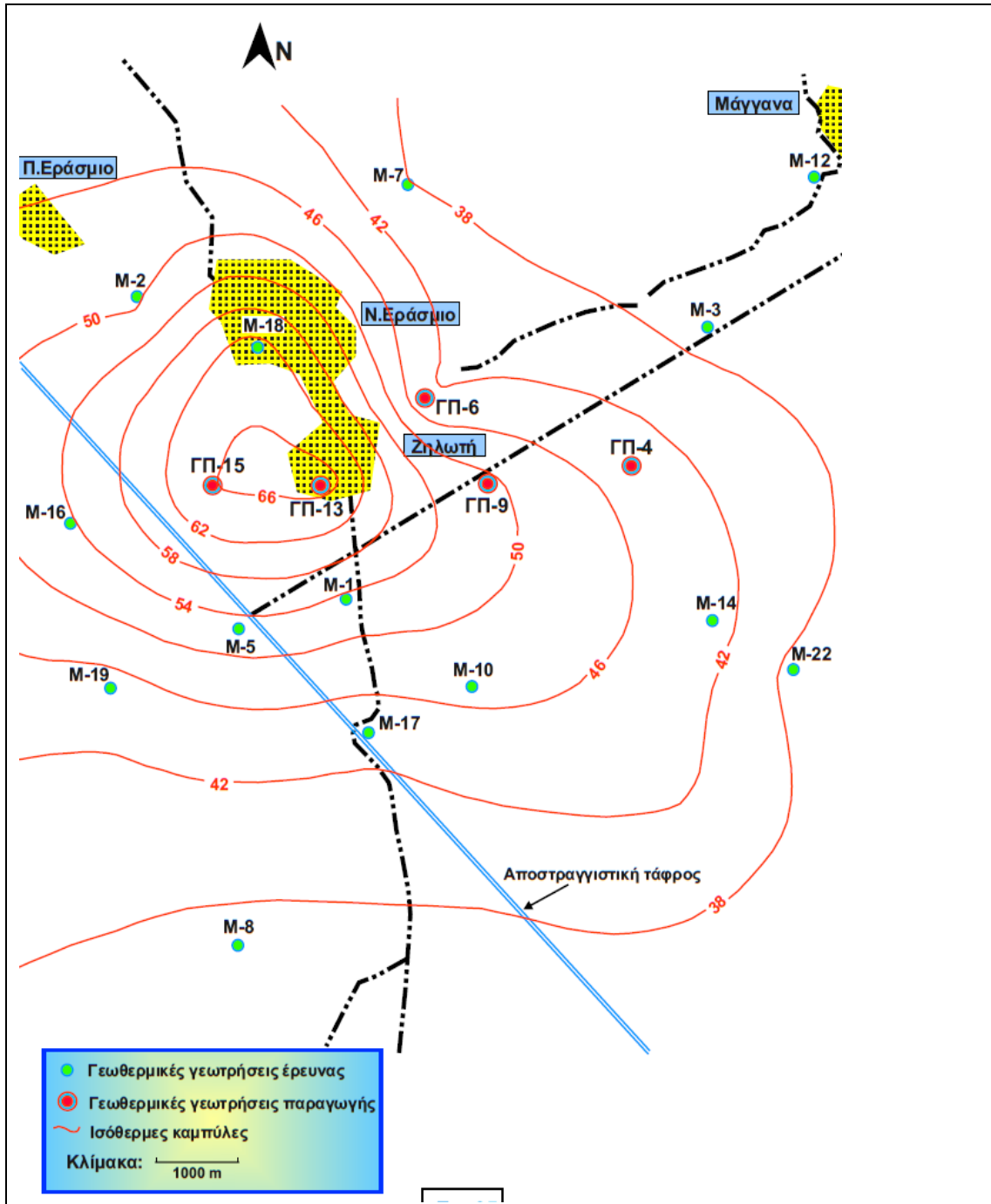
Στο γεωθερμικό πεδίο Ν. Εράσμιου – Μαγγάνων αναπτύσσεται σύστημα χαμηλής ενθαλπίας, όπου οι υδροφόροι τροφοδοτούνται από ένα σύστημα ενεργών ρηγμάτων

Ο γεωθερμικός ταμιευτήρας βρίσκεται σε βάθος 200–400m, στη βάση της μεταλπικής ιζηματογενούς σειράς και κυρίως στην οροφή του μεταμορφωμένου υποβάθρου (Κολιός et al., 2005) (Σχ. 8).



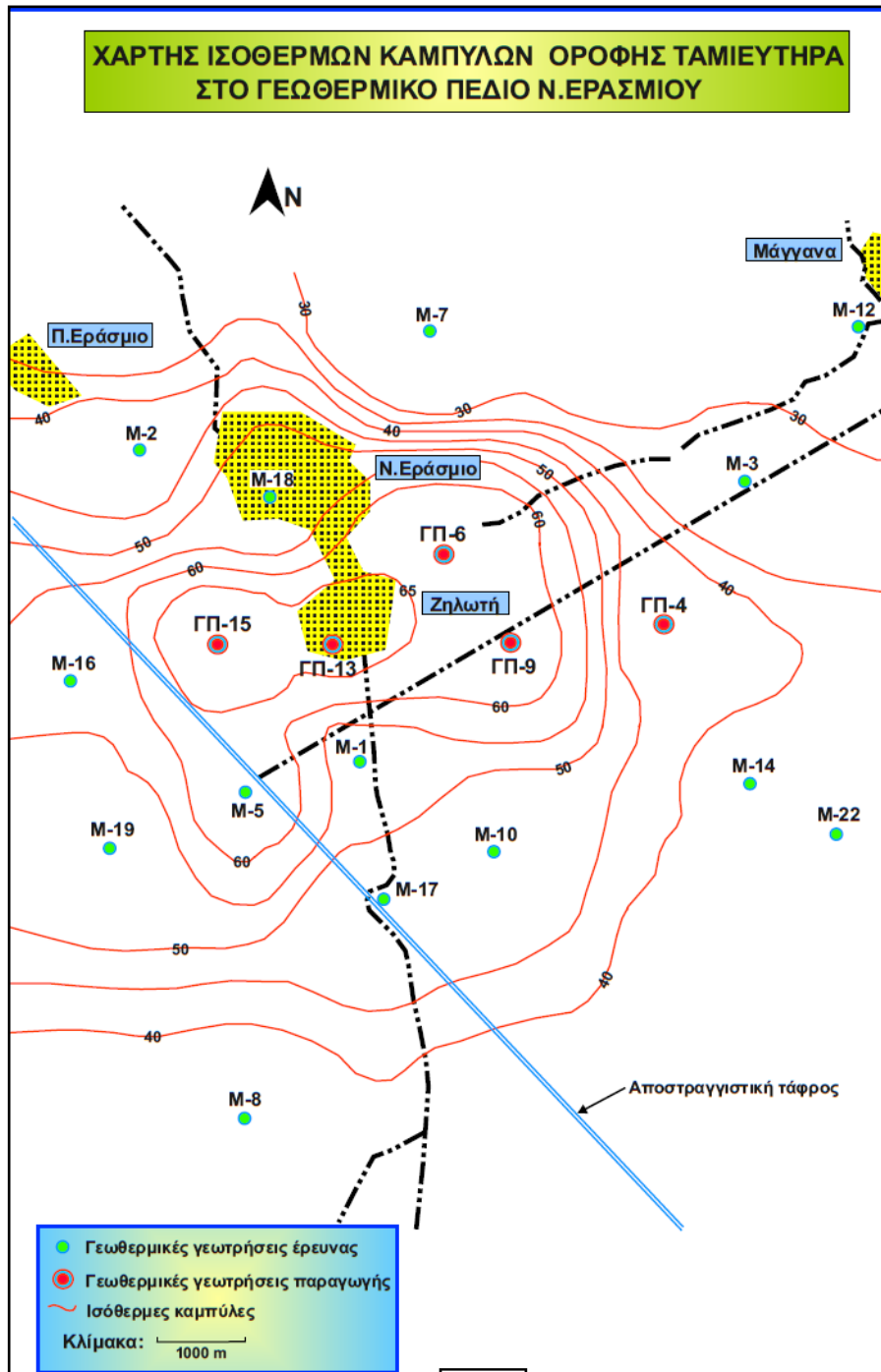
Σχήμα 8. Μοντέλο θερμικής ροής. (Κολιός & Καρυδάκης, 2000)

Το Ι.Γ.Μ.Ε. έχει κατασκευάσει στην περιοχή 22 γεωτρήσεις με μέγιστο βάθος 500m (Σχ. 9). Η γεωθερμική βαθμίδα είναι υψηλή, μέχρι 25°C/100m. Η θερμοκρασία των ρευστών κυμαίνεται από 40–65°C.



Σχήμα 9. Χάρτης κατανομής θερμοκρασιών σε βάθος 400m στο γεωθερμικό πεδίο Νέου Εράσμιου – Μαγγάνων (Κολιός και Καρυδάκης, 2000).

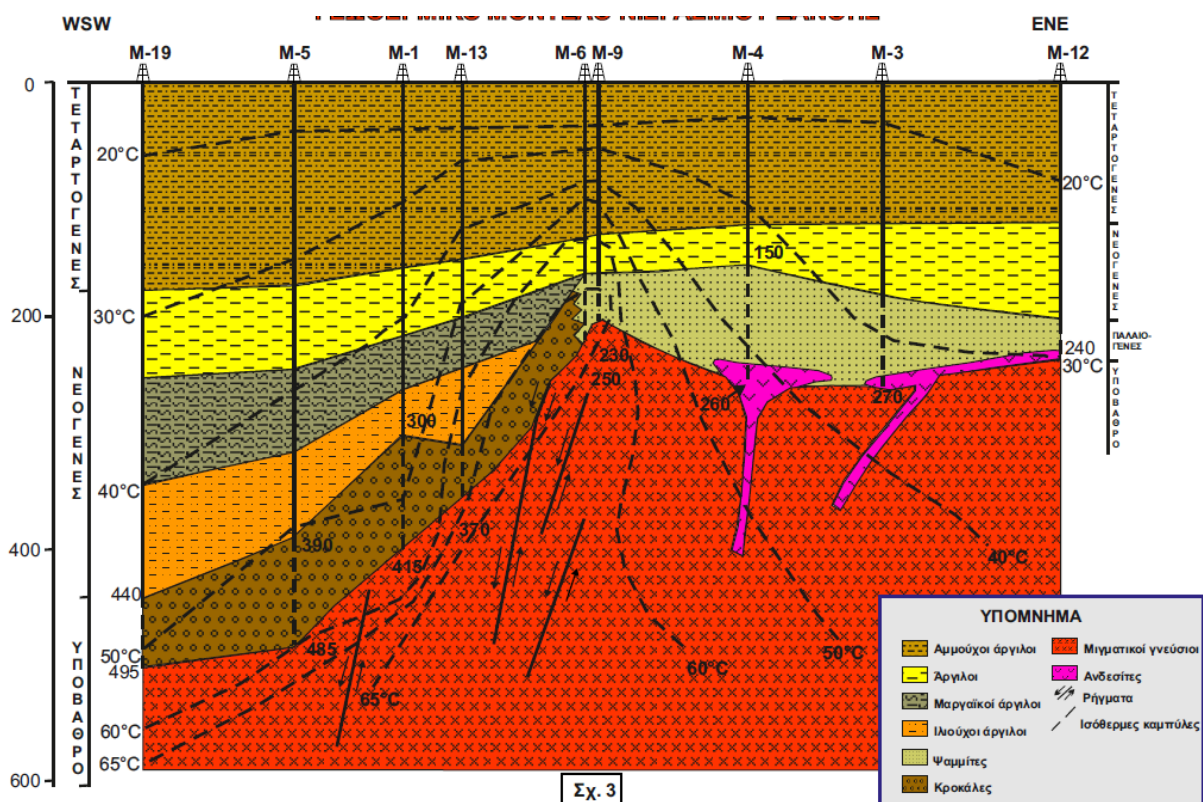
Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες μετρήθηκαν στο χωριό Ζηλωτή, στο βάθος των 400m και κοντά στη κύρια ζώνη τροφοδοσίας κατά μήκος των ρηγμάτων σε διεύθυνση Β160° (Σχ. 9) (Κολιός et al., 2005). Οι ισόθερμες καμπύλες στην οροφή του γεωθερμικού ταμιευτήρα απεικονίζονται στο Σχήμα 10. Η ισόθερμη των 50°C οροθετεί μία περιοχή με έκταση μεγαλύτερη των 3 km². Βόρεια του Ν. Εράσμιου παρατηρείται μία απότομη πτώση της θερμοκρασίας (Κολιός και Καρυδάκης, 2000) .



Σχήμα 10. Χάρτης Ισόθερμων Καμπυλών Οροφής Ταμιευτήρα στο Γεωθερμικό Πεδίο Ν. Εράσμιου (Κολιός & Καρυδάκης, 2000).

Οι υψηλότερες γεωθερμικές βαθμίδες μετρήθηκαν στις γεωτρήσεις M-6 και M-9: Στις γεωτρήσεις αυτές, κοντά στο υπόβαθρο παρατηρήθηκε θερμοκρασιακή αντιστροφή, οπότε οι μέγιστες θερμοκρασίες μετρήθηκαν σε αρκετά μικρότερα βάθη.

Ειδικότερα, στη γεώτρηση M-6 η μέγιστη θερμοκρασία ήταν 64,3°C και καταγράφηκε στα 170–180m βάθους, ενώ η θερμοκρασία στον πυθμένα της γεώτρησης (250m) ήταν 54°C. Στη γεώτρηση M-9, η μέγιστη θερμοκρασία ήταν 62°C στα 200m, ενώ η θερμοκρασία στον πυθμένα (230m) ήταν 60,8°C. Αυτές οι θερμοκρασιακές αναστροφές υποδεικνύουν πλευρική ροή θερμών ρευστών από ένα κεντρικό σύστημα με μεγάλες θερμοκρασίες και διαφορετική χημική σύσταση. Οι ίδιες γεωτρήσεις ορίζουν μία περιοχή ανύψωσης των ισόθερμων καμπύλων (Σχ. 11).



Σχήμα 11. Γεωθερμικό Μοντέλο Ν. Εράσμιου Ξάνθης. (Κολιός και Καρυδάκης, 2000).

Προοδευτική μείωση θερμοκρασιών παρατηρείται προς τα ανατολικά. Νότια του Ν. Εράσμιου η κατάσταση είναι διαφορετική λόγω της ύπαρξης θερμών υδροφόρων στα βάθη των 300–400m. Στα δυτικά, οι ισόθερμες καμπύλες είναι ανοικτές για θερμοκρασίες μεγαλύτερες των 60°C σε βάθη ≥ 500 m. Κατά συνέπεια η περιοχή βεβαιωμένου γεωθερμικού ενδιαφέροντος υπερβαίνει τα 10 km² και πιθανόν τα 20 km².

Τα γεωθερμικά ρευστά στο πεδίο Ν. Εράσμιου – Μαγγάνων με σύνολο διαλυμένων αλάτων (TDS) μεταξύ 0,57 και 10,1 gr/l ανήκουν στις κατηγορίες των Na-Cl και Na-HCO₃Cl νερών. Τα ρευστά της πρώτης ομάδας (M-4 P, M-6 P, M-9 P, M-5, M-10, M-17, M-18) είναι υφάλμυρα με υψηλές συγκεντρώσεις Na⁺ και Cl⁻ λόγω της ύπαρξης των Παλαιογενών θαλάσσιων ψαμμιτών, οι οποίοι πιθανότατα περιέχουν απολιθωμένα αλμυρά θερμά νερά. Κατά την πλευρική τους ροή τα θερμά νερά εισέρχονται στους παλαιογενείς υδροφόρους και εμπλουτίζονται σε ιόντα Na⁺ και Cl⁻. Τα νερά εντοπίζονται στα ανατολικά τμήματα του γεωθερμικού πεδίου. Τα νερά που ανήκουν στην δεύτερη κατηγορία (Na-HCO₃Cl) και προέρχονται από τις γεωτρήσεις M-13P, M-15P, M-1, M-3, M-16 χαρακτηρίζονται από χαμηλή αλατότητα (0,57-1,17gr/lit) και εντοπίζονται κυρίως στο δυτικό τμήμα του πεδίου.

Στο **Σχήμα 11** απεικονίζεται το γεωθερμικό μοντέλο του πεδίου Ν. Εράσμιου – Μαγγάνων. Σύμφωνα με αυτό, τα θερμά ρευστά ανέρχονται από ένα βαθύτερο ταμιευτήρα στην επιφάνεια μέσω ενός συστήματος ρηγμάτων BBA-NNA διεύθυνσης στην περιοχή του χωριού Ν. Εράσμιου. Κατά την άνοδο τους, τα θερμά ρευστά εισέρχονται στα Νεογενή κροκαλοπαγή και στα ιζήματα του Παλαιογενούς. Τα γεωθερμικά ρευστά παρουσιάζουν πλευρική διαρροή προς τους διαπερατούς σχηματισμούς, δημιουργώντας θερμική ανωμαλία κατά την διεύθυνση Α-Δ.

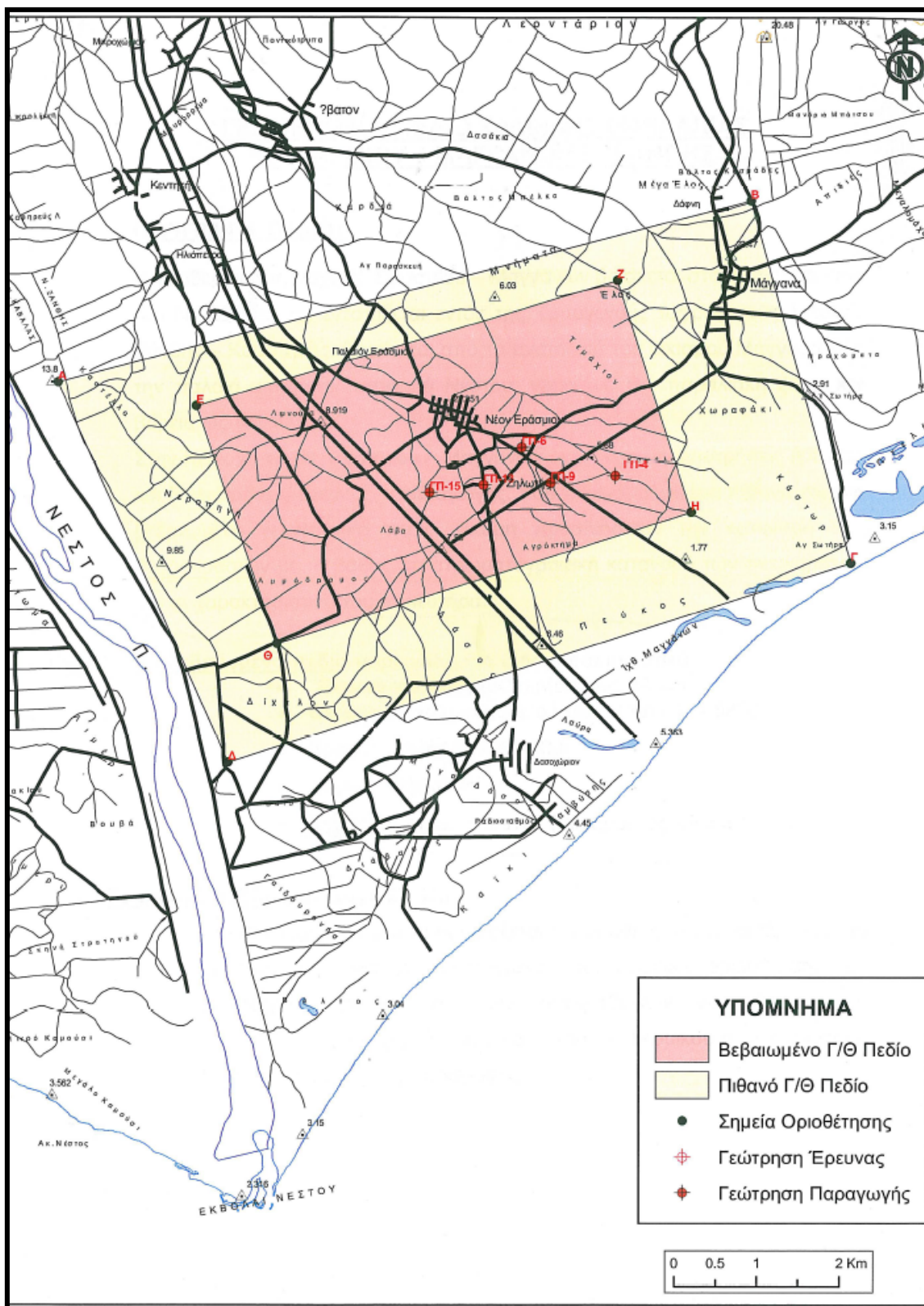
Μετά τη γεωθερμική έρευνα του Ι.Γ.Μ.Ε. και τα δεδομένα των ερευνητικών και παραγωγικών γεωτρήσεων έγινε η οριοθέτηση ενός πιθανού και ενός βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου (ΦΕΚ 1012/Β,19/7/2005) στη περιοχή.

Το πιθανό πεδίο έχει έκταση 24 km².

Το βεβαιωμένο πεδίο, το οποίο χωροθετείται όπως φαίνεται στο **Σχήμα 12**, παρουσιάζει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Έκταση περιοχής ενδιαφέροντος: 16 km²
- Θερμοκρασία γεωθερμικού ταμιευτήρα: 27–68°C
- Βάθος ταμιευτήρα: 350–500m
- Παροχή: 250 m³/h

Στους Πίνακες 1, 2 και 3 παρουσιάζονται οι συντεταγμένες των ορίων του βεβαιωμένου και του πιθανού γεωθερμικού πεδίου και των εκτελεσθέντων γεωτρήσεων.



Σχήμα 12. Γεωθερμικό πεδίο Νέου Εράσμιου – Μαγγάνων (Ι.Γ.Μ.Ε. – Δ/νση Γεωθερμίας & Θερμομεταλλικών υδάτων).

Πίνακας 1: ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΒΕΒΑΙΩΜΕΝΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

ΚΟΡΥΦΗ ΠΟΛΥΓΟΝΟΥ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ87)	
	X	Y
Ε	566717,22	4531227,40
Z	571835,18	4532751,56
Η	572733,63	4529927,85
Θ	567695,89	4528323,48

Πίνακας 2: ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΙΘΑΝΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ

ΚΟΡΥΦΗ ΠΟΛΥΓΟΝΟΥ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ87)	
	X	Y
A	565035,05	4531516,42
B	573457,76	4533722,23
Γ	574666,22	4529306,82
Δ	567098,80	4526870,32

Πίνακας 3: ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ87)		Υψόμετρο σε m	Είδος Γεώτρησης
	X	Y		
(M - 13)	570204,73	4530265,31	5,5	Παραγωγική
(M - 15)	569548,98	4530176,23	5,93	Παραγωγική
(M - 4)	571813,32	4530371,52	4,43	Παραγωγική
(M - 6)	570671,85	4530723,60	5,49	Παραγωγική
(M - 9)	571021,75	4530289,85	4,42	Παραγωγική

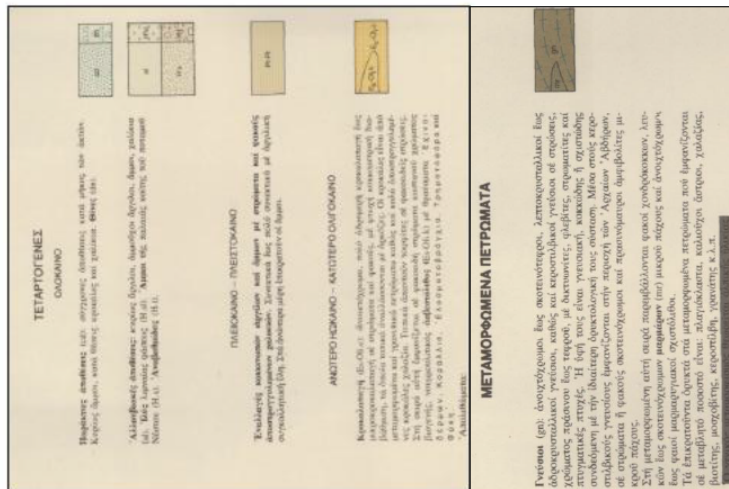
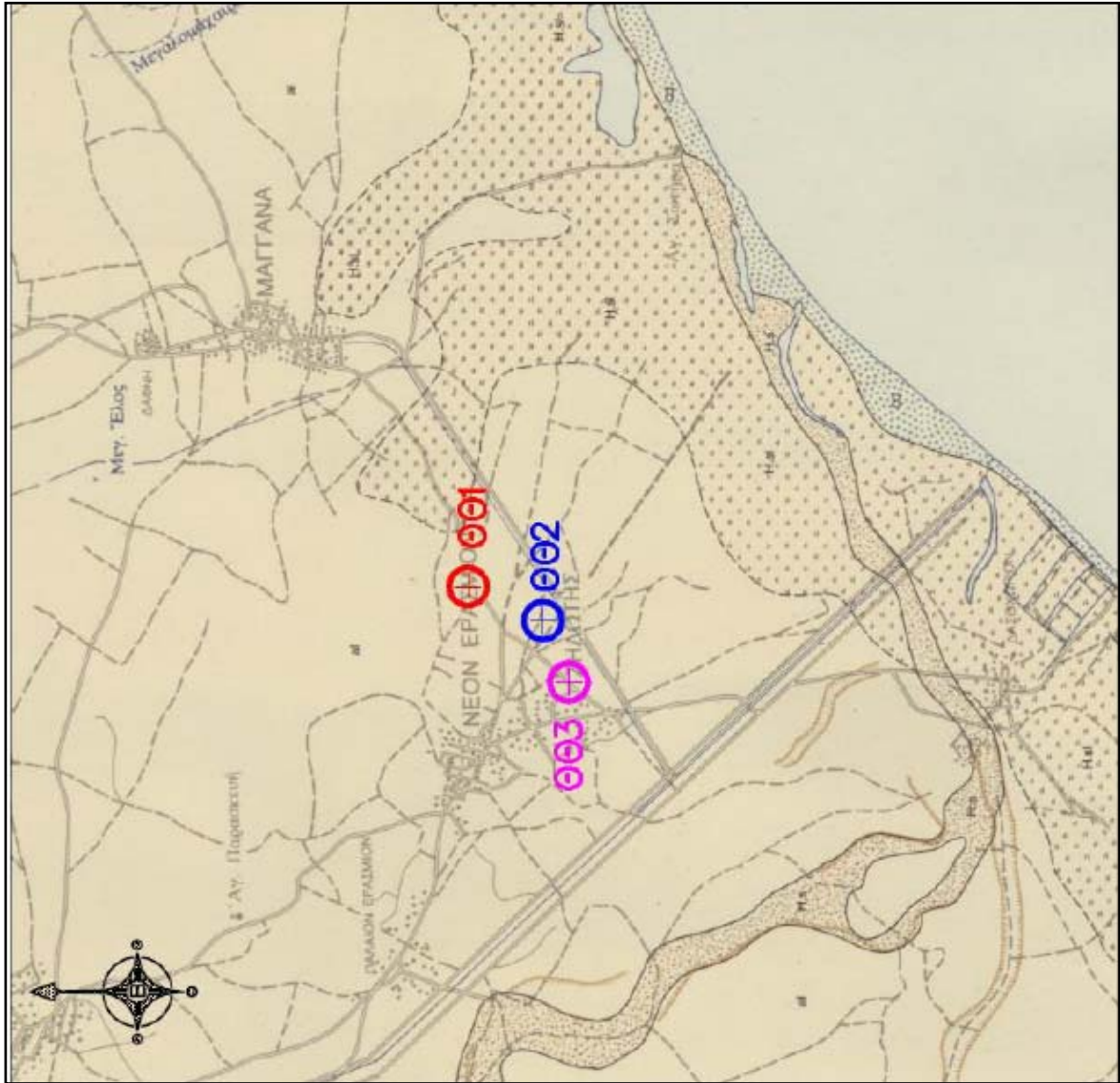
5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΝΕΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ Ν. ΕΡΑΣΜΙΟΥ

5.1 Γενικά

Η κατασκευή τριών νέων ιδιωτικών γεωτρήσεων στο γεωθερμικό πεδίο Ν. Ερασμίου – Μαγγάνων έγινε με σκοπό τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών για τη θέρμανση των νέων μεγάλων και σύγχρονων θερμοκηπιακών μονάδων που έχουν κατασκευαστεί στην περιοχή.

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, πραγματοποιήθηκε παρακολούθηση των γεωτρήσεων κατά την κατασκευή τους και των δοκιμαστικών αντλήσεων αυτών, ώστε να υπολογιστούν οι υδρογεωλογικές και υδραυλικές παράμετροι των θερμών υδροφορέων, δηλ. η εκμεταλλεύσιμη παροχή, η στάθμη άντλησης και ηρεμίας καθώς και να γίνει εκτίμηση της κρίσιμης παροχής. Επίσης καθορίστηκε η στρωματογραφία και η τεκτονική της συγκεκριμένης περιοχής.

Η θέση των γεωτρήσεων στο χάρτη φαίνεται στο **Σχήμα 13**.



**ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ Ι.Γ.Μ.Ε.
ΦΥΛΛΟ: ΑΒΑΡΑ-ΜΕΣΗ, ΚΛΙΜΑΚΑ: 1:50.000
ΔΗΜΟΣ ΤΟΠΕΙΡΟΥ - Τ.Κ. ΕΡΑΣΜΙΟΥ**

ΠΕΡΙΟΧΗ : Νέο Εράσμιο

⊕ ΘΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (ΘΘ1)
 E= 571177, N=4531065
⊕ ΘΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (ΘΘ2)
 E= 570907, N=4530470
⊕ ΘΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (ΘΘ3)
 E= 570421, N=4530265

Σχήμα 13. Θέση παραγωγικών γεωτρήσεων που κατασκευάστηκαν από την εταιρία Πλαστικά Θράκης Α.Ε.

5.2 Περιγραφή Εργασιών

5.2.1 Διαμόρφωση χώρου

Πριν την έναρξη της διάνοιξης των τριών γεωτρήσεων (ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3) κατασκευάστηκαν ειδικές δεξαμενές πολφού (**Εικόνα 1**). Οι δεξαμενές αυτές είχαν σχήμα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο και διαστάσεις 3m x 5m και βάθος 2,5m. Επικοινωνούσαν μεταξύ τους με ειδικό κανάλι ορισμένων διαστάσεων. Ο ειδικός σωλήνας υψηλής πίεσης για την μεταφορά του πολφού από την δεξαμενή στην οπή, τοποθετήθηκε σε κατάλληλο βάθος, ώστε να μην προσροφά τα τρίματα που θα καθιζάνουν στην δεξαμενή. Η μία άκρη του σωλήνα καταλήγει στη δεξαμενή και η άλλη προσαρμόζεται στην πηλαντλία. Η δεξαμενή καθίζησης γέμιζε με νερό κατά τα $\frac{3}{4}$ αυτής και κατόπιν αναμίχθηκε το νερό με μπετονίτη ώστε ο πολφός διάτρησης να αποκτήσει το κατάλληλο ιξώδες και ειδικό βάρος.



Εικόνα 1. Δεξαμενές πολφού διάτρησης στο χώρο της γεώτρησης.

5.2.2 Εργασίας Διάτρησης των γεωτρήσεων

Αρχικά έγινε η εισαγωγή των δύο πρώτων στελεχών, στο πρώτο εκ των οποίων προσαρμόστηκε κοπτικό άκρο διαμέτρου 12 ½ ′′. Το μήκος κάθε στελέχους είναι 6m ή 7m. Για την ανύψωση του κάθε στελέχους χρησιμοποιείται μικρός γερανός με συρματόσκοινα. Κατά τη διάρκεια της διάτρησης, τα στελέχη αλείφονται με γράσο συχνά σε όλο το μήκος τους, ώστε να επιτευχθεί ελαχιστοποίηση των τριβών και μείωση των φθορών που αναπτύσσονται κατά την περιστροφή.

Στο αρχικό στάδιο διάτρησης, αφού δηλαδή είχε πραγματοποιηθεί η κάθοδος των δύο πρώτων στελεχών, έγινε ανέλκυση της διατρητικής στήλης για να τοποθετηθεί ο οδηγός (**Εικόνα 2**) εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό την κατακόρυφη διάτρηση. Το αντίβαρο ήταν της ίδιας περίπου διαμέτρου με το κοπτικό άκρο και διαθέτει κατά μήκος βαθιές εγκοπές, ώστε να έχει την δυνατότητα να κατεβαίνει κατακόρυφα και να κατασκευάζει στρόγγυλη κυλινδρική οπή. Στη συνέχεια, με παρόμοιο τρόπο έγινε και η εισαγωγή των υπόλοιπων στελεχών.



Εικόνα 2. Αντίβαρο (οδηγός)

Ανά 6m πραγματοποιήθηκε α) δειγματοληψία στον επιστρεφόμενο πολφό, ο οποίος περιλάμβανε υλικά από τα διάφορα ιζηματογενή στρώματα που συνάντησε η γεώτρηση και β) θερμομέτρηση σε διάφορα βάθη. Με τον τρόπο αυτό, δίνεται η δυνατότητα σχηματισμού μίας πρώτης εικόνας για τη λιθολογία της γεώτρησης καθώς και της κατανομής του θερμοκρασίας με το βάθος (Εικόνες 3 και 4).

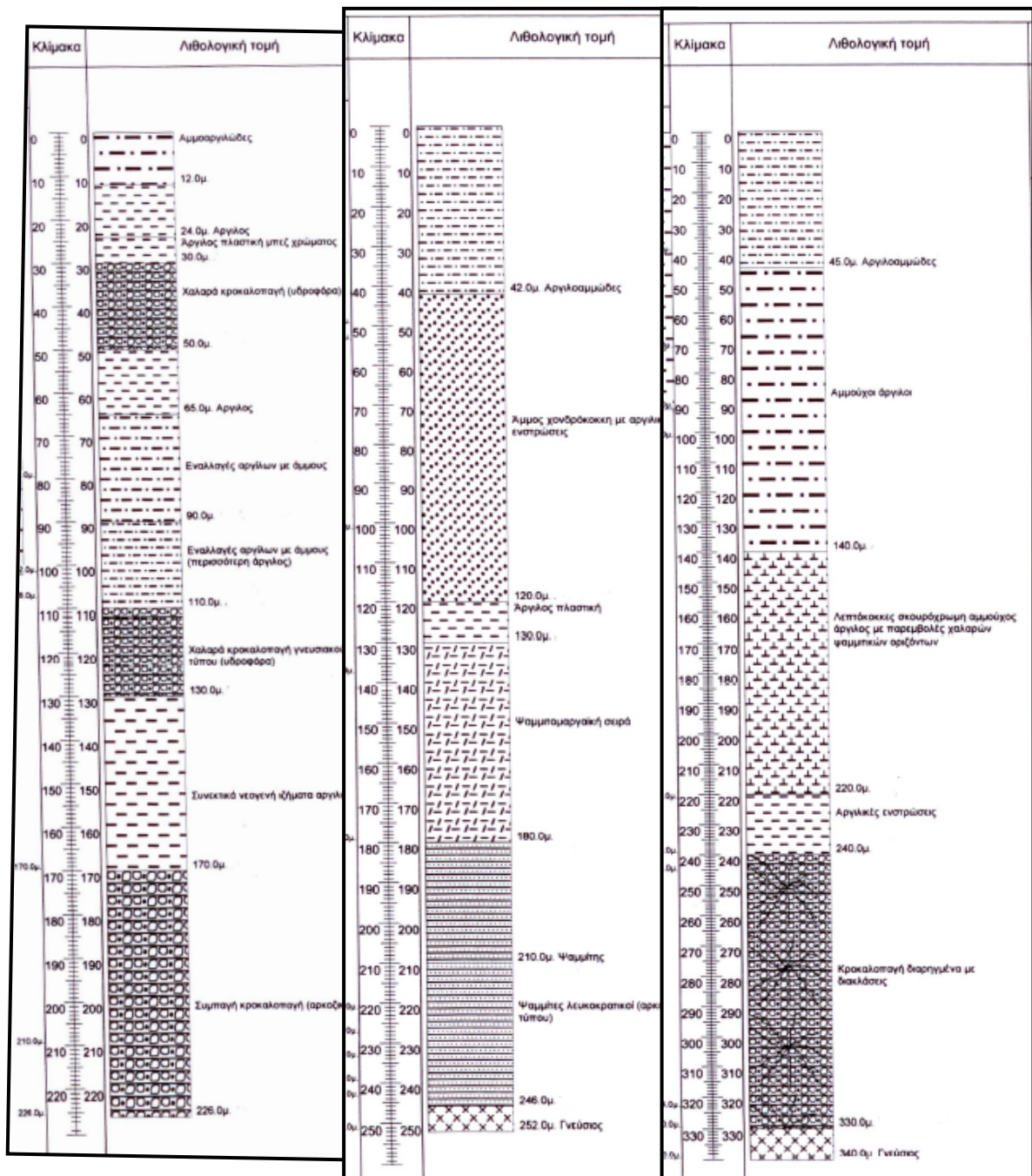


Εικόνα 3.
Δειγματοληψία υλικού από τα επιστρεφόμενα της γεώτρησης



Εικόνα 4.
Δείγματα υλικού ανά 6m

Παρακάτω θα γίνει η περιγραφή των τριών γεωτρήσεων ως προς την λιθολογία τους (Σχ. 14) έτσι όπως αυτή καταγράφηκε από επιστρεφόμενα υλικά.



Σχήμα 14. Στρωματογραφία και λιθολογία των γεωτρήσεων Θ01,Θ02,Θ03.

Γεώτρηση ΘΘ1:

Η στρωματογραφία και λιθολογία της γεώτρησης είναι η ακόλουθη :

- 0 – 10m: αμμοαργιλώδες υλικό
- 10 – 30m: άργιλος
- 30 – 50m: χαλαρά κροκαλοπαγή (υδροφόρα)
- 50 – 65m: άργιλος
- 65 – 90m: εναλλαγές αργίλων με άμμους
- 90– 110m: εναλλαγές αργίλων με άμμους (περισσότερη άργιλος)
- 110 – 130m: χαλαρά κροκαλοπαγή γνευσιακού τύπου (υδροφόρα)
- 130 – 170m: συνεκτικά νεογενή ιζήματα αργιλικά
- 170 – 226m: συμπαγή κροκαλοπαγή (αρκοζικά)

Γεώτρηση ΘΘ2:

Η στρωματογραφία και λιθολογία της γεώτρησης είναι η ακόλουθη :

- 0 – 40m: αργιλοαμμώδες υλικό
- 40 – 120m: άμμος χονδρόκοκη με αργιλικές ενστρώσεις
- 120 – 130m: άργιλος πλαστική
- 130 – 180m: ψαμμιτομαργαϊκή σειρά
- 180 – 246m: ψαμμίτες λευκοκρατικοί (αρκοζικού τύπου)
- 246 – 252m: γνεύσιος

Γεώτρηση ΘΘ3:

Η στρωματογραφία και λιθολογία της γεώτρηση είναι η ακόλουθη :

- 0 – 45m: αργιλοαμμώδες υλικό
- 45 – 140m: αμμούχοι άργιλοι
- 140 – 220m: λεπτόκκοκη σκουρόχρωμη αμμούχος άργιλος με παρεμβολές χαλαρών ψαμμιτικών υλικών
- 220 – 240m: αργλικές ενστρώσεις
- 240 – 330m: κροκαλοπαγή διαρρηγμένα με διακλάσεις
- 330 – 340m: γνεύσιος

5.3 Μέθοδος Διαγραφιών (LOGGINGS)

Μετά την ολοκλήρωση της διάτρησης των γεωτρήσεων πραγματοποιήθηκαν διαγραφίες (Loggings) και στις τρεις γεωτρήσεις για την καταγραφή διαφόρων παραμέτρων όπως η θερμοκρασία, η αγωγιμότητα, η ακτινοβολία γ , το φυσικό δυναμικό και η ηλεκτρική αντίσταση. Οι μετρήσεις κάθε παραμέτρου γίνονται κατά την κάθοδο του αντίστοιχου αισθητήρα (**Εικόνα 5**), εκτός από την ηλεκτρική αγωγιμότητα, η μέτρηση της οποίας γίνεται κατά την άνοδο του καταγραφικού προς την επιφάνεια.. Όσον αφορά την μέτρηση ακτινοβολίας γ , η συγκεκριμένη μέθοδος μετρά τη φυσική ραδιενέργεια των σχηματισμών που διατηρήθηκαν, γεγονός που επιτρέπει τη δυνατότητα προσδιορισμού της λιθολογίας. Δηλαδή η παρουσία στρωμάτων αργίλου προκαλεί υψηλές τιμές ακτινοβολίας γ , λόγω μεγαλύτερης συγκέντρωσης ραδιενεργών στοιχείων στην άργιλο σε σχέση με την καθαρή άμμο. Από τη συλογή δείγματος νερού και μέτρηση της αγωγιμότητας του προέκυψε ότι το νερό που υπάρχει στη γεώτρηση ΘΘ2 είναι υφάλμυρο όπως και στην ΘΘ3 γεώτρηση (μετρούμενη αγωγιμότητα 10,56ms/cm).



Εικόνα 5. Αισθητήρας Διαγραφιών (θερμοκρασία, αγωγιμότητα και ακτινοβολία γ).

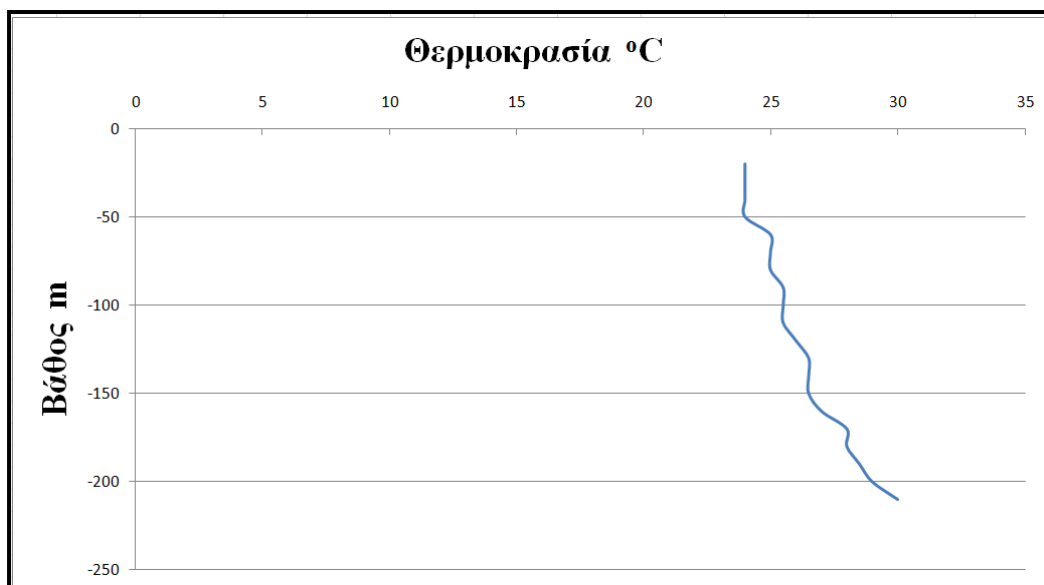
Η μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης γίνεται για τον εντοπισμό διαπερατών στρωμάτων (**Εικόνα 6**).

Όσον αφορά τη μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, είναι γνωστό ότι τα γλυκά νερά έχουν μικρή αγωγιμότητα, ενώ τα υφάλμυρα νερά εμφανίζουν σχετικά μεγαλύτερη.

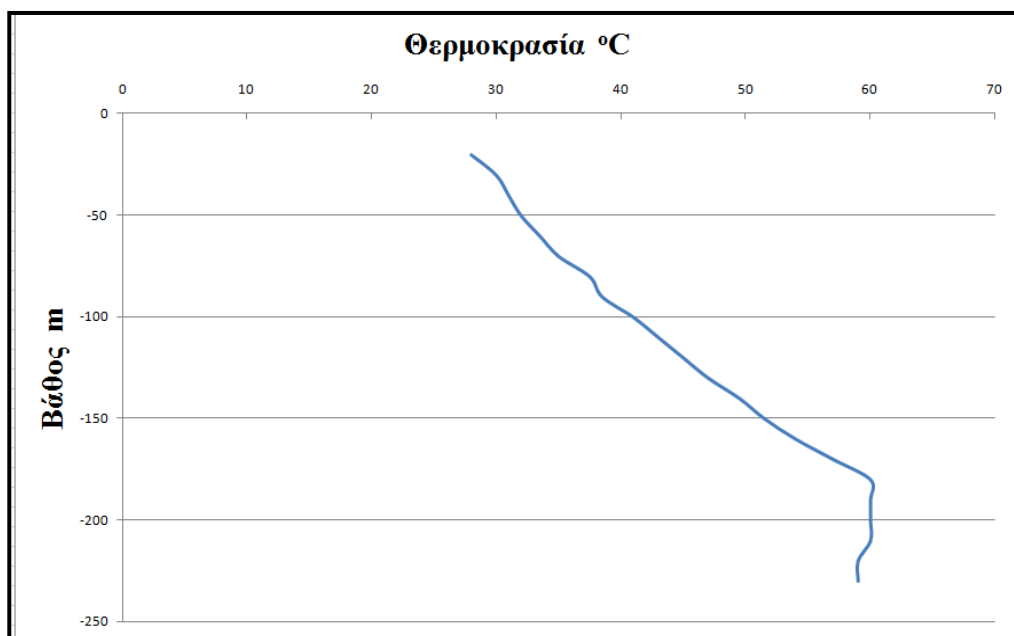


Εικόνα 6. Κάθοδος αισθητήρα για την καταγραφή της ηλεκτρικής αντίστασης των σχηματισμών.

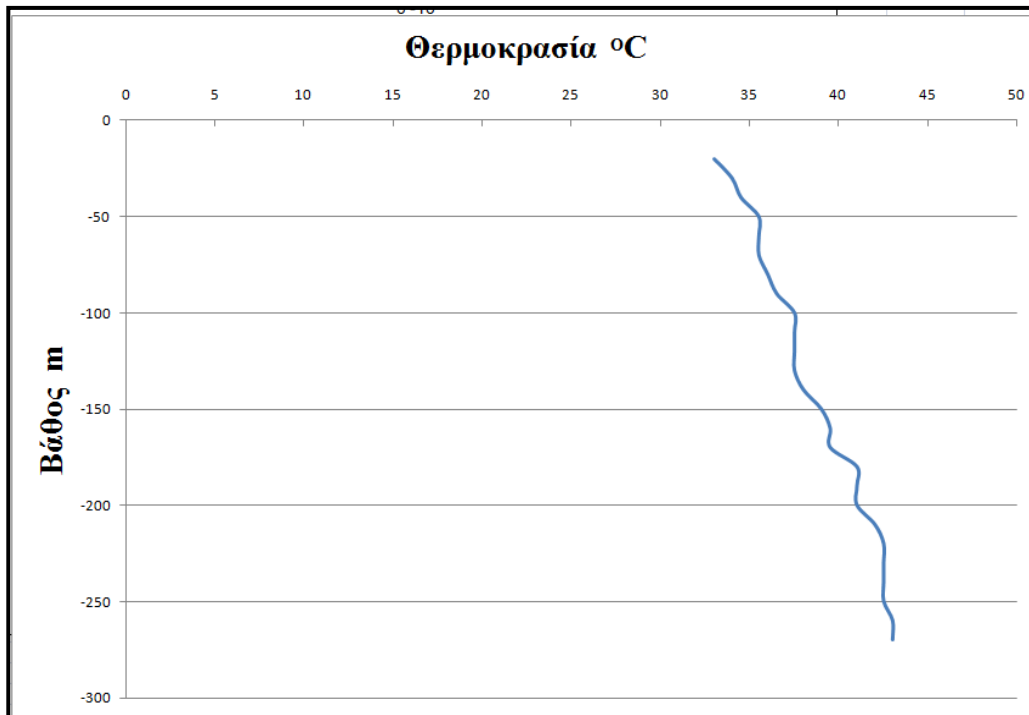
Η μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με το βάθος για τις τρεις γεωτρήσεις παρουσιάζεται στα παρακάτω διαγράμματα (Σχ. 15, 16, και 17)



Σχήμα 15. Μεταβολή θερμοκρασίας με το βάθος για τη γεώτρηση ΘΘ1.



Σχήμα 16. Μεταβολή θερμοκρασίας με το βάθος για τη γεώτρηση ΘΘ2



Σχήμα 17. Μεταβολή Θερμοκρασίας με το βάθος για τη γεώτρηση ΘΘ3

Στη γεώτρηση ΘΘ1 (Σχ.15) παρατηρείται ομαλή αύξηση της θερμοκρασίας με το βάθος, με μέγιστη θερμοκρασία τους 29°C στα 210m βάθος. Η γεωθερμική βαθμίδα ($\Delta T/\Delta Z = (T_2-T_1/Z_2-Z_1)=(29^\circ\text{C}-25^\circ\text{C})/(160\text{m}-40\text{m})=0.033*100=(3.3^\circ\text{C}/100\text{m})$), δεν διαφέρει από την μέση τιμή της γεωθερμικής βαθμίδας.

Στη γεώτρηση ΘΘ2 (Σχ. 16), η μέγιστη θερμοκρασία μετρήθηκε στο βάθος των 180m και ήταν 59°C . Η θερμοκρασία αυτή παραμένει σταθερή μέχρι τα 210m οπότε παρατηρείται σχετική μείωση της θερμοκρασίας κατά δύο βαθμούς μέχρι τα 230m. Η γεωθερμική βαθμίδα για τα βάθη 15-180m διαμορφώνεται στους 18,7°C/100m: $\Delta T/\Delta Z=(T_2-T_1/Z_2-Z_1)=(59^\circ\text{C}-28^\circ\text{C})/(180\text{m}-15\text{m})=0.187*100=18.7^\circ\text{C}/100\text{m}$.

Στη γεώτρηση ΘΘ3 (Σχ. 17) παρατηρείται επίσης ομαλή αύξηση της θερμοκρασίας με το βάθος, με μέγιστη θερμοκρασία τους 43°C στα 270m βάθος. Η γεωθερμική βαθμίδα $\Delta T/\Delta Z=(T_2-T_1/Z_2-Z_1)=(43^\circ\text{C} -30^\circ\text{C})/(240\text{m}-20\text{m})=0.059*100=5.9^\circ\text{C}/100\text{m}$

Λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας που μετρήθηκε στη ΘΘ1, τελικά αποφασίστηκε η γεώτρηση αυτή να χρησιμοποιηθεί ως επανεισαγωγής.

Τα φύλλα των μετρήσεων των διαγραφιών (loggings) για τις γεωτρήσεις (ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3) παρουσιάζονται στο Παράρτημα.

5.4 Περιφραγματική Σωλήνωση των Γεωτρήσεων

Μετά τη εκτέλεση των διαγραφιών, προσδιορίστηκε το βάθος τοποθέτησης των περιφραγματικών σωλήνων (Εικόνες 7 και 8), έτσι ώστε να απομονωθούν οι πιο επιφανειακοί (κρύοι) υδροφόροι. Με το σκεπτικό αυτό, αποφασίστηκε η εισαγωγή των περιφραγματικών σωλήνων διαμέτρου 17 ιντσών στην ΘΘ1 ως τα 102m. Η διάμετρος της γεώτρησης από τα 0-102m διευρύνθηκε στις 24 ίντσες ενώ από τα 102-170m διευρύνθηκε στις 16½ ίντσες και από τα 170 έως τα 226m διευρύνθηκε στις 14 ίντσες. Στη ΘΘ2 γεώτρηση εισήχθησαν περιφραγματικοί σωλήνες με διάμετρο 17 ίντσες επίσης ως τα 102m, η διάμετρος της γεώτρησης από τα 0-102m διευρύνθηκε στις 24 ίντσες ενώ στο διάστημα 102-180m διευρύνθηκε στις 16 ½ ίντσες και από τα 180 έως τα 242m στις 14 ίντσες. Τέλος, στη γεώτρηση ΘΘ3, από τα 0-92m έγινε διέυρυνση στις 24 ίντσες και τοποθετήθηκαν περιφραγματικοί σωλήνες διαμέτρου 17 ιντσών ως τα 92m, από τα 92-240m διευρύνθηκε στις 16 ½ ίντσες και από τα 240-340m διευρύνθηκε στις 14 ίντσες. **Εικόνα 7** περιφραγματικοί σωλήνες με διάμετρο 17 ίντσες.



Εικόνα 7. Περιφραγματικοί σωλήνες με διάμετρο 17 ίντσες

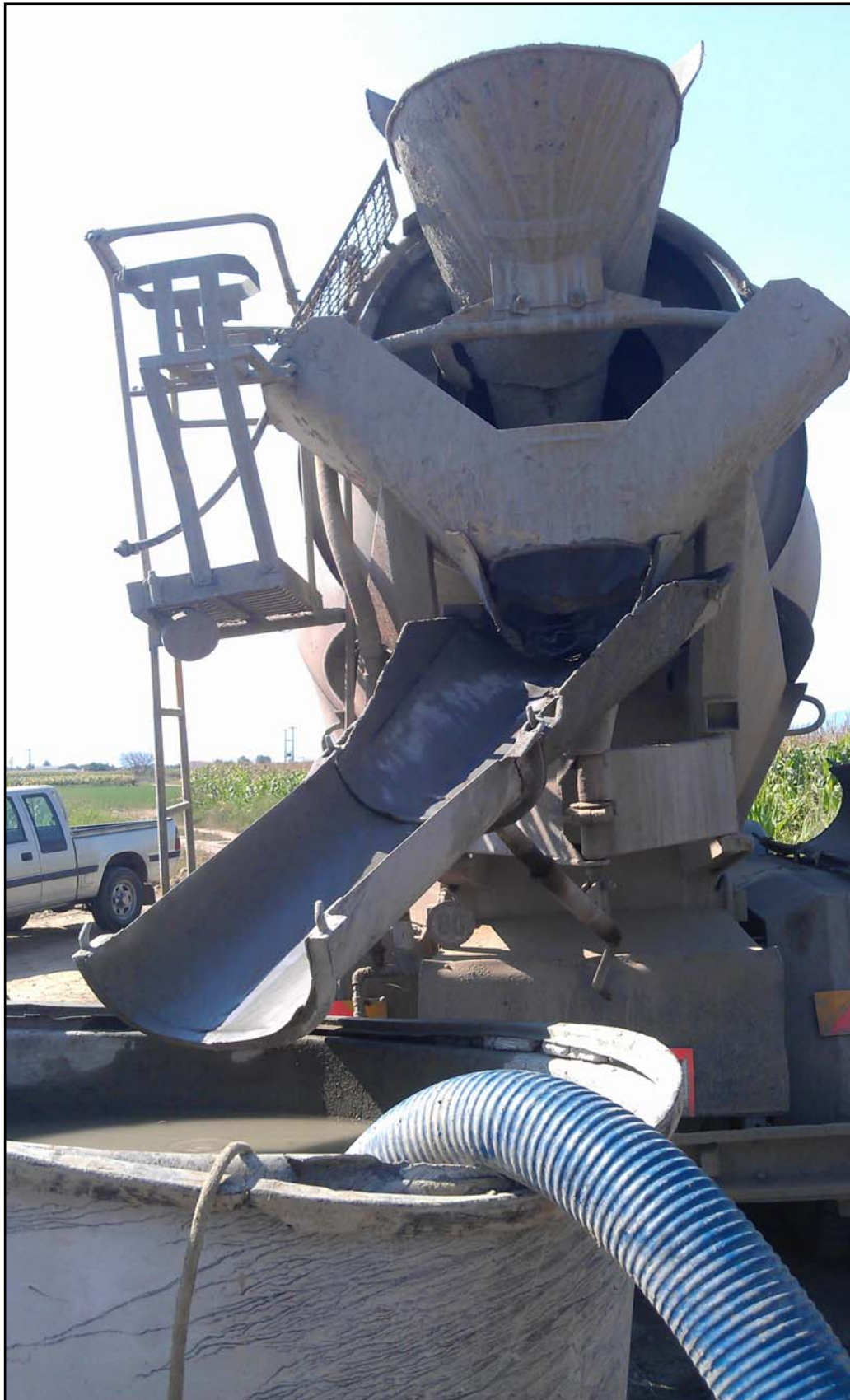


Εικόνα 8. Τοποθέτηση περιφραγματικής σωλήνωσης.

5.5 Τσιμεντώση των Γεωτρήσεων (ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3)

Η τσιμεντώση του χώρου μεταξύ περιφραγματικών σωλήνων και τοιχωμάτων της οπής της γεώτρησης (**Εικόνα 9**), που αποτελεί μία πολύ σημαντική συμπληρωματική εργασία της γεώτρησης. Η τσιμεντώση των γεωτρήσεων ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3 πραγματοποιήθηκε εισάγοντας από την επιφάνεια, με την βοήθεια της βαρύτητας, τσιμεντοπολτού μεταξύ του περιφραγματικού σωλήνα και των τοιχωμάτων της γεώτρησης, έως ότου γεμίσει ο χώρος μέχρι την επιφάνεια του εδάφους (**Εικόνα 9**). Η ποσότητα του ταχείας πήξεως τσιμέντου που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του τσιμεντοπολτού ήταν περίπου 5 κυβικά μέτρα.

Μετά την τσιμεντώση χρειάστηκε καθαρισμός των γεωτρήσεων λόγω των καταπτώσεων των υλικών των τοιχωμάτων της γεώτρησης κατά την κάθοδο των περιφραγματικών σωλήνων με αποτέλεσμα να χρειαστεί απομάκρυνση των θραυσμάτων με την χρήση κοπτήρα διαμέτρου 16 ½ ίντσες και την βοήθεια του πολφού. Τα υλικά αυτά μέσω του πολφού μεταφέρθηκαν προς τα ανώτερα τμήματα των γεωτρήσεων έως ότου απομακρύνθηκαν από αυτές και κατέληξαν στην δεξαμενή συγκέντρωσης πολφού, όπου συγχρόνως έγινε και καθαρισμός των δύο δεξαμενών.



Εικόνα 9. Τσιμέντωση του χώρου μεταξύ περιφραγματικών σωλήνων και τοιχωμάτων της οπής της γεώτρησης

5.6 Σωλήνωση

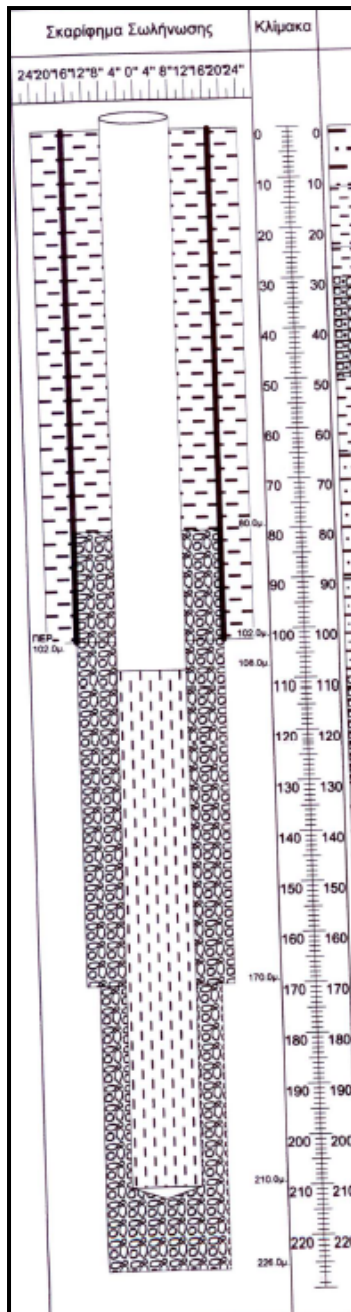
Αφού ολοκληρώθηκε η διεργασία τσιμέντωσης των γεωτρήσεων ακολούθησε η σωλήνωση τους. Κατά την σωλήνωση τοποθετήθηκαν φιλτροσωλήνες και τυφλοσωλήνες. Κατά μήκος των περιφραγματικών τοποθετήθηκαν τυφλοί σωλήνες, έτσι ώστε να μην μπορούν να εισέλθουν λεπτόκοκκα υλικά π.χ. (άμμος) και να προκαλέσουν προβλήματα στο αντλητικό συγκρότημα η να αναμιχθούν με τα παραγόμενα ρευστά. Το μήκος κάθε σωλήνα (τυφλού ή φίλτρου) που χρησιμοποιήθηκε στις τρεις γεωτρήσεις ήταν 6m (**Εικόνα 10**).



Εικόνα 10. Σωλήνες των γεωτρήσεων (ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3) (φιλτροσωλήνες και τυφλοσωλήνες)

Η επιλογή του είδους της σωλήνωσης σε κάθε γεώτρηση προσδιορίστηκε με βάση τα στοιχεία που προέκυψαν από τις διαγραφίες και από τη λιθολογία τους.

Για την ΘΘ1 (Σχ. 18), τα βάθη σωλήνωσης είναι τα ακόλουθα:

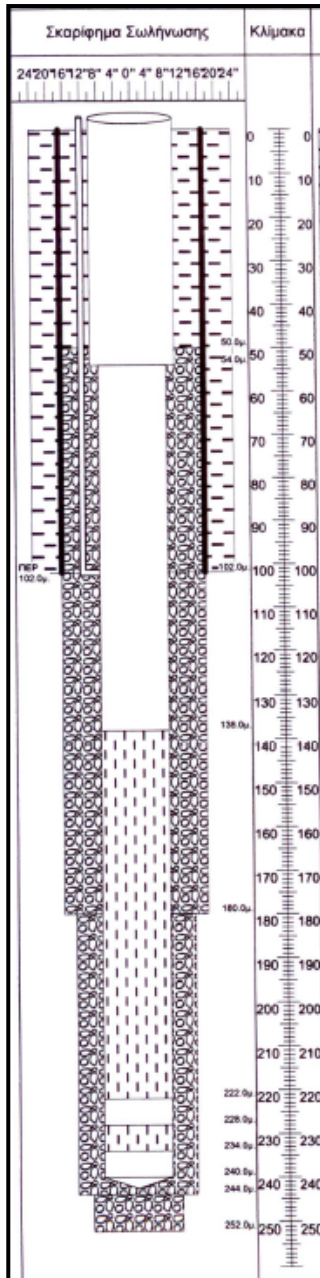


0 – 108m: 18 τυφλοί-σωλήνες διαμέτρου 8 5/8''

108 – 210m: 17 φίλτρο-σωλήνες διαμέτρου 8 5/8''

Σχήμα 18. Τεχνικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης ΘΘ1.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης ΘΘ2 φαίνονται στο **Σχήμα 19**. Σύμφωνα με αυτά:



Από 0 έως 54m τοποθετήθηκαν 9 τυφλοί-σωλήνες διαμέτρου 10 ³/₄ ''

Από 54 έως 135m τοποθετήθηκαν 13 τυφλοί-σωλήνες διαμέτρου 8 ⁵/₈ ''

Από 135 έως 222m τοποθετήθηκαν 15 σωλήνες με φίλτρα διαμέτρου 8 ⁵/₈ ''

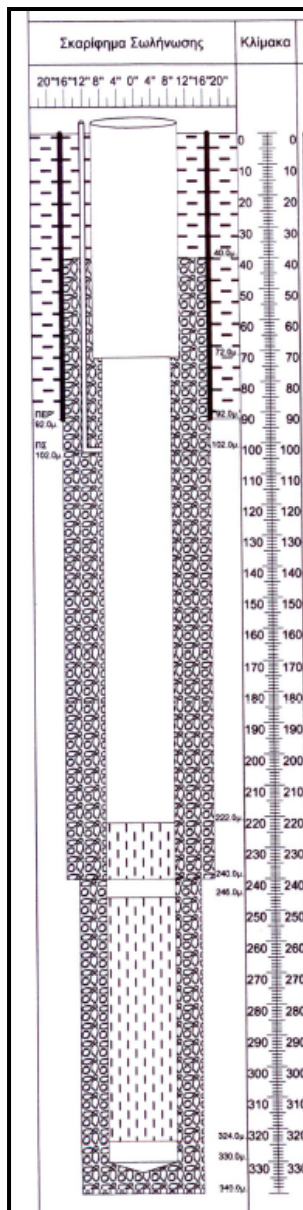
Από 222 έως 228m τοποθετήθηκε 1 τυφλός-σωλήνα διαμέτρου 8 ⁵/₈ ''

Από 228 έως 234m τοποθετήθηκε 1 σωλήνας με φίλτρο διαμέτρου 8 ⁵/₈ ''

Από 234 έως 240m τοποθετήθηκε 1 τυφλός-σωλήνα διαμέτρου 8 ⁵/₈ ''

Σχήμα 19. Τεχνικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης ΘΘ2.

Αντίστοιχα, για τη γεώτρηση ΘΘ3 (Σχ. 20), τα βάθη σωλήνωσης είναι τα ακόλουθα:



Από 0 έως 72m τοποθετήθηκαν τυφλοί σωλήνες 10 3/4 ''

Από 72 έως 222m τοποθετήθηκαν τυφλοί σωλήνες 8 5/8 ''

Από 222 έως 240m τοποθετήθηκαν σωλήνες με φίλτρα 8 5/8 ''

Από 240 έως 246m τοποθετήθηκε τυφλό-σωλήνας 8 5/8 ''

Από 246 έως 324m τοποθετήθηκαν σωλήνες με φίλτρα 8 5/8 ''

Από 324 έως 330m τοποθετήθηκε τυφλό-σωλήνα 8 5/8 ''

Σχήμα 20. Τεχνικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης ΘΘ3.

5.7 Χαλίκωση

Η χαλίκωση έχει σκοπό να αποτρέψει καταπτώσεις τοιχωμάτων και να μην παρασύρεται από το νερό της αντλήσεως η λεπτή άμμος των υδροφόρων στρωμάτων. Κυρίως όμως φιλτράρει με φυσικό τρόπο τα γεωθερμικά ρευστά που περνούν από τους παραγωγικούς σχηματισμούς στο εξωτερικό των σωλήνων και συγκρατεί ανεπιθύμητα στερεά υλικά, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στο αντλητικό συγκρότημα και να βλάψουν την ποιότητα του γεωθερμικού ρευστού. Βοηθάει επίσης στο να παραμένουν τα φίλτρα των σωλήνων επενδύσεως ανοικτά ώστε να περιοριστούν οι απώλειες φορτίου, δηλαδή η πτώση της στάθμης. Τέλος συγκρατούν την άμμο από τα υδροφόρα στρώματα «σε σταθερή κατάσταση» μετά την ανάπτυξη της γεώτρησης για την «ενεργοποίηση» ενεργού πορώδους (*Μουζούρη, Καραναστάσης, Δελλιοπούλου, 2000*).

Οι χάλικες είναι προτιμότερο να έχουν ποτάμια προέλευση γιατί τότε οι κροκάλες είναι στρογγυλεμένες και λείες και έτσι δεν αφήνουν κενά μεταξύ τους κατά την τοποθέτησή τους στα τοιχώματα της γεώτρησης. Προτιμάται οι χάλικες να είναι χαλαζιακοί ή κερατολιθικοί γιατί έχουν μεγαλύτερη αντοχή στην διάβρωση. Η χαλίκωση πραγματοποιείται αμέσως μετά την σωλήνωση, με την μεσολάβηση του μικρότερου χρονικού καινού και αφού προηγήθηκε, κυκλοφορία νερού, καθαρισμός της γεώτρησης και των τοιχωμάτων από τα τρίμματα και τον πολφό διάτρησης. Οι χάλικες τοποθετούνται με βαρύτητα και ταυτόχρονη κυκλοφορία αραιού μίγματος στην αρχή και νερού στο τέλος.

Τα χαλικόφιλτρα αυξάνουν την ενεργό διάμετρο της γεώτρησης, η οποία συμπίπτει με τα τοιχώματα της οπής, με αποτέλεσμα την αύξηση της ειδικής παροχής της γεώτρησης. Γενικότερα η ποσότητα χαλικιού που χρησιμοποιείται εκτιμάται εμπειρικά ανάλογα με τα μέτρα και την διάμετρο της γεώτρησης – σωλήνωσης. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε για την ΘΘ1 γεώτρηση ποσότητα χαλικιού 16 κ.μ, στη ΘΘ2 20 κ.μ και τέλος, για την ΘΘ3 χρησιμοποιήθηκε ποσότητα χαλικιού 32 κ.μ. (**Εικόνα11**).



Εικόνα 11. Εισαγωγή χαλκικόφιλτρου (χαλίκωση) των γεωτρήσεων (ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3)

5.8 Ανάπτυξη Γεώτρησης με αέρα (AIR-LIFT)

Για την ανάπτυξη της γεώτρησης απαιτείται αεροσυμπιεστής, σωλήνες ανάπτυξης που τοποθετούνται μέσα στη γεώτρηση καθώς και στήλη εμφύσησης του αέρα μέσα σε αυτή. Συνήθως η στήλη ανάπτυξης έχει διάμετρο 4 ίντσες, είναι μικρότερη των σωλήνων των γεωτρήσεων, ενώ η στήλη εμφύσησης αέρα είναι 1-2 ½ ίντσες. Η στήλη εμφύσησης κατεβαίνει κάτω από τη στάθμη των γεωθερμικών ρευστών, ενώ η στήλη ανάπτυξης σχεδόν μέχρι τον πυθμένα. Το μείγμα αέρα νερού ανεβάζει βίαια τα ρευστά της γεώτρησης και έτσι αδειάζει απότομα. Τα ρευστά αναπληρώνονται από εκείνα των παραγωγικών σχηματισμών, που εισέρχονται με ταχύτητα στην οπή, διαμέσου των χαλικιών και των φίλτρων, ανέρχονται και αυτά και ούτε καθεξής. Όσο συχνότερες οι διακοπές και όσο πιο μεγάλο το διάστημα εμφύσησης, τόσο καθαρότερα γίνονται τα παραγόμενα ρευστά. Στην **Εικόνα 12** φαίνεται η ανάπτυξη της γεώτρησης ΘΘ2 με air-lift. Κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης που γινόταν με διακοπές, μετρούσαν η στάθμη, η παροχή και η περιεκτικότητα σε άμμο. Η ανάπτυξη διήρκησε 8 ώρες.



Εικόνα 12. Ανάπτυξη της γεώτρησης με air-lift

5.9 Δοκιμαστική Άντληση Γεωτρήσεων

5.9.1 Προάντληση

Αρχικά έγινε προάντληση στις γεωτρήσεις διάρκειας περίπου για την ΘΘ1 = 2 ώρες, για την ΘΘ2 = 4 ώρες και για την ΘΘ3 = 4 ώρες, ώστε να διαπιστωθεί αν επιτεύχθηκε ο καθαρισμός, αν το αντλητικό συγκρότημα μπορεί να αντλήσει μεγάλες ποσότητες νερού από την γεώτρηση και αν το πιεζόμετρο λειτουργεί κανονικά.

Η προάντληση βοηθάει την κατάρτιση του πλέον ενδεδειγμένου προγράμματος δοκιμαστικών αντλήσεων παραγωγής. Αρχίζει με μικρές παροχές και αυξάνει προοδευτικά, ελέγχοντας συγχρόνως την καθαρότητα του νερού. Αν η καθαρότητα δεν είναι ικανοποιητική, γίνεται διακοπή και απότομη επανέναρξη της άντλησης, αυξάνεται η παροχή και επιμηκύνεται ο χρόνος προάντλησης μέχρις ότου προκύψει καθαρό νερό.

Μετά το πέρας της προάντλησης (**Εικόνα 13**), καταρτίστηκε το οριστικό πρόγραμμα και έγινε η σχετική οργάνωση της κανονικής δοκιμαστικής άντλησης



Εικόνα 13. Προάντληση.

5.9.2 Κανονική Δοκιμαστική Άντληση

Μετά το τέλος των συμπληρωματικών εργασιών στις γεωτρήσεις ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3 ακολούθησαν οι δοκιμαστικές αντλήσεις, για την εκτίμηση της απόδοσης των γεωτρήσεων και τον προσδιορισμό της εκμεταλλεύσιμης παροχής. Στις αντλούμενες γεωτρήσεις τοποθετήθηκε πιεζόμετρο μικρής διαμέτρου (1/2 "). Ο πιεζομετρικός σωλήνας έφτασε σε βάθος 30m.

Για τη μέτρηση της στάθμης της δοκιμαστικής άντλησης χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρικό σταθμόμετρο που τοποθετήθηκε μέσα στον πιεζομετρικό σωλήνα.

Το πρώτο στάδιο των αντλήσεων περιελάμβανε δωρη δοκιμαστική άντληση. Η άντληση έγινε σε δύο και τρεις βαθμίδες.

Α. ΑΝΤΛΗΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΕΠΑΝΕΙΣΑΓΩΓΗΣ (ΘΘ1)

Στη γεώτρηση ΘΘ1 έγιναν 3 βαθμίδες, με διάρκεια 2ωρών η κάθε μια.

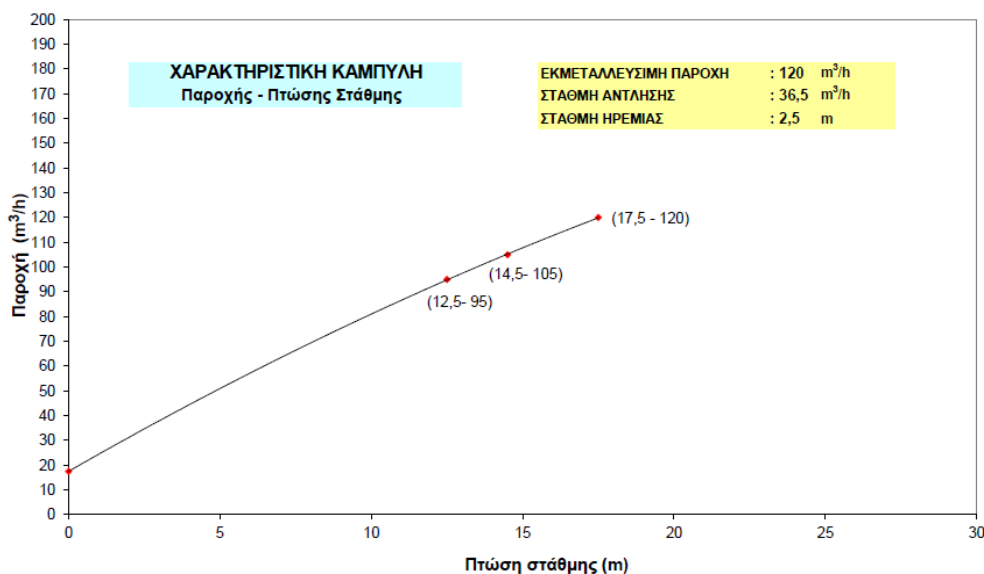
Ο πρώτος κύκλος άντλησης έγινε με παροχή 95 m³/h, ο δεύτερος κύκλος με 105 m³/h και ο τρίτος κύκλος με παροχή 120 m³/h. Στον **Πίνακα 4** αναγράφεται η πτώση στάθμης στη γεώτρηση σε κάθε βαθμίδα.

Πίνακας 4. Δελτίο παρατηρήσεως δοκιμαστικής άντλησης κατά βαθμίδες της γεώτρησης (ΘΘ1)

ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΒΑΘΜΙΔΕΣ						
ΓΕΩΤΡΗΣΗ :	ΘΘ1		ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	2,50 m		
ΠΕΡΙΟΧΗ :	N. Εράσμιο		ΒΑΘΟΣ ΑΝΤ/ΚΟΥ ΣΥΓΚ/ΤΟΣ	50m		
ΗΜ. ΕΝΑΡΞΗΣ :	18/09/2013		ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ	Πομόνα		
ΗΜ. ΛΗΞΗΣ :	18/09/2013		Q(max) ΠΡΟΑΝΤΛΗΣΗΣ	95 m ³ /h		
ΗΜΕΡΟ ΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ	ΧΡΟΝ. ΑΝΤΛ. (h)	ΠΑΡΟΧΗ Q=m ³ /h	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ (m)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
18/09/2013	8	2	Q ₁ =95	2,50	0,00	1η Βαθμίδα
				15,00	12,50	
18/09/2013	14	2	Q ₂ =105	2,50	0,00	2η Βαθμίδα
				17,00	14,50	
18/09/2013	16	2	Q ₂ =120	2,50	0,00	3η Βαθμίδα
				20,00	17,50	

Όταν η άντληση έγινε με παροχή 95 m³/h, η στάθμη έπεσε κατά 12,5m. Στη συνέχεια η στάθμη έπεσε άλλα 2m έφτασε τα 14,5m όταν η παροχή ήταν 105 m³/h. Η τελική

πτώση στάθμη ήταν 17,5m για παροχή άντλησης 120 m³/h. Η παροχή άντλησης σε σχέση με την πτώση στάθμης εμφανίζει μια γραμμικότητα (Σχ. 21).



Σχήμα 21. Αντληση γεωτρήσεων επανεισαγωγής ΘΘ1.

B. ΑΝΤΛΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (ΘΘ2)

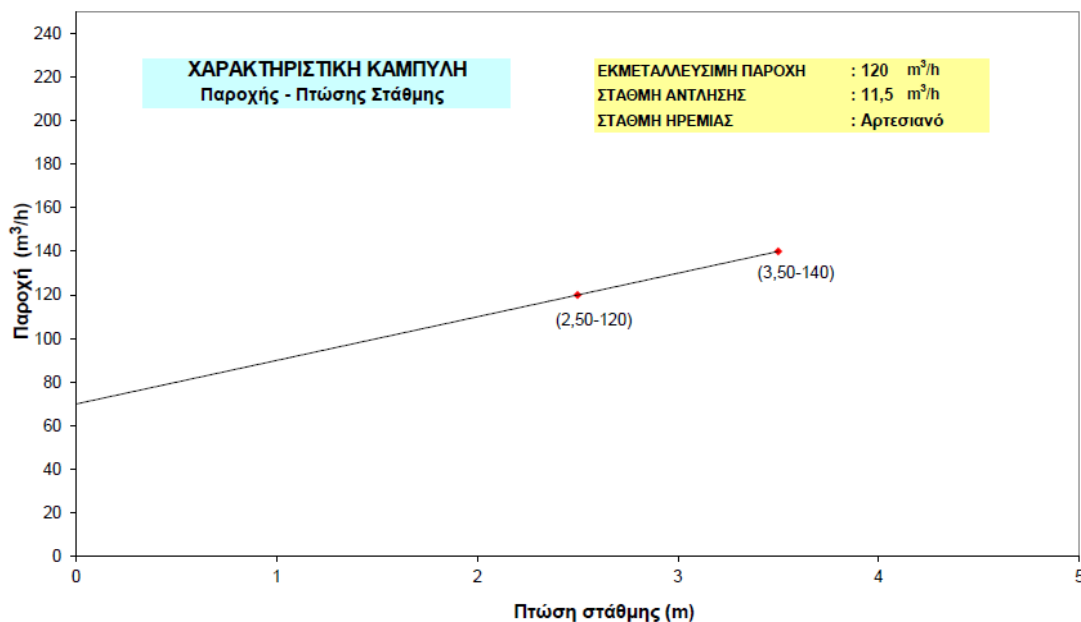
Στη γεώτρηση ΘΘ2 έγιναν 2 βαθμίδες, τεσσάρων ωρών η κάθε μια. Ο πρώτος κύκλος άντλησης της γεώτρησης ΘΘ2 είχε παροχή 120 m³/h και ο δεύτερος 140 m³/h. Στον Πίνακα 5 αναγράφεται η πτώση στάθμης στη γεώτρηση σε κάθε βαθμίδα.

Πίνακας 5. Δελτίο παρατήρησης δοκιμαστικής άντλησης κατά βαθμίδες της γεώτρησης (ΘΘ2)

ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΒΑΘΜΙΔΕΣ						
ΓΕΩΤΡΗΣΗ :	ΘΘ2		ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	Αρτεσιανό		
ΠΕΡΙΟΧΗ :	N. Εράσμιο		ΒΑΘΟΣ ΑΝΤ/ΚΟΥ ΣΥΓΚ/ΤΟΣ	50m		
ΗΜ. ΕΝΑΡΞΗΣ :	09/09/2013		ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ	Πομόνα		
ΗΜ. ΛΗΞΗΣ :	09/09/2013		Q(max) ΠΡΟΑΝΤΛΗΣΗΣ	120 m ³ /h		
ΗΜΕΡΟ ΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ	ΧΡΟΝ. ΑΝΤΛ. (h)	ΠΑΡΟΧΗ Q=m ³ /h	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ (m)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
09/09/2013	8	4	Q ₁ =120	0,00	0,00	1η Βαθμίδα
				2,50	2,50	
09/09/2013	14	4	Q ₂ =140	0,00	0,00	2η Βαθμίδα
				3,50	3,50	

Όταν η άντληση έγινε με παροχή 120 m³/h, η στάθμη έπεσε κατά 2,5m. Στη συνέχεια η στάθμη έπεσε ακόμη 1m φτάνοντας στα 3,5m όταν η παροχή ήταν 140 m³/h. Η

παροχή άντλησης σε σχέση με την πτώση στάθμης εμφανίζει μια γραμμικότητα (Σχ. 22).



Σχήμα 22. Αντληση γεωτρήσεων παραγωγικής Θ02.

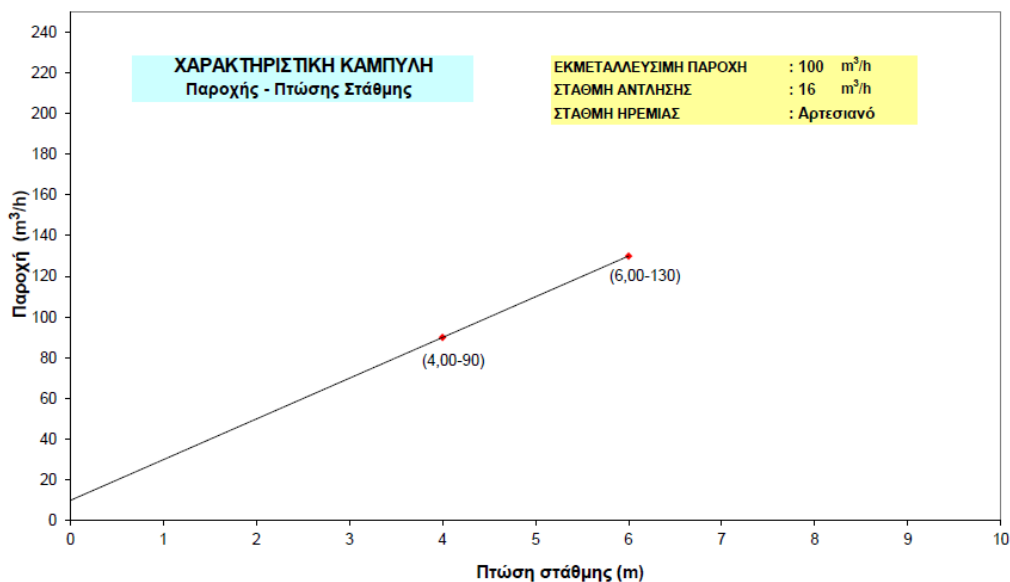
Γ. ΑΝΤΛΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (Θ03)

Στη γεώτρηση Θ03 έγιναν δυο τετράωρα κύκλος άντλησης με παροχή ο πρώτος κύκλος 90 m³/h, και 130 m³/h ο δεύτερος. Στον Πίνακας 6 αναγράφεται η πτώση στάθμης στη γεώτρηση σε κάθε βαθμίδα

Πίνακας 6. Δελτίο παρατηρήσεως δοκιμαστικής άντλησης κατά βαθμίδες της γεώτρησης (ΘΘ3)

ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ ΚΑΤΑ ΒΑΘΜΙΔΕΣ						
ΓΕΩΤΡΗΣΗ :	ΘΘ3			ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	Αρτεσιανό	
ΠΕΡΙΟΧΗ :	Ν. Εράσμιο			ΒΑΘΟΣ ΑΝΤ/ΚΟΥ ΣΥΓΚ/ΤΟΣ	50m	
ΗΜ. ΕΝΑΡΞΗΣ :	10/09/2013			ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ	Πομόνα	
ΗΜ. ΛΗΞΗΣ :	10/09/2013			Q(max) ΠΡΟΑΝΤΛΗΣΗΣ	90 m ³ /h	
ΗΜΕΡΟ ΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ	ΧΡΟΝ. ΑΝΤΛ. (h)	ΠΑΡΟΧΗ Q=m ³ /h	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ (m)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
10/09/2013	8	4	Q ₁ =90	0,00	0,00	1η Βαθμίδα
					4,00	
10/09/2013	14	4	Q ₂ =130	0,00	0,00	2η Βαθμίδα
					6,00	

Όταν η άντληση έγινε με παροχή 90 m³/h, η στάθμη έπεσε κατά 4m. Στη συνέχεια η στάθμη έπεσε ακόμη 2m φτάνοντας στα 6m όταν η παροχή ήταν 130 m³/h. Η παροχή άντλησης σε σχέση με την πτώση στάθμης εμφανίζει μια γραμμικότητα (Σχ. 22).



Σχήμα 23. Αντληση γεωτρήσεων παραγωγικής ΘΘ3

Από την δοκιμαστική άντληση που πραγματοποιήθηκε και στις τρεις γεωτρήσεις (ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3) διαπιστώθηκε μικρή πτώση στάθμης και θεωρήθηκε ότι οι παροχές ήταν αρκετά μεγάλες για να καλύψουν τις ανάγκες των θερμοκηπίων. Έτσι δεν πραγματοποιήθηκε πολύωρη άντληση σταθερής παροχής στις γεωτρήσεις.

Οι παροχές εκμετάλλευσης των παραγωγικών γεωτρήσεων ΘΘ2 και ΘΘ3 αποφασίστηκαν να είναι αντίστοιχα $120 \text{ m}^3/\text{h}$ και $100 \text{ m}^3/\text{h}$.

6. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Ο χημισμός των νερών (γεωθερμικών ρευστών) που παράγονται από τις γεωτρήσεις ΘΘ1, ΘΘ2 και ΘΘ3 ταυτίζεται με αυτόν της ερευνητικής γεώτρησης του Ι.Γ.Μ.Ε. Μ-6. Οι δύο νέες παραγωγικές γεωτρήσεις που κατασκευάστηκαν (ΘΘ2 και ΘΘ3) αντλούν τον ίδιο υδροφόρο που βρίσκεται σε βάθος 250m. (Σχ. 24). Επίσης, από τις λιθολογικές στήλες των γεωτρήσεων προκύπτει ομοιομορφία στην στρωματογραφική ακολουθία των σχηματισμών στις ΘΘ2 και ΘΘ3 με αυτήν της Μ-6 γεώτρησης.

Σύμφωνα με τις χημικές αναλύσεις στη Μ-6 που πραγματοποιήθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. κατά τη διάρκεια της γεωθερμικής έρευνας της περιοχής Ν. Εράσμιου – Μαγγάνων Ν. Ξάνθης (Κολιός και Καρυδάκης, 2000), τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης συνοψίζονται ως εξής:

pH= 7,16

Ηλεκτρική αγωγιμότητα =11960 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Σύνολο διαλυμένων αλάτων (T.D.S) =8410 p.p.m

Κατιόντα: Ca=540,28 p.p.m

Mg=16,54 p.p.m

Na=2556,7 p.p.m

K=86,02 p.p.m

Ανιόντα: HCO₃=59,17 p.p.m

Cl=4716 p.p.m

SO₄=363 p.p.m

NO₃=0 p.p.m

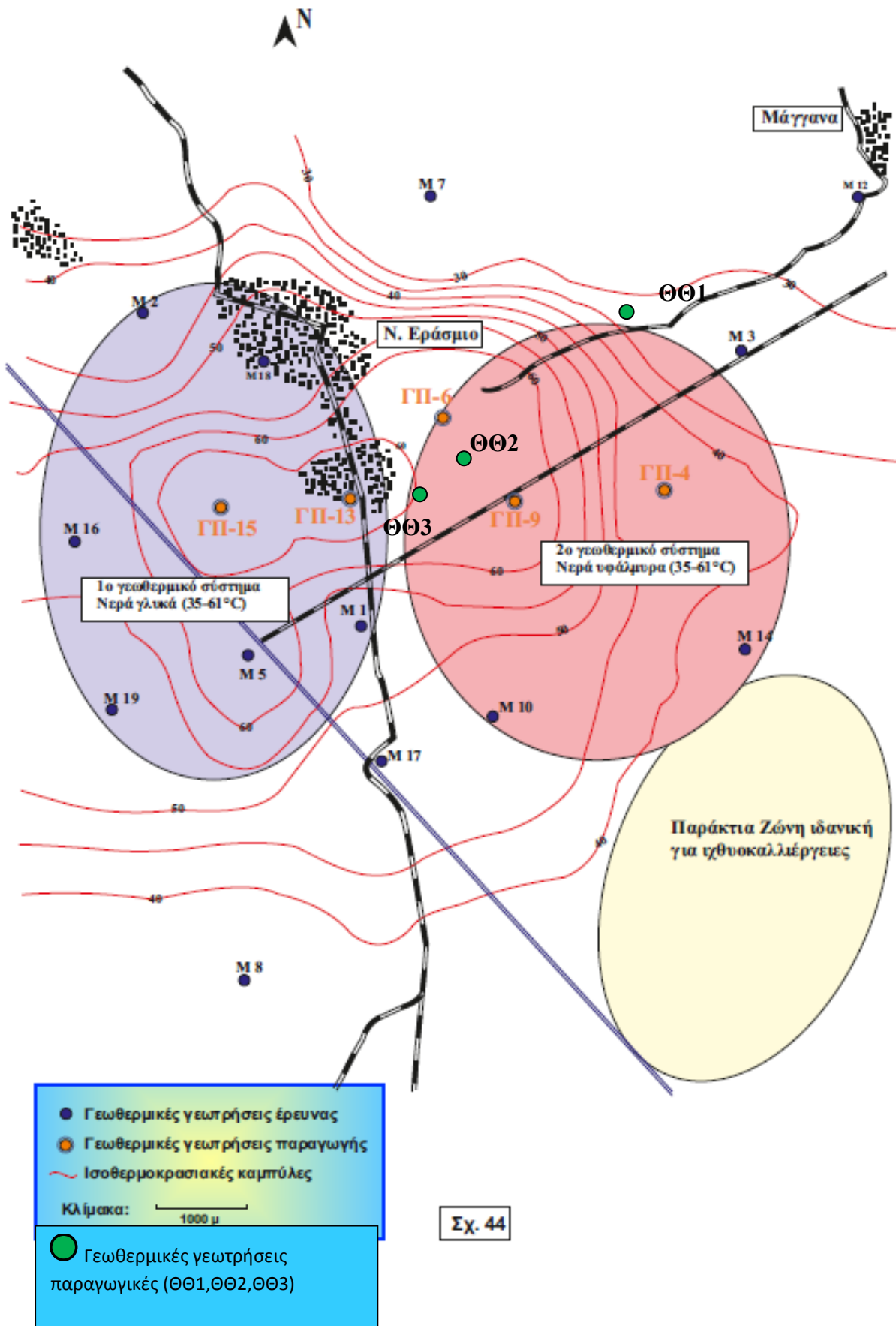
SiO₂= 55 p.p.m

F= 1,5 p.p.m

B=2,65 p.p.m

Sr= 13 p.p.m

Fe=0,8 p.p.m



Σχ. 44

Σχήμα 24. Ισοθερμικός χάρτης όπου φαίνονται τα δύο είδη γεωθερμικών συστημάτων (γλυκά & υφάλμυρα) της περιοχής Ν. Εράσμιου.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη γεωθερμική έρευνα της περιοχής Ν. Εράσμιου Ξάνθης προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

Η περιοχή μελέτης αποτελείται από ιζήματα τα οποία έχουν υποστεί τεκτονική παραμόρφωση με το πάνω τέμαχος να αποτελείται από πάνω προς τα κάτω: άμμοι και άργιλοι Τεταρτογενούς πάχους 20m, ιλυούχους άργιλους με διαστρώσεις κροκαλοπαγών 50m, άμμοι και άργιλοι 50m, άργιλοι και άμμοι 50m, ψαμμίτες με ασβεστιτική συνδετική ύλη 80m και το υπόβαθρο (γενύσιοι και γρανίτες). Το κάτω τέμαχος αποτελείται από πάνω προς τα κάτω από: άμμους και αργίλους 20m Τεταρτογενούς, ιλυούχους αργίλους με διαστρώσεις κροκαλών και χαλικιών 90m, άργιλοι και άμμοι 50m, διμαρμαρυγιακός άμμος και ιλύς με διαστρώσεις ψαμμιτών με ασβεστιτική συνδετική ύλη 80m, βιογενής ασβεστόλιθος και συμπαγές ασβεστοψαμμίτες 40m, κροκαλοπαγές βάσης με διαστρώσεις άμμων και ιλύων 30m και το υπόβαθρο (κρυσταλοσχιστώδες και γενύσιοι).

Οι τρεις γεωτρήσεις που κατασκευάστηκαν διέτρησαν σχηματισμούς άμμων, χαλίκων και αργίλου.

Συγκεκριμένα, η στρωματογραφία της ΘΘ1 είναι από πάνω προς τα κάτω: 0–10m αμμοαργιλώδες υλικό, 10–30m άργιλος, 30–50m χαλαρά κροκαλοπαγή (υδροφόρα), 50–65m άργιλος, 65–90m εναλλαγές αργίλων με άμμους, 90–110m εναλλαγές αργίλων με άμμους (περισσότερη άργιλος), 110–130m χαλαρά κροκαλοπαγή γενυσιακού τύπου (υδροφόρα), 130–170m συνεκτικά νεογενή ιζήματα αργιλικά, 170–226m συμπαγή κροκαλοπαγή (αρκοζικά).

Η στρωματογραφία της ΘΘ2 από πάνω προς τα κάτω είναι: 0–40m αργιλοαμμώδες υλικό, 40–120m άμμος χονδρόκκοκη με αργιλικές ενστρώσεις, 120–130m άργιλος πλαστική, 130–180m ψαμμιτομαργαϊκή σειρά, 180–246m ψαμμίτες λευκοκρατικοί (αρκοζικού τύπου), 246–252m ο γενύσιος.

Η στρωματογραφία της ΘΘ3 από πάνω προς τα κάτω είναι: 0–45m αργιλοαμμώδες υλικό, 45–140m αμμούχοι άργιλοι, 140–220m λεπτόκκοκη σκουρόχρωμη αμμούχος άργιλος με παρεμβολές χαλαρών ψαμμιτικών υλικών, 220–240m αργιλικές ενστρώσεις, 240–330m κροκαλοπαγή διαρρηγμένα με διακλάσεις, 330–340m γενύσιος.

- Από την ανάλυση των αντλητικών δεδομένων συμπεραίνεται ότι η εκμεταλλεύσιμη παροχή των τριών ερευνητικών γεωτρήσεων ανέρχεται σε $120 \text{ m}^3/\text{h}$ για τις ΘΘ1 και ΘΘ2 και για τη ΘΘ3 $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Η τοποθέτηση του αντλητικού συγκροτήματος για την κανονική άντληση έγινε στα 70m για την ΘΘ1, το βάθος τοποθέτησης του αντλητικού συγκροτήματος στα 30m για την ΘΘ2 και τέλος στα 35m για τη γεώτρηση ΘΘ3. Για την δοκιμαστική άντληση το βάθος τοποθέτησης το αντλητικού συγκροτήματος ήταν για την ΘΘ1, ΘΘ2

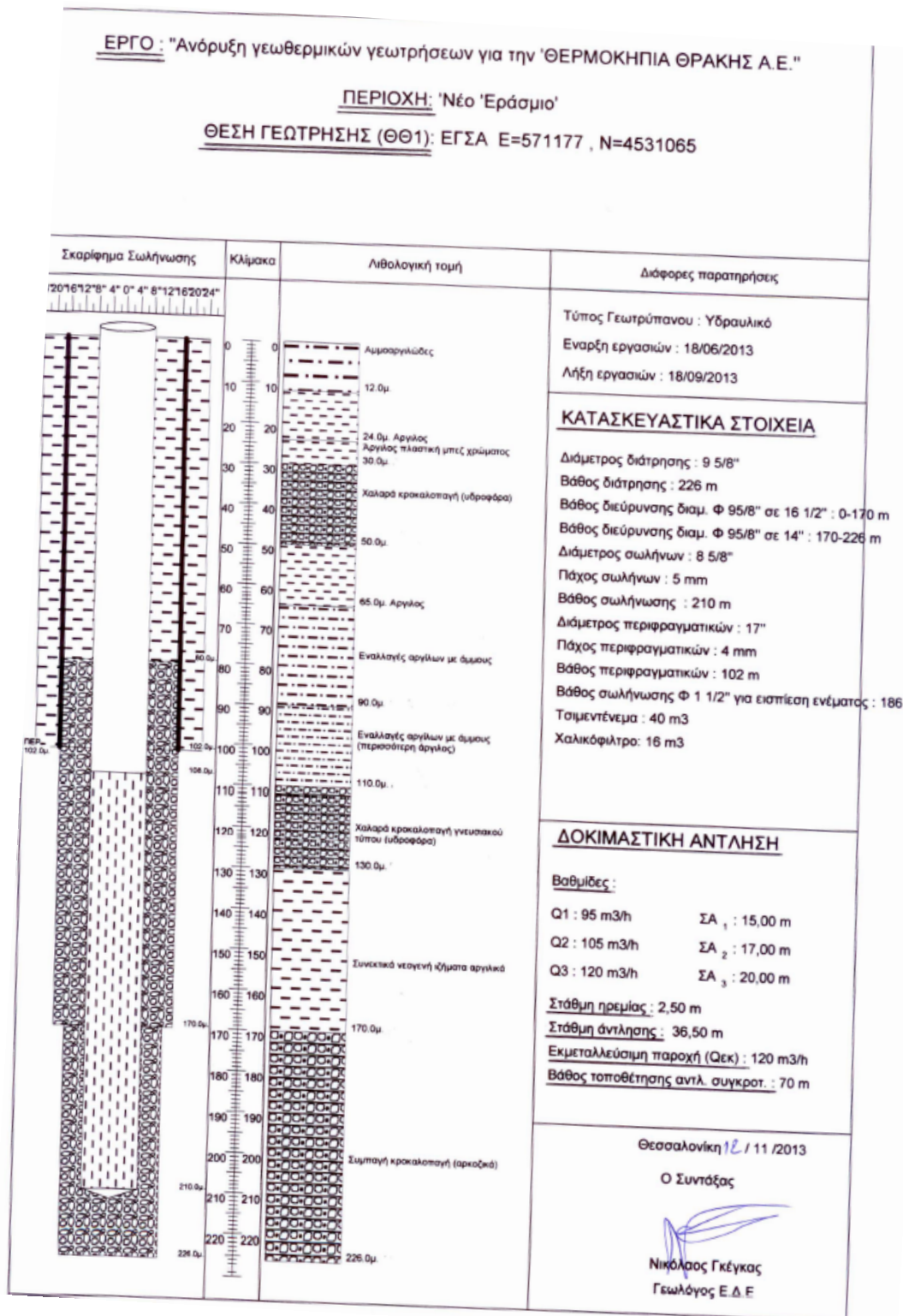
και ΘΘ3 στα 50m. Ημερήσια στάθμη της ΘΘ1 είναι 2.5m όπως και για την ΘΘ2 και ΘΘ3 είναι αρτεσιανό.

- Η θερμοκρασία του αντλούμενου νερού είναι 29,3°C για τη γεώτρηση ΘΘ1 για διάρκεια άντλησης 6 ωρών στις 18/9/2013. Η θερμοκρασία του αντλούμενου νερού στη γεώτρηση ΘΘ2 ανέρχεται σε 60,3°C για διάρκεια άντλησης 8 ωρών στις 9/9/2013. Η θερμοκρασία του αντλούμενου νερού από τη γεώτρηση ΘΘ3 είναι 58°C για διάρκεια άντλησης 8 ωρών στις 10/9/2013.
- Από τα αποτελέσματα των συνολικών μετρήσεων προκύπτει το συμπέρασμα ότι και οι δύο γεωτρήσεις ΘΘ2 και ΘΘ3 έχουν ικανοποιητική γεωθερμική βαθμίδα και θεωρούνται επιτυχημένες. Όσον αφορά τη γεώτρηση ΘΘ1 αυτή προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ως γεώτρηση επανεισαγωγής των ρευστών των γεωτρήσεων ΘΘ2 και ΘΘ3. Η απαιτούμενη πίεση εισπίεσης θα κυμανθεί μεταξύ 2 και 3 ατμοσφαιρών περίπου .
- Η αξιοποίηση της θερμικής ενέργειας των γεωθερμικών ρευστών των γεωτρήσεων ΘΘ2 και ΘΘ3 αφορά στην κάλυψη των αναγκών θέρμανσης των θερμοκηπίων ντομάτας που έχουν κατασκευαστεί και καλύπτουν έκταση 40 στρεμμάτων, συμβάλλοντας έτσι στην οικονομική ανάπτυξη της περιοχής.
- Τα βάθη στα οποία συναντήθηκαν τα θερμά υδροφόρα στρώματα είναι για την ΘΘ2 γεώτρηση στα 135m μέχρι τα 222m και για την ΘΘ3 γεώτρηση τα βάθη 222m μέχρι τα 324m. Στη ΘΘ1 γεώτρηση δεν βρέθηκαν θερμά υδροφόρα στρώματα. Το συνολικό βάθος των γεωτρήσεων είναι για τη ΘΘ1 0-226m, για την ΘΘ2 0-252m και για την ΘΘ3 0-340m.

Η αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών του γεωθερμικού πεδίου χαμηλής ενθαλπίας στην περιοχή Ν. Ερασμίου θα μπορούσε πέραν των υπάρχουσών εφαρμογών (θερμοκήπια, ιχθυοκαλλιέργεια, θέρμανση κτηρίων, ξήρανση αγροτικών προϊόντων (αφυδάτωση λιαστής ντομάτας) και ανάπτυξη πράσινων γεωθερμικών σπαραγγιών) να αφορά στα:

- Παραγωγή σπιρουλίνας
- Λουτροθεραπευτικές εγκαταστάσεις
- Τηλεθέρμανση
- Αφαλάτωση θαλασσινού νερού

8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

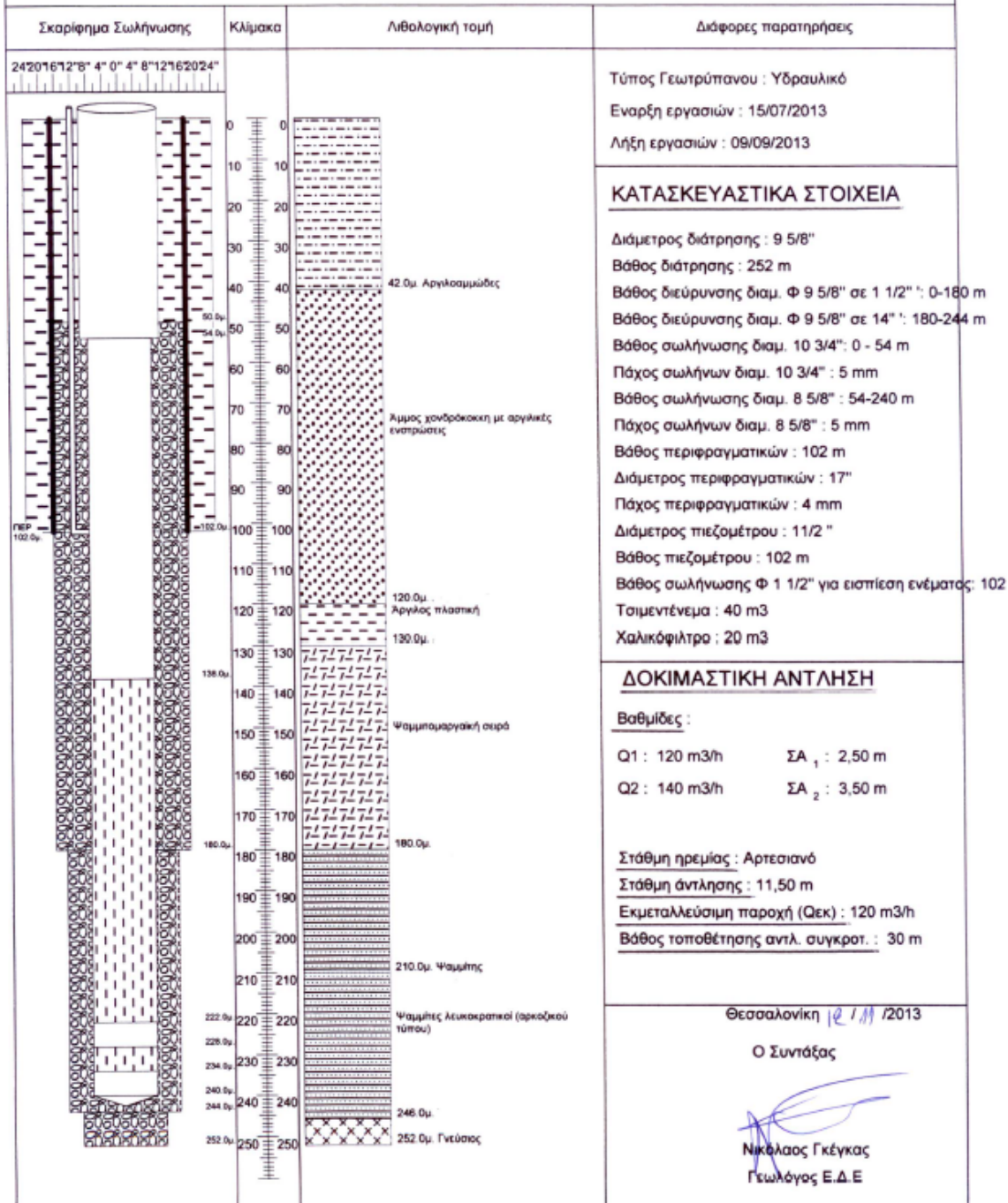


Σχήμα Π1. Λιθολογική στήλη και τεχνικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης ΘΘ1.

ΕΡΓΟ : "Ανόρυξη γεωθερμικών γεωτρήσεων για την "ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΘΡΑΚΗΣ Α.Ε."

ΠΕΡΙΟΧΗ: 'Νέο Έρασμιο"

ΘΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (Θ02): ΕΓΣΑ Ε=570907 , Ν=4530470

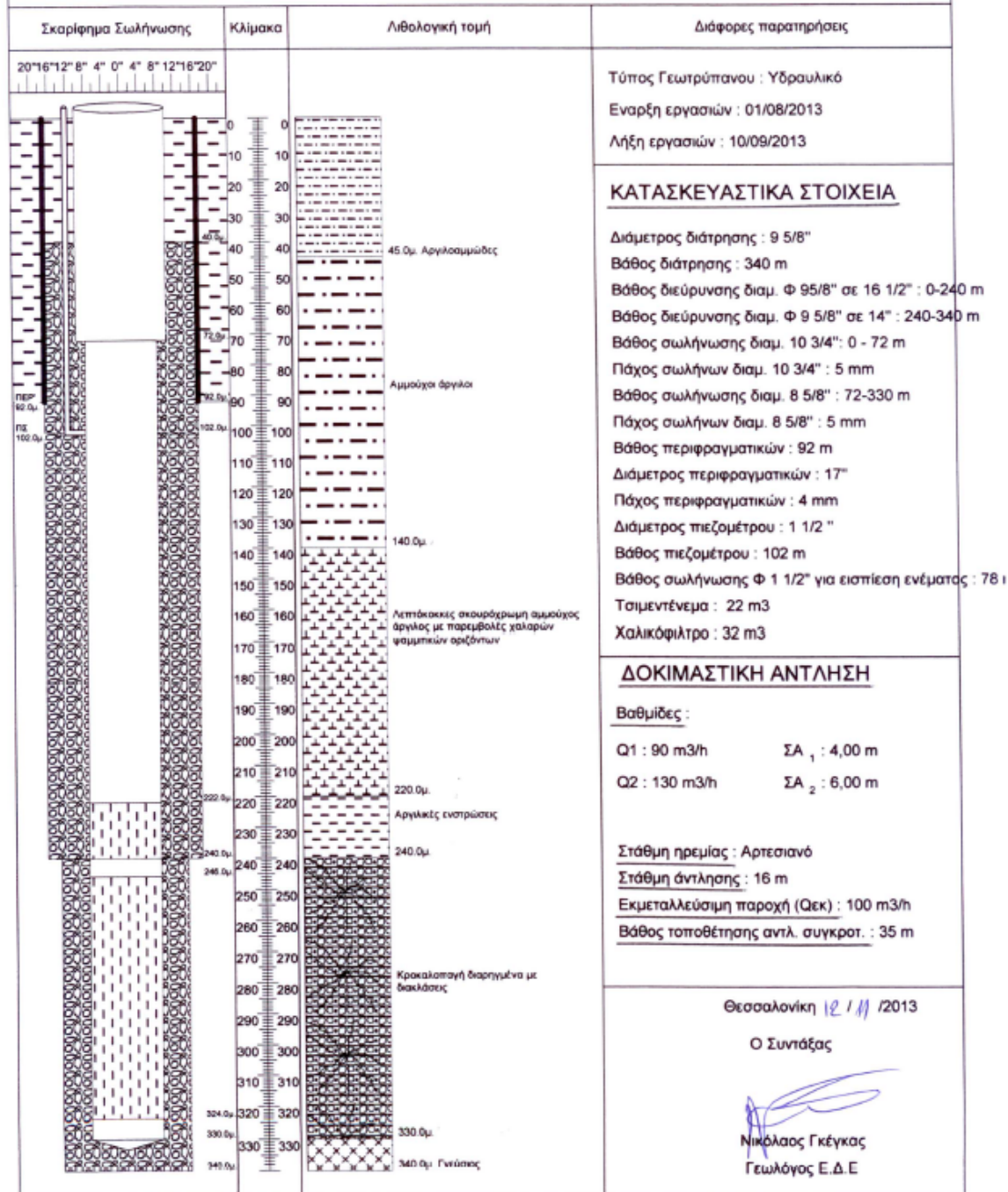


Σχήμα Π2. Λιθολογική στήλη και τεχνικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης Θ02

ΕΡΓΟ : "Ανόρυξη γεωθερμικών γεωτρήσεων για την "ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ ΘΡΑΚΗΣ Α.Ε."

ΠΕΡΙΟΧΗ: "Νέο Εράσμιο"

ΘΕΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ (Θ03): ΕΓΣΑ Ε=570421, Ν=4530265



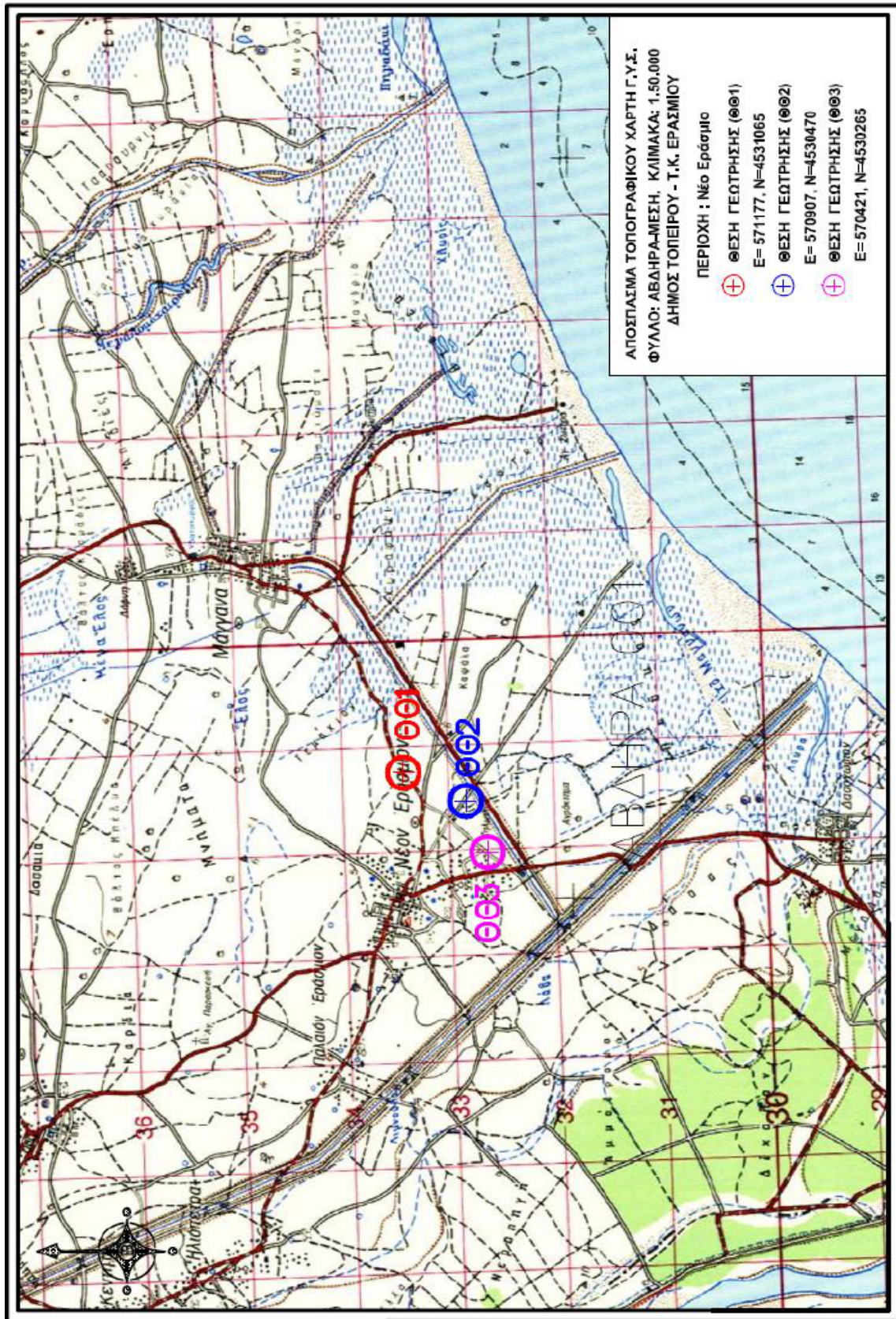
Σχήμα Π3. Λιθολογική στήλη και τεχνικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης Θ03

ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ						
ΓΕΩΤΡΗΣΗ :	ΘΘ1		ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	2,5m		
ΠΕΡΙΟΧΗ	Ν. Εράσμο		ΒΑΘΟΣ ΑΝΤΙΚΟΥ ΣΥΚΤΟΣ	33m		
ΗΜ. ΕΝΑΡΞΗΣ	18/9/2013		ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ	Υποβρύχια		
ΗΜ. ΛΗΞΗΣ	18/9/2013		ΙΣΧΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	35 HP		
ΗΜΕΡΟ ΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΕΝΑΡΞΗΣ	ΧΡΟΝ. ΑΝΤΛ. Min (t)	ΠΑΡΟΧΗ Q=m ³ /h	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ (m)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
18/9/2013		0	120	2,5	0	1η Βαθμίδα
		1		7,3	4,80	
		2		10,5	3,2	
		3		12	1,50	
		4		12,7	0,7	
		5		13,3	0,60	
		6		13,8	0,5	
		7		14,2	0,40	
		8		14,5	0,3	
		9		14,7	0,20	
		10		14,8	0,1	
		12		14,82	0,02	
		14		14,83	0,01	
		16		14,84	0,01	
		18		14,85	0,01	
		20		14,86	0,01	
		25		14,88	0,02	
		30		14,9	0,02	
		35		14,92	0,02	
	40		14,94	0,02		
	45		14,96	0,02		
	50		14,98	0,02		
	55		14,99	0,01		
	60		15	0,01		

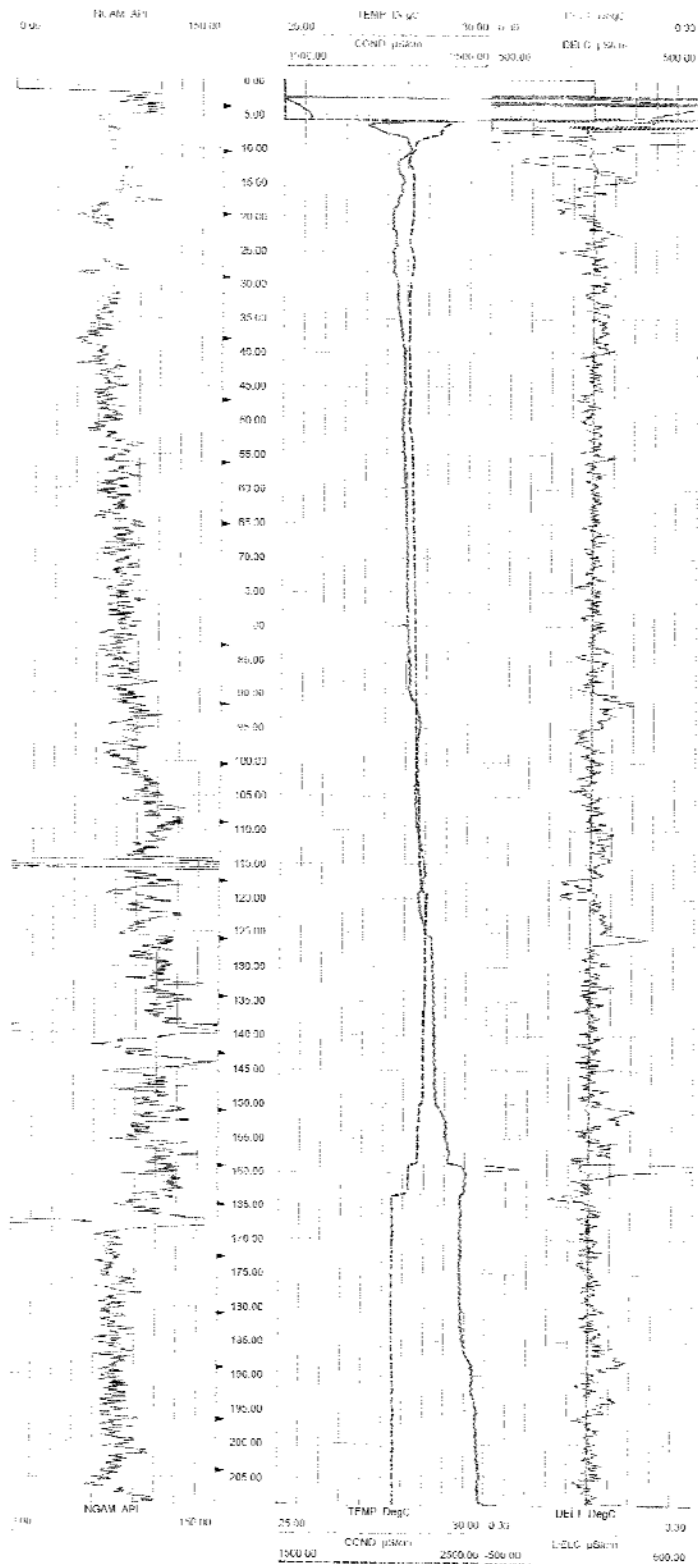
Σχήμα Π4. Δελτίο παρατήρησης δοκιμαστικής άντλησης της γεώτρησης ΘΘ1

ΔΕΛΤΙΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΗΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ						
ΓΕΩΤΡΗΣΗ :	ΘΘ2		ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ	ΑΡΤΕΣΙΑΝΟ		
ΠΕΡΙΟΧΗ	Ν. Εράσμιο		ΒΑΘΟΣ ΑΝΤ/ΚΟΥ ΣΥΤΚ/ΤΟΣ	50m		
ΗΜ. ΕΝΑΡΞΗΣ	10/9/2013		ΤΥΠΟΣ ΑΝΤΛΙΑΣ	Υποβρύχια		
ΗΜ. ΛΗΞΗΣ	10/9/2013		ΙΣΧΥΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	35 HP		
ΗΜΕΡΟ ΜΗΝΙΑ	ΩΡΑ ΕΝΑΡ- ΞΗΣ	ΧΡΟΝ. ΑΝΤΛ. Min (t)	ΠΑΡΟΧΗ Q=m ³ /h	ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ (m)	ΠΤΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ (m)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
10/9/2013		0	100	0	0	1η Βαθμίδα
		1		1,8	1,80	
		2		2,7	0,9	
		3		3,2	0,50	
		4		3,5	0,3	
		5		3,7	0,20	
		6		3,8	0,1	
		7		3,9	0,10	
		8		4	0,1	
		9		4,1	0,10	
		10		4,2	0,1	
		12		4,35	0,15	
		14		4,41	0,06	
		16		4,46	0,05	
		18		4,49	0,03	
		20		4,5	0,01	
	25					

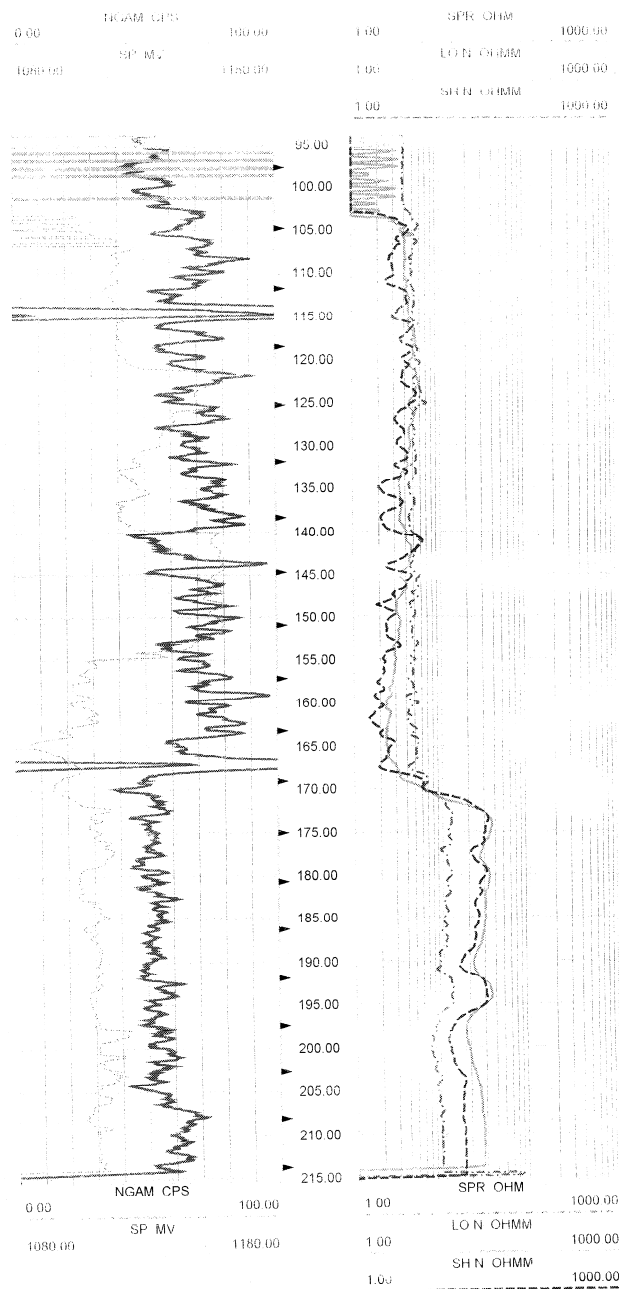
Σχήμα Π5. Δελτίο παρατηρήσεως δοκιμαστικής άντλησης της γεώτρησης ΘΘ2



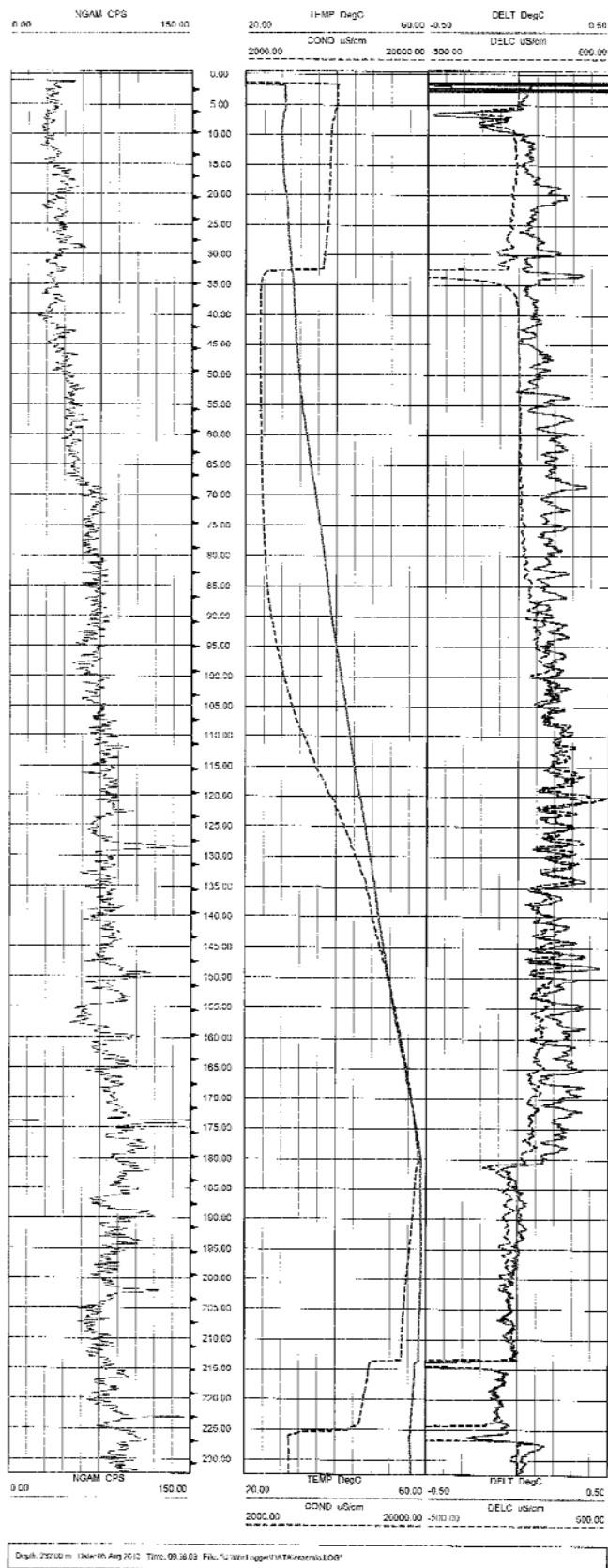
Σχήμα Π6. Θέσης των γεωτρήσεων (ΘΘ1,ΘΘ2,ΘΘ3) στην ευρύτερη περιοχή



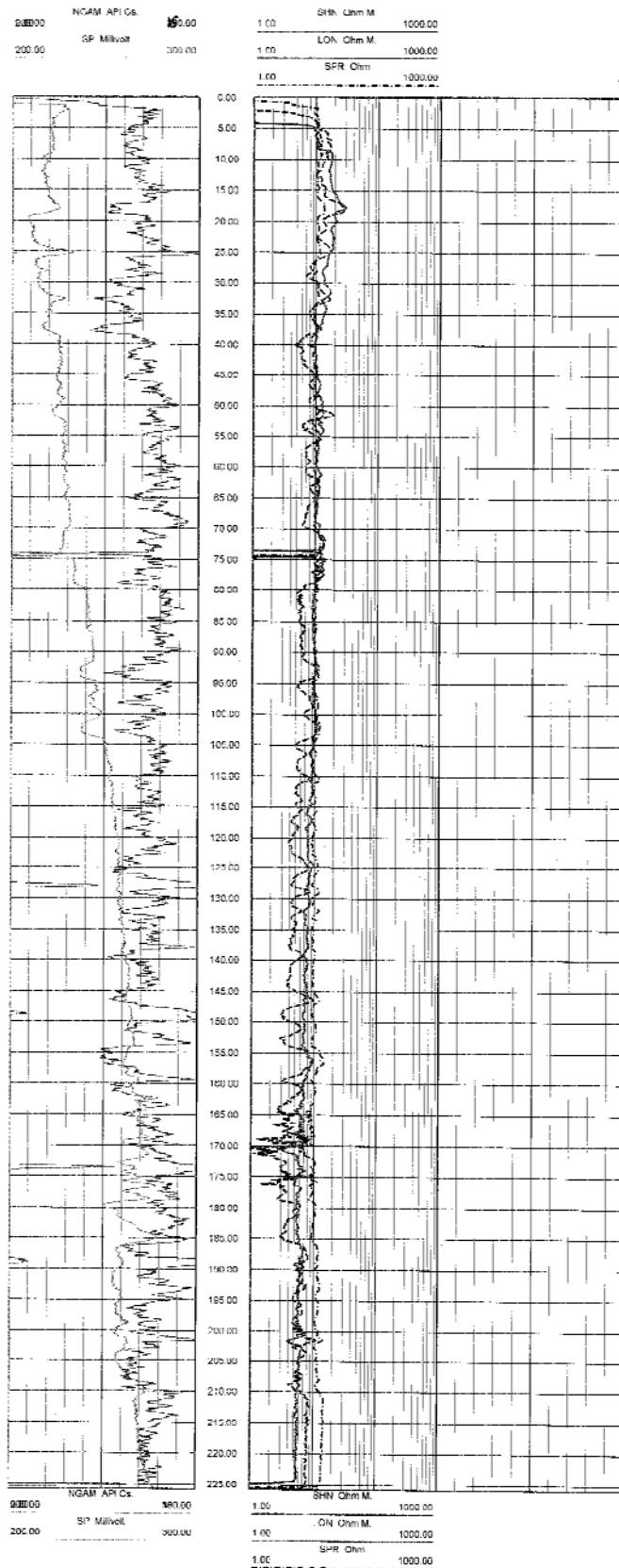
Σχήμα Π7. ΘΘ1 Διαγραφές: Μεταβολή θερμοκρασίας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το βάθος



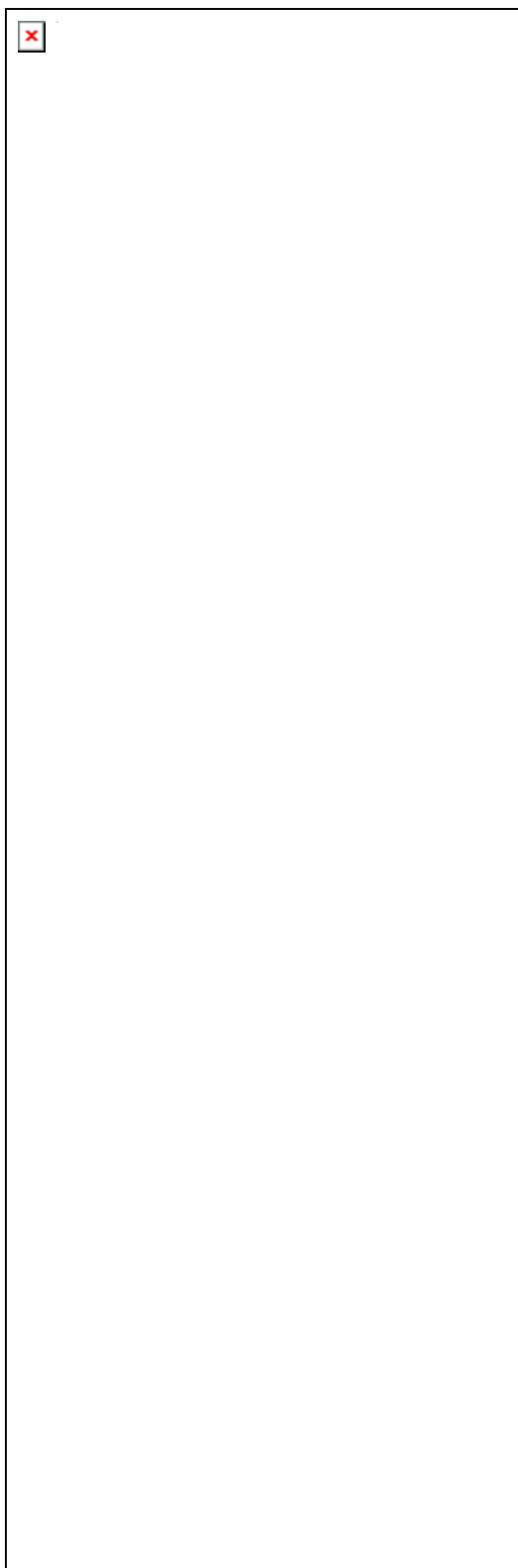
Σχήμα Π8. Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το μέθοδο των διαγραφιών της γεώτρηση ΘΘ1



Σχήμα Π9. ΘΘ2 Διαγραφίες: Μεταβολή θερμοκρασίας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το βάθος



Σχήμα Π10. Μέτρηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το μέθοδο των διαγραφιών της γεώτρηση Θ02



Σχήμα Π11. ΘΘ3 Διαγραφίες: Μεταβολή θερμοκρασίας και ηλεκτρικής αγωγιμότητας με το βάθος



1) Αλλαγή του κοπτικού άκρου.AVI



2) Εισαγωγή οδηγού.AVI



3) Δειγματοληψεία από τα επιστρεφόμενα.AVI



4) Τοποθέτηση των περιφραγματικών.mp4



5) Σωλήνες της γεώτρησης.mp4



6) Καθαρισμός γεώτρησης με air-lift.mp4



7) Καθαρισμός γεώτρησης ΘΘ2.mp4

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ν. Κόλιος, “Γεωθερμική έρευνα χαμηλής ενθαλπίας μελέτη του γεωθερμικού πεδίου Ν. Κεσσάνης”, 1993.
2. Ν. Κολιός, Γ. Καρυδάκης, “Γεωθερμική έρευνα Ν. Εράσμιου – Μαγγανίου Ν. Ξάνθης”, ΙΓΜΕ, ΔΕΠΥ, 2000.
3. Ν. Αβραμίδου “Γεωθερμία”, Πτυχ. Εργασία Τμ. Πολιτικών Έργων Υποδομής Αλεξάνδρειο ΤΕΙ, 2011.
4. Α. Πολυμένη, “Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας Νέας Κεσσάνης και Νέου Εράμιου-Μαγγανών του Νομού Ξάνθης”, Πτυχ. Εργασία Τμήμα Γεωλογίας, Παν. Πατρών, 2010.
5. Μ. Φυτίκας και Ν. Ανδρίτσος, Εκδόσεις Τζιολλά, Γεωθερμία, 2004.
6. Ν. Kolios, S. Koutsinos, A. Arvanitis and G. Karydakis, “Geothermal Situation in Northeastern Greece”, Proceedings World Geothermal congress 2005, Antalya, Turkey, 2005.
7. Ν. Kolios, M. Fytikas, A. Arvanitis, N. Andritsos, S. Koutsina, “Prospective Medium Enthalpy Geothermal Resources in Sedimentary Basins of Northern Greece”, Proceedings European Geothermal Congress, Unterhaching, Germany, 2007.
8. PPC (Public Petroleum Corporation), Evaluation of deep oil holes, Athens, 42-53, 1988.
9. Ν. Lalechos and Savoyat: La sedimentation Neogene dans le Fosse Nord Egeen, VI Collquium on the Geology of the Aegean region, 2, 591-603 (1977)
10. P. Proedrou: The evaporates formation in the Nestos-Prinos grsben, in the Northern Aegean Sea, VII Int. Congress on Mediterranean Neogene, Ann. Geol. Pays Hell., Hors serie, 2, 1013-1020 (1979)

11. Γ. Μουζούρη, Π. Καραναστάσης, Ε. Δελλιοπούλου “ Γεωτρήσεις στο χώρο των λουτρών Λαγκάδα Θεσσαλονίκης”, Πτυχ. Εργασία Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 2000.
12. J. Lund, D. Frentou, T. Body: Direct utilization of Geothermal Energy 2010 worldwide Review (Proc.WFC, Indonesia, 2010).
13. N. Andritsos, A. Arvanitis, P. Dalabakis, C. Karytsas, D. Mendrinou, M. Papachristou: Geothermal Energy Use, Country Update for Greece, Prof. European Geothermal Congress, Pisa, Italy, 3-7 June 2013.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- International Geothermal Association: ([IGA – www.geothermal-energy.org](http://www.geothermal-energy.org))
- <http://el.wikipedia.org/wiki/Γεωθερμία>).