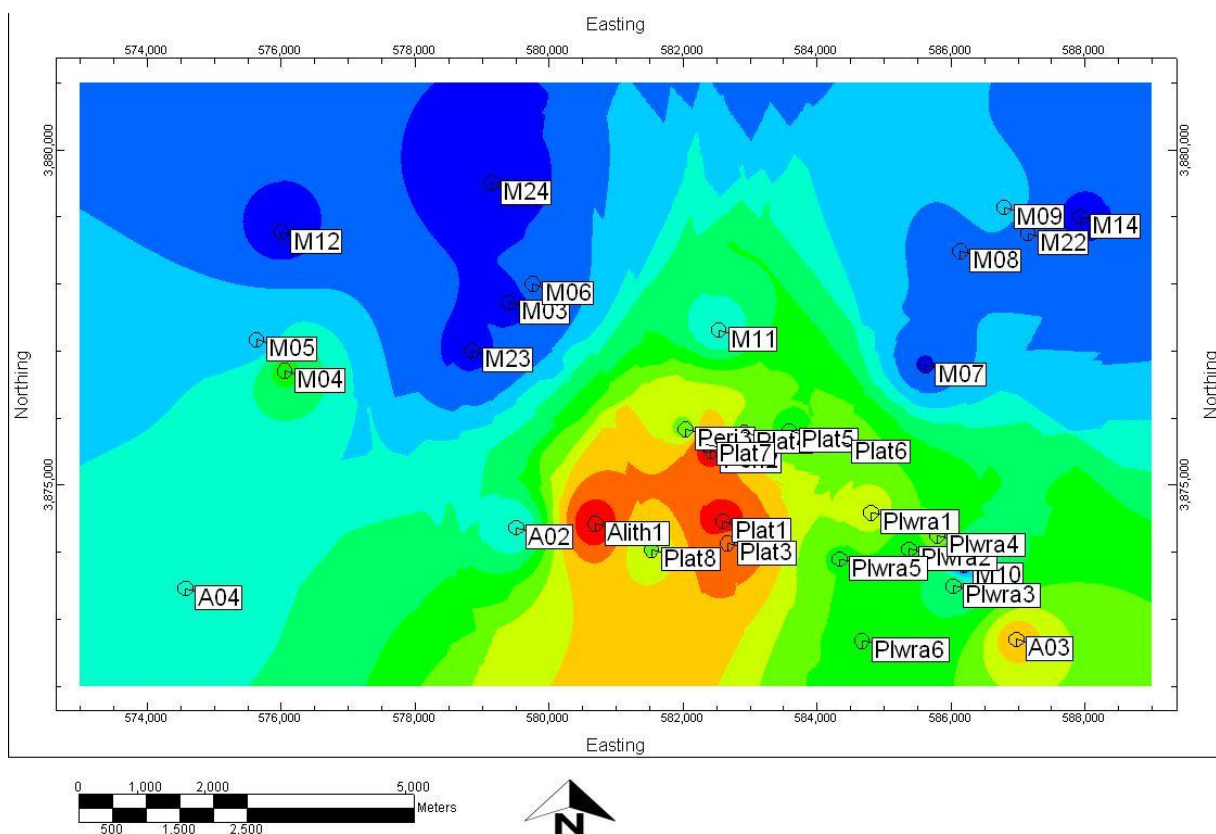




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΟΝΑΔΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ (ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ,
ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ, ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ)



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

«Γεωχημική χαρτογράφηση πιθανών γεωθερμικών
ταμιευτήρων χαμηλής ενθαλπίας στη Νότιο Μεσσαρά,
Κρήτη»

Καμίτση Δήμητρα
Χανιά, Ιανουάριος 2021

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

«Γεωχημική χαρτογράφηση πιθανών γεωθερμικών
ταμιευτήρων χαμηλής ενθαλπίας στη Νότιο
Μεσσαρά, Κρήτη»

Καμίτση Δήμητρα

Υποβλήθηκε στη Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων στα πλαίσια
του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών
«Γεωτεχνολογία και Περιβάλλον»
Ερευνητική μονάδα Γεωλογίας

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μανούτσογλου Εμμανουήλ, Καθηγητής (επιβλέπων)

Καλλίθρακας –Κόντος Νικόλαος, Καθηγητής

Σπανουδάκης Νικόλαος, Msc, PhD- Ε.ΔΙ.Π.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις των εξεταστών.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	viii
Περίληψη	x
Abstract	xi
Δομή της Μεταπτυχιακής Διατριβής.....	xii
Κεφάλαιο 1: Εξελίξεις στη Γεωθερμική Ενέργεια.....	1
1.1 Ανασκόπηση της χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο	1
1.2 Άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως	3
1.2.1 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας	3
1.2.2 Θέρμανση, ψύξη και κλιματισμός χώρων	4
1.2.3 Θερμοκήπια και γεωργία	4
1.2.4 Θέρμανση Υδατοκαλλιεργειών	5
1.2.5 Ξήρανση αγροτικών προϊόντων	5
1.2.6 Βιομηχανικές χρήσεις	6
1.2.7 Λουτροθεραπεία και κολύμπι	6
1.2.8 Αποπάγωση πεζοδρομίων	7
1.2.9 Άλλες χρήσεις	7
1.3 Ανασκόπηση της χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας στον Ελλαδικό χώρο	8
1.4 Η γεωθερμία και ο ρόλος της στην ενεργειακή μετάβαση της χώρας	11
1.5 Το Νέο Ρυθμιστικό Πλαίσιο	16
1.5.1 Στόχος του Νόμου Υπ' αριθμ. 4602 , 09 Μαρτίου 2019 και οι τροποποιήσεις του.....	16
1.6 Οφέλη από την αξιοποίηση της γεωθερμίας	26

Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία	27
2.1 Εισαγωγή.....	27
2.2 Διαθέσιμα στοιχεία	27
2.3 Γεωλογική τοποθέτηση της περιοχής ενδιαφέροντος.....	28
2.3.1 Δεδομένα υφιστάμενων εργασιών και μελετών.....	29
2.3.2 Στρωματογραφικά και λιθολογικά δεδομένα	37
2.3.3 Αρχείο δεδομένων από Ε.Α.Γ.Μ.Ε.....	40
2.4 Δείγματα από την περιοχή μελέτης	43
2.5 Επεξεργασία των δεδομένων.....	54
2.5.1 Υδροχημικά Διαγράμματα.....	55
2.5.2 Βαθμοί κορεσμού.....	67
2.5.3 Δείκτης SAR (συντελεστής προσρόφησης Νατρίου).....	68
2.5.4 Συντελεστής Revelle	70
2.5.5 Ηλεκτρική αγωγιμότητα Ε.Σ. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	71
2.5.6 Ιοντικοί λόγοι.....	73
2.5.7 Σχέση υψομέτρου με βάθος των γεωτρήσεων	79
2.6 Χάρτες κατανομής υπολογισμένων θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις.....	81
Κεφάλαιο 3: Σχολιασμός των γεωτρήσεων	85
3.1 Εισαγωγή.....	85
3.1.1 Δημοτική γεώτρηση, ΑΛΗΘΙΝΗ	85
3.1.2 Δημοτική γεώτρηση, ΑΠΕΣΩΚΑΡΙ	88
3.1.3 Γεώτρηση ΠΕΡΙ 1	90
3.1.4 Γεώτρηση ΠΕΡΙ 2	92
3.1.5 Γεώτρηση ΠΕΡΙ 3	95

3.1.6	Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 1.....	97
3.1.7	Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 3.....	100
3.1.8	Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 4.....	103
3.1.9	Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 5.....	105
3.1.10	Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 6.....	107
3.1.11	Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 7.....	109
3.1.12	Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 8.....	110
3.1.13	Δημοτική γεώτρηση Πλατανιανή στράτα, ΠΛΩΡΑ 1.....	112
3.1.14	Δημοτική γεώτρηση Χουδατσανά, ΠΛΩΡΑ 2.....	115
3.1.15	Δημοτική γεώτρηση Κατσιπέτη, ΠΛΩΡΑ 3.....	118
3.1.16	Γεώτρηση ΠΛΩΡΑ 4.....	121
3.1.17	Γεώτρηση ΠΛΩΡΑ 5.....	123
3.1.18	Δημοτική πηγή Άγιος Γεώργιος, ΠΛΩΡΑ 6.....	125
Κεφάλαιο 4: Χάρτες Κατανομής.....		127
4.1	Εισαγωγή.....	127
4.2	Λιθοστρωματογραφικού χάρτες.....	127
4.3	Χάρτες κατανομής για την υγρή περίοδο δειγματοληψίας.....	132
4.4	Χάρτες κατανομής για τη Ξηρή Περίοδο δειγματοληψίας.....	135
4.5	Χάρτες κατανομής υπολογισμένων θερμοκρασιών στον υπό μελέτη γεωθερμικό ταμιευτήρα.....	138
4.5.1	Αποτελέσματα γεωθερμομέτρων ξηρής περιόδου.....	138
4.5.2	Αποτελέσματα γεωθερμομέτρων ξηρής περιόδου.....	141
Κεφάλαιο 5: Σύνοψη Αποτελεσμάτων.....		146
Κεφάλαιο 6: Συζήτηση.....		148

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα	151
Βιβλιογραφία.....	152
ΔΙΕΘΝΗΣ.....	152
ΕΛΛΗΝΙΚΗ.....	152
Παράρτημα 1: ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4602 Τεύχος Α' 45/09.03.2019.....	155
ΜΕΡΟΣ Α': ΕΡΕΥΝΑ, ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ.....	155
Παράρτημα 2: ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ROCKWORKS 17	173
Π.1 Εισαγωγή	173
Π.2 Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων με το λογισμικό Rockworks 17 ...	174
Π.3 Καθορισμός διαστάσεων περιοχής μελέτης-το πεδίο Grid and Model Dimensions.....	174
Π.2 Η υποσελίδα Rock Ware Utilities	176
Π.2.1 Δημιουργία τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων επιφάνειας.....	176
Π.3 Η υποσελίδα Borehole Manager.....	186
Π.3.1 .Εντολή QuickMap.....	188
Π.3.2 Η εντολή Map	189
Π.3.3 Εντολή P-data	190

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στη Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης στο πλαίσιο του προγράμματος «Γεωτεχνολογία και Περιβάλλον», και μολονότι είναι ατομική, ωστόσο είναι αποτέλεσμα συλλογικής προσπάθειας. Έτσι, φτάνοντας στο τέλος της συγγραφής της θα ήθελα να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους ανθρώπους που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή και επιβλέποντά μου κ. Μανούτσογλου Εμμανουήλ για την επιλογή του θέματος, για τη βοήθεια και καθοδήγησή που μου παρείχε κατά την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας, καθώς και για την άριστη συνεργασία που αναπτύξαμε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας. Επίσης, ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή κ. Καλλίθρακα-Κόντο Νικόλαο για το χρόνο τον οποίο παρείχε και την συμμετοχή του στην επιτροπή αξιολόγησης της παρούσας εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Σπανουδάκη Νικόλαο για την αμέριστη βοήθεια που παρείχε επιλύοντας απορίες και βγάζοντάς με από πολλά αδιέξοδα σε όλο το διάστημα συγγραφής της εργασίας.

Στη συνέχεια, δίνονται ευχαριστήρια στους κ. Παπαδάκη-Κτιστάκη (πρόεδρος Πλώρα), κ. Γιαμπουδάκη (πρόεδρος Πέρι), κ. Μαυρουδάκη, κ. Μπουχαλάκη, κ. Κατεχάκη, κ. Μπαστάκη, κ. Ζαχαριουδάκη, κ. Πολιτάκη, κ. Μπερκάκη και κ. Χατζηδάκη για την άδεια δειγματοληψίας από τις ιδιωτικές γεωτρήσεις τους. Επίσης την

Αποκεντρωμένη Διοίκηση Ηρακλείου και τους δήμους Φαιστού και Γόρτυνας για την άμεση ανταπόκριση τους. Τον κ. Βαρδάκη από τον δήμο Αγίων Δέκα για τις πολύτιμες πληροφορίες που με έφεραν σε επικοινωνία με τους παραπάνω κυρίους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, τον σύζυγο μου και το φιλικό μου περιβάλλον για τη αμέριστη συμπαράσταση, στήριξη και εμπιστοσύνη που μου παρείχαν σε όλες μου τις προσπάθειες κατά την διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι αρχικά η υδροχημική μελέτη υπόθερμων νερών που εντοπίστηκαν από υδρογεωτρήσεις σε ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεσσαράς, γύρω από τους οικισμούς Πλάτανος, Πέρι, Αληθινή, Απεσωκάρι και Πλώρα. Στα πλαίσια αυτής της εργασίας συλλέχτηκαν δείγματα υδάτων από δεκαοχτώ (18) υδρογεωτρήσεις για δύο συνεχόμενες περιόδους, Μάρτιος και Σεπτέμβριος 2018. Τα δείγματα των υδάτων αναλύθηκαν ως προς τα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία. Με τη χρήση υδροχημικών διαγραμμάτων και τον υπολογισμό ιοντικών λόγων καθώς και άλλων παραμέτρων διαπιστώθηκε ότι τα ύδατα που αναλύθηκαν είναι ασβεστομαγνησιούχα ως προς τα κατιόντα και μικτής σύστασης ως προς τα ανιόντα κυρίως ανθρακικά-θειικά-χλωριούχα. Αξιοποιώντας τα δεδομένα από τις επιτόπιες μετρήσεις της θερμοκρασίας των υδάτων σε συνδυασμό υπολογισμένων θερμοκρασιών βάθους υδάτων με την βοήθεια γεωθερμομέτρων, κατασκευάστηκαν δισδιάστατοι και τρισδιάστατοι χάρτες χωρικής κατανομής της θερμοκρασίας των υδάτων, από τους οποίους προέκυψε ότι οι γεωτρήσεις που αντλούν το πιο θερμό νερό της περιοχής έχουν ανορυχθεί σε εντός σχηματισμών της Ζώνης της Πίνδου, γύρω από τα χωριά Πέρι, Πλάτανο και Αληθινή. Οι γεωτρήσεις που αντλούν λιγότερο θερμό νερό έχουν ανορυχθεί σε σχηματισμούς της Ζώνης της Τρίπολης και βρίσκονται γύρω από τα χωριά Απεσωκάρι και Πλώρα. Παρατηρήθηκε επίσης ότι, οι υπό μελέτη (υδρο)γεωτρήσεις έχουν ανορυχθεί κοντά σε δυο γνωστά ρήγματα της περιοχής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ και ΝΔ-ΒΑ, αντίστοιχα.

Τα ανωτέρω στοιχεία είναι τα πρώτα συνθετικά που μπορούν να υποστηρίξουν την ύπαρξη ενός πιθανού γεωθερμικού ταμιευτήρα χαμηλής ενθαλπίας, τοπικού ενδιαφέροντος, στην περιοχή.

Abstract

The purpose of this dissertation is mainly the hydrochemical study of hypothermic waters pumped from irrigation boreholes in the wider area of the Messara basin, around the settlements of Platanos, Peri, Alithini, Apesokari and Plora. As part of this work, water samples were collected from eighteen (18) wells for two consecutive seasons, March and September 2018. The water samples were analyzed for their content in main elements and trace elements. Using hydrochemical diagrams and calculating ion ratios as well as other parameters, it was found that the waters analyzed are calcium-magnesium with respect to cations and of mixed composition with respect to anions mainly carbonate-sulfate-chloride. Utilizing data from on-site water temperature measurements combined with calculated water temperatures in depth using selected geothermometers, two-dimensional and three-dimensional maps of the spatial distribution of water temperature were constructed, from which it emerged that the wells that pump the warmest water in the area have been drilled in formations of the Pindos Zone, around the villages of Peri, Platano and Alithini. The wells that pump less warm water have been drilled in formations of the Tripoli Zone and are located around the villages of Apesokari and Plora. It was also observed that the studied boreholes have been drilled near two known faults in the NW-SE and SW-NE direction, respectively.

The above data are the first synthetics that can support the existence of a possible low-enthalpy geothermal reservoir of local interest in the area.

Δομή της Μεταπτυχιακής Διατριβής

Στην Ελλάδα, τα τελευταία χρόνια αν και έχουν γίνει αξιόλογες προσπάθειες για τον εντοπισμό, τη συστηματική καταγραφή και την αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού της λείπουν για την Κρήτη, λείπουν οι αντίστοιχες συστηματικές προσπάθειες παρότι υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξη πιθανών γεωθερμικών ταμιευτήρων τοπικού ενδιαφέροντος σε όλες τις περιοχές (Δυτική, Κεντρική, Ανατολική) της. Η πρόσφατη αλλαγή στην σχετική νομοθεσία επιτρέπει και σε ερευνητικά Ιδρύματα την ενασχόληση με τα κρίσιμα αυτά θέματα του εντοπισμού και αξιοποίησης εναλλακτικών μορφών ενέργειας, όπως η γεωθερμική.

Στα πλαίσια αυτά πραγματοποιήθηκε η εργασία αυτή που ολοκληρώθηκε με τα στοιχεία που συλλέχτηκαν κατά την διάρκεια δύο δειγματοληψιών σε δύο διαδοχικές περιόδους: υγρής, τον Φεβρουάριο-Μάρτιο 2018 και ξηρής, τον Σεπτέμβριο 2018. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε υδρογεωτρήσεις στην ευρύτερη περιοχή της νότιας Μεσσαράς, γύρω από τους οικισμούς Πλάτανος, Πέρι, Πλώρα, Απεσωκάρι και Αληθινή, σε σύνολο 18 γεωτρήσεων με 13 από αυτές να είναι νέες στη διαδικασία δειγματοληψίας ενώ για τις υπόλοιπες αντλήθηκαν στοιχεία από την θεματική (γεωθερμική) τράπεζα πληροφοριών της Ερευνητικής Μονάδας Γεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Στη μελέτη προστέθηκαν στοιχεία από 17 γεωτρήσεις από έρευνα του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. το 2016. Ποιο αναλυτικά η εργασία αυτή έχει δομηθεί ως ακολούθως:

Στο **πρώτο** κεφάλαιο, γίνεται μία ανασκόπηση της χρήσης της γεωθερμικής ενέργεια τόσο στο παγκόσμιο όσο και στον ελλαδικό χώρο βάση άρθρων που δημοσιεύτηκαν το 2020.

Το **δεύτερο** κεφάλαιο, χωρίζεται σε δύο ενότητες.

Στη **πρώτη ενότητα** γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση της γεωλογίας και στρωματογραφίας της περιοχής, με περιγραφές των τομών και χαρτών που υπάρχουν καθώς και χρήση συμπερασμάτων από προηγούμενες διπλωματικές εργασίες-διατριβές. Επιπλέον παρατίθενται στρωματογραφικές τομές μερικών γεωτρήσεων που μελετούνται.

Στη **δεύτερη ενότητα** παρατίθενται τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την πορεία της εργασίας. Αναλυτικότερα:

Οι επιτόπιες μετρήσεις στην ύπαιθρο όπου πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία και οι εργαστηριακές αναλύσεις με αναλυτικούς πίνακες αποτελεσμάτων. Έγινε χρήση του λογισμικού AquaChem, για δημιουργία διαγραμμάτων Piper, Schoeller, διαγράμματα που περιγράφουν τη χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης των κύριων στοιχείων και διαγράμματα διασποράς και Ludwig Langelier. Γίνεται σχολιασμός του συντελεστή Revelle, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και τριών ιοντικών λόγων που αφορούν την διείδυση του θαλασσινού νερού.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** σχολιάζεται ξεχωριστά η κάθε γεώτρηση με τα αποτελέσματα των αναλύσεων ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της.

Στο **τέταρτο** κεφάλαιο, γίνεται προσπάθεια δημιουργίας δισδιάστατων και τρισδιάστατων χαρτών, με τη βοήθεια του λογισμικού RockWorks 2017, για τη θερμοκρασία στο κολάρο των γεωτρήσεων και τη θερμοκρασία του ταμιευτήρα, η οποία είναι αποτέλεσμα τεσσάρων γεωθερμομέτρων.

Το **πέμπτο** κεφάλαιο, αποτελεί το κεφάλαιο με τα συμπεράσματα και τη συζήτηση για την περιοχή μελέτης.

Τέλος, ακολουθεί το Παράρτημα 1 & 2 με τα σημαντικότερα σημεία του νέου Νόμου 4602 του 2020 που αφορούν την παρούσα εργασία και τα βήματα για χρήση του λογισμικού Rockworks 2017, αντίστοιχα.

Κεφάλαιο 1: Εξελίξεις στη Γεωθερμική Ενέργεια

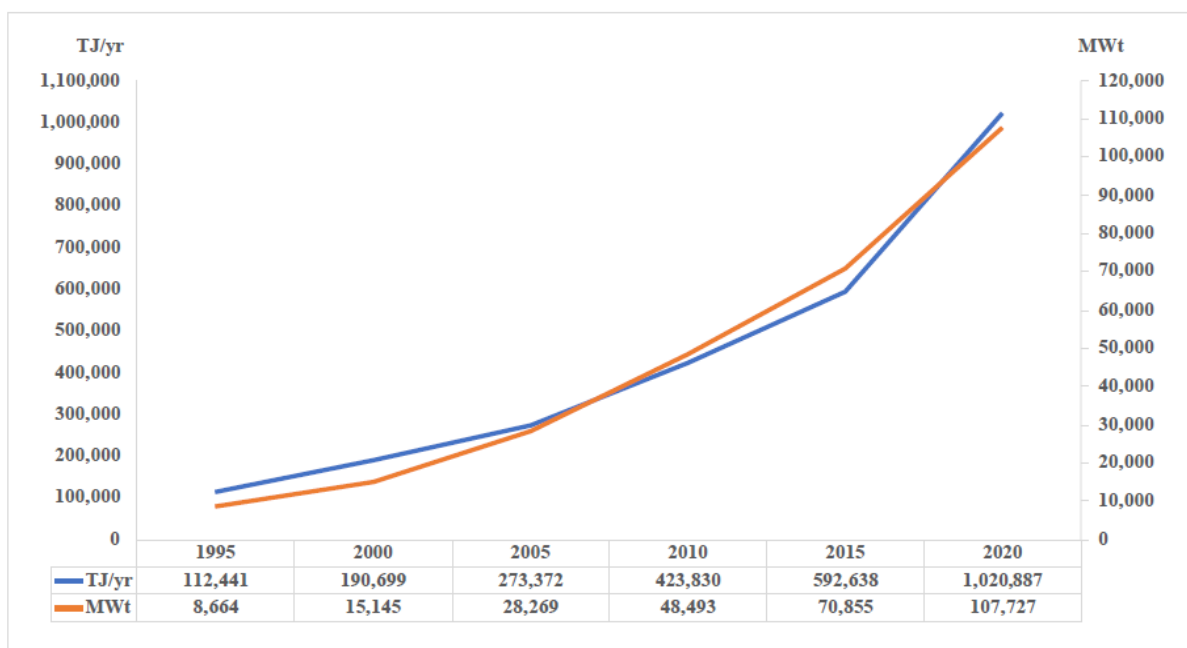
1.1 Ανασκόπηση της χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο

Η άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας είναι μια από τις παλαιότερες, πιο εύελικτες και πιο κοινές μορφές αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας. Η πρώιμη ιστορία της άμεσης χρήσης της γεωθερμίας καταγράφηκε για περισσότερες από 25 χώρες, στο βιβλίο *Stories from a Heated Earth – Our Geothermal Heritage*, όπου τεκμηριώνεται η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για πάνω από 2.000 χρόνια. Στα πλαίσια της έρευνας που πραγματοποιήθηκε από τους Lund και Toth (2020), συλλέχτηκαν στοιχεία από 113 χώρες και περιοχές, από τις οποίες, οι 62 ανέφεραν ότι κάνουν χρήση της γεωθερμίας, ενώ οι 26 χώρες προστέθηκαν από άλλες πηγές, όπως είναι τα πρακτικά Διεθνών Συνεδρίων σχετικά με τη Γεωθερμία και προσωπικές επικοινωνίες των συγγραφέων. Οι χώρες που αξιοποιούν τη γεωθερμική ενέργεια αυξήθηκαν κατά 6 και ανέρχονται πλέον στις 88 σε σχέση με το 2015. Ο Πίνακας 1.1 συνοψίζει ανά περιοχή και ήπειρο την εγκατεστημένη θερμική ισχύ (MWt), την ετήσια χρήση ενέργειας (TJ/έτος και GWh/έτος) και τους συντελεστές δυναμικότητας έως το 2019. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς, όπως καταγράφηκε στο τέλος του 2019 για την άμεση χρήση γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως ισούταν με 107.727 MWt, με αύξηση 52,0% σε σχέση με το 2015. Η συνολική ετήσια χρήση ενέργειας είναι 1.020.887 TJ (283.580 GWh), αύξηση 72,3% σε σχέση με το 2015 και ετήσιο σύνθετο ρυθμό ανάπτυξης 11,5%. Ο παγκόσμιος συντελεστής δυναμικότητας είναι 0,300 (ισοδύναμο με 2628 ώρες πλήρους ωραρίου λειτουργίας ετησίως), με αύξηση από 0,265 του 2015 και 0,28 του 2010, αλλά μείωση σε σύγκριση με 0,31 του 2005 και 0,40 του 2000. Ο πρόσφατος υψηλότερος συντελεστής δυναμικότητας και ο ρυθμός αύξησης για την ετήσια χρήση ενέργειας οφείλεται στην αύξηση των εγκαταστάσεων με γεωθερμικές

αντλίες θερμότητας παρόλο που έχουν χαμηλό συντελεστή δυναμικότητας 0,245, παγκοσμίως. Ο ρυθμός ανάπτυξης της εγκατεστημένης ισχύος και της ετήσιας χρήσης ενέργειας τα τελευταία 30 χρόνια συνοψίζεται στην Εικόνα 1.1. Η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση και δημοτικότητα των γεωθερμικών (εδαφικής πηγής) αντλιών θερμότητας είχαν το πιο σημαντικό αντίκτυπο στην άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας που αναφέρθηκε σε 58 χώρες ή περιοχές, από 48 που αναφέρθηκαν το 2015. Η ετήσια εγκατεστημένη ισχύς αυξήθηκε 1,54 φορές με σύνθετο ρυθμό 9,06%. Η ετήσια χρήση ενέργειας αυτών των μονάδων αυξήθηκε 1,84 φορές με σύνθετο ρυθμό 12,92% σε σύγκριση με το 2015. Οι πέντε κορυφαίες χώρες στη χρήση γεωθερμικών αντλιών θερμότητας και σε συνδυασμό με την εγκατεστημένη ισχύ (MWt) και την ετήσια χρήση ενέργειας (TJ / y) είναι: η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Σουηδία, η Γερμανία, η Φινλανδία, (βλέπε Πίνακα 7). Οι πέντε χώρες με τη μεγαλύτερη εγκατεστημένη ισχύ για άμεση χρήση (με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας) (MWt) είναι: η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Σουηδία, η Γερμανία και Τουρκία, αντιπροσωπεύοντας το 71,1% της παγκόσμιας ισχύος και οι πέντε χώρες με τη μεγαλύτερη ετήσια χρήση ενέργειας με γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (TJ / έτος) είναι: η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Σουηδία, η Τουρκία και η Ιαπωνία, αντιπροσωπεύοντας το 73,4% της παγκόσμιας χρήσης (Lund και Toth, 2020).

Πίνακας 1.1: Σύνοψη των παγκόσμιων δεδομένων για απευθείας χρήση της γεωθερμικής ενέργειας, 2019 (Lund και Toth, 2020).

Περιοχή/ Ήπειρος) (χώρες/περιοχές)	MWt	TJ/έτος	GWt/ έτος	Συντελεστής δυναμικότητας
Αφρική (11)	198	3,730	1,036	0,597
Αμερική (17)	23,330	180,414	50,115	0,245
Κεντρική Αμερική και Καραϊβική (5)	9	195	54	0,687
Βόρεια Αμερική (4)	22,700	717510	47,642	0,24
Νότια Αμερική (8)	621	8,709	2,419	0,445
Ασία (18)	49,079	545,019	151,394	0,352
Κοινοπολιτεία Ανεξάρτητων Κρατών (5)	2,121	15,907	1,419	0,238
Ευρώπη (34)	32,386	264,843	73,568	0,259
Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη (17)	3,439	28,098	7,805	0,259
Ανατολική και Βόρεια Ευρώπη(17)	28,947	236,745	65,762	0,,259
Ωκεανία (3)	613	10,974	3,048	0,568
Συνολικά (88)	107,727	1,020,887	283,580	0,300



Εικόνα 1.1: Η εγκατεστημένη ισχύς για άμεση χρήση γεωθερμικής ενέργειας και η ετήσια χρήση για 1995-2020 (Lund και Toth, 2020).

1.2 Άμεσες χρήσεις της γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως

1.2.1 Γεωθερμικές αντλίες θερμότητας

Οι γεωθερμικές αντλίες θερμότητας (εδάφους) έχουν τη μεγαλύτερη χρήση γεωθερμικής ενέργειας παγκοσμίως, αντιπροσωπεύοντας το 71,6% της εγκατεστημένης ισχύος και το 59,2% της ετήσιας χρήσης ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 77.547 MWt και η κατανάλωση ενέργειας είναι 599.981 TJ / έτος, με συντελεστή δυναμικότητας 0,245 στη λειτουργία θέρμανσης. Αν και οι περισσότερες εγκαταστάσεις βρίσκονται στη Βόρεια Αμερική, την Ευρώπη και την Κίνα, ο αριθμός των χωρών με εγκαταστάσεις αυξήθηκαν από 26 το 2000, σε 33 το 2005, σε 43 το 2010, σε 48 το 2015 και σε 54 το 2020. Ο ισοδύναμος αριθμός εγκατεστημένων μονάδων των 12 kW (τυπικές κατοικίες ΗΠΑ και Δυτικής Ευρώπης) είναι περίπου 6,46 εκατομμύρια. Αυτή είναι μια αύξηση της τάξης του 54% σε σχέση με τον αριθμό των εγκατεστημένων μονάδων που αναφέρθηκαν το 2015 και υπερδιπλάσιος του αριθμού μονάδων που αναφέρθηκαν το 2010. Ωστόσο, το μέγεθος των μεμονωμένων μονάδων,

κυμαίνεται από 5,5 kW για οικιακή χρήση έως μεγάλες μονάδες άνω των 150 kW για εμπορικές και βιομηχανικές εγκαταστάσεις.

Οι κορυφαίες χώρες σε εγκατεστημένες μονάδες (MWt) είναι: η Κίνα, οι ΗΠΑ, η Σουηδία, η Γερμανία και η Φινλανδία που αντιπροσωπεύουν το 77,4% αυτών των μονάδων και οι κορυφαίοι στην παραγωγή ενέργειας (TJ / έτος) είναι επίσης: η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Σουηδία, η Γερμανία και η Φινλανδία που αντιπροσωπεύουν το 83,5% της παραγωγής (βλ. Πίνακα 7) (Lund και Toth, 2020).

1.2.2 Θέρμανση, ψύξη και κλιματισμός χώρων

Η θέρμανση χώρων, συμπεριλαμβανομένης της οικιακής θέρμανσης χώρων και της τηλεθέρμανσης, αυξήθηκε κατά 68,0% σε εγκατεστημένη ισχύ και 83,8% σε ετήσια χρήση ενέργειας σε σχέση με το 2015. Η εγκατεστημένη ισχύς ανέρχεται πλέον σε 12.768 MWt και η ετήσια χρήση ενέργειας είναι 162.979 TJ / έτος. Συγκριτικά, το 91% της εγκατεστημένης ισχύος και το 91% της ετήσιας χρήσης ενέργειας αξιοποιείται για τηλεθέρμανση (29 χώρες). Οι κυρίαρχες χώρες στην τηλεθέρμανση από άποψη τόσο της ισχύος όσο και της ετήσιας χρήσης ενέργειας είναι η Κίνα, η Ισλανδία, η Τουρκία, η Γαλλία και η Γερμανία, ενώ στην οικιακή θέρμανση χώρων σε εγκατεστημένη ισχύ (MWt), οι κυρίαρχες χώρες είναι η Τουρκία, η Ρωσία, η Ιαπωνία, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Ουγγαρία. Στην ετήσια χρήση ενέργειας (TJ / έτος), οι κυρίαρχες χώρες είναι η Τουρκία, η Ιαπωνία, η Ρωσία, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Ελβετία, σε σύνολο 29 χωρών. Αυτές οι πέντε χώρες αντιπροσωπεύουν το περίπου 90% της συνολικής χρήσης τηλεθέρμανσης του πλανήτη και περίπου το 75% της ατομικής θέρμανσης χώρου στον κόσμο (Lund και Toth, 2020).

1.2.3 Θερμοκήπια και γεωργία

Η παγκόσμια χρήση γεωθερμικής ενέργειας για θερμοκήπια και επικαλυπτόμενη θέρμανση εδάφους για καλλιέργειες αυξήθηκε κατά 24% σε εγκατεστημένη ισχύ και 23% σε ετήσια χρήση ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 2.459 MWt και

35.826 TJ / έτος. Συνολικά 32 χώρες αναφέρουν γεωθερμική θέρμανση θερμοκηπίου (σε σύγκριση με 31 από το WGC2015), με τις κορυφαίες χώρες στην ετήσια χρήση ενέργειας (TJ / έτος) να είναι η Τουρκία, η Κίνα, η Ολλανδία, η Ρωσία και η Ουγγαρία, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 83% του παγκόσμιου συνόλου (Lund και Toth, 2020).

1.2.4 Θέρμανση Υδατοκαλλιέργειών

Η χρήση της γεωθερμικής ενέργειας στις υδατοκαλλιέργειες έχει αυξηθεί σε σχέση με το 2015, σε ποσοστό 36,5% στην εγκατεστημένη ισχύ και 13,5% στην ετήσια χρήση ενέργειας. Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 950 MWt και η κατανάλωση ενέργειας 13.573 TJ / έτος. Είκοσι μία χώρες ανέφεραν αυτόν τον τύπο χρήσης, οι κυρίαρχες χώρες από την άποψη της ετήσιας χρήσης ενέργειας είναι η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες, η Ισλανδία, η Ιταλία και το Ισραήλ, οι ίδιες με το 2015, αντιπροσωπεύοντας το 92% της ετήσιας χρήσης. Τα πιο συνηθισμένα εκτρεφόμενα είδη είναι το τιλάπι (είδος Κιχλίδων), ο σολομός, το λαβράκι και η πέστροφα, αλλά υπάρχει εκτροφή και τροπικών ειδών, όπως, αστακοί, γαρίδες, καραβίδες, καθώς και αλιγάτορες.

Σύμφωνα με μελέτες στις Ηνωμένες Πολιτείες, εκτιμάται ότι απαιτούνται 0,242 TJ / έτος σε ακάλυπτες λίμνες για εκτροφή ενός τόνου ψαριού (λαβράκια και τιλάπια). Έτσι, η αναφερόμενη χρήση ενέργειας των 13.573 TJ / έτος, αντιπροσωπεύει το εκτιμώμενο ισοδύναμο των 56.087 τόνων σε ετήσια παραγωγή, που αντιστοιχεί σε αύξηση 13,5% σε σχέση με το 2015. Πρέπει να σημειωθεί ότι εάν τα ψάρια εκτρεφόντουσαν σε καλυμμένες λίμνες, π.χ. τύπου θερμοκηπίου, οι ενεργειακές απαιτήσεις θα ήταν περίπου οι μισές. Ωστόσο, είναι γνωστό ότι χρησιμοποιούνται λίγες καλυμμένες λίμνες (Lund και Toth, 2020).

1.2.5 Ξήρανση αγροτικών προϊόντων

Σε δεκαπέντε χώρες αναφέρεται η χρήση γεωθερμικής ενέργειας για την ξήρανση διάφορων δημητριακών, λαχανικών και οπωροκηπευτικών, ίδιος αριθμός όπως στο 2015. Παραδείγματα περιλαμβάνουν: φύκια (Ισλανδία), κρεμμύδια (ΗΠΑ),

σιτάρι και δημητριακά (Σερβία), φρούτα (Ελ Σαλβαδόρ, Γουατεμάλα και Μεξικό), λουκέρνη ή αλεύρι αλφάλφα (Νέα Ζηλανδία), ψίχα καρύδας (Φιλιππίνες) και ξυλεία (Μεξικό, Νέα Ζηλανδία και Ρουμανία). Οι μεγαλύτεροι χρήστες είναι η Κίνα, η Γαλλία, η Ουγγαρία, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Ιαπωνία, που αντιπροσωπεύουν το 94% της παγκόσμιας χρήσης. Χρησιμοποιούνται συνολικά 257 MWt και 3.529 TJ / έτος, με αύξηση 59,6% και 73,8% αντίστοιχα σε σύγκριση με το WGC2015 (Lund και Toth, 2020).

1.2.6 Βιομηχανικές χρήσεις

Αυτή είναι μια κατηγορία με εφαρμογές σε 14 χώρες, μία λιγότερη από ό, τι το 2015. Αυτές οι εγκαταστάσεις συχνά λειτουργούν όλο το χρόνο και τείνουν να είναι μεγάλες έχοντας υψηλή κατανάλωση ενέργειας. Παραδείγματα περιλαμβάνουν: τη σκλήρυνση σκυροδέματος (Γουατεμάλα και Σλοβενία), την εμφιάλωση νερού και ανθρακούχων ποτών (Βουλγαρία, Σερβία και Ηνωμένες Πολιτείες), την παστερίωση γάλακτος (Ρουμανία και Νέα Ζηλανδία), τη βιομηχανία δέρματος (Σερβία και Σλοβενία), χημική εκχύλιση διαχωρισμού (Βουλγαρία, Πολωνία και Ρωσία), την εκχύλιση για το διαχωρισμό του CO₂ (Ισλανδία και Τουρκία), την επεξεργασία χαρτοπολτού και χαρτιού (Νέα Ζηλανδία), εκχύλιση για το διαχωρισμό του ιωδίου και του αλατιού (Βιετνάμ) και την παραγωγή βορικού και βορικού οξέος (Ιταλία). Η εγκατεστημένη ισχύς είναι 852 MWt και η χρήση ενέργειας είναι 16.390 TJ / έτος, με αύξηση 38,8% και 56,8% αντίστοιχα, σε σύγκριση με το 2015. Οι κυρίαρχες χώρες στη χρήση ενέργειας (TJ / t_{ην}) είναι: η Κίνα, η Νέα Ζηλανδία, η Ισλανδία, η Ρωσία και η Ουγγαρία, αντιπροσωπεύοντας το 98% της χρήσης (Lund και Toth, 2020).

1.2.7 Λουτροθεραπεία και κολύμπι

Αυτά είναι τα πιο δύσκολα δεδομένα για συλλογή και ποσοτικοποίηση. Σχεδόν κάθε χώρα (53 από 88) διαθέτει spa και θέρετρα με πισίνες που θερμαίνονται από γεωθερμικό νερό, συμπεριλαμβανομένης της λουτροθεραπείας, της θεραπείας ασθενειών με νερό, αλλά πολλοί δεν ελέγχουν ποτέ τη ροή του νερού, ακόμη και

τη νύχτα όταν η πισίνα είναι κλειστή. Ορισμένες χώρες δεν παρακολουθούν τη χρήση των πισινών. Ως αποτέλεσμα, οι πραγματικοί αριθμοί χρήσης και ισχύος μπορεί να είναι μειωμένοι έως και 20%. Όπου δεν αναφέρθηκε πτώση ροής ή θερμοκρασίας, θεωρήθηκε ότι η ισχύς και η χρήση ενέργειας είναι της τάξεως των 0,35 MWt και 7,0 TJ / έτος. Σε άλλες περιπτώσεις, θεωρήθηκε ότι οι μεταβολές στην ογκομετρική ροή και στη θερμοκρασία είναι της τάξης των 5 L/s και 10°C, αντίστοιχα, για τον υπολογισμό της εγκατεστημένης ισχύος των 0,21 MWt και αλλαγές 3 L/s και 10°C για την ετήσια χρήση 4,0 TJ / έτος σύμφωνα με την επικοινωνία με τους συγγραφείς των μελετών από διάφορες χώρες. Δεν περιλαμβάνονται αναξιοποίητες φυσικές θερμές πηγές.

Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 12.253 MWt και η χρήση ενέργειας είναι 184.070 TJ / έτος, αυξημένες κατά 35,1% και 53,9% αντίστοιχα σε σχέση με το 2015 (Lund και Toth, 2020).

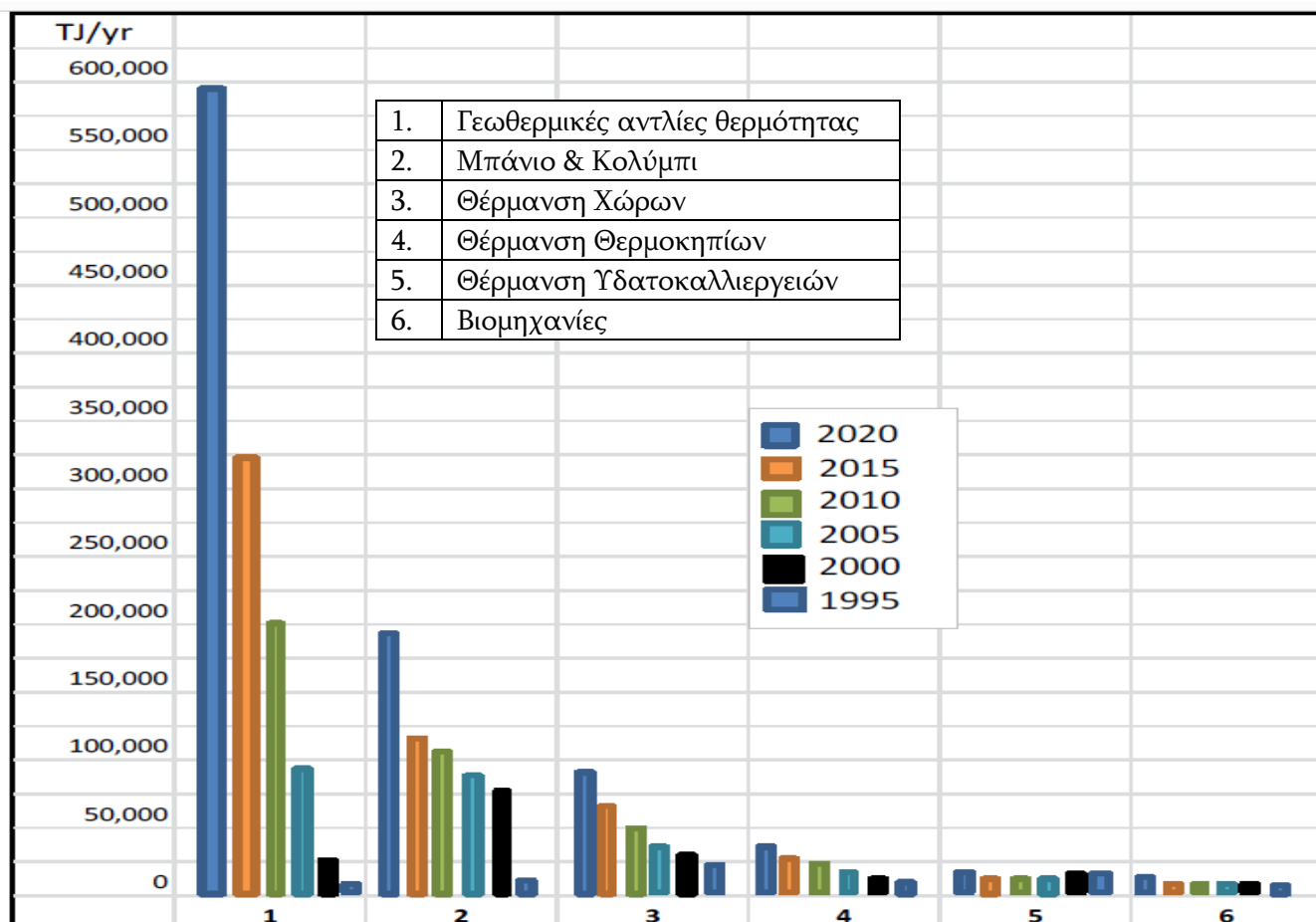
1.2.8 Αποπάγωση πεζοδρομίων

Οι πολύ λίγες εφαρμογές σε αυτόν τον τομέα αποτελούνται κυρίως από έργα για την αποπάγωση πεζοδρομίων. Τέτοιες εγκαταστάσεις λειτουργούν σε δρόμους και πεζοδρόμια στην Ισλανδία, την Ιαπωνία, την Αργεντινή, τις Ηνωμένες Πολιτείες και τη Σλοβενία, και σε περιορισμένο βαθμό στην Πολωνία και τη Νορβηγία. Υπολογίζεται ότι παγκοσμίως θερμαίνονται 2,5 εκατομμύρια τετραγωνικά μέτρα πεζοδρομίου, η πλειοψηφία τους στην Ισλανδία (74%). Οι αντλίες θερμότητας που λειτουργούν για ψύξη δεν συμπεριλαμβάνονται, καθώς επιστρέφουν θερμότητα μόνο στο υπέδαφος, και επομένως δεν χρησιμοποιούν γεωθερμική ενέργεια. Το σύνολο και για τις δύο χρήσεις είναι: 434,9 MWt και 2.589,1 TJ / έτος (Lund και Toth, 2020).

1.2.9 Άλλες χρήσεις

Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει 106 MWt και 1.950 TJ / έτος, με 34,2 και 35,4% αύξηση σε σχέση με το 2015. Αυτές οι τιμές αναφέρονται σε 14 χώρες, και αφορούν στη χρήση στην κτηνοτροφία, στην καλλιέργεια σπιρουλίνας, στην

αφαλάτωση και στην αποστείρωση φιαλών. Η μεγαλύτερη χρήση γεωθερμικής ενέργειας γίνεται στη Νέα Ζηλανδία, όπου την χρησιμοποιεί για άρδευση, την προστασία από τον παγετό καθώς και ένα τουριστικό πάρκο, και ακολουθείται από την Ιαπωνία (μαγείρεμα) και την Κένυα (βραστό νερό).



Εικόνα 1.2: Σύγκριση των παγκόσμιων άμεσων χρήσεων της γεωθερμικής ενέργειας σε TJ/έτος για 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 και 2020, (Lund και Toth, 2020).

1.3 Ανασκόπηση της χρήσης της γεωθερμικής ενέργειας στον Ελλαδικό χώρο

Στην Ελλάδα, η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται κυρίως για λουτροθεραπεία και θέρμανση θερμοκηπίων, ενώ η χρήση της για θέρμανση εδαφών, υδατοκαλλιεργείες και θέρμανση χώρων εξακολουθεί να είναι αρκετά περιορισμένη. Η εκμετάλλευση των ιαματικών νερών για τις θεραπευτικές τους ιδιότητες αποτελεί την παλαιότερη και πιο κοινή χρήση της γεωθερμίας στην

Ελλάδα. Περισσότερα από 750 ιαματικές και μεταλλικές πηγές έχουν καταγραφεί σε ολόκληρη τη χώρα, εκ των οποίων οι μισές ταξινομούνται ως «θεραπευτικές». Το γεωθερμικό νερό χρησιμοποιείται σε σχεδόν 70 κέντρα ευεξίας και κολύμβησης, καθώς και σε περισσότερες από 25 πισίνες σε εξωτερικούς χώρους. Τα περισσότερα από τα 18 γεωθερμικά θερμοκήπια της Ελλάδας βρίσκονται στη Μακεδονία και τη Θράκη. Η συνολική επιφάνεια των θερμοκηπίων έχει αυξηθεί από το 2015, φτάνοντας τα 40 εκτάρια το 2019. Τα περισσότερα θερμοκήπια είναι υαλόφρακτα και παράγουν διάφορα είδη λαχανικών (ντομάτες, αγγούρια κ.λπ.) και λουλούδια, κυρίως για την εγχώρια αγορά. Η μεγαλύτερη και πολλά υποσχόμενη γεωθερμική επένδυση που πραγματοποιήθηκε ποτέ στην Ελλάδα κατασκευάστηκε το 2014. Αποτελείται από ένα γεωθερμικό θερμοκήπιο τύπου Multi-Span για την υδροπονική καλλιέργεια ντοματών και αγγουριών. Η μονάδα επεκτάθηκε σταδιακά από 10 στρέμματα το 2015 σε 45 στρέμματα το 2019 και θα φτάσει τα 49 στρέμματα το 2020. Την ίδια χρονιά, το πρώτο γεωθερμικό θερμοκήπιο (8 στρέμματα) κατασκευάστηκε για αναπαραγωγή και παραγωγή �ιζωμένων μοσχευμάτων και καλλωπιστικών φυτών. Η χρήση γεωθερμικών ρευστών χαμηλής θερμοκρασίας για εξωτερική θέρμανση εδαφών ξεκίνησε το 1998 ενώ άλλη μια παρόμοια κατασκευή έγινε το 2005. Και στις δύο φυτείες παραγωγής πρώιμων λευκών και πράσινων σπαραγγιών και περιστασιακά, άλλων λαχανικών όπως μαρουλιών και καρπουζιών. Η καλλιέργεια σπιρουλίνας με γεωθερμικό νερό έχει ξεκινήσει στην Ελλάδα από τα τέλη της δεκαετίας του 1990. Τρεις εταιρείες δραστηριοποιούνται σε αυτόν τον τομέα, με συνολική επιφάνεια δεξαμενών 2 στρεμμάτων. Η μοναδική μονάδα αφυδάτωσης-ξήρανσης αγροτικών προϊόντων ξεκίνησε το 2001. Έχουν παραχθεί περισσότεροι από 300 τόνοι αποξηραμένων ντοματών και τα τελευταία χρόνια, αποξηραίνονται ολοένα και αυξανόμενες ποσότητες ελιών, και άλλων λαχανικών (π.χ. σπαράγγια, πιπεριές και μελιτζάνες) και φρούτα (π.χ. μήλα, λεμόνια, πεπόνια). Η μονάδα λειτουργεί συνήθως κάθε χρόνο για ξήρανση τομάτας κατά την περίοδο Ιούνιος-

Σεπτέμβριος (και καθ όλη τη διάρκεια του έτους όταν απαιτείται). Η χρήση γεωθερμικής ενέργειας για θέρμανση χώρων είναι πολύ περιορισμένη. Τα τελευταία χρόνια στη βόρεια Ελλάδα χρησιμοποιούνται γεωθερμικά ρευστά χαμηλής θερμοκρασίας για τη θέρμανση, ενός μικρού σχολικού κτιρίου, δύο κέντρων ευεξίας, γραφείων συνολικής επιφάνειας 2000 m², εγκαταστάσεων επεξεργασίας σε θερμοκήπιο καθώς και μερικών σπιτιών. Το εμπόριο γεωθερμικών αντλιών θερμότητας εδάφους (ΓΑΘ), παραμένει το μεγαλύτερο τμήμα του γεωθερμικού τομέα όσον αφορά στην εγκατεστημένη ισχύ και στην παραγωγή ενέργειας. Το πρώτο καταγεγραμμένο σύστημα ΓΑΘ εγκαταστάθηκε στην Ελλάδα στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Ωστόσο, έχει σημειωθεί σημαντική ανάπτυξη του εμπορίου ΓΑΘ μετά τα μέσα της δεκαετίας του 2000. Υπάρχει μια ισχυρή τάση χρήσης των ΓΑΘ σε μεγάλα κτίρια (π.χ. ξενοδοχεία, νοσοκομεία, σχολεία, πανεπιστημιακά κτίρια και αερολιμένες και λιμενικές εγκαταστάσεις). Εκτιμάται ότι έχουν εγκατασταθεί περισσότερα από 3500 λειτουργικά συστήματα ΓΑΘ μέχρι τις αρχές του 2019. Τα περισσότερα από τα συστήματα έχουν εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη από 100 kW (μέσος όρος 30 kW), με περίπου 200 από αυτά τα συστήματα άνω των 100 kW (μέσος όρος 350 kW).

Οι ΓΑΘ χρησιμοποιούνται συνήθως στην Ελλάδα τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη χώρων, καθώς και για θέρμανση οικιακών κτηρίων. Το 2016 ολοκληρώθηκε κοντά στην Αθήνα ένα δίκτυο μήκους 2500 μέτρων για τη θέρμανση και ψύξη εννέα δημόσιων κτιρίων που χρησιμοποιούν ΓΑΘ ισχύος 1350 kWt. Το 2014 εγκαταστάθηκε στο κέντρο του Καρπενησίου ένα αντιπαγετικό σύστημα με γεωθερμική ενέργεια μήκους δικτύου 1,2 χλμ, για να αποφευχθεί το πάγωμα των πεζόδρομων. Το πρώτο οινοποιείο στην Ελλάδα που χρησιμοποίησε γεωθερμική ενέργεια είναι το "Κτήμα Μπριντζίκη", που βρίσκεται στη ΒΔ Πελοπόννησο, κοντά στην αρχαία Ολυμπία. Οι απαιτήσεις για θέρμανση, ψύξη και κλιματισμό των εγκαταστάσεων, καλύπτονται από ένα σύστημα ΓΑΘ κλειστού βρόγχου. Το σύστημα θέρμανσης/ψύξης ΓΑΘ του

βιοκλιματικού κτηρίου CRES ανακαινίστηκε και αποτελείται από ένα εναλλάκτη διπλού ανοιχτού βρόγχου με πλάκα από τιτάνιο. Το ΓΑΘ παρέχει θέρμανση και ψύξη στο κτήριο μέσω αερόθερμων. Συνοψίζοντας, υπάρχουν 25 τοποθεσίες που χρησιμοποιούν γεωθερμική ενέργεια για άμεση θέρμανση, η πλειονότητα των οποίων είναι για θέρμανση θερμοκηπίων. Η άλλη σημαντική χρήση είναι για λουτροθεραπεία και κολύμπι, με 70 ιαματικά λουτρά και κέντρα κολύμβησης και 25 ανοιχτές πισίνες, οι περισσότερες από τις οποίες λειτουργούν από τον Ιούνιο έως τον Οκτώβριο. Οι ειδικές άμεσες χρήσεις κατανέμονται ως εξής: 1,65 MWt και 17,83 TJ/έτος για θέρμανση χώρων 38 MWt και 407 TJ/έτος για θέρμανση θερμοκηπίων, 0,24 MWt και 4,75 TJ/έτος για ξήρανση αγροτικών προϊόντων, 43 MWt και 260 TJ/έτος για λουτροθεραπεία και κολύμπι, 1,56 MWt και 17,94 TJ/έτος για άλλες χρήσεις, και 175 MWt και 1.380 TJ/έτος για γεωθερμικές αντλίες θερμότητας, συνολικά 259,45 MWt και 2087,52 TJ/έτος (Papachristou, et al., 2020).

1.4 Η γεωθερμία και ο ρόλος της στην ενεργειακή μετάβαση της χώρας

Η τρέχουσα εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα παραμένει πολύ χαμηλότερη από τους άλλους διαθέσιμους προς εκμετάλλευση πόρους της. Αυτό είναι ένα γνωστό γεγονός για πολλές χώρες, ωστόσο, έχει ιδιαίτερη σημασία όταν, παρά την επείγουσα ανάγκη να μειωθεί η ενεργειακή εξάρτηση για εισαγωγές ορυκτών καυσίμων, η Ελλάδα συνεχίζει να εισάγει πετρέλαιο προκειμένου να παρέχει ισχύ σε νησιά, όπως η Μήλος και η Νίσυρος, αντί να χρησιμοποιεί το σημαντικότερο υψηλής ενθαλπίας δυναμικό τους. Η πολύ μεγάλη περίοδος στασιμότητας και η απόλυτη απουσία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από τη γεωθερμία στην Ελλάδα είναι αποτέλεσμα τεσσάρων κύριων παραγόντων, που σχετίζονται όχι μόνο με παρελθούσες αποτυχίες αλλά και λόγω παρανοήσεων, μύθων και συνεχών καθυστερήσεων:

- i. η πολύ αρνητική αντίληψη του κοινού για τη παραγωγή ενέργειας με γεωθερμία στις πιο ευνοημένες γεωθερμικές περιοχές της χώρας (π.χ. ηφαιστειακά νησιά της Μήλου και Νίσυρος),
- ii. η αποτυχία των εμπλεκόμενων φορέων να ξεπεράσουν γραφειοκρατικά, τεχνικά και κοινωνικά εμπόδια,
- iii. ο υψηλός επενδυτικός κίνδυνος της χώρας από την αρχή της χρηματοπιστωτικής κρίσης το 2009, και
- iv. ο δισταγμός, αν όχι η απροθυμία, των υπευθύνων για λήψεις πολιτικών αποφάσεων ώστε να προχωρήσουν γρηγορότερα και αποτελεσματικά στην ανάπτυξη των επιβεβαιωμένων ή πιθανών πόρων υψηλής θερμοκρασίας.

Σε αντίθεση με την παραγωγή ενέργειας, η αγορά για την άμεση θέρμανση έχει δείξει θετικές τάσεις. Κατά την τελευταία πενταετία πραγματοποιήθηκαν νέες σημαντικές επενδύσεις στον τομέα της θέρμανσης με γεωθερμικά ρευστά, κυρίως για γεωργικές χρήσεις (θέρμανση θερμοκηπίων). Η επιτυχημένη λειτουργία των νέων γεωθερμικών θερμοκηπίων στη βόρεια Ελλάδα αποδεικνύει ότι η γεωθερμική ενέργεια είναι μια πολύ ελκυστική επιλογή για ενέργεια χαμηλού κόστους. Το κόστος ενός γεωθερμικού MWh κυμαίνεται από 10 έως 30 €, ανάλογα με τη χρήση ενέργειας και τα χαρακτηριστικά του ταμιευτήρα, ενώ το κόστος επένδυσης ανά MWth κυμαίνεται γενικά από 150000 € έως 300000 €. Για τις κλιματολογικές συνθήκες της Βόρειας Ελλάδας, 1 MWth μπορεί να καλύψει περισσότερο από το 90% των ετήσιων απαιτήσεων θέρμανσης μιας μονάδας θερμοκηπίου 17-24 στρέμματα.

Το συνολικό ποσό που επενδύθηκε στη γεωθερμική ενέργεια (εξαιρούνται οι ΓΑΘ) υπερβαίνει τα 32,4 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ (Πίνακας 1.2). Πιο συγκεκριμένα, 1,596 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ επενδύθηκαν για δραστηριότητες έρευνας και ανάπτυξης, 12,8 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ για την ανάπτυξη των πεδίων και 19,6 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ για χρήση, δείχνοντας αύξηση 73,5% σε σύγκριση με την περίοδο 2010-2014. Όλες οι νέες

επενδύσεις αφορούν γεωθερμικά πεδία στη βόρεια Ελλάδα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς από άμεσες χρήσεις είναι 84,45 MWth (Πίνακας 1.3). Ο ακριβής αριθμός των εγκατεστημένων μονάδων ΓΑΘ δεν είναι γνωστός, αλλά μπορεί λογικά να εκτιμηθεί περίπου στις 3500, με μέσο όρο συντελεστή απόδοσης (COP) στο 4,5 (Πίνακας 1.4). Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς είναι 175MW, που αντιστοιχεί σε 1380 TJ/έτος χρήσης ενέργειας, τόσο για θέρμανση όσο και για ψύξη (Πίνακας 1.4). Η ανάπτυξη της αγοράς για γεωθερμική ενέργεια μπορεί να αποδοθεί στις απλουστευμένες διαδικασίες αδειοδότησης, αλλά κυρίως σε νομοθετικές πρωτοβουλίες και στην εφαρμογή ορισμένων μέτρων και κανονισμών που αποσκοπούν στην πλήρη απεξάρτηση από τον άνθρακα, στον τομέα της θέρμανσης. Όλα τα νέα κτίρια που εξυπηρετούν υπηρεσίες του δημόσιου τομέα πρέπει να καλύπτουν πλήρως την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας μέσω ενέργειας που παρέχεται από ΑΠΕ με μονάδες CHP, τηλεθέρμανση και γεωθερμικές αντλίες. Ο ίδιος κανόνας θα ισχύει και για τον ιδιωτικό τομέα μετά τις 31.12.2019. Επιπλέον, τον Νοέμβριο του 2015, η οδηγία της ΕΕ για την ενεργειακή απόδοση τέθηκε σε ισχύ στην Ελλάδα, με υποχρεωτικούς ελέγχους σε μεγάλες επιχειρήσεις καθώς και για τις ελάχιστες ενεργειακές απαιτήσεις κατά την ανακαίνιση ή την αγορά παλαιών κτιρίων, από τον δημόσιο τομέα (Papachristou, et al., 2020).

Πίνακας 1.2: Συνολικές Επενδύσεις στη Γεωθερμία σε US\$ το 2019 (Papachristou, et al., 2020).

Χρονική περίοδο	Έρευνα και Ανάπτυξη	Ανάπτυξη Πεδίου, συμ/νης της Παραγωγής	Χρήσεις		Τρόπος χρηματοδότησης	
			Άμεση	Ηλεκτρική	Ιδιωτικός	Δημόσιος
	Εκατομμύρια US\$	Εκατομμύρια US\$	Εκατομμύρια US\$	Εκατομμύρια US\$	%	%
1995-1999	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*
2000-2004	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*
2005-2009	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*	δ.υ.*
2010-2014	1.068	0.041	7.49	0	87.1	12.9
2015-2019	1.596	12.8	19.6	0	63	37
*δ.υ.: δεν υπάρχουν στοιχεία						

Πίνακας 1.3: Σύνοψη άμεσων χρήσεων γεωθερμικής ενέργειας έως 31 Δεκεμβρίου 2019 (Papachristou, et al., 2020).

Χρήσεις	Εγκατεστημένη Ισχύς (MWt)	Ετήσια Ενέργεια που χρησιμοποιείται (TJ/έτος = 10^{12} J/έτος)	Συντελεστής δυναμικότητας
Οικιακή Θέρμανση Χώρων	1.65	17.83	0.34
Απευθείας Θέρμανση (Τηλεθέρμανση)			
Ψύξη Χώρων			
Θέρμανση Θερμοκηπίων	38	407	0.34
Εκτροφή Ψαριών			
Εκτροφή Ζώων			
Θέρμανση Υδατοκαλλιεργειών	0.24	4.75	0.62
Βιομηχανικές Διεργασίες			
Μπάνιο & Κολύμπι	43	260	0.70
Άλλες χρήσεις (Θέρμανση εδαφών και Σπιρουλίνα)	1.56	17.94	0.70
Μερικό Σύνολο	84.45	707.52	
ΓΑΘ	175	1380	0.25
Σύνολο	259.45	2087.52	

Πίνακας 1.4: Δεδομένα των γεωθερμικών αντλιών θερμότητας εδάφους (ΓΑΘ) έως 31 Δεκεμβρίου 2019, (Papachristou, et al., 2020).

Τοποθεσία	Θερμοκρασία νερού ή εδάφους (°C)	Τυπική ισχύς αντλίας θερμότητας (kW)	Αριθμός Μονάδων	Τύπος	COP	Ισοδύναμο πλήρους φορτίου θέρμανσης Ht/έτος	Θερμική ενέργεια που χρησιμοποιείται (TJ/ έτος)	Ενέργεια που χρησιμοποιείται για ψύξη (TJ/ έτος)
Σύνολο Ελλάδας	15	175000	3700	V, H, W	4.2	2190	1380	-

Όσον αφορά την εξερεύνηση, τα περισσότερα έργα εστιάζονται σε γεωθερμικά πεδία στη βόρεια Ελλάδα (Μακεδονία και Θράκη) για την περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη γνωστών πόρων χαμηλής ή χαμηλής έως μέσης θερμοκρασίας. Από το 2015, έχουν ανορυχθεί 13 νέες γεωθερμικές γεωτρήσεις (11 για παραγωγή και 2 για έγχυση) με συνολικό βάθος 5638 m (Πίνακας 1.5). Αν και οι Έλληνες γίνονται σταδιακά πιο ευαίσθητοι σε ενεργειακά ζητήματα (κλιματική αλλαγή, εκπομπές αερίων θερμοκηπίου) και περισσότερο εξοικειωμένοι με τη χρήση πράσινων τεχνολογιών, η γεωθερμική ενέργεια παραμένει λιγότερο, αν όχι καθόλου, προωθημένη και ανεπτυγμένη μεταξύ άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, π.χ. την ηλιακή και την αιολική ενέργεια. Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της γεωθερμικής ενέργειας θα πρέπει να

συζητηθούν πιο ανοιχτά και διεξοδικά στο πλαίσιο ενός δημόσιου διαλόγου, ειδικά όταν υπάρχουν διάφορες ανησυχίες και τίγονται ηθικά θέματα. Επομένως, η αναγκαιότητα των ενημερωτικών εκστρατειών, ιδίως μέσω των εθνικών ή περιφερειακών μέσων μαζικής ενημέρωσης, είναι επιτακτική για το μέλλον της γεωθερμικής ενέργειας στην Ελλάδα. Οι τοπικές αρχές έχουν διαδραματίσει πολύ σημαντικό ρόλο, είτε θετικό είτε αρνητικό, σε όλες τις γεωθερμικές περιοχές. Η Βόρεια Ελλάδα έχει προσελκύσει σημαντικές επενδύσεις επειδή τόσο οι τοπικές αρχές όσο και οι κοινότητες θεωρούν τη γεωθερμική ενέργεια ως πηγή με περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως στα γεωθερμικά πεδία Αρίστηνου και Ερατεινού, οι τοπικές αρχές συμμετείχαν ενεργά σε έργα εξερεύνησης και εκμετάλλευσης και λειτουργούν σήμερα ως διαχειριστές του τομέα ή /και ως πάροχος θερμότητας. Τα τελευταία χρόνια, ο ενεργειακός τομέας στην Ελλάδα αναδιαρθρώνεται, θέτοντας τη βάση για να κινηθεί προς ενεργειακά συστήματα με χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα. Για το λόγο αυτό, εφαρμόστηκαν διάφορες μεταρρυθμίσεις, μεταξύ των οποίων, ο νέος αναπτυξιακός νόμος, η δημιουργία Ενεργειακών Κοινοτήτων και ψηφίστηκε το νέο ρυθμιστικό πλαίσιο του Νόμου Υπ' αριθμ. 4602 στις 09 Μαρτίου 2019. Είναι πολύ νωρίς για να προκύψουν συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα της νέας γεωθερμικής νομοθεσίας. Ωστόσο, ήταν ένα απαραίτητο και θετικό βήμα για τη μεταρρύθμιση και εκσυγχρονισμό του σχετικού ρυθμιστικού πλαισίου που θα μπορούσε να διευκολύνει την περαιτέρω είσοδο της γεωθερμικής ενέργειας στο ενεργειακό χάρτη της χώρας. (Papachristou, et al., 2020).

Πίνακας 1.5 : Γεωτρήσεις για ηλεκτρική, άμεση και συνδυαστική χρήση των γεωθερμικών πόρων από 1/1/2015 έως 31/12/2019, δεν συμπεριλαμβάνονται οι ΓΑΘ. (Papachristou, et al., 2020).

Σκοπός	Θερμοκρασία Πηγαδιού	Αριθμός των Γεωτρήσεων				Συνολικό Βάθος (m)
		Ηλεκτρική Ενέργεια	Τηλεθέρμανση	Συνδυασμός	Άλλο	
Εξερεύνηση	(όλες)					
Παραγωγή	>150 °C					
	150-100 °C					
	<100 °C		11			4,672
Έγχυση	(όλες)		2			0,966
Σύνολο			13			5,638

1.5 Το Νέο Ρυθμιστικό Πλαίσιο

Σύμφωνα με το ΥΠΕΝ με το νομοσχέδιο για τη γεωθερμική ενέργεια, το θεσμικό πλαίσιο εκσυγχρονίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις διεθνείς πρακτικές, γίνεται ευέλικτο ώστε να απελευθερώνεται το γεωθερμικό δυναμικό στο τοπικό παραγωγικό δυναμικό και θέτει αυστηρούς κανόνες ώστε να αποτραπούν οι αρνητικές εμπειρίες προηγούμενων ετών και να καλλιεργηθεί κλίμα εμπιστοσύνης με τις τοπικές κοινωνίες για την αξιοποίηση αυτής της μορφής ΑΠΕ.

1.5.1 Στόχος του Νόμου Υπ' αριθμ. 4602 , 09 Μαρτίου 2019 και οι τροποποιήσεις του

Αποσκοπεί στην απλούστευση των διαδικασιών έκδοσης αδειών για την αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων και τη μείωση της γραφειοκρατίας, διασφαλίζοντας παράλληλα με συγκεκριμένους όρους και προϋποθέσεις το δημόσιο συμφέρον και τη βιωσιμότητα του πόρου. Αντί για χρονοβόρες διαδικασίες που απαιτούνταν βάσει του υφιστάμενου θεσμικού πλαισίου (Ν. 3175/2003), με το νέο σχέδιο νόμου η διενέργεια διαγωνισμού θα γίνεται σε ένα μήνα. Η αξιοποίηση θα γίνεται στο πλαίσιο ενός σχεδίου αιφόρου ανάπτυξης της περιοχής, με απώτερο σκοπό την ορθή χρήση του και την προστασία της ανανεωσιμότητας του φυσικού πόρου.

Δίνει έμφαση στην ανάπτυξη των γεωθερμικών πεδίων με θερμοκρασία έως 90°C, αποσκοπώντας στην αξιοποίησή τους για άμεσες χρήσεις. Αυτά τα γεωθερμικά πεδία, μπορούν να καλύψουν μια σειρά από ενεργειακές ανάγκες (π.χ. θέρμανση ιχθυοκαλλιιεργειών, θέρμανση θερμοκηπιακών καλλιιεργειών, ξήρανση αγροτικών προϊόντων, θέρμανση και ψύξη κατοικιών, αφαλάτωση νερού, θέρμανση κολυμβητηρίων, λειτουργία λουτροθεραπευτικών εγκαταστάσεων) και να παίξουν καθοριστικό ρόλο στην ενεργειακή αυτονομία των περιοχών.

Οι βασικοί άξονες του νέου νομοσχεδίου είναι οι εξής:

1. Απλουστεύεται η κατηγοριοποίηση των γεωθερμικών πεδίων. Πιο συγκεκριμένα, τα γεωθερμικά πεδία θα διακρίνονται σε τοπικού (θερμοκρασία ρευστού 30-90°C) και εθνικού ενδιαφέροντος (θερμοκρασία ρευστού άνω των 90°C). Επιπρόσθετα, οι ευρύτεροι χώροι μέσα στους οποίους υπάρχουν ενδείξεις παρουσίας γεωθερμικού δυναμικού και δεν έχουν ακόμη χαρακτηριστεί με Φ.Ε.Κ., ονομάζονται περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος.
2. Αυξάνεται η ελάχιστη θερμοκρασία καθορισμού γεωθερμικού δυναμικού κατά 5°C, δηλαδή από τους 25°C, αναπροσαρμόζεται στους 30°C, παρέχοντας τη δυνατότητα αξιοποίησης αρκετών αγροτικών γεωτρήσεων για άρδευση. Επιπλέον, θεσμοθετείται η σύσταση Επιτροπών Αντιμετώπισης Προβλημάτων, με σκοπό την εξέταση σχετικών προκλήσεων.
3. Ως φορέας διαχείρισης των τοπικών γεωθερμικών πεδίων (θερμοκρασία ρευστού 30-90°C) ορίζεται η οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση, αναλαμβάνοντας ρυθμιστικό και συντονιστικό ρόλο σε ότι αφορά τη διενέργεια της διαγωνιστικής διαδικασίας για την παραχώρηση δικαιώματος μίσθωσης στους ενδιαφερόμενους.

4. Στα τοπικού ενδιαφέροντος πεδία, η διαδικασία διαγωνισμού προκαλείται πλέον με αίτηση του ενδιαφερομένου και η Αποκεντρωμένη Διοίκηση προχωρεί σε δημόσια πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος, διάρκειας 30 ημερών, από την ημέρα που εκδηλώνεται ενδιαφέρον. Με το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο, ειδικά για τις περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος, περνούσαν αρκετά χρόνια μέχρι τον χαρακτηρισμό του πεδίου. Το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) έκανε τις απαιτούμενες έρευνες με σκοπό την αναγνώριση της περιοχής ως γεωθερμικό πεδίο με Φ.Ε.Κ. και έπειτα ήταν στην διακριτική ευχέρεια της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, εάν και πότε θα διενεργούσε διαγωνισμούς.
5. Στα εθνικού ενδιαφέροντος γεωθερμικά πεδία (θερμοκρασία ρευστού άνω των 90°C), η αρμοδιότητα προκήρυξης διαγωνισμού και σύναψης σύμβασης μίσθωσης ανήκει στον Υπουργό Περιβάλλοντος και Ενέργειας.
6. Δίνεται έμφαση στη διαχείριση των γεωθερμικών πεδίων, που πλέον ορίζεται ως το σύνολο των δραστηριοτήτων που ρυθμίζουν την εκμετάλλευση του γεωθερμικού ρευστού από τα υπόγεια γεωθερμικά συστήματα, με σκοπό τη βιώσιμη, ορθολογική και ολοκληρωμένη αξιοποίηση του και αναφέρεται στο σύνολο του πεδίου.
7. Θεσπίζονται ανταποδοτικά οφέλη, από τα μισθώματα, για τις τοπικές κοινωνίες στις οποίες αναπτύσσεται η γεωθερμία. Ποσοστό 10% του ποσού των ετήσιων αναλογικών μισθωμάτων θα διατίθεται στους Δήμους.
8. Την παρακολούθηση και τον έλεγχο σε επιστημονικό επίπεδο σε όλα τα γεωθερμικά πεδία της χώρας αναλαμβάνει η νεοσύστατη Ελληνική Αρχή Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ε.Α.Γ.Μ.Ε.).
9. Οι Αποκεντρωμένες Διοικήσεις πέραν της Ε.Α.Γ.Μ.Ε., μπορούν να επιλέξουν επιστημονικούς συμβούλους από οιοσδήποτε επιστημονικό,

ερευνητικό ή ακαδημαϊκό φορέα, Ν.Π.Δ.Δ. ή Ν.Π.Ι.Δ., είτε ακόμη και μεμονωμένους επιστήμονες προκειμένου να τις βοηθηθούν στο έργο τους.

10. Συντάσσεται Εθνικό Μητρώο Σημείων Αξιοποίησης Γεωθερμίας και συνοδή διαδικτυακή πύλη στο Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Στο Μητρώο αυτό θα καταγραφεί το σύνολο των γεωτρήσεων και των εγκαταστάσεων άντλησης και επανεισαγωγής, οι οποίες έχουν κατασκευαστεί με σκοπό την αξιοποίηση γεωθερμικού δυναμικού στην χώρα.
11. Συντάσσεται Εθνικό Μητρώο Καταγραφής και Παρακολούθησης Γεωθερμικών Σημείων και συνοδή διαδικτυακή πύλη στην Ε.Α.Γ.Μ.Ε. Στο Μητρώο αυτό θα καταγραφεί το σύνολο των Θερμών Πηγών της χώρας, καθώς και των σταθμών παρακολούθησης των γεωθερμικών πεδίων.
12. Η νεοσύστατη Ελληνική Αρχή Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ε.Α.Γ.Μ.Ε.), στα πλαίσια του ρόλου της ως ο θεσμοθετημένος σύμβουλος της Ελληνικής Πολιτείας σε θέματα γεωθερμίας με τις προαναφερθείσες ενέργειες, ουσιαστικά, καθίσταται:
13. Εθνικός φορέας παρακολούθησης της γεωθερμίας στην Ελλάδα.
14. Συντάκτης του Εθνικού Μητρώου Καταγραφής και Παρακολούθησης Γεωθερμικών Σημείων. Ένα δωρεάν επιστημονικό εργαλείο για τις αποκεντρωμένες διοικήσεις που αναλαμβάνουν το ρόλο της διαχείρισης των τοπικών γεωθερμικών πεδίων και των περιοχών γεωθερμικού ενδιαφέροντος.

Στον Πίνακα 1.6 φαίνονται οι νέες τροποποιήσεις σε σχέση με τους προηγούμενους νόμους.

Πίνακας 1.6: Συγκριτικά οι διαφορές ανάμεσα στους Νόμους 4602/2019, 3172/2003, 3498/2006.

Νόμος 4602/2019 Άρθρο 24, Παράγραφος 10: Από την ισχύς του παρόντος νόμου καταργούνται τα άρθρα 1-13 του ν. 3172/2003(Α' 207).	Νόμος 3172/2003	Νόμος 3498/2006
Τα γεωθερμικά πεδία θα διακρίνονται σε τοπικού (θερμοκρασία ρευστού 30-90°C) και εθνικού ενδιαφέροντος (θερμοκρασία ρευστού άνω των 90°C) . Επιπρόσθετα, οι ευρύτεροι χώροι μέσα στους οποίους υπάρχουν ενδείξεις παρουσίας γεωθερμικού δυναμικού και δεν έχουν ακόμη χαρακτηριστεί με Φ.Ε.Κ., ονομάζονται περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος.	Τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: αα. Χαμηλής θερμοκρασίας , όταν η θερμοκρασία του προϊόντος κυμαίνεται από 25-90°C , ββ. Υψηλής θερμοκρασίας , όταν η θερμοκρασία του προϊόντος υπερβαίνει τους 90°C .	
Γεωθερμικό δυναμικό είναι το σύνολο των γηγενών φυσικών ρευστών , επιφανειακών ή υπογείων, κατά της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών, που η θερμοκρασία τους υπερβαίνει τους 30°C . Επιπλέον, θεσμοθετείται η σύσταση Επιτροπών Αντιμετώπισης Προβλημάτων, με σκοπό την εξέταση σχετικών προκλήσεων	Γεωθερμικό δυναμικό είναι το σύνολο των γηγενών φυσικών ατμών , των θερμών νερών, επιφανειακών ή υπογείων, κατά της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών, που υπερβαίνουν τους 25°C .	
Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας καθορίζονται τα χαρακτηρίστηκα προκειμένου μία περιοχή να χαρακτηριστεί ως γεωθερμικό πεδίο ή ως περιοχή γεωθερμικού ενδιαφέροντος .	Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης καθορίζονται τα χαρακτηρίστηκα και ο βαθμός αξιοπιστίας των εκτιμήσεων προκειμένου ένα γεωθερμικό πεδίο να χαρακτηριστεί βεβαιωμένο ή πιθανό .	
Τα δικαιώματα έρευνας, εκμετάλλευσης και διαχείρισης του γεωθερμικού δυναμικού ανήκουν μόνο στο Δημόσιο και ασκούνται από το ίδιο ή εκμισθώνονται .	Τα δικαιώματα έρευνας και διαχείρισης του γεωθερμικού δυναμικού και των γεωθερμικών πεδίων ανήκει μόνο στο Δημόσιο.	
Ως φορέας διαχείρισης των τοπικών γεωθερμικών πεδίων (θερμοκρασία ρευστού 30-90°C) ορίζεται η οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση , αναλαμβάνοντας ρυθμιστικό και συντονιστικό ρόλο σε ότι αφορά τη διενέργεια της διαγωνιστικής διαδικασίας για την παραχώρηση δικαιώματος μίσθωσης στους ενδιαφερόμενους.	Η εκμίσθωση και διαχείριση των πιθανών και βεβαιωμένο πεδίων χαμηλής θερμοκρασίας (θερμοκρασία προϊόντος 25-90°C) διενεργείται από το Γενικό Γραμματέα περιφέρειας .	
Στα τοπικού ενδιαφέροντος πεδία , η διαδικασία διαγωνισμού προκαλείται πλέον με αίτηση του ενδιαφερομένου και η Αποκεντρωμένη Διοίκηση	Στα πεδία χαμηλής θερμοκρασίας , η διαδικασία διαγωνισμού προκαλείται πλέον με αίτηση του ενδιαφερομένου	

προχωρεί σε δημόσια πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος, διάρκειας 30 ημερών, από την ημέρα που εκδηλώνεται ενδιαφέρον.	και ο Υπουργός Ανάπτυξης προχωρεί σε δημόσια πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος, διάρκειας 30 ημερών, από την ημέρα επίδοσης της πράξεως.	
Η διαχείριση των γεωθερμικών πεδίων ορίζεται πλέον ως το σύνολο των δραστηριοτήτων που ρυθμίζουν την εκμετάλλευση του γεωθερμικού ρευστού από τα υπόγεια γεωθερμικά συστήματα, με σκοπό τη βιώσιμη, ορθολογική και ολοκληρωμένη αξιοποίηση του και αναφέρεται στο σύνολο του πεδίου.	Η διαχείριση των γεωθερμικών πεδίων ορίζεται ως το σύνολο των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στην παραγωγική εξόρυξη του γεωθερμικού ρευστού, την ορθολογική αξιοποίηση προϊόντος και υποπροϊόντων, τη διανομή και ελεύθερη διάθεση τους σε τρίτους για κάθε είδους εφαρμογές και την περιβαλλοντικά συμβατή διάθεση των υποπροϊόντων του και αναφέρεται στο σύνολο του πεδίου.	
<p>Η διάρκεια μίσθωσης του δικαιώματος έρευνας στα πεδία εθνικού ενδιαφέροντος και τις μη χαρακτηρισμένες περιοχές ορίζεται μέχρι 5 έτη με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή για 2 επιπλέον έτη.</p> <p>Η διάρκεια μίσθωσης του δικαιώματος εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευσης και διαχείρισης στα πεδία εθνικού ενδιαφέροντος και τις μη χαρακτηρισμένες περιοχές ορίζεται μέχρι τα 30 έτη, με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή μέχρι και 20 έτη.</p> <p>Η διάρκεια μίσθωσης του δικαιώματος έρευνας στα πεδία τοπικού ενδιαφέροντος και τις ΠΓΘΕ ορίζεται μέχρι 3 έτη με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή για 1 επιπλέον έτος.</p> <p>Η διάρκεια μίσθωσης του δικαιώματος εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευσης και διαχείρισης στα πεδία τοπικού ενδιαφέροντος και τις ΠΓΘΕ ορίζεται μέχρι τα 30 έτη, με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή μέχρι και 20 έτη.</p>	<p>Η διάρκεια μίσθωσης του δικαιώματος έρευνας γεωθερμικού δυναμικού ορίζεται μέχρι 5 έτη με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή για 2 επιπλέον έτη.</p> <p>Η διάρκεια μίσθωσης του δικαιώματος εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευσης και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού ορίζεται μέχρι τα 25 έτη, με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή μέχρι και 5 έτη.</p>	
Καταβολή στο Ελληνικό Δημόσιο ετήσιου αναλογικού μισθώματος και ελάχιστου αναλογικού μισθώματος. Το ετήσιο αναλογικό μίσθωμα συμψηφίζεται με το αντίστοιχο ελάχιστο αναλογικό της ίδιας δωδεκάμηνης χρονικής περιόδου.	Καταβολή στο Ελληνικό Δημόσιο από την έναρξη της εκμετάλλευσης αναλογικού μισθώματος, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 84 του ν.δ. 210/1973, καθώς και στην καταβολή ειδικού τέλους, που	

<p>Ο μισθωτής υποχρεούται να καταβάλλει το ετήσιο αναλογικό μίσθωμα από την έναρξη της εκμετάλλευσης. Ο μισθωτής οφείλει επίσης να καταβάλλει το ελάχιστο αναλογικό μίσθωμα μετά την παρέλευση δύο (2) ετών από την υπογραφή της σύμβασης.</p> <p>Το ετήσιο αναλογικό μίσθωμα υπολογίζεται με βάση την καταναλισκόμενη ενέργεια, ενώ το ελάχιστο αναλογικό καταβάλλεται σε ποσοστό τριάντα τοις εκατό (30%) της προβλεπόμενης από τη σύμβαση κατανάλωσης.</p> <p>Μίσθωμα δεν καταβάλλεται κατά την Περίοδο της έρευνας, με την επιφύλαξη της παραγράφου 9 του άρθρου 5.</p> <p>Ποσοστό δέκα τοις εκατό (10%) του ποσού των ετήσιων αναλογικών μισθωμάτων του γεωθερμικού δυναμικού βεβαιώνεται υπέρ του πρωτοβάθμιου Ο.Τ.Α. στην περιφέρεια του οποίου βρίσκεται η εκμετάλλευση, εκτός αν μισθωτής είναι ο Ο.Τ.Α.</p> <p>Ποσοστό πέντε τοις εκατό (5%) του ποσού των ετήσιων αναλογικών μισθωμάτων του γεωθερμικού δυναμικού βεβαιώνεται υπέρ της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. για την εξασφάλιση της διαχρονικής παρακολούθησης των γεωθερμικών πεδίων με στόχο την εξασφάλιση της αειφορίας και της προστασίας του περιβάλλοντος.</p> <p>Στην Περίπτωση των πεδίων τοπικού ενδιαφέροντος και στις ΠΓΘΕ, τα μισθώματα αποδίδονται στο Δημόσιο, εγγράφονται ως πίστωση σε ειδικό κωδικό (ΑΛΕ) που συνιστάται στον Κρατικό Προϋπολογισμό και διατίθενται αποκλειστικά από την οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση για την εν γένει αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων.</p>	<p>ορίζεται σε 10% επί του αναλογικού μισθώματος, υπέρ των Οργανισμών Τοπικής Αυτοδιοίκησης Α' βαθμού στα όρια των οποίων βρίσκεται ο χώρος εκμετάλλευσης.</p>	
<p>Για την εκχώρηση μισθωτικών δικαιωμάτων</p> <p>1. Η υπομίσθωση δικαιωμάτων απαγορεύεται.</p> <p>2. Ο μισθωτής δεν δικαιούται να εκχωρήσει και να μεταβιβάσει με οποιονδήποτε τρόπο, τύπο και μορφή, τα μισθωτικά του δικαιώματα προς οποιοδήποτε τρίτο φυσικό ή νομικό πρόσωπο, παρά μόνον ύστερα από έγκριση του αρμόδιου για την εκμίσθωση των δικαιωμάτων</p>	<p>Για την εκχώρηση μισθωτικών δικαιωμάτων</p> <p>1. Ο μισθωτής δεν δικαιούται να εκχωρήσει και να μεταβιβάσει με οποιονδήποτε τρόπο, τύπο και μορφή τα μισθωτικά του δικαιώματα προς οποιοδήποτε τρίτο φυσικό ή νομικό πρόσωπο, παρά μόνον ύστερα από έγκριση του Δημοσίου, το οποίο μπορεί να επιβάλλει πρόσθετους όρους.</p>	

<p>έρευνας, εκμετάλλευσης και διαχείρισης, ο οποίος μπορεί να επιβάλλει πρόσθετους όρους.</p> <p>3. Η μεταβίβαση των μισθωτικών δικαιωμάτων πραγματοποιείται με συμβολαιογραφικό έγγραφο, αντίγραφο του οποίου υποβάλλεται στον εκμισθωτή μέσα σε έναν (1) μήνα από την απόφαση έγκρισης της μεταβίβασης.</p> <p>4. Μετά την έγκριση της μεταβίβασης και τη συνομολόγηση της σχετικής συμβολαιογραφικής πράξης μεταβίβασης, στη θέση του μισθωτή υπεισέρχεται αυτός στον οποίο μεταβιβάζονται τα μισθωτικά δικαιώματα, ο οποίος αναλαμβάνει τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις του αρχικού μισθωτή.</p>	<p>2. Σε κάθε Περίπτωση μεταβίβασης ή εκχώρησης των μισθωτικών δικαιωμάτων, μεριδίων ή ποσοστών ή μετοχών των συνεταίρων ή μετόχων προς οποιοδήποτε αλλοδαπό, φυσικό ή νομικό πρόσωπο, ιθαγένειας ή εθνικότητας αντιστοίχως κράτους μη μέλους της Ευρωπαϊκής Ένωσης, απαιτείται η προβλεπόμενη από τις κείμενες διατάξεις έγκριση.</p>	
<p>Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών Η ρύθμιση των όρων, του τρόπου διενέργειας γεωθερμικών εργασιών και κάθε άλλο θέμα αναγκαίο από πλευράς ορθολογικής δραστηριότητας, υγείας και ασφάλειας εργαζομένων και περιοίκων, καθώς και για την προστασία του περιβάλλοντος, διέπονται από τον Κανονισμό Γεωθερμικών Εργασιών, ο οποίος εκδίδεται με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Σε Περίπτωση αναθεώρησής του, ζητείται, μόνον επί τεχνικών θεμάτων, η γνώμη του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.), του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.), της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. και του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.).</p>	<p>Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών Με απόφαση του Υπουργού Ανάπτυξης, μετά από γνώμη του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.), του Ι.Γ.Μ.Ε. και του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.), θεσπίζεται Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών, που θα ρυθμίζει τους όρους και τον τρόπο διενέργειας γεωθερμικών εργασιών και κάθε άλλη αναγκαία λεπτομέρεια από πλευράς ορθολογικής δραστηριότητας, υγιεινής και ασφάλειας εργαζομένων και περιοίκων.</p>	
<p>Την παρακολούθηση και τον έλεγχο σε επιστημονικό επίπεδο σε όλα τα γεωθερμικά πεδία της χώρας αναλαμβάνει η νεοσύστατη Ελληνική Αρχή Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ε.Α.Γ.Μ.Ε.).</p>		
<p>Οι Αποκεντρωμένες Διοικήσεις πέραν της Ε.Α.Γ.Μ.Ε., μπορούν να επιλέξουν επιστημονικούς συμβούλους από οποιοσδήποτε επιστημονικό, ερευνητικό ή ακαδημαϊκό φορέα, Ν.Π.Δ.Δ. ή Ν.Π.Ι.Δ., είτε ακόμη και μεμονωμένους επιστήμονες προκειμένου να τις βοηθηθούν στο</p>		

έργο τους.		
Συντάσσεται Εθνικό Μητρώο Σημείων Αξιοποίησης Γεωθερμίας και συνοδή διαδικτυακή πύλη στο Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Στο Μητρώο αυτό θα καταγραφεί το σύνολο των γεωτρήσεων και των εγκαταστάσεων άντλησης και επανεισαγωγής, οι οποίες έχουν κατασκευαστεί με σκοπό την αξιοποίηση γεωθερμικού δυναμικού στην χώρα.		
Συντάσσεται Εθνικό Μητρώο Καταγραφής και Παρακολούθησης Γεωθερμικών Σημείων και συνοδή διαδικτυακή πύλη στην Ε.Α.Γ.Μ.Ε. Στο Μητρώο αυτό θα καταγραφεί το σύνολο των Θερμών Πηγών της χώρας, καθώς και των σταθμών παρακολούθησης των γεωθερμικών πεδίων		
Ιαματική πηγή είναι φυσική ανάβλυση ή άντληση ιαματικού φυσικού πόρου με τεχνικό έργο, όπως από γεώτρηση, φρέαρ, τάφρο ή σήραγγα (φυσική ή τεχνητή) ή φυσική δημιουργία ιαματικού πηλού. Ως ιαματικοί φυσικοί πόροι θεωρούνται φυσικά νερά (ψυχρά ή θερμά), ατμοί, φυσικά αέρια ή πηλοί ή ηφαιστειακοί λίθοι που έχουν ιαματικές ιδιότητες, αναγνωρισμένες, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος νόμου. Για το γεωθερμικό δυναμικό, ισχύουν οι διατάξεις του παρόντος νόμου αποκλειστικά για την πρωτεύουσα ιαματική χρήση του.		Ιαματική πηγή είναι φυσική ανάβλυση ή άντληση ιαματικού φυσικού πόρου με τεχνικό έργο, όπως από γεώτρηση, φρέαρ, τάφρο ή σήραγγα (φυσική ή τεχνητή) ή φυσική δημιουργία ιαματικού πηλού. Ως ιαματικοί φυσικοί πόροι θεωρούνται φυσικά νερά (ψυχρά ή θερμά), ατμοί, φυσικά αέρια ή πηλοί, που έχουν ιαματικές ιδιότητες, αναγνωρισμένες σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος νόμου.
Οι διατάξεις του παρόντος νόμου έχουν εφαρμογή στις περιπτώσεις της ιαματικής χρήσης, καθώς και της χρήσης στα κέντρα θαλασσοθεραπείας και αναζωογόνησης, των χαρακτηρισμένων πόρων ως ιαματικών.		Οι διατάξεις του παρόντος νόμου έχουν εφαρμογή στις περιπτώσεις χρήσης ή άλλης αξιοποίησης ιαματικών φυσικών πόρων, καθώς και στα κέντρα θαλασσοθεραπείας και αναζωογόνησης
Με απόφαση του Υπουργού Τουρισμού, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, καθορίζονται τα κριτήρια και ο τρόπος διανομής ιαματικών φυσικών πόρων που βρίσκονται εκτός γεωθερμικού πεδίου σε περισσότερες εγκαταστάσεις ιαματικού τουρισμού		Με απόφαση του Υπουργού Τουριστικής Ανάπτυξης, η οποία εκδίδεται κατόπιν εισηγήσεως του Ε.Ο.Τ. και δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, καθορίζονται τα κριτήρια και ο τρόπος διανομής ιαματικών φυσικών

ή κέντρα θαλασσοθεραπείας ή αναζωογόνησης, καθώς και η διάθεση ιαματικών φυσικών πόρων που δεν αποτελούν γεωθερμικό δυναμικό, για άλλες χρήσεις		πόρων σε περισσότερες εγκαταστάσεις ιαματικού τουρισμού ή κέντρα θαλασσοθεραπείας ή αναζωογόνησης, καθώς και η διάθεση ιαματικών φυσικών πόρων για άλλες χρήσεις, όπως η εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας.
Έναν (1) υπάλληλο της Γενικής Διεύθυνσης Ορυκτών Πρώτων Υλών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, κατηγορίας ΠΕ Γεωτεχνικών ειδικότητας γεωλόγου ή κατηγορίας ΠΕ Μηχανικών ειδικότητας μεταλλειολόγου ή μηχανικού Ορυκτών Πόρων		Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομίας και Οικονομικών και Τουριστικής Ανάπτυξης καθορίζεται η αποζημίωση του Προέδρου, των λοιπών μελών και του γραμματέα της Επιτροπής Προστασίας Ιαματικών Φυσικών Πόρων

1.6 Οφέλη από την αξιοποίηση της γεωθερμίας

Η αξιοποίηση της γεωθερμίας μπορεί να συμβάλλει σημαντικά και ποικιλοτρόπως στην οικονομική ανάπτυξη ευρύτερων περιοχών και στη δημιουργία πυρήνων οικονομικής δραστηριότητας.

Ενδεικτικά, η ανάπτυξη της γεωθερμίας μπορεί να συμβάλλει:

- στην οικονομική ανάπτυξη σε τοπικό και εθνικό επίπεδο
- στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας
- στη μείωση χρήσης ορυκτών καυσίμων σε εθνικό επίπεδο
- στη μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου
- στην αειφόρα ανάπτυξη των τοπικών κοινωνιών
- στην παραγωγή εκτός εποχής αγροτικών προϊόντων
- στη μείωση εισαγωγών και στην αύξηση των εξαγωγών αγροτικών προϊόντων σε εθνικό επίπεδο
- στην περαιτέρω αύξηση του ιαματικού τουρισμού

Επιπλέον, ο νέος θεσμός των Ενεργειακών Κοινοτήτων, μπορεί να αποτελέσει καινοτόμο εργαλείο για την αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, στην κατεύθυνση της στήριξης και της ενεργούς συμμετοχής των τοπικών κοινωνιών.

Κεφάλαιο 2: Μεθοδολογία

2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται:

α) Δεδομένα από υφιστάμενα στοιχεία διπλωματικών εργασιών και διατριβών, βιβλιογραφικές συλλογές, ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένα και μελέτες από το Ε.Α.Γ.Μ.Ε. και από χειρόγραφα αρχεία των Δήμων που ανήκουν οι υδρογεωτρήσεις.

β) Η δειγματοληψία στη περιοχή μελέτης, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν στο πεδίο (θερμοκρασία, pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα και TDS) και οι χημικές αναλύσεις των συστάσεων των νερών τόσο σε κύρια ιόντα όσο και σε ιχνοστοιχεία.

γ) Υδροχημικά διαγράμματα.

δ) Ιδιότητες που υπολογίστηκαν με την χρήση του λογισμικού AQUACHEM της Waterloo Hydrogeologic, συμπεριλαμβανομένων της σκληρότητας, του δείκτη SAR, του συντελεστή Revelle, δείκτες κορεσμού σε διάφορα ορυκτά και οι ιοντικοί λόγοι.

2.2 Διαθέσιμα στοιχεία

Τα τελευταία έξι χρόνια στην Ερευνητική Μονάδα Γεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης, εκπονείται μια συστηματική συλλογή στοιχείων υδρογεωτρήσεων που πιθανώς να σχετίζονται με τοπικούς υδροθερμικούς ταμιευτήρες. Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας αξιοποιήθηκαν δεδομένα από δεκαοκτώ υδρογεωτρήσεις στα χωριά Πέρι, Πλάτανος, Απεσωκάρι, Αληθινή και Πλώρα, όπου το νερό παρουσιάζει αυξημένη θερμοκρασία. Για δύο συνεχόμενες περιόδους, τον Ιούλιο του 2015, τον Φεβρουάριο του 2016 λήφθηκαν δείγματα από τις γεωτρήσεις στα χωριά

Πέρι, Πλάτανος και Μελιδοχώρι και μελετήθηκαν από τους Σμπώκο (2016), και Αग्रιμάκη (2016). Οι δειγματοληψίες συνεχίστηκαν τον Σεπτέμβριο του 2016 και το Φεβρουάριο του 2017 με συλλογή δειγμάτων από τις γεωτρήσεις στα χωριά Μελιδοχώρι, Πέρι και Πλάτανος (Καμίτση, 2017).

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας μελετώνται τα αποτελέσματα από τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν τον Φεβρουάριο-Μάρτιο 2018 και τον Σεπτέμβριο του 2018.

2.3 Γεωλογική τοποθέτηση της περιοχής ενδιαφέροντος

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αξιοποιήθηκαν στοιχεία από εργασίες που έχουν εκπονηθεί στο Πολυτεχνείο Κρήτης και αφορούν στο γεωλογικό υπόβαθρο, τα υδρολογικά και πετρογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής (Κριτσωτάκης, 2009; Μορέλας, 2014; Σμπώκος, 2015; Αμβράζης, 2015; Αग्रιμάκη, 2016; Καμίτση, 2017 και Ιωάννου, 2018).

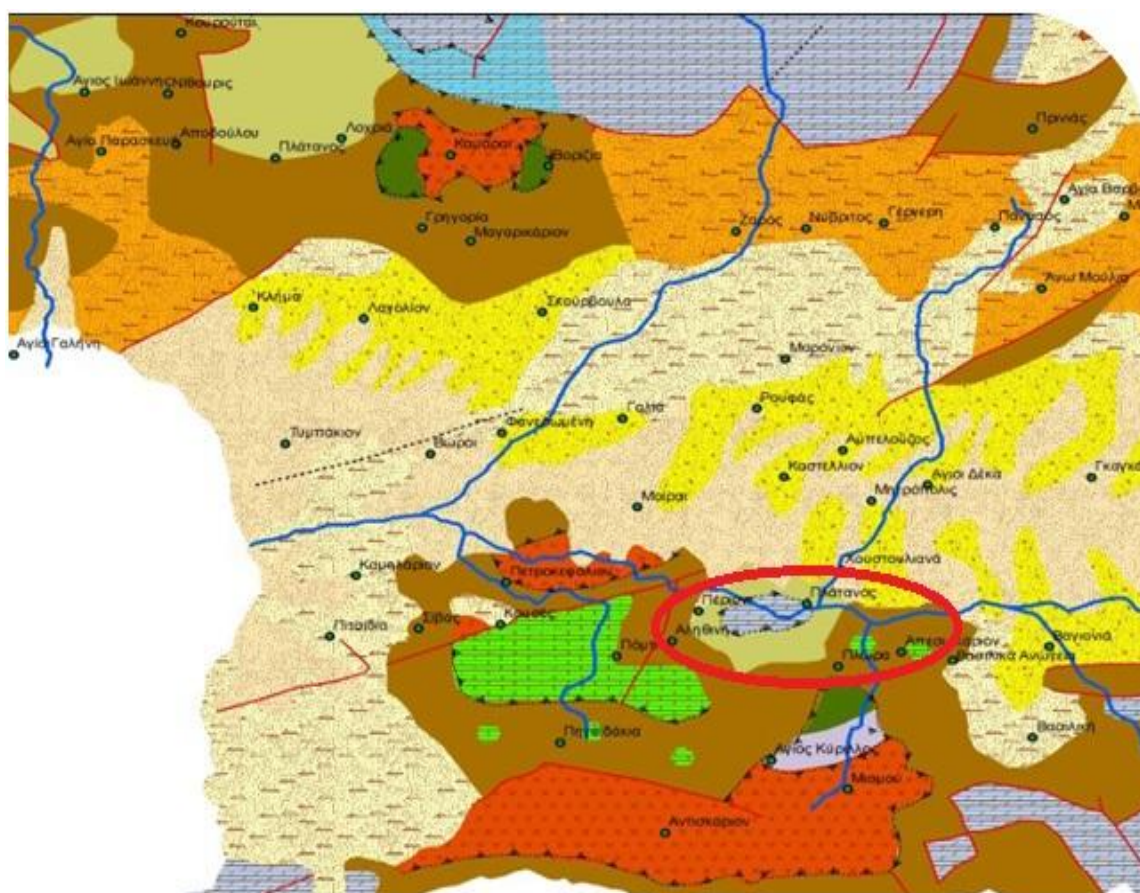
Επί προσθέτως, αξιοποιήθηκαν το ψηφιακό ανάγλυφο περιοχής μελέτης (DTM), μελέτες από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση Κρήτης, μελέτες και έργα του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. (τέως Ι.Γ.Μ.Ε.).



Εικόνα 2.1: Γεωλογικός χάρτης Κρήτης (πηγή: Papanastassiou, κ.α., 2004).

2.3.1 Δεδομένα υφιστάμενων εργασιών και μελετών.

Σύμφωνα με τον Κριτσωτάκη (2009, Κεφ. 4), στο νότιο τμήμα της λεκάνης της Μεσσαράς απαντώνται προνεογενείς σχηματισμοί: Τα Αστερούσια όρη, συνίσταται από Μεσοζωικά πετρώματα με κυρίαρχους σχηματισμούς το φλύσχη και τα ανθρακικά της Ζώνης της Τρίπολης. Επίσης υπάρχουν μερικές επιφανειακές εμφανίσεις έντονα ρηγματωμένων, αλλά ελαφρώς καρστικοποιημένων, ασβεστολίθων της ζώνης Πίνδου. Στα μεγαλύτερα υψόμετρα απαντώνται πετρώματα των εσωτερικών ζωνών. Στο ΒΔ τμήμα της λεκάνης της Μεσσαράς, τα όρη Ψηλορείτης, συνίστανται από μεσοζωικά πετρώματα της ενότητας της Τρίπολης (ασβεστόλιθοι, φλύσχη), πετρώματα της ενότητας Φυλλιτών – χαλαζιτών και πετρώματα του αυτόχθονου συστήματος (Ιονίου ζώνης) πλακώδης ασβεστόλιθοι και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι. Στα χαμηλότερα υψόμετρα απαντούν πλευρικά κορήματα (λατύπες).





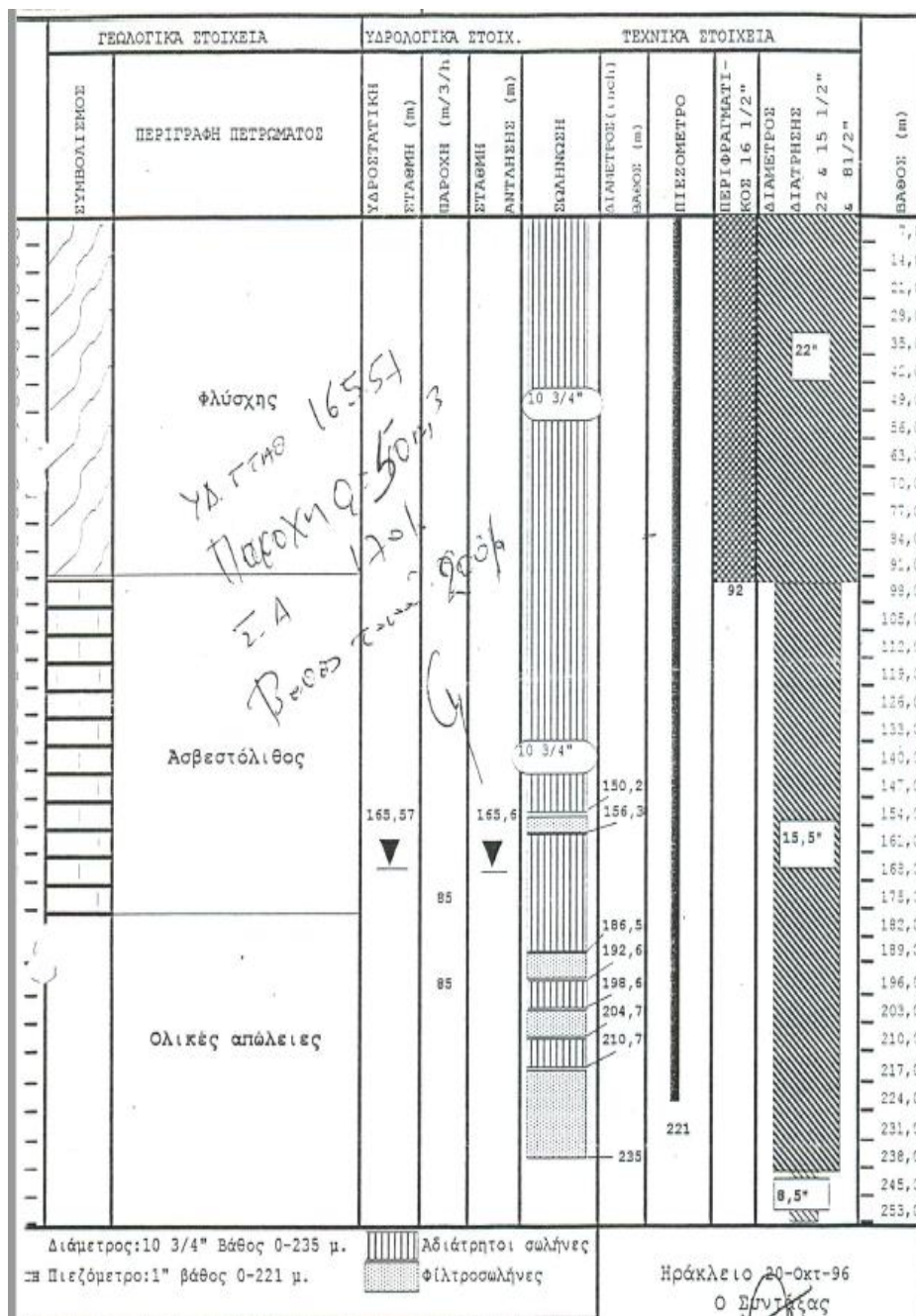
Εικόνα 2.2: Γεωλογικός χάρτης και υπόμνημα της Δυτικής και Νότιας Μεσσαράς (από Παρασκάκη, 2014), με κόκκινο κύκλο είναι μαρκαρισμένη η περιοχή μελέτης.

Με βάση τον γεωλογικό χάρτη, Εικόνα 2.2, συμπεραίνονται τα εξής γεωλογικά χαρακτηριστικά όσο αφορά τη περιοχή μελέτης και συγκεκριμένα τα χωριά ενδιαφέροντος.

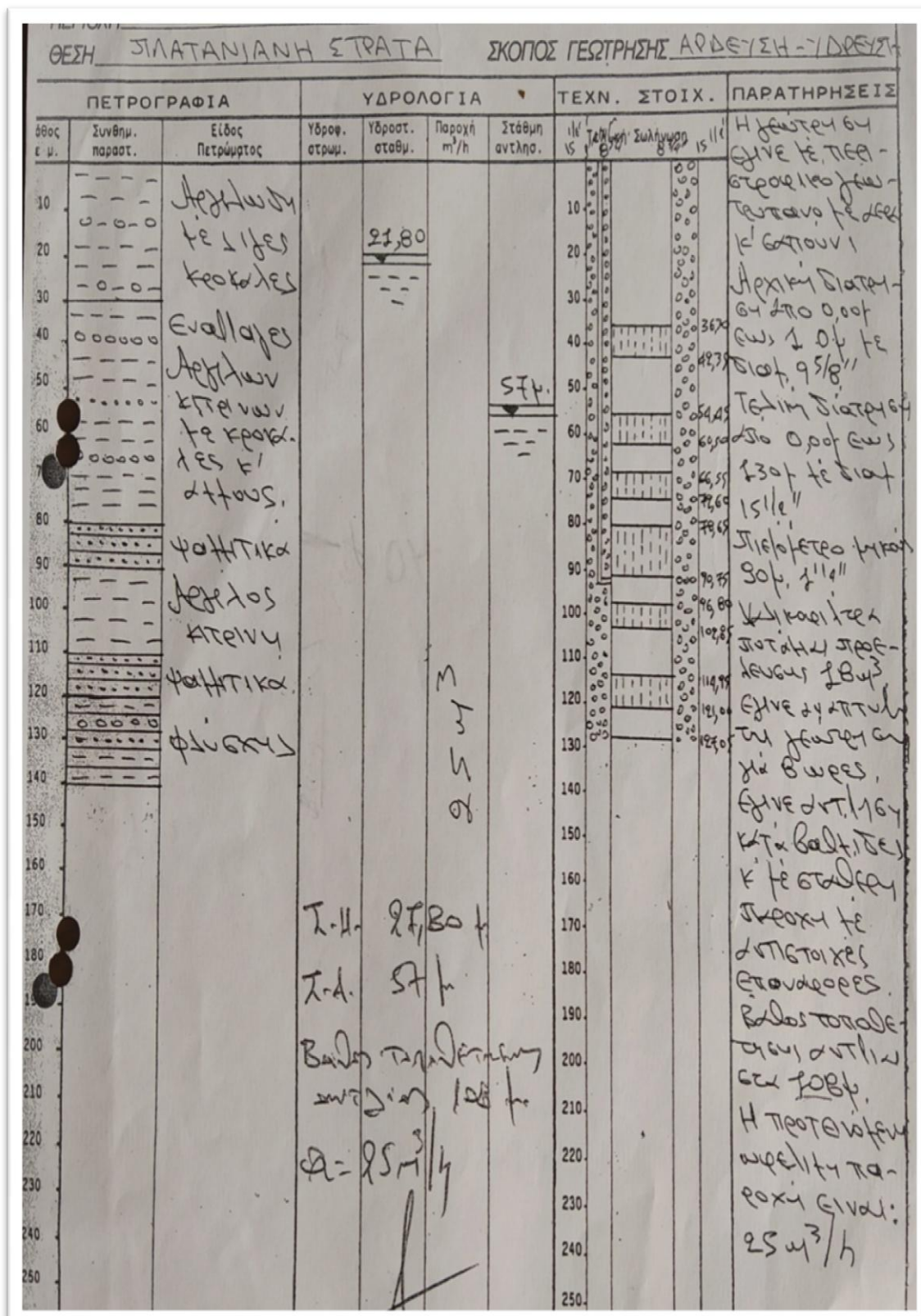
- ο Τα χωριά Αληθινή, Πλώρα και Απεσωκάρι βρίσκονται πάνω σε Φλύσχη της Ζώνης Πίνδου.
- ο Το χωριό Πέρι βρίσκεται πάνω σε Πλακώδεις Ασβεστόλιθους, Κερατόλιθους και τον <<Πρώτο>> Φλύσχη.
- ο Το χωριό Πλάτανος βρίσκεται στα σύνορα ανάμεσα σε Πλακώδεις Ασβεστόλιθους, Κερατόλιθους, τον <<Πρώτο>> Φλύσχη και Ασβεστόλιθους και Δολομίτες της Ζώνης Τρίπολης.

Στην περιοχή της μελέτης, οι γεωτρήσεις Πέρι 1 και 3 έχουν ανορυχθεί εντός της ίδιας ιδιοκτησίας αλλά σε θέσεις που απέχουν πάνω από 50 μέτρα μεταξύ τους. Τα «κολάρα» των γεωτρήσεων βρίσκονται στον επιφανειακό εδαφικό μανδύα (εκτός της γεώτρησης Πλάτανος 1) οι γεωτρήσεις Πλάτανος 2 και 3 διέτρησαν ασβεστόλιθους της Ζώνης της Πίνδου και πιθανώς και της Τρίπολης. Από τον

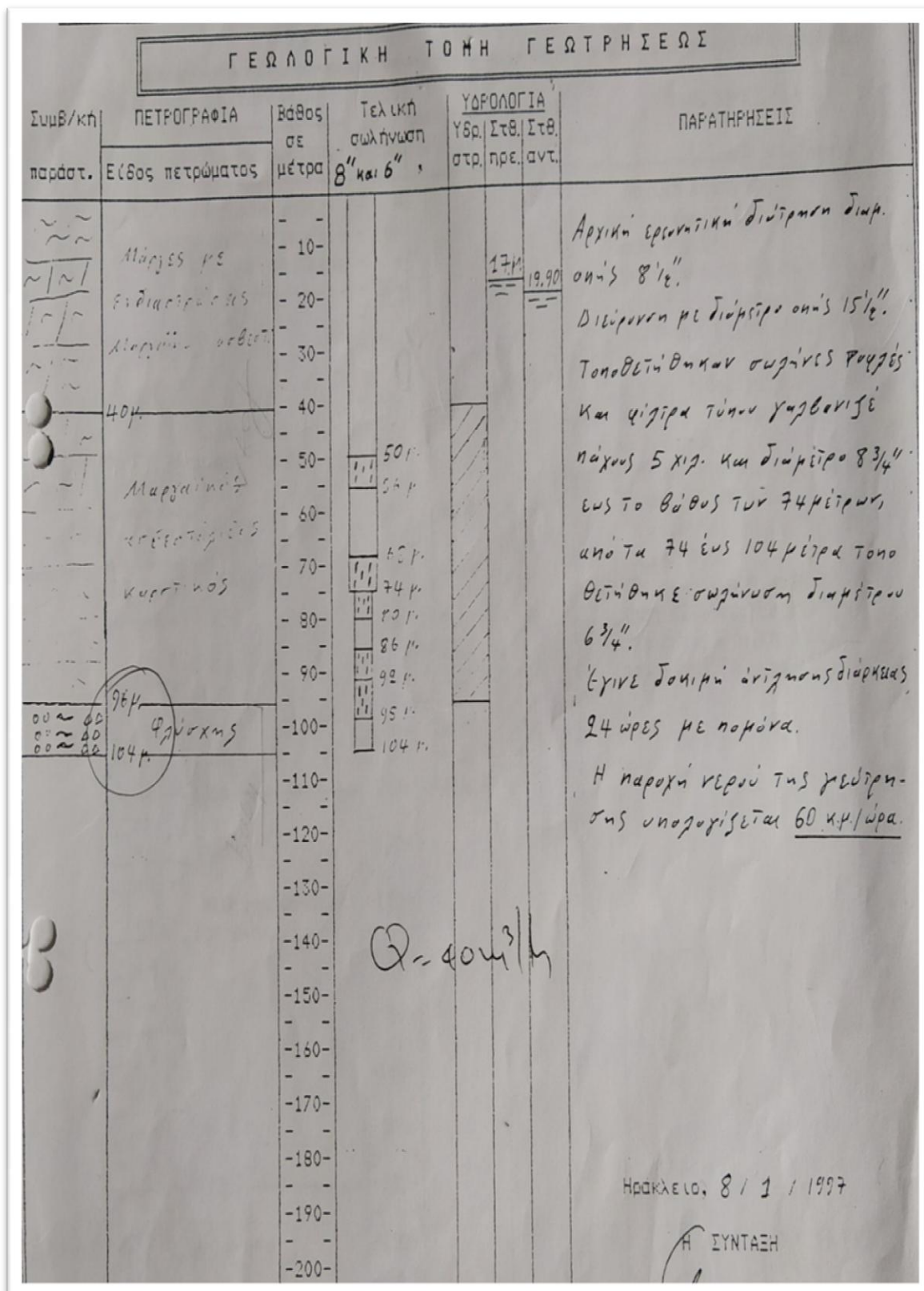
γεωλογικό χάρτη της περιοχής παρατηρείται ότι κοντά στις γεωτρήσεις υπάρχουν γνευσιακά σώματα μεγάλων διαστάσεων των ανώτερων καλυμμάτων. Σε συνέχεια των προηγούμενων ερευνών και σύμφωνα με προφορικές πληροφορίες των κατοίκων έγινε εντοπισμός επιπλέον δεκατριών γεωτρήσεων όπου οι πέντε (5) βρίσκονται στο χωριό Πλάτανος, οι έξι (6) στο χωριό Πλώρα, μία (1) στο χωριό Απεσωκάρι και μία (1) στο χωριό Αληθινή που αντλούν νερό με αυξημένη θερμοκρασία, το οποίο προορίζεται για άρδευση εκτός από μία γεώτρηση στη Πλώρα που το νερό είναι και για ύδρευση (Πλwra 6). Τα μοναδικά διαθέσιμα στοιχεία είναι λιθοστρωματογραφικές στήλες από τη γεώτρηση στην Αληθινή (Αληθινή 1), τη γεώτρηση στο Απεσωκάρι (Απεσωκάρι 1) και τριών δημοτικών γεωτρήσεων από το χωριό Πλώρα (Πλώρα 1, 2, 3) οι οποίες παρατίθενται στις εικόνες 2.3 έως 2.8 και πάρθηκαν από την τεχνική υπηρεσία του δήμου Αγίων Δέκα και προφορικές πληροφορίες των ιδιοκτητών.



Εικόνα 2.3: Λιθοστρωματογραφική στήλη από το χωριό Αληθινή. Γεώτρηση Αληθινή 1.



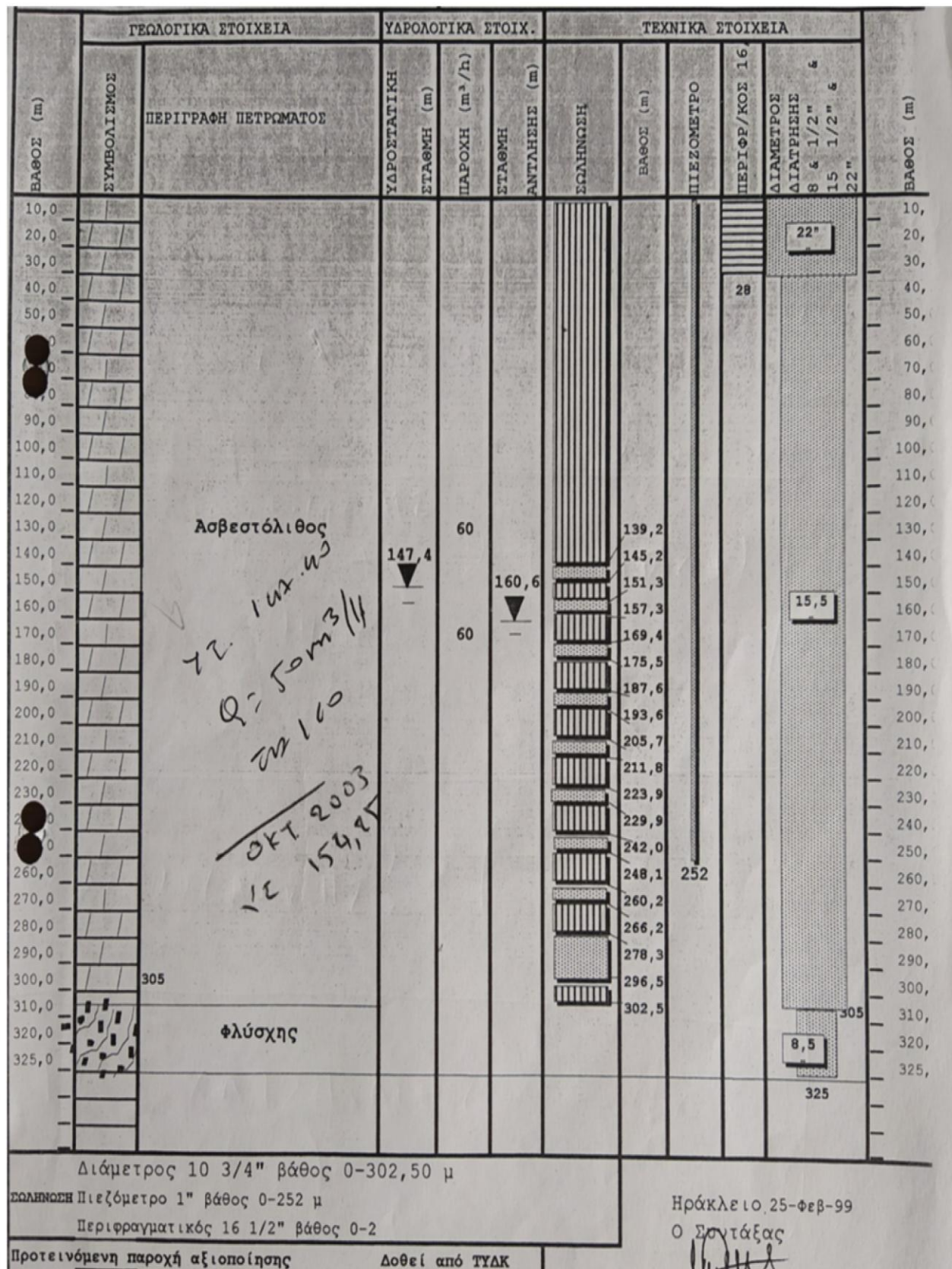
Εικόνα 2.4: Λιθοστρωματογραφική στήλη από το χωριό Πλώρα. Δημοτική γεώτρηση Πλατανιανή Στράτα (Πλώρα 1).



Εικόνα 2.5: Λιθοστρωματογραφική στήλη από το χωριό Πλώρα, δημοτική γεώτρηση Χουστουλιανά (Πλώρα 2).

ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ							
Συμβ/κή παράστ.	ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ	Βάθος σε μέτρα	Τελική σωλήνωση 8" , 1"	ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ			ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
	Είδος πετρώματος			Υδρ στρ	Στθ ηρε	Στθ αντ	
10	Κορήματα ασβεστολιθικής προέλευσης, με αρχίλους 19μ.	-		Π			<p>Αρχική ερευνητική διάτρηση από 0 έως 182 μ. με διάμετρο οπής 8 1/2".</p> <p>Διεύρυνση από 0 έως 122 μ. με διάμετρο οπής 15 1/2".</p> <p>Σωλήνωση έγινε μέχρι βάθος 110,16 μ. με σωλήνες και φίλτρα τύπου χαλδανιζέ μήκους 5 μ. διάμετρο οπής 8" και πάχους 5 χιλ.</p> <p>Τοποθετήθη πιεζόμετρο διαμέτρου 1" σε βάθος 94 μ.</p> <p>Τοποθετήθη χαλκική θαλάσσια προσέλευσης.</p> <p>Έχισε πολύωρη συνεχής άντληση 12 ώρες, με στάθμη άντλησης 37 μ. η παροχή νερού είναι 70 κ.μ./ώρα.</p>
		- 10-					
		- 20-					
		- 30-					
		- 40-	4284		57μ	57μ	
	Ασβεστόλιθοι σειράς Πίνδου.	- 50-					
		- 60-	5120		58μ		
		- 70-	6732				
		- 80-	7736				
		- 90-	8532				
		- 94-	9120				
		- 100-	9792				
		- 104-	104				
	106μ.	- 110-	110,16				
		- 120-					
	Φλύσχης σειράς Τρέπαλης.	- 130-					
		- 140-					
		- 150-					
		- 160-					
		- 170-					
	182μ.	- 180-					
		- 190-					<p>Ηράκλειο, 8 / 3 / 93</p> <p>Ο ΣΥΝΤΑΞΑΣ</p>
		- 200-					
		- 210-					

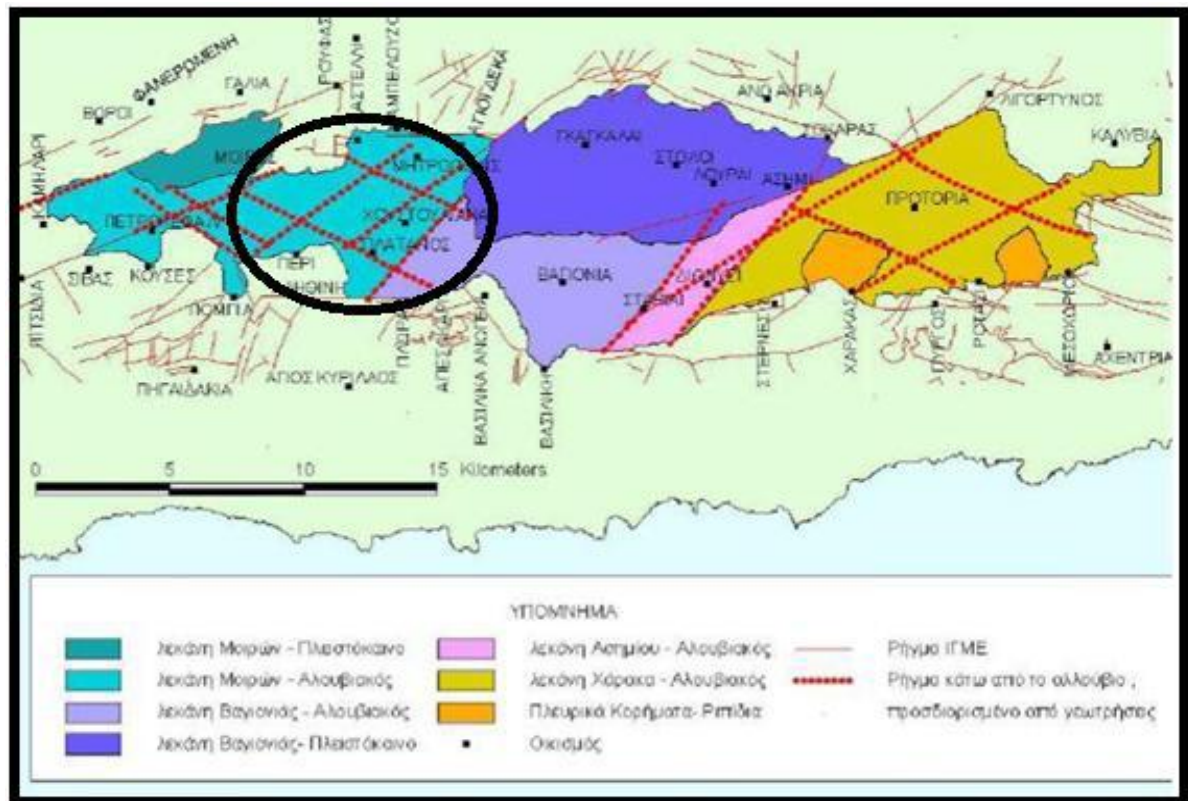
Εικόνα 2.6: Λιθοστρωματογραφική στήλη από το χωριό Πλώρα, δημοτική γεώτρηση Κατσιπέτη (Πλώρα 3).



Εικόνα 2.7: Λιθοστρωματογραφική στήλη από το χωριό Απεσωκάρι, δημοτική γεώτρηση Απεσωκαρίου (Απεσωκάρι 1).

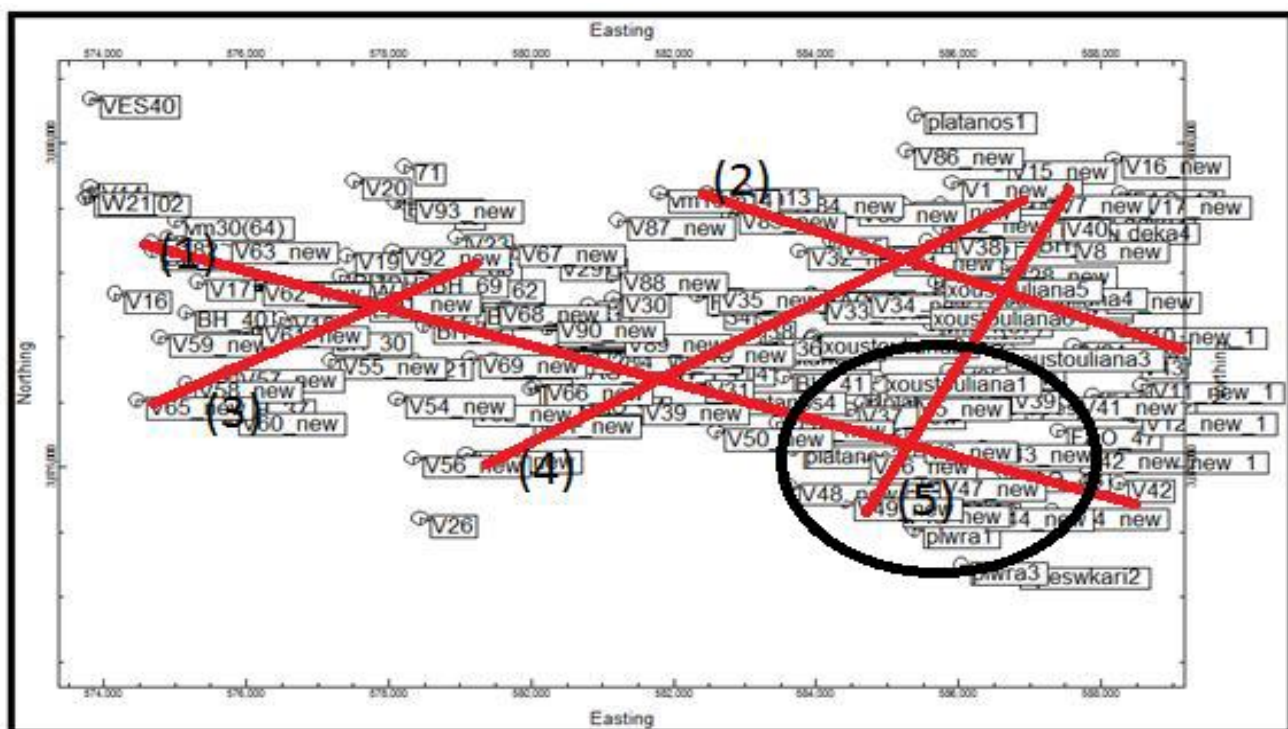
2.3.2 Στρωματογραφικά και λιθολογικά δεδομένα

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αξιοποιήθηκαν λιθολογικές και στρωματογραφικές τομές, κάθετες και παράλληλες στα ήδη γνωστά ρήγματα στην περιοχή μελέτης (βλ. Εικόνα 2.8, μαύρο κύκλο).



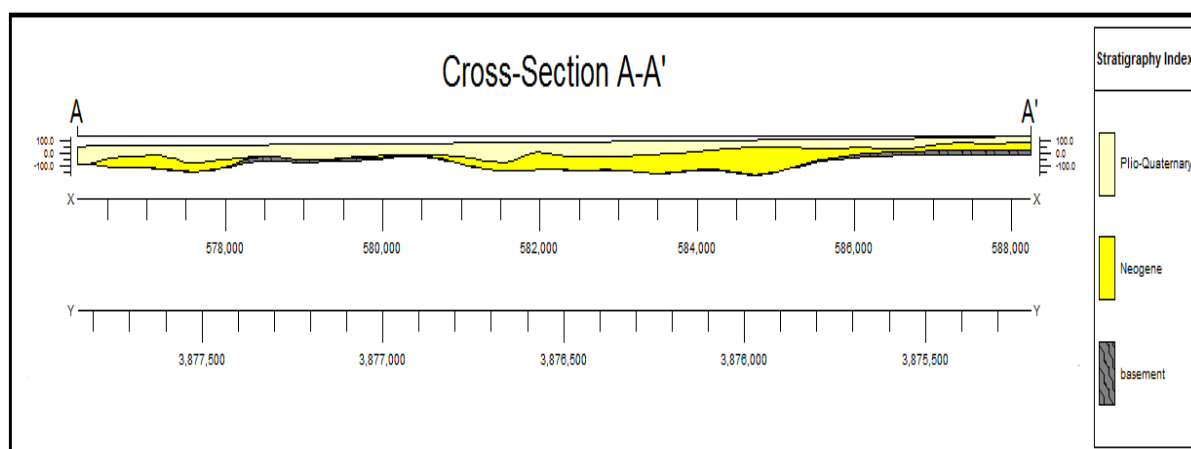
Εικόνα 2.8: Υποδιαίρεση της υδρογεωλογικής λεκάνης της Μεσσαράς (Κριτσωτάκης, 2009).

Στην Εικόνα 2.9 προβάλλονται 69 γεωτρήσεις (ΒΗ) και 104 ερμηνευμένες ηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις (V), από το αρχείο εργαστηρίου Γενικής Γεωλογίας του Πολυτεχνείου Κρήτης. Επίσης προβάλλονται με κόκκινες γραμμές οι τομές 1 και 2 που έχουν διεύθυνση παράλληλη με αυτή των ρηγμάτων και οι τομές 3, 4 και 5 που έχουν διεύθυνση κάθετη με αυτή των ρηγμάτων (από Ιωάννου, 2018).

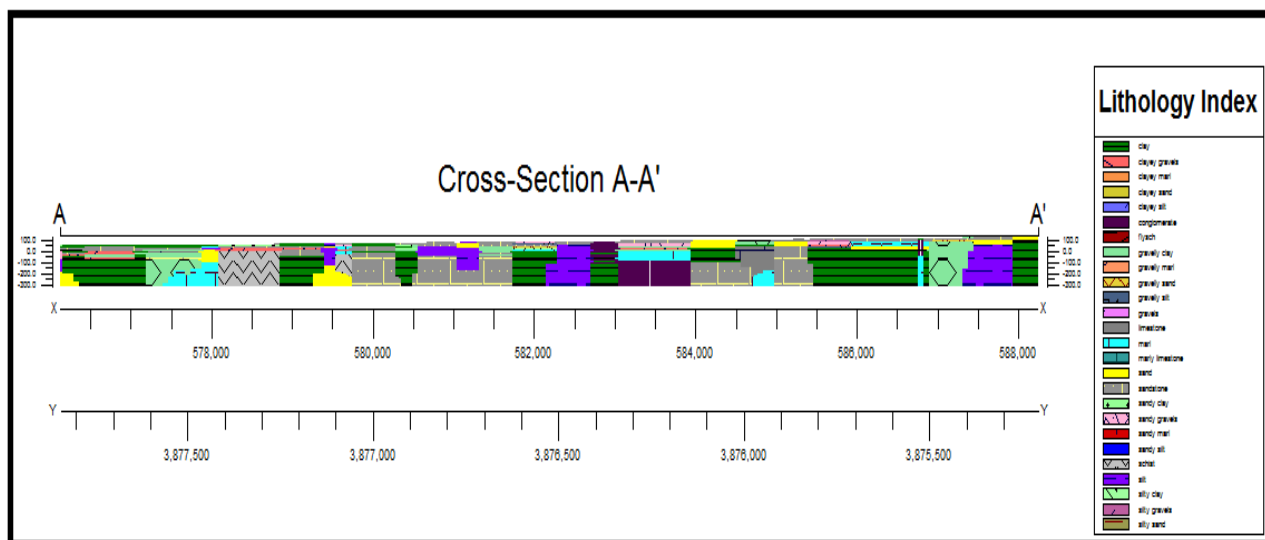


Εικόνα 2.9: Χάρτης παράλληλων και κάθετων τομών ως προς την διεύθυνση των ρηγμάτων (Ιωάννου, 2018).

Επιλέχθηκε η τομή 1 από της εργασία της Ιωάννου (2018), γιατί καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση σε σχέση από τις υπόλοιπες τομές, αφού ξεκινάει από ΒΔ προς ΝΑ της περιοχής ενδιαφέροντος ώστε να υπάρξουν λιθοστρωματογραφικά και λιθολογικά δεδομένα για την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας.



Εικόνα 2.10: Λιθοστρωματογραφικό προφίλ πρώτης τομής, με κλίμακα 1:1, και υπόμνημα των λιθοστρωματογραφικών ενοτήτων (Ιωάννου, 2018).



Εικόνα 2.11: Λιθολογικό προφίλ πρώτης τομής ,με κλίμακα 1:1, και το υπόμνημα λιθολογίας (Ιωάννου, 2018).

Σύμφωνα με την Ιωάννου (2018), στην τομή 1 (Βλ. Εικόνα 2.9 μαύρο κύκλο), παρατηρώντας τις Εικόνες 2.10 και 2.11 υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ψαμμιτών συνεπώς υψηλότερη υδροπερατότητα. Υπάρχουν εναλλαγές της κλίσης της ενότητας του Υποβάθρου κυρίως όσο προχωράει η τομή από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά. Στην Εικόνα 2.11 η οποία αποτελεί το λιθολογικό προφίλ της τομής, οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή και ο άργιλος είναι τα πετρώματα τα οποία καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο χώρο. Μάλιστα, υπάρχει μια εναλλαγή αργίλου με ψαμμίτη. Επιπλέον, παρατηρείται ότι καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο ψαμμίτες, άργιλοι και άμμοι μέχρι το βάθος των 300m.

2.3.3 Αρχείο δεδομένων από Ε.Α.Γ.Μ.Ε.

Εκτός των δεδομένων από εργασίες που πραγματοποιήθηκαν στο Πολυτεχνείο Κρήτης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα δεκαεπτά (17) επιπλέον υδρογεωτρήσεις από μελέτη του Ε.Α.Γ.Μ.Ε (τέως Ι.Γ.Μ.Ε) του 2016, που βρίσκονται κοντά στη περιοχή μελέτης και έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά όπως είναι τα βάθη, οι θερμοκρασίες και τα πετρώματα στα οποία έχουν ανορυχθεί. Οι επιτόπιες μετρήσεις και τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων δειγμάτων νερού, για τα κύρια στοιχεία τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1.

Τα γεωλογικά τους στοιχεία αναφέρουν ότι οι γεωτρήσεις M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M11, M12, M14, M22, M23, M24, έχουν ανορυχθεί σε τεταρτογενείς αποθέσεις και η γεώτρηση M10 έχει ανορυχθεί σε νεογενείς αποθέσεις με μαργαϊκούς ασβεστόλιθους. Οι γεωτρήσεις A2, A5 έχουν ανορυχθεί σε ανθρακικά της Πίνδου και η γεώτρηση A3 σε φλύσχη.

Πίνακας 2.1: Οι επιτόπιες μετρήσεις και οι χημικές αναλύσεις των κύριων στοιχείων των γεωτρήσεων από αρχείο του Ε.Α.Γ.Μ.Ε, 2016.

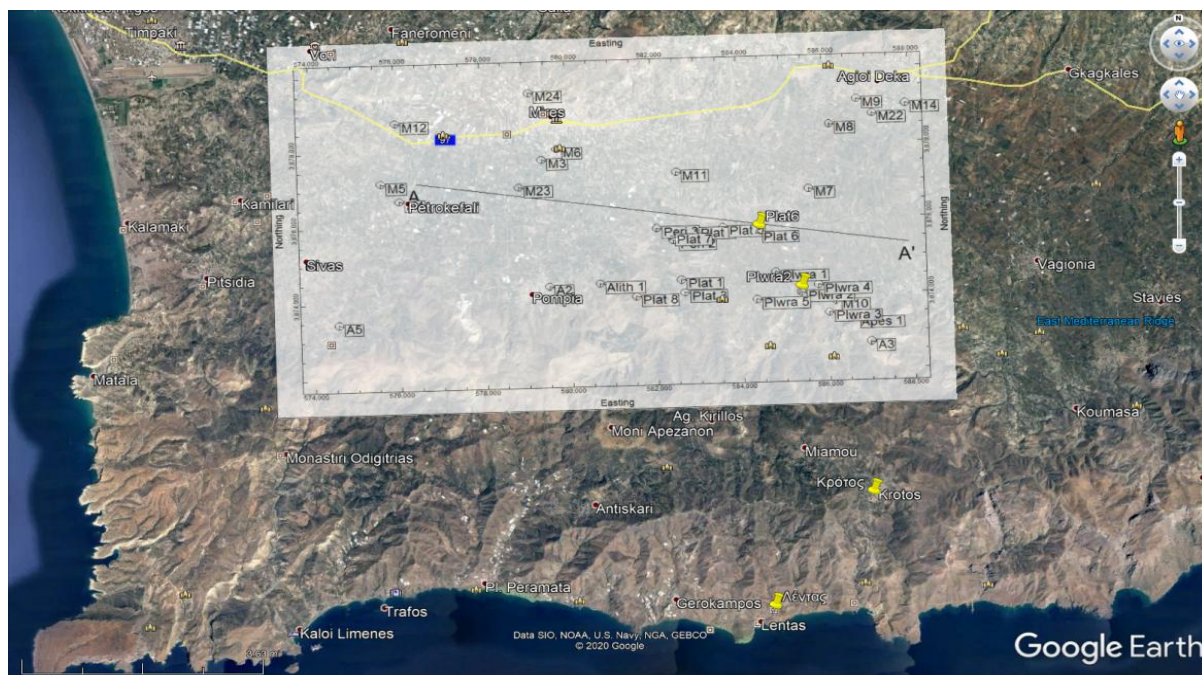
Όνομα Δείγματος	X	Y	Elevation	Well_Depth	Temp	pH_field	Cond	Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO3	SO4	NO3
	m	m	m(asl)	m	°C		μS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
M3-3	579403	3877722	53	55	16,6	7,7	1336	130,0	60,3	63,9	3,5	115,0	287,0	290,0	49,6
M3-4	579403	3877722	53	55	18,8	8,4	1181	127,0	53,8	61,3	3,9	104,0	297,0	277,0	31,0
M4-2	576052	3876704	58	80	22,2	7,7	737	72,1	24,3	39,8	7,8	74,5	195,0	101,0	18,6
M4-3	576052	3876704	58	80	23,4	8,4	727	56,9	35,3	45,0	9,1	82,3	200,0	117,0	9,3
M5-2	575630	3877172	38	27	20,7	7,5	1495	117,0	69,1	81,7	2,2	190,0	342,0	175,0	62,0
M5-3	575630	3877172	38	27	20	8,3	1454	173,0	45,8	84,0	3,0	179,0	375,0	161,0	93,0
M6-3	579755	3878002	59	150	19,6	7,5	1191	118,0	53,0	64,0	2,2	106,0	275,0	251,0	43,4
M6-5	579755	3878002	59	150	19,1	8,5	1091	121,0	39,3	60,0	3,5	97,1	291,0	215,0	18,6
M7-3	585619	3876792	97	80	14	7,2	730	83,4	21,4	32,4	2,6	63,8	237,0	77,7	24,8
M7-4	585619	3876792	97	80	18,9	8,2	886	98,8	27,6	43,4	2,6	70,9	301,0	107,0	18,6
M8-3	586136	3878492	115	103	18,3	7,3	994	116,0	21,9	56,2	3,9	95,7	256,0	151,0	31,0
M8-4	586136	3878492	115	103	19,7	8,2	1034	116,0	25,9	56,2	2,2	89,3	289,0	150,0	24,8
M9-3	586788	3879145	131	110	16,1	7,4	1304	170,0	29,7	58,8	10,4	95,7	260,0	315,0	43,4
M9-4	586788	3879145	131	110	20,7	8,1	1454	162,0	54,3	57,5	12,6	87,6	287,0	381,0	31,0
M10-3	586177	3873800	160	104	14,8	7,7	542	56,1	19,5	28,6	1,7	46,1	207,0	48,0	12,4
M10-4	586177	3873800	160	104	19	8,3	562	52,0	21,7	28,9	1,7	39,4	245,0	31,1	6,2
M11-3	582531	3877315	72	180	21	8,6	1113	88,0	59,7	67,7	3,0	117,0	285,0	183,0	37,2
M12-3	575999	3878771	26	200	18,5	7,4	1408	205,0	23,8	63,9	4,3	121,0	345,0	255,0	37,2
M12-4	575999	3878771	26	200	18,6	8,5	1340	135,4	72,5	63,9	3,9	115,0	389,0	292,0	24,8
M14-3	587929	3879002	127	90	15,4	7,4	952	97,8	28,2	58,8	2,2	99,3	222,0	136,0	43,4

M14-4	587929	3879002	127	90	18,7	8,4	1022	91,1	50,2	58,8	3,0	108,0	271,0	119,0	62,0
M22-2	587146	3878754	34	150	19,3	7,7	1206	105,0	42,3	79,2	7,4	128,0	317,0	165,0	37,2
M22-3	587146	3878754	34	150	19,3	8,3	1227	118,0	44,9	90,7	10,0	135,0	356,0	188,0	18,6
M23-3	578852	3877008	43	30	23,6	7	1091	115,0	37,0	59,8	3,1	99,3	262,0	207,0	31,0
M23-4	578852	3877008	43	30	18,8	8,6	1000	64,8	60,4	57,5	0,8	106,0	290,0	133,0	31,0
M24-3	579134	3879506	70	80	18,3	8,3	1431	133,0	75,2	74,1	0,8	128,0	355,0	323,0	31,0
A2-3	579508	3874365	174	175	21,9	7,5	535	80,2	8,8	21,2	1,3	42,5	243,0	23,2	9,3
A2-4	579508	3874365	174	175	21	8,2	511	35,0	36,0	20,9	1,7	41,5	244,0	18,6	6,2
A3-3	586976	3872702	335	60	21,1	7,2	709	88,2	18,5	29,1	1,7	49,6	232,0	102,0	6,2
A3-4	586976	3872702	335	60	26,7	8,3	727	41,8	57,6	33,7	2,2	52,1	267,0	126,0	0,0
A5-2	574573	3873460	156	250	17,2	7,5	1150	100,0	34,7	85,1	2,6	163,0	199,0	195,0	9,3
A5-3	574573	3873460	156	250	21,8	8,5	1340	82,6	70,1	114,0	3,9	197,0	234,0	287,0	3,1

2.4 Δείγματα από την περιοχή μελέτης

Συλλέχτηκαν δεκαοκτώ δείγματα νερού από ίσο αριθμό γεωτρήσεων κατά την υγρή περίοδο (Φεβρουάριος-Μάρτιος) του 2018 και δεκαεπτά δείγματα νερού κατά την ξηρή περίοδο (Σεπτέμβριος) του 2018. Τα δείγματα συλλέχτηκαν από τα χωριά Πλάτανο (14 δείγματα), Πέρι (6 δείγματα) Πλώρα (12 δείγματα), Αληθινή (2 δείγματα) και Απεσωκάρι (1 δείγμα). Οι συντεταγμένες της θέσης κάθε πηγής μετρήθηκαν με φορητό GPS, στο σύστημα ΕΓΣΑ'87. Η θερμοκρασία (T), η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.), το pH των δειγμάτων του νερού και τα Ολικώς Διαλυμένα Στερεά (Total Dissolved Solids, TDS) μετρήθηκαν επί τόπου, με φορητό όργανο. Στην εικόνα 2.12 φαίνονται τα σημεία δειγματοληψίας τόσο για την παρούσα εργασία όσο και για τη μελέτη του Ε.Α.Γ.Μ.Ε..

Η θερμοκρασία (T_w), η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C.), τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) και το pH των δειγμάτων νερού παρατίθενται στον Πίνακα 2.2 καθώς και το δυναμικό οξειδοαναγωγής και η σκληρότητα από τις αναλύσεις του εργαστηρίου.



Εικόνα 2.12: Εικόνα από Google Earth με απεικόνιση των θέσεων των γεωτρήσεων μελέτης

Πινάκας 2.2: Επιτόπιες μετρήσεις χαρακτηριστικών παραμέτρων για τα δείγματα του νερού της περιοχής ενδιαφέροντος.

Όνομα δείγματος	X m	Y m	Z m (asl)	T°C	pH (field)	Eh mV	El. Cond μS/cm.	TDS mg/L	Measured Hardness mg/L
Alith1-1	580686	3874421	228	23,8	6,9	237,7	1676	840	20
Alith1-2	580686	3874421	228	29	7,1	197	1810	900	18,3
Apes1-1	586591	3873333	265	23,3	7,4	206,2	564	274	21,1
Peri1-1	582036	3875832	85	21	7,25		1200		28,5
Peri1-2	582036	3875832	85	20,7	7,68	213,7	1143		29,4
Peri1-3	582036	3875832	85	23,9	7,64	267,7	1205	597	28,5
Peri1-4	582036	3875832	85	27,7	7	288,3	1650	820	21,4
Peri1-5	582036	3875832	85	21,1	6,9	225	1172	580	20
Peri1-6	582036	3875832	85	24,3	7,3	148	1190	580	18,2
Peri2-1	582412	3875507	91	27,3	7,26		1879		24,9
Peri2-2	582412	3875507	91	27,7	7,36	217,1	1987		27,6
Peri2-3	582412	3875507	91	29,3	7,57	267,4	2016	1017	27,6
Peri2-4	582412	3875507	91	27,7	7	288,6	2160	1070	19,9
Peri2-5	582412	3875507	91	27,5	6,9	223	2117	1089	9,1
Peri2-6	582412	3875507	91	28,9	7,06	152	2130	1420	21,3
Peri3-1	582036	3875832	85	22,4	7,34		1181		28,5
Peri3-2	582036	3875832	85	22	7,56	216,4	1102		27,6
Peri3-3	582036	3875832	85	24,1	7,58	264,1	1097	538	24,9
Peri3-4	582036	3875832	85	22,4	7,3	286,8	1130	560	20,2

Peri3-5	582036	3875832	85	24,2	7,1	237,8	1118	552	19,3
Peri3-6	582036	3875832	85	24,9	7,29	150	1568	1049	21,6
Plat1-1	582591	3874463	119	26,4	7,58		1471		26,7
Plat1-2	582591	3874463	119	27,6	7,33	211,5	1546		24,9
Plat1-3	582591	3874463	119	29,9	8,05	185,4	2143	1062	24
Plat1-4	582591	3874463	119	29,2	6,9	289,7	2410	1180	23,4
Plat1-5	582591	3874463	119	29,1	7,2	220	2257	1162	10,2
Plat1-6	582591	3874463	119	29	7,6	146	2300	1140	21
Plat2-1	582659	3874137	113	21,4	7,94		740		17,8
Plat2-2	582659	3874137	113	22,1	7,96	202,4	694		18,7
Plat2-3	582659	3874137	113	25	8,25	183,7	656	320	16
Plat3-1	582660	3874130	109	27,5	6,6	283	2180	1080	20,6
Plat3-2	582660	3874130	109	23,3	7,6	207	684	340	13,1
Plat3-3	582660	3874130	109	27,3	7,5	137,4	1900	970	19,7
Plat4-1	582909	3875786	85	22,4	6,9	220	955	478	18,5
Plat4-2	582909	3875786	85	24,2	7,37	127	1250	646	21,8
Plat5-1	583582	3875811	86	22,5	6,8	216	3190	1668	8,4
Plat5-2	583582	3875811	86	23,3	7,3	141	4000	1990	16,6
Plat6-1	584371	3875642	95	24,5	7,1	229	3594	1889	7,6
Plat6-2	584371	3875642	95	24,6	6,88	145	3470	2300	16,9
Plat7-1	582350	3875610	71	27	7	239	2171	1098	22,3
Plat7-2	582350	3875610	71	28,4	6,9	204,5	2250	1120	20,7
Plat8-1	581526	3874038	157	23,4	7,2	242	949	467	23,6

Plat8-2	581526	3874038	157	24,9	7,1	145	960	170	24,1
Plwra1-1	584803	3874591	124	23,5	7,2	197,5	1108	547	21,8
Plwra1-2	584803	3874591	124	26	7,6	183,7	1310	650	21,6
Plwra2-1	585372	3874046	143	21,9	7,6	208,5	666	325	15,7
Plwra2-2	585372	3874046	143	23,5	7,9	187,5	780	380	17,6
Plwra3-1	586031	3873495	174	22	7,4	203,9	572	277	14,5
Plwra3-2	586031	3873495	174	23	7,2	188	580	280	14,2
Plwra4-1	585794	3874246	138	23,4	7,4	216,1	550	267	15,7
Plwra4-2	585794	3874246	138	24,9	7,6	185,2	540	260	17,7
Plwra5-1	584333	3873896	139	22	7,2	211,4	723	353	19
Plwra5-2	584333	3873896	139	23,8	7,3	190,5	640	310	19,2
Plwra6-1	584669	3872679	214	20,6	7,2	223,7	604	293	12,1
Plwra6-2	584669	3872679	214	23,3	7,5	193,6	750	360	15

Τα δείγματα φιλτραρίστηκαν με φίλτρα πορώδους 0.45 μm , αποθηκεύτηκαν σε μπουκάλια υψηλής πυκνότητας πολυαιθυλενίου (HDPE) και συντηρήθηκαν με οξύνιση (HNO_3 2%). Η εργαστηριακή ανάλυση των κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων διεξήχθη με φασματοσκοπία επαγωγικώς συζευγμένης μάζας πλάσματος, ICPMS 7500cx, ενώ των ανιόντων με φασματοφωτομετρία.

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων για κύρια και δευτερεύοντα στοιχεία παρατίθενται στους Πίνακες 2.3 και 2.4, αντίστοιχα.

Πίνακας 2.3: Χημικές αναλύσεις κύριων στοιχείων δειγμάτων νερού της περιοχής ενδιαφέροντος

Όνομα δείγματος	Ca mg/L	Mg mg/L	Na mg/L	K mg/L	Cl mg/L	HCO ₃ mg/L	SO ₄ mg/L	F mg/L	SiO ₂ mg/L
Alith1-1	93,2	74,3	148,7	0,01	236,0	244,7	387,5	3,0	11,9
Alith1-2	90,6	44,8	110,3	4,87	262,0	223,6	425,0	2,6	56,3
Apes1-1	32,2	34,4	31,2	0,00	33,7	258,0	46,3	0,4	12,8
Peri1-1	142,6	35,0	24,3	0,85	117,8	348,8	137,0		13,3
Peri1-2	152,2	34,6	19,3	2,55	171,3	359,7	153,5	0,3	15,5
Peri1-3	150,3	30,2	25,6	1,89	163,6	348,8	148,8	0,8	16,4
Peri1-4	91,5	72,2	57,0	6,07	193,0	261,9	276,5	1,7	12,6
Peri1-5	96,3	38,8	52,9	0,00	147,9	245,2	197,4	0,3	14,4
Peri1-6	68,0	19,3	33,4	1,74	146,0	222,7	291,0	0,4	6,9
Peri2-1	109,1	54,0	65,9	2,47	147,0	305,2	349,5		6,6
Peri2-2	194,6	76,4	71,8	3,81	283,3	337,9	453,7	2,7	11,3
Peri2-3	92,9	32,9	46,6	2,84	333,0	337,9	554,4	3,8	6,9
Peri2-4	118,7	103,8	231,9	10,17	325,0	243,2	551,0	2,5	11,3
Peri2-5	103,6	50,9	158,1	0,00	303,1	111,1	477,0	2,7	9,7
Peri2-6	116,3	53,4	140,8	6,27	461,0	260,5	556,0	2,7	16,2
Peri3-1	109,8	29,6	21,3	0,61	111,2	348,8	125,2		9,6
Peri3-2	156,3	37,2	21,9	1,41	127,3	337,9	144,4	0,3	15,7
Peri3-3	77,6	13,4	11,5	1,12	146,8	305,2	141,8	0,7	6,9
Peri3-4	105,6	45,7	61,7	3,46	146,0	246,9	160,6	0,2	14,2
Peri3-5	85,6	40,7	56,4	0,00	141,4	236,3	180,8	0,4	12,9

Peri3-6	103,5	43,9	111,9	5,16	252,0	264,3	375,0	1,9	9,5
Plat1-1	108,7	48,8	45,1	2,18	142,2	327,0	302,0		8,6
Plat1-2	144,4	55,5	46,8	4,08	259,3	305,2	329,4	2,2	11,9
Plat1-3	70,8	23,3	33,3	2,07	357,3	294,3	588,7	4,1	4,7
Plat1-4	121,5	105,9	265,8	9,94	353,0	287,2	521,0	2,8	11,1
Plat1-5	108,8	58,6	183,9	0,00	338,1	125,2	530,0	3,1	10,4
Plat1-6	119,9	56,4	150,5	6,64	298,0	257,4	565,0	2,8	13,9
Plat2-1	29,0	36,8	18,5	3,47	60,8	218,0	60,8		12,9
Plat2-2	35,0	41,4	16,7	4,54	80,8	228,9	71,5	0,3	19,4
Plat2-3	10,3	9,8	5,7	1,52	101,5	196,2	78,0	0,7	7,2
Plat3-1	98,3	92,1	234,8	9,94	296,0	252,9	429,0	2,3	13,5
Plat3-2	23,7	31,5	25,1	0,00	75,8	160,8	95,1	0,2	20,9
Plat3-3	102,5	52,7	132,2	6,69	264,0	241,8	323,0	2,3	10,8
Plat4-1	81,5	14,6	28,3	0,00	88,6	226,5	108,0	0,5	17,8
Plat4-2	74,5	20,8	111,1	4,54	136,0	266,5	302,0	1,3	59,1
Plat5-1	303,5	44,1	120,5	0,00	222,4	102,5	1436,0	1,4	21,3
Plat5-2	334,4	76,7	217,1	9,66	471,0	203,7	1522,0	1,9	70,6
Plat6-1	329,6	40,1	159,9	0,00	215,9	92,8	1638,0	2,2	23,7
Plat6-2	337,1	42,0	163,5	5,71	247,0	207,3	1661,0	2,1	89,8
Plat7-1	124,4	96,5	206,7	0,03	335,6	273,7	524,0	3,4	11,4
Plat7-2	126,7	58,8	155,4	6,86	343,0	253,8	578,0	2,8	18,5
Plat8-1	82,8	50,9	55,6	0,00	67,3	289,3	199,7	0,4	18,7
Plat8-2	46,6	20,9	31,6	1,44	54,0	295,5	143,0	0,4	2,9

Plwra1-1	31,0	33,3	160,2	0,01	121,0	266,4	213,6	1,0	16,6
Plwra1-2	34,1	21,3	124,7	4,85	127,0	264,7	205,0	0,9	44,0
Plwra2-1	38,8	33,2	37,0	0,00	61,0	192,5	70,9	0,3	13,4
Plwra2-2	27,5	14,8	21,5	1,31	28,0	215,1	40,0	0,2	2,3
Plwra3-1	33,6	23,2	29,8	0,00	50,3	177,4	38,9	0,4	12,7
Plwra3-2	28,3	12,8	20,0	1,21	46,0	174,5	33,0	0,2	2,1
Plwra4-1	35,3	28,0	34,5	0,00	57,0	192,5	42,7	0,3	12,4
Plwra4-2	26,2	13,5	20,6	1,28	36,0	216,4	35,0	0,2	2,9
Plwra5-1	59,3	24,0	39,7	0,00	51,0	232,9	53,9	0,4	12,9
Plwra5-2	32,4	13,2	23,2	1,31	39,0	234,9	49,0	0,4	3,5
Plwra6-1	46,9	13,9	30,6	0,00	47,7	148,0	37,2	0,3	13,3
Plwra6-2	38,1	7,5	20,2	0,91	46,0	184,1	32,0	0,3	11,2

Πινάκας 2.4: Χημικές αναλύσεις ιχνοστοιχείων δειγμάτων νερού της περιοχής ενδιαφέροντος

Όνομα δείγματος	NO ₂	NO ₃	Al	As	B	Ba	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sr	Tl	U	V	Zn
	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/l	mg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	μg/L	mg/L	mg/L	μg/L	μg/L	μg/L
Alith1-1	0,002	1,16			0,08	0,03		2,2	0,3	0,01	0,038	334,8	4,9	0,4	1,7	8,0	5,9	0,002	5,9	1,5	15,8
Alith1-2	0,005	0,39			0,78	0,17		5,2	0,7	18,30		89,6	10,7			10,8		0,110	7,2		29,2
Apes1-1	0,002	0,48			0,03	0,08		1,2	0,0	0,01	0,001	0,8		0,3	1,6	3,9	0,3	0,002			3,4
Peril-1	0,002	13,30			0,02	0,07				0,01		0,1					0,4		1,1		45,3
Peril-2		9,88			0,02	0,07			0,0	0,01		1,7					0,4	0,007			33,2
Peril-3		9,00			0,02	0,08			0,1	0,01	0,006	0,3			2,1		0,5	0,001	1,6	1,3	48,6
Peril-4	0,010	1,48			0,02	0,07			0,0	0,01	0,008	1,2			3,9		8,5				97,0
Peril-5	0,006	11,22			0,04	0,07			0,0	0,00	0,007			0,3	1,5	4,4	0,5	0,002		0,8	31,0
Peril-6	0,003	10,90	0,87		0,38	0,48	1,76	1,1	0,2	18,20		11,7	2,3	0,2	0,2	10,8		0,060	1,8	0,8	29,7
Peri2-1	0,007	0,57			0,04	0,02			0,2	0,01	0,006	3,7	0,4				11,2		7,3		32,6
Peri2-2		0,03			0,05	0,03			0,4	0,02	0,004	18,7					16,8	0,005			-3,2
Peri2-3		0,58			0,02	0,03			0,1	0,01	0,004	17,6			2,3		14,5		2,0	0,2	7,8

Peri2-4		0,19			0,03	0,03			1,5	0,01	0,017	1,4					18,8				4,7
Peri2-5	0,012	2,10			0,14	0,02		0,4	0,4	0,01	0,013	17,8		0,7	1,6	4,8	14,5	0,000		3,4	8,7
Peri2-6	0,012	0,28			1,06	0,27		25,6	3,2	21,30		63,2	8,3			10,5		0,110	4,0		26,4
Peri3-1	0,006	11,20			0,02	0,05				0,01	0,006	4,0	6,1				0,5		2,9		97,9
Peri3-2	0,004	8,72			0,02	0,07			0,1	0,01		13,5					0,7	0,007			71,1
Peri3-3	0,004	8,07			0,01	0,06			0,1	0,00	0,006	15,1			2,3		0,5		2,1	0,2	34,7
Peri3-4		10,10			0,01	0,08		1,0	0,2	0,00	0,001	2,1					0,6				69,2
Peri3-5	0,016	8,14			0,05	0,06		10,7	0,3	0,00	0,021	19,7	2,8	0,6	2,0	4,3	1,1	0,002	1,0	0,1	93,9
Peri3-6	0,004	1,86			0,86	0,56		4,7	1,0	21,60	0,110	74,4	21,1		0,4	12,2		0,110	32,3		93,5
Plat1-1		0,09			0,03	0,03			0,0	0,01	0,075	2,8	0,8				5,1		0,4		6,1
Plat1-2	0,002				0,03	0,03			1,1	0,02	0,038	18,0					8,9	0,005			4,9
Plat1-3					0,02	0,02			0,2	0,01	0,003	11,6			2,0		11,0		0,1	0,0	
Plat1-4	0,002				0,03	0,02			0,7	0,01	0,005	28,9					16,4				24,2
Plat1-5	0,002	0,14			0,12	0,02		3,1	1,2	0,01	0,009	14,6			1,6	5,2	13,3	0,001		3,3	6,5
Plat1-6	0,004	0,07			1,09	0,12		2,8	4,6	21,00		4,5	5,9			10,8		0,110	1,3		15,8

Plat2-1	0,008	0,60			0,02	0,06				0,00	0,004	1,2					0,6		0,7	23,7	3,1
Plat2-2					0,02	0,10			0,1	0,01	0,015	10,6					0,8	0,009			-6,5
Plat2-3		0,05			0,01	0,05				0,00		2,6			2,0		0,6	0,003	0,1	4,4	
Plat3-1	0,003	0,81			0,02	0,04		1,7	0,5	0,01	0,006	23,4					12,3				53,0
Plat3-2	0,003				0,05	0,06			0,0	0,01	0,005	4,7		0,2	1,6		0,8	0,003		11,6	19,3
Plat3-3	0,004	0,01			1,08	0,29		8,7	4,0	19,70	0,010	3,2	7,1	0,8		14,5		0,170	1,6		108,2
Plat4-1	0,129	6,08	10		0,08	0,05			0,1	0,01	0,033	3,1		0,3	1,7	1,9	1,7	0,002	0,3	2,8	284,3
Plat4-2	0,049	0,61			3,79	0,22		3,5		21,80	0,037	3,8	7,8			29,6		0,220	1,5		28,9
Plat5-1	0,017	11,74	10		0,19	0,04			0,1	0,02	0,053	10,2	7,4	0,2	1,6	4,2	3,6	0,003		3,4	3,6
Plat5-2	0,307	5,29			4,13	0,40		5,2	0,6	16,60	1,007	4,5	12,8			39,5		0,260	2,0		4,5
Plat6-1	0,004	0,42		4,45	0,26	0,01		1,4	0,2	0,03	0,042	24,1	15,1	0,4	2,3	3,7	7,3	0,004		3,1	11,0
Plat6-2	0,010	0,53			3,42	0,05		3,8	1,7	16,90	0,320	2,5	25,2	1,0		29,7		0,210	1,9		40,3
Plat7-1	0,002	0,05			0,10	0,03		5,0	0,2	0,02	0,007	27,9	0,4		1,5	22,5	19,3	0,002			2,5
Plat7-2	0,006	0,09			1,04	0,23		5,6	1,5	20,70		38,1	8,4			10,9		0,110	2,1		35,7
Plat8-1	0,004	0,00			0,05	0,04		1,2	1,2	0,01	0,065	2,9	1,8	0,3	1,5	3,1	0,4	0,003			39,8

Plat8-2	0,006	0,39			0,40	0,28		1,0	9,3	24,10	0,250	2,0	2,2	1,0		15,7		0,840	0,2		20,6
Plwra1-1	0,016	1,34			0,28	0,05		2,5	0,0	0,03	0,003	13,4		0,3	1,6	4,8	5,6	0,003	1,1	3,4	4,8
Plwra1-2	0,046	1,41			3,01	0,41		2,2		21,60		33,5	4,2			15,5		0,130	2,4		
Plwra2-1		1,02			0,05	0,10		4,7	0,0	0,01	0,002	2,4		0,8	1,5	4,0	0,3	0,002			6,7
Plwra2-2	0,003	1,95	1,98		0,41	0,67		0,8	0,1	17,60		4,4	1,1	0,1		10,4		0,060	0,4	0,0	8,0
Plwra3-1		1,49			0,04	0,09		2,6	0,0	0,00	0,002	1,0		0,5	1,5	2,1	0,3	0,002			28,6
Plwra3-2	0,003	1,79	1,45		0,33	0,68		0,7	0,1	14,20		1,4	0,9	0,2		10,2		0,570	0,3	0,1	4,2
Plwra4-1	0,003	1,12			0,04	0,10		5,2	0,0	0,00	0,002	0,5		0,5	1,5	2,5	0,4	0,002			7,9
Plwra4-2	0,004	1,18	2,63		0,38	0,72	0,05	1,1	0,4	17,70		1,7	1,3	0,0		10,4		0,740	0,3		1,4
Plwra5-1	0,004	1,13			0,03	0,07		1,8	0,0	0,00	0,002	1,1		0,3	1,6	2,4	0,4	0,002	0,7		20,7
Plwra5-2	0,004	0,53	6,11		0,39	0,50		1,9	0,1	19,20	0,580	25,9	2,0			11,2		0,065	1,0		5,9
Plwra6-1	0,003	4,25			0,02	0,06		1,3	0,0		0,001	0,1		0,3	1,5	2,3	0,2	0,002			4,9
Plwra6-2	0,3	0,006	4,45	3,03		0,21	0,42	0,31	0,6	0,0	15,00		2,7	1,5	0,0		1,4		0,063	0,4	0,1

2.5 Επεξεργασία των δεδομένων

Τα δείγματα μελετήθηκαν ως προς:

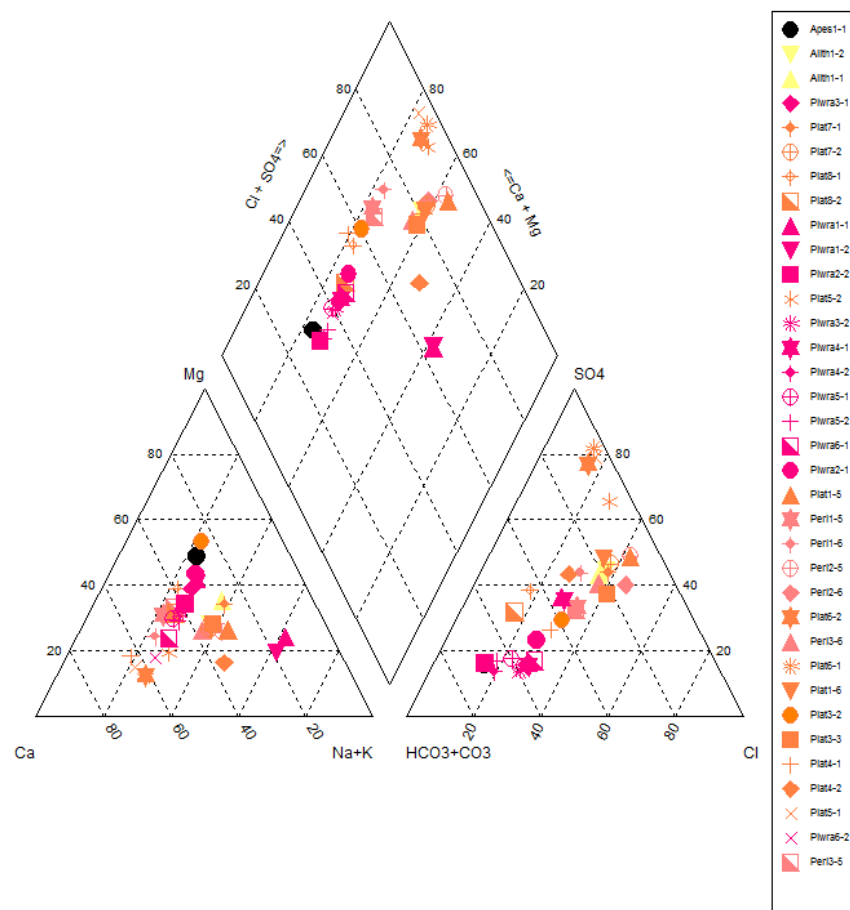
- a) την περιεκτικότητα τους σε κύρια ανιόντα και κατιόντα μέσω διαγραμμάτων Piper, Schoeller, διαγράμματα που περιγράφουν τη χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης των κύριων στοιχείων και διαγράμματα διασποράς και Ludwig Langelier,
- b) τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους (pH, θερμοκρασίας, TDS, κ.α.),
- c) τις ποιοτικές παραμέτρους (σκληρότητα, και δείκτες κορεσμού).

Το υπολογιστικό προγράμματα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το λογισμικό AQUACHEM της Waterloo Hydrogeologic, όπου δημιουργήθηκε βάση δεδομένων με τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων τόσο για κύρια στοιχεία όσο και για ιχνοστοιχεία.

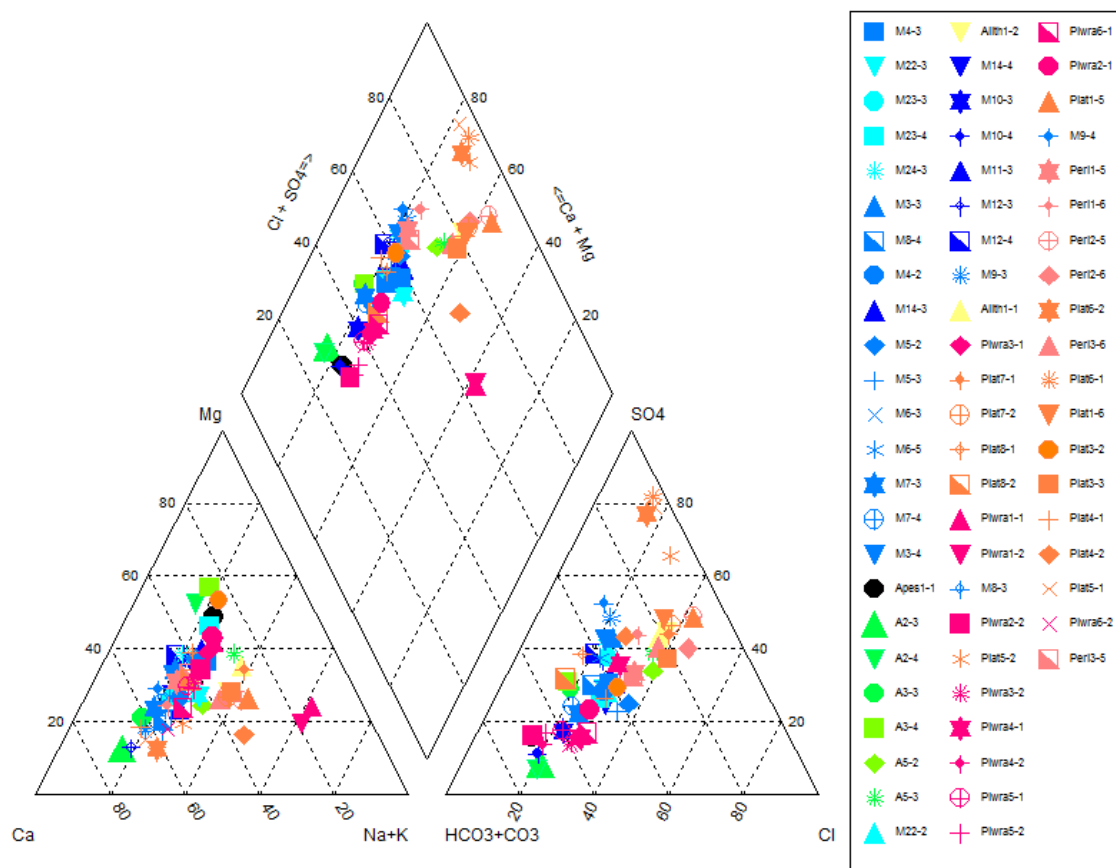
2.5.1 Υδροχημικά Διαγράμματα

2.5.1.1 Διαγράμματα Piper

Σύμφωνα με το διάγραμμα Piper, σχήματα 2.1 και 2.2, τα δείγματα νερού από τις γεωτρήσεις κυμαίνονται στις κατηγορίες ασβεστούχα προς μαγνησιούχα, όσο αφορά τα κατιόντα, και στις κατηγορίες ανθρακικά προς θειικά όσο αφορά τα ανιόντα. Στο σύνολο των ιόντων τους κατατάσσονται στις κατηγορίες μαγνησιούχων-ασβεστούχων και χλωροθειϊκών-ανθρακικών ορυκτών.



Σχήμα 2.1: Διάγραμμα Piper, απεικονίζεται η σύσταση των δειγμάτων νερού από όλες τις περιόδους δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης.



Σχήμα 2.2: Συνολικό διάγραμμα Piper των γεωτρήσεων από αρχείο Ε.Α.Γ.Μ.Ε. 2016 και δεδομένα που συλλέχθηκαν το 2018.

Στο Πίνακα 2.5, παρατηρούνται διαφορετικοί τύποι νερών ανάμεσα στις γεωτρήσεις αλλά και ανάμεσα στις περιόδους δειγματοληψίας της ίδιας γεώτρησης.

Πίνακας 2.5: Υδροχημικοί τύποι όλων των δειγμάτων των γεωτρήσεων στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος.

Όνομα Δείγματος	Water Type	Όνομα Δείγματος	Water Type
A2-3	Ca-HCO ₃ -Cl	Alith1-1	Na-Mg-Ca-SO ₄ -Cl-HCO ₃
A2-4	Mg-Ca-HCO ₃ -Cl	Alith1-2	Na-Ca-Mg-SO ₄ -Cl-HCO ₃
A3-3	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄	Apes1-1	Mg-Ca-Na-HCO ₃
A3-4	Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄	Peri1-5	Ca-Mg-Na-Cl-SO ₄ -HCO ₃
A5-2	Ca-Na-Mg-Cl-SO ₄ -HCO ₃	Peri1-6	Ca-SO ₄ -Cl-HCO ₃
A5-3	Mg-Na-Ca-SO ₄ -Cl-HCO ₃	Peri2-5	Na-Ca-Mg-SO ₄ -Cl
M10-3	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl	Peri2-6	Na-Ca-Cl-SO ₄
M10-4	Ca-Mg-Na-HCO ₃	Peri3-5	Ca-Mg-Na-Cl-HCO ₃ -SO ₄
M11-3	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Peri3-6	Ca-Na-Mg-SO ₄ -Cl-HCO ₃
M12-3	Ca-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plat1-5	Na-Ca-Mg-SO ₄ -Cl
M12-4	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plat1-6	Na-Ca-Mg-SO ₄ -Cl-HCO ₃
M14-3	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plat3-2	Mg-Ca-HCO ₃ -Cl-SO ₄
M14-4	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Plat3-3	Na-Ca-Mg-Cl-SO ₄ -HCO ₃
M22-2	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Plat4-1	Na-Ca -HCO ₃ -SO ₄ -Cl
M22-3	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plat4-2	Na-Ca-SO ₄ -HCO ₃ -Cl
M23-3	Ca-Mg-Na-SO ₄ -HCO ₃ -Cl	Plat5-1	Ca-SO ₄ -Cl
M23-4	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Plat5-2	Ca-Na-SO ₄ -Cl
M24-3	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃ -Cl	Plat6-1	Ca-Na-SO ₄
M3-3	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃ -Cl	Plat6-2	Ca-SO ₄

M3-4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃ -Cl	Plat7-1	Na-Mg-Ca-SO ₄ -Cl
M4-2	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plat7-2	Na-Ca-Mg-SO ₄ -Cl
M4-3	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plat8-1	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄
M5-2	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Plat8-2	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Cl
M5-3	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Plwra1-1	Na-Mg-SO ₄ -HCO ₃ -Cl
M6-3	Ca-Mg-Na-SO ₄ -HCO ₃ -Cl	Plwra1-2	Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl
M6-5	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plwra2-1	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄
M7-3	Ca-Mg-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Plwra2-2	Ca-Mg-Na-HCO ₃
M7-4	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plwra3-1	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -Cl
M8-3	Ca-Na-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plwra3-2	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl
M8-4	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -SO ₄ -Cl	Plwra4-1	Mg-Ca-Na-HCO ₃ -Cl
M9-3	Ca-SO ₄ -HCO ₃	Plwra4-2	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl
M9-4	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃	Plwra5-1	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl
		Plwra5-2	Ca-Mg-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄
		Plwra6-1	Ca-Na-Mg-HCO ₃ -Cl
		Plwra 6-2	Ca-Na-HCO ₃ -Cl

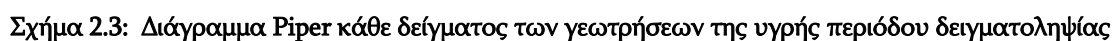
Από το διάγραμμα στο σχήμα 2.2 και τον πίνακα 2.5 προκύπτει ότι από τα ανιόντα HCO₃²⁻ και SO₄²⁻ βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις και αφού στα περισσότερα δείγματα υπερβαίνουν το 90% του συνόλου των ανιόντων θεωρούνται ως "κυρίαρχα" ιόντα. Έτσι, μπορούν να διακριθούν δύο κυρίως "χημικοί τύποι" υπόγειων νερών στην περιοχή.

α) Υπόγεια νερά " *οξυανθρακικού τύπου* ", στα οποία οι συγκεντρώσεις των ανιόντων ακολουθούν τη σειρά: $\text{HCO}_3^{2-} > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$

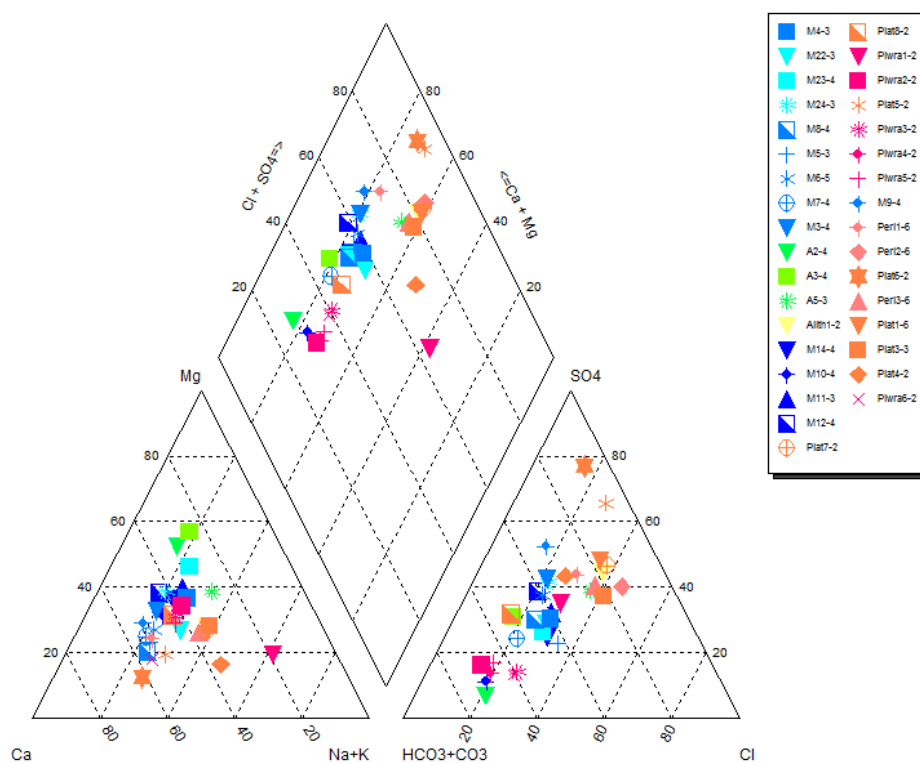
β) Υπόγεια νερά " *θειϊκού τύπου* ", στα οποία οι συγκεντρώσεις των ανιόντων ακολουθούν τη σειρά: $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^{2-}$.

Υπόγεια νερά "οξυανθρακικού τύπου" (" HCO_3 - τύπος") παρατηρήθηκαν στο 58,5% των δειγμάτων υπόγειων νερών. Υπόγεια νερά αυτού του τύπου συναντώνται σε υδροφορείς όπου υπάρχουν αργιλικά υλικά σε ιζηματογενή πετρώματα. Σε ποσοστό 35,4% των υπογείων νερών χαρακτηρίστηκαν ως «θειϊκά» (" SO_4 - τύπος").

Και στους δύο τύπους των υπόγειων νερών η κατάταξη των κατιόντων συνήθως ήταν $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+$ σε ποσοστό 63,1%. Αντίθετα σε ορισμένες περιπτώσεις, στην ίδια γεώτρηση, σε δεύτερη δειγματοληψία, τα δείγματα νερού είχαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε μαγνήσιο οπότε η σειρά των κατιόντων ήταν $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+$, όπως είναι στις A2-4, A3-4, A5-3, M11-3, M23-4, M4-3, Apes1-1, Plat3-2, Plat8-1, Plwra3-, Plwra4-1. Τέλος, στις γεωτρήσεις Alith1, Peri2, Plat1, Plat4, Plat7 και Plwra1, η περιεκτικότητα σε νάτριο ήταν μεγαλύτερη από ότι σε άλλα κατιόντα και η σειρά συγκεντρώσεων που διαπιστώθηκε ήταν $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$.



60

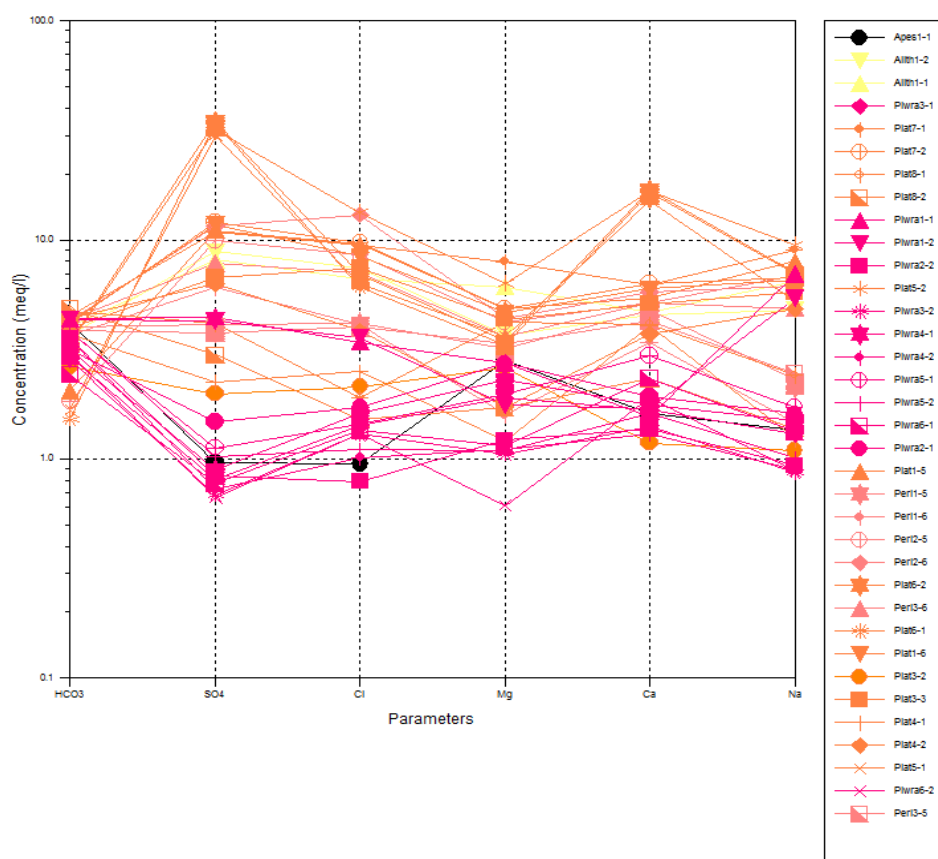


Σχήμα 2.4: Διάγραμμα Piper κάθε δείγματος των γεωτρήσεων της ξηρής περιόδου δειγματοληψίας

Για τις ξηρές περιόδους (07/06/2015, 29/06/2016, 09/09/2017 και 24/09/2018) παρατηρούνται οι εξής ομαδοποιήσεις στο Σχήμα 2.4. Στο τρίγωνο των κατιόντων, τα δείγματα κατατάσσονται στην κατηγορία μικτής σύστασης ασβεστούχων-μαγνησιούχων εκτός του δείγματος Plwra1 όπου βρίσκεται στην κατηγορία νάτριο-καλιούχων. Στο τρίγωνο των ανιόντων, τα δείγματα κατατάσσονται στην κατηγορία μικτής σύστασης ανθρακικών-θειικών εκτός των δειγμάτων Plat5 και Plat6 όπου ανήκουν στα θειικά. Το σύνολο των ιόντων έχει την τάση από ασβεστούχα-μαγνησιούχα-ανθρακικά προς ασβεστούχα-μαγνησιούχα, χλώριο-θειικά εκτός του δείγματος Plwra1 που ανήκει στην κατηγορία κάλιο-νατριούχο χλώριο-θειικό.

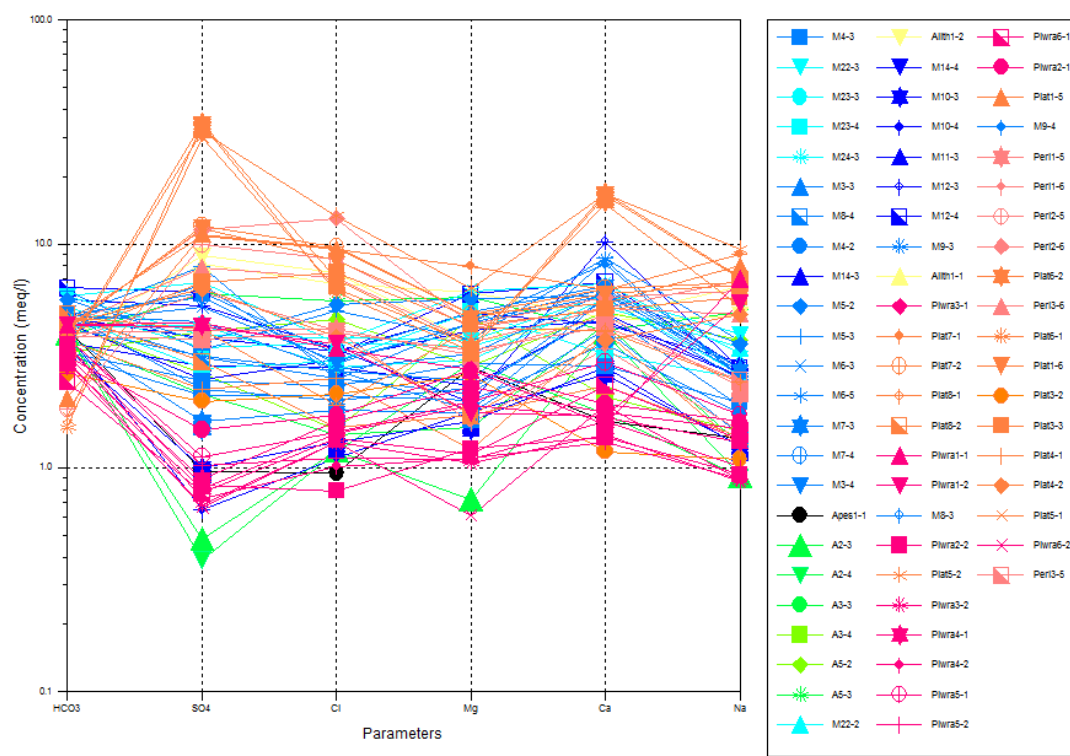
2.5.1.2 Διαγράμματα Schoelller

Όταν η καμπύλη αυτή έχει το κυρτό μέρος προς τα επάνω το νερό είναι υφάλμυρο, ενώ όταν έχει το κοίλο είναι γλυκό νερό. Ακόμη όσο πιο «πάνω» βρίσκεται αυτή τόσο πιο μεγάλη είναι η συνολική περιεκτικότητα σε ιόντα, ουσιαστικά δηλαδή το *T.D.S.* (Σούλιος, 2006).

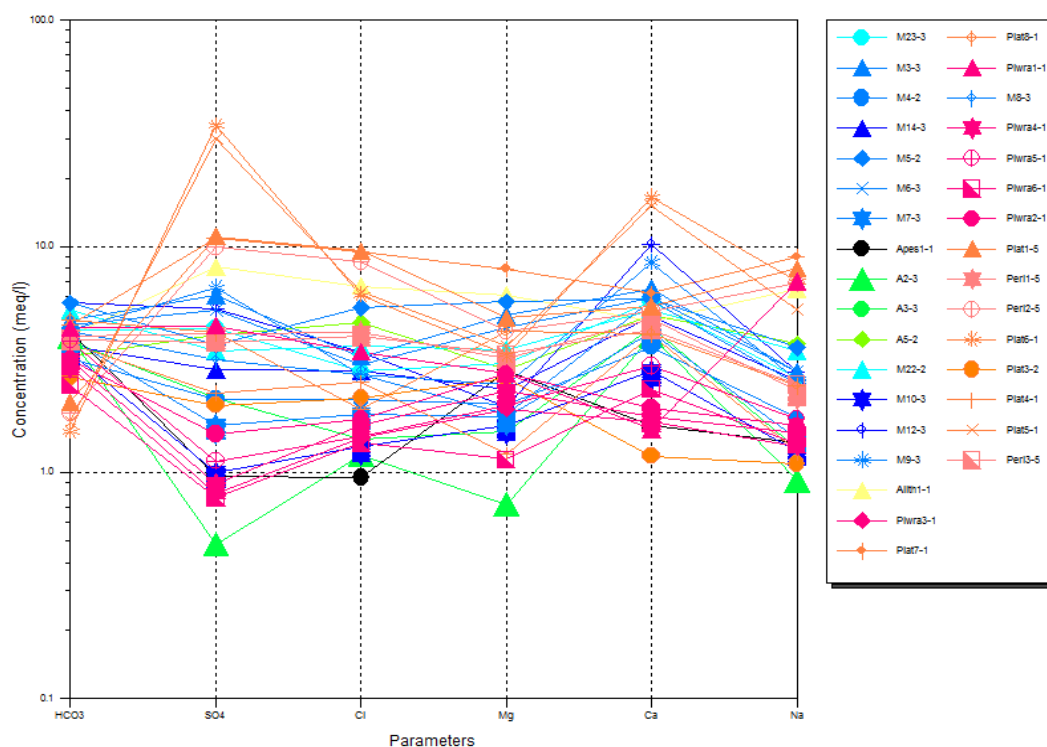


Σχήμα 2.5: : Διάγραμμα Schoeller, απεικονίζεται η σύσταση των δειγμάτων νερού από όλες τις περιόδους δειγματοληψίας της περιοχής μελέτης.

Το διάγραμμα Schoeller, (σχήμα 2.5), δείχνει ότι στην περιοχή υπάρχουν γεωτρήσεις που αντλούν νερά διαφορετικής σύστασης ακόμα και όταν πρόκειται για την ίδια γεώτρηση σε διαφορετική περίοδο δειγματοληψίας.



Σχήμα 2.6: Συνολικό διάγραμμα Schoeller των γεωτρήσεων από αρχείο Ε.Α.Γ.Μ.Ε. 2016 και δεδομένα που συλλέχθηκαν το 2018.

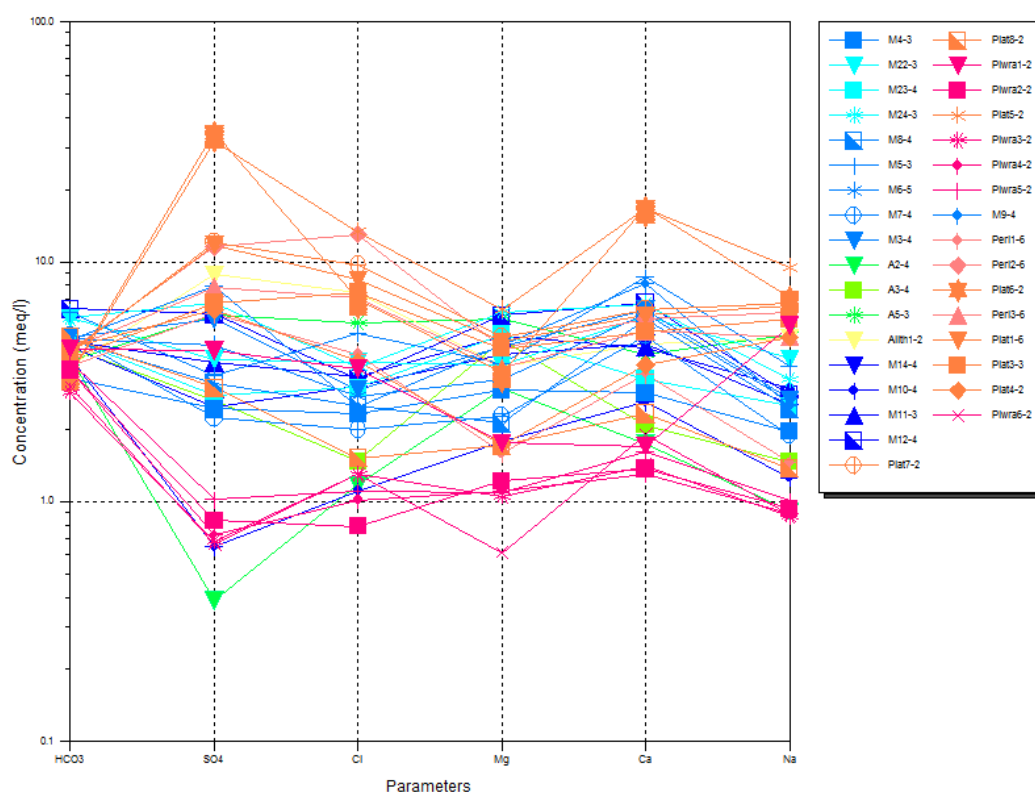


Σχήμα 2.7: Διάγραμμα Schoeller κάθε δείγματος των γεωτρήσεων της υγρής περιόδου δειγματοληψίας

Στο σχήμα 2.7 διακρίνεται ότι η συγκέντρωση των νερών σε κύρια στοιχεία κατά την υγρή περίοδο παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις. Πιο συγκεκριμένα:

1. Τα ανθρακικά ιόντα κυμαίνονται 100-400 mg/L,
2. τα θειικά ιόντα κυμαίνονται 30-2000 mg/L,
3. τα ιόντα χλωρίου κυμαίνονται 30-300 mg/L,
4. τα ιόντα μαγνησίου κυμαίνονται 10-100 mg/L,
5. τα ιόντα ασβεστίου κυμαίνονται 20-400 mg/L και
6. τα ιόντα νατρίου κυμαίνονται 20-200 mg/L.

Οι διακυμάνσεις μεταξύ των δειγμάτων είναι σχετικά μεγάλες και μεταξύ των γεωτρήσεων τα νερά διαφέρουν πολύ πχ στην περίπτωση των θειικών όπου οι υδρογεωτρήσεις Plat 5 και Plat 6 φτάνουν τα 2000 mg/L. Τα δείγματα αυτά παρουσιάζουν και τις υψηλότερες τιμές των TDS.



Σχήμα 2.8: Διάγραμμα Schoeller κάθε δείγματος των γεωτρήσεων της ξηρής περιόδου
δειγματοληψίας

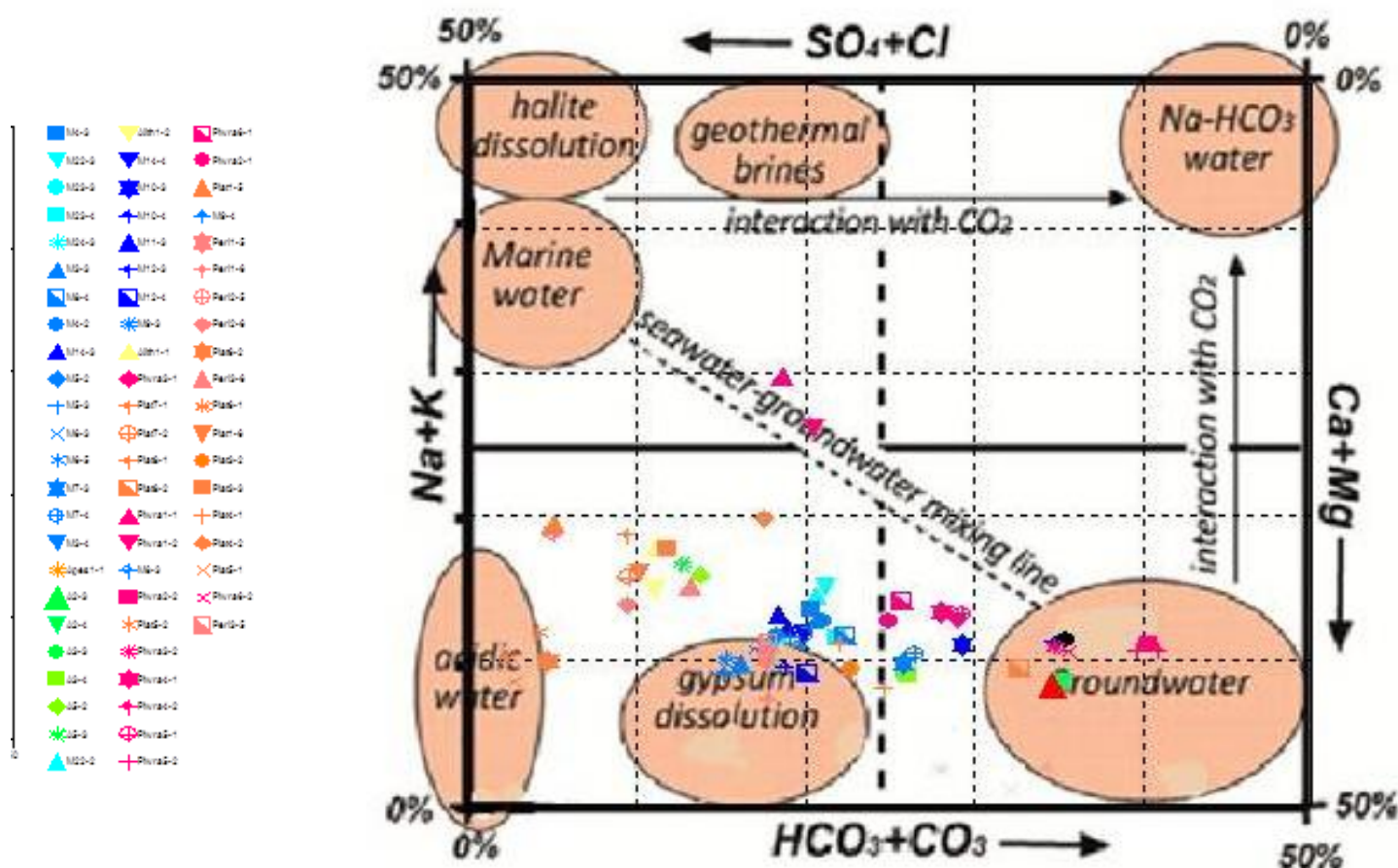
Το ίδιο ισχύει για τη σύσταση των νερών κατά την ξηρή περίοδο (σχήμα 2.8).

Πιο συγκεκριμένα:

1. Τα ανθρακικά ιόντα κυμαίνονται 150-200 mg/L,
2. τα θειικά ιόντα κυμαίνονται 30-2000 mg/L,
3. τα ιόντα χλωρίου κυμαίνονται 20-500 mg/L,
4. τα ιόντα μαγνησίου κυμαίνονται 8-100 mg/L,
5. τα ιόντα ασβεστίου κυμαίνονται 10-500 mg/L και
6. τα ιόντα νατρίου κυμαίνονται 7-200 mg/L.

Οι διαφορές είναι μικρής τάξεως εκτός της περίπτωση των θειικών όπου οι υδρογεωτρήσεις Plat 5 και Plat 6 φτάνουν τα 2000 mg/L. Τα δείγματα αυτά παρουσιάζουν και τις υψηλότερες τιμές των TDS.

2.5.1.3 Διάγραμμα Ludwig Langelier



Σχήμα 2.9: Διάγραμμα Ludwig Langelier, παρίστανται οι συστάσεις των δειγμάτων νερού από την ευρύτερη περιοχή μελέτης

Στο διάγραμμα L.L., σχήμα 2.9, διακρίνονται τέσσερις (4) κατηγοριοποιήσεις των δειγμάτων νερού:

1. Τα δείγματα που βρίσκονται ανάμεσα στο 20-50 % % meq SO_4 ανήκουν στην κατηγορία των νερών που περιέχουν διαλυμένο γύψο.
2. Τα δείγματα που βρίσκονται πάνω από 30 % meq HCO_3 ανήκουν στην κατηγορία των υπόγειων νερών .
3. Τα δείγματα που τείνουν να βρεθούν στην διαγώνιο που ορίζει την ανάμειξη του υπόγειου με το θαλασσινό νερό.

4. Τα δείγματα που βρίσκονται κοντά στο 0% meq HCO₃ ανήκουν στην κατηγορία των όξινων νερών.

2.5.2 Βαθμοί κορεσμού

Όταν το νερό κινείται σε ανθρακικά ή γυψούχα πετρώματα τα διαλύει μέχρι όπου κορεστεί σε ασβεστίτη και δολομίτη ή σε γύψο αντίστοιχα. Η γνώση του βαθμού κορεσμού του νερού στα παραπάνω ορυκτά είναι πολύ χρήσιμη γιατί εκτός του ότι είναι ένας δείκτης του χρόνου επαφής του νερού με τα ορυκτά αυτά, έχει επίσης μεγάλη σημασία για την ποσοτική εκτίμηση της ικανότητας του να διαβρώνει ή να αποθέτει άλατα, κυρίως CaCO₃. Το υπόγειο νερό είναι σε ισορροπία μ' ένα ορυκτό εάν ο δείκτης κορεσμού είναι ίσος με μηδέν, ακόρεστο εάν ο δείκτης είναι αρνητικός και υπέρκορο εάν είναι θετικός (Λαμπράκης, 2010). Στον πίνακα 2.6 φαίνονται οι βαθμοί κορεσμού σε ανυδρίτη, ασβεστίτη, δολομίτη, γύψο και χαλαζία.

Πίνακας 2.6: Οι βαθμοί κορεσμού σε διάφορα ορυκτά κάθε δείγματος νερού της περιοχής ενδιαφέροντος

Sample ID	SI (Anhydrite)	SI (Calcite)	SI (Dolomite)	SI (Gypsum)	SI (Quartz)
Alith1-1	-1.4	-0.4	-0.6	-1.1	0.3
Alith1-2	-1.3	-0.3	-0.5	-1.1	0.5
Apes1-1	-2.5	-0.2	0.0	-2.3	0.3
Peri1-1	-1.5	0.3	0.3	-1.3	0.4
Peri1-2	-1.5	0.8	1.2	-1.3	0.5
Peri1-3	-1.5	0.8	1.2	-1.3	0.4
Peri1-4	-1.5	-0.2	-0.1	-1.3	0.3
Peri1-5	-1.5	-0.2	-1.1	-1.3	0.7
Peri1-6	-1.5	-0.1	-0.4	-1.3	0.6
Peri2-1	-1.5	-0.2	-1.1	-1.3	0.7
Peri2-2	-1.5	-0.2	-1.1	-1.3	0.7
Peri2-3	-1.5	-0.2	-1.1	-1.3	0.7
Peri2-4	-1.5	-0.2	-1.1	-1.3	0.7
Peri2-5	-1.2	-0.7	-1.3	-1.0	0.2
Peri2-6	-1.2	-0.1	-0.3	-0.9	0.5
Peri3-1	-1.7	0.3	0.4	-1.4	0.2
Peri3-2	-1.5	0.7	1.0	-1.3	0.4
Peri3-3	-1.7	0.4	0.4	-1.5	0.1
Peri3-4	-1.6	0.1	0.2	-1.4	0.4

Peri3-5	-1.6	-0.2	-0.3	-1.4	0.3
Peri3-6	-1.3	0.1	0.2	-1.1	0.6
Plat1-1	-1.4	0.5	1.1	-1.1	0.1
Plat1-2	-1.2	0.4	0.7	-1.0	0.2
Plat1-3	-1.3	0.7	1.3	-1.1	-0.2
Plat1-4	-1.2	-0.2	-0.1	-1.0	0.2
Plat1-5	-1.2	-0.3	-0.5	-1.0	0.2
Plat1-6	-1.1	0.4	0.9	-0.9	0.5
Plat2-1	-2.4	0.2	0.8	-2.2	0.4
Plat2-2	-2.3	0.3	1.0	-2.1	0.5
Plat2-3	-2.7	0.1	0.5	-2.5	0.0
Plat3-1	-1.3	-0.6	-0.9	-1.1	0.3
Plat3-2	-2.3	-0.3	-0.2	-2.1	0.5
Plat3-3	-1.4	0.3	0.7	-1.2	0.7
Plat4-1	-1.8	-0.4	-1.2	-1.5	0.5
Plat4-2	-1.5	0.1	-0.1	-1.2	1.0
Plat5-1	-0.5	-0.6	-1.7	-0.3	0.6
Plat5-2	-0.5	0.3	0.2	-0.3	1.2
Plat6-1	-0.5	-0.3	-1.1	-0.2	0.6
Plat6-2	-0.4	-0.1	-0.9	-0.2	1.0
Plat7-1	-1.2	-0.1	0.0	-1.0	0.2
Plat7-2	-1.1	-0.2	-0.5	-0.9	0.5
Plat8-1	-1.6	0.0	0.1	-1.4	0.5
Plat8-2	-1.9	-0.3	-0.6	-1.7	0.7
Plwra1-1	-2.0	-0.5	-0.6	-1.7	0.4
Plwra1-2	-1.9	0.0	0.2	-1.7	0.7
Plwra2-1	-2.2	-0.1	0.1	-2.0	0.4
Plwra2-2	-2.6	0.2	0.5	-2.3	0.6
Plwra3-1	-2.5	-0.3	-0.5	-2.3	0.3
Plwra3-2	-2.6	-0.6	-1.2	-2.4	0.6
Plwra4-1	-2.5	-0.3	-0.3	-2.2	0.3
Plwra4-2	-2.6	-0.1	-0.1	-2.4	0.5
Plwra5-1	-2.2	-0.2	-0.5	-1.9	0.4
Plwra5-2	-2.4	-0.3	-0.6	-2.2	0.6
Plwra6-1	-2.4	-0.5	-1.2	-2.1	0.4
Plwra6-2	-2.5	-0.1	-0.6	-2.3	0.6

2.5.3 Δείκτης SAR (συντελεστής προσρόφησης Νατρίου)

Ο δείκτης SAR χρησιμοποιείται ως κριτήριο καταλληλότητας του νερού σε άρδευση και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}, \text{ με τις συγκεντρώσεις των ιόντων να είναι εκφρασμένες σε meq/lit.}$$

Ανάλογα με την τιμή SAR και την τιμή της ειδικής ηλεκτρικής τους αγωγιμότητας τα νερά άρδευσης, διακρίνονται σε τέσσερις κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές για EC = 100 μS/cm είναι:

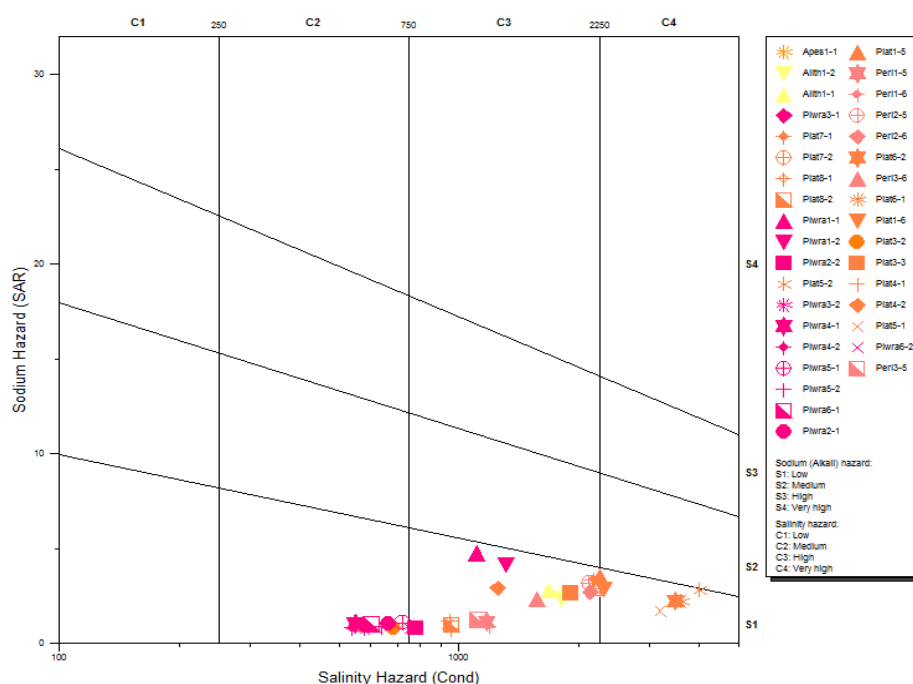
- i. Κατηγορία 1. SAR<10, κίνδυνος νατρίωσης μικρός

- ii. Κατηγορία 2. $10 < SAR < 18$, κίνδυνος νατρίωσης μέσος.
- iii. Κατηγορία 3. $18 < SAR < 26$, κίνδυνος νατρίωσης μεγάλος.
- iv. Κατηγορία 4. $SAR > 26$, κίνδυνος νατρίωσης πολύ μεγάλος.

Ένα γενικό όριο χαρακτηρισμού των νερών άρδευσης ως επικίνδυνων για νατρίωση των εδαφών, θεωρείται η τιμή $SAR = 10-15$.

Οι τιμές SAR και EC εμφανίζουν μια αλληλεξάρτηση έτσι ώστε τα όρια επικινδυνότητας του SAR, μειώνονται δραστικά όσο η EC αυξάνει. Π.χ. για τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας $2250 \mu S/cm$, η τιμή SAR της κατηγορίας 1 γίνεται < 4 (Σινάνης, 2015).

Στο σχήμα 2.10 παρατηρείται ότι όλα τα δείγματα προβάλλονται στις περιοχές S1 (Μικρός κίνδυνος νατρίου) και C2 έως C4 (μέτριος έως πολύ υψηλός κίνδυνος αλατότητας).



Σχήμα 2.10 Διάγραμμα δείκτη SAR και αγωγιμότητας με τα δείγματα νερού από την περιοχή ενδιαφέροντος.

2.5.4 Συντελεστής Revelle

Ο συντελεστής Revelle αποτελεί κριτήριο της διείσδυσης του θαλασσινού νερού και ορίζεται από τον λόγο: $R = \frac{Cl}{CO_3 + HCO_3}$, σε meq/lit. Τιμές $R \geq 1$ αποτελούν ένδειξη της θαλάσσιας διείσδυσης. Στον πίνακα 2.7 παρουσιάζονται τα όρια του συντελεστή Revelle και ο χαρακτηρισμός του νερού. Στον πίνακα 2.8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του συντελεστή Revelle για τα δείγματα νερού από τις γεωτρήσεις της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 2.7: Χαρακτηρισμό βαθμού ρύπανσης νερού από τη θαλάσσια διείσδυση (Καλλέργης, 2000)

Συντελεστής Revelle	Χαρακτηρισμός νερού
<1	Καλό υπόγειο νερό χωρίς θαλάσσια διείσδυση
1-2	Ελαφρά ρυπασμένο νερό
2-6	Μέτρια ρυπασμένο νερό
6-10	Σοβαρά ρυπασμένο νερό
10-150	Επικίνδυνα ρυπασμένο νερό
>150	Θαλασσινό νερό

Πίνακας 2.8: Αποτελέσματα Συντελεστή Revelle για την κάθε γεώτρηση της περιοχής μελέτης

Όνομα δείγματος	Συντελεστής Revelle
Alith 1	1,86
Apes1	0,23
Peri1	0,95
Peri2	1,66
Peri3	0,96
Plat1	2,2
Plat3	1,13
Plat4	0,79
Plat5	3,91
Plat6	3,07
Plat7	1,13
Plat8	0,36
Plwra1	0,81
Plwra2	0,39
Plwra3	0,48
Plwra4	0,4
Plwra5	0,34
Plwra6	0,5

2.5.5 Ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Ένας απλός και σχετικά ακριβής τρόπος για την εκτίμηση της περιεκτικότητας του νερού άρδευσης σε άλατα, είναι η μέτρηση της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας (EC). Ο ίδιος δείκτης χρησιμοποιείται και για τον έλεγχο της περιεκτικότητας των εδαφών σε υδατοδιαλυτά άλατα, όπου ως όριο μεταξύ κανονικών και αλατούχων εδαφών έχει ορισθεί η τιμή των 4 dS/m (παλαιότερη μονάδα 4 mmho/cm) στο εκχύλισμα κορεσμού. Η αγωγιμότητα του εκχυλίσματος κορεσμού συσχετιζόμενη με εκείνη του νερού άρδευσης, είναι 2 έως και 10 φορές μεγαλύτερη, ακόμα και αν το έδαφος δεν δέχεται άλατα από οποιαδήποτε άλλη πηγή. Αυτό οφείλεται στην κατά κάποιο τρόπο «συμπύκνωση» του αρδευτικού νερού, εξαιτίας της εξάτμισής του από το έδαφος και της διαπνοής μιας ποσότητάς του από τα φυτά. Η χρησιμοποίηση επομένως νερού άρδευσης με μέση ή μεγάλη περιεκτικότητα σε άλατα, κάτω από συνθήκες που ευνοούν την

εξατμισοδιαπνοή, οδηγεί στη δημιουργία αλατούχων εδαφών, ακόμα και αν η στράγγιση του εδάφους είναι ικανοποιητική. Με βάση την τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και ανάλογα με τον κίνδυνο αλατώσεως των εδαφών, τα νερά άρδευσης κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες.

- i. Κατηγορία 1. $EC < 250 \mu S/cm$ (σύνολο αλάτων $< 160 mg/L$), κίνδυνος αλατώσεως μικρός.
- ii. Κατηγορία 1. $250 < EC < 750 \mu S/cm$ (σύνολο αλάτων $160-480 mg/L$), κίνδυνος αλατώσεως μέσος.
- iii. Κατηγορία 1. $750 < EC < 2.250 \mu S/cm$ (σύνολο αλάτων $480-1.440 mg/L$), κίνδυνος αλατώσεως μεγάλος.
- iv. Κατηγορία 1. $EC > 2.250 \mu S/cm$ (σύνολο αλάτων $> 1.440 mg/L$), κίνδυνος αλατώσεως μέγιστος (Σινάνης, 2015).

Στον πίνακα 2.9 παρουσιάζονται οι επιτόπιες μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τα δείγματα νερού της παρούσας εργασίας.

Πίνακας 2.9: Επί τόπιες μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας για κάθε γεώτρηση στη περιοχή μελέτης.

Όνομα δείγματος	El. Cond $\mu S/cm$.	Όνομα δείγματος	El. Cond $\mu S/cm$.	Όνομα δείγματος	El. Cond $\mu S/cm$.
Peri1-1	1200	Plat1-1	1471	Plwra1-1	1108
Peri1-2	1143	Plat1-2	1546	Plwra1-2	1310
Peri1-3	1205	Plat1-3	2143	Plwra2-1	666
Peri1-4	1650	Plat1-4	2410	Plwra2-2	780
Peri1-5	1172	Plat1-5	2257	Plwra3-1	572
Peri1-6	1190	Plat1-6	2300	Plwra3-2	580
Peri2-1	1879	Plat2-1	740	Plwra4-1	550
Peri2-2	1987	Plat2-2	694	Plwra4-2	540
Peri2-3	2016	Plat2-3	656	Plwra5-1	723
Peri2-4	2160	Plat3-1	2180	Plwra5-2	640
Peri2-5	2117	Plat3-2	684	Plwra6-1	604
Peri2-6	2130	Plat3-3	1900	Plwra6-2	750
Peri3-1	1181	Plat4-1	955	Alith1-1	1676
Peri3-2	1102	Plat4-2	1250	Alith1-2	1810
Peri3-3	1097	Plat5-1	3190	Apes1-1	564
Peri3-4	1130	Plat5-2	4000		

Peri3-5	1118	Plat6-1	3594		
Peri3-6	1568	Plat6-2	3470		
		Plat7-1	2171		
		Plat7-2	2250		
		Plat8-1	949		
		Plat8-2	960		

Η αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα υπόγεια ύδατα επηρεάζεται από την αύξηση των διαλυμένων αλάτων σε αυτά και της θερμοκρασίας, γι' αυτό και η μέτρηση της πρέπει να γίνεται κάτω από συγκεκριμένη θερμοκρασία. Έτσι η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνδέεται άμεσα με την ποσότητα και την φύσχη των διαλυμένων ηλεκτρολυτών. Στο γλυκό νερό, ενδεικτικές τιμές της αγωγιμότητας είναι 140-1100 $\mu S/cm$, στα υφάλμυρα νερά 2000-3000 $\mu S/cm$, ενώ στα υπεράλμυρα νερά 100000 $\mu S/cm$ (Παρασκάκη, 2014).

2.5.6 Ιοντικοί λόγοι

Οι ιοντικοί λόγοι παρέχουν πληροφορίες για την προέλευση των υπόγειων νερών. Πρόκειται για λόγους περιεκτικότητας διαφόρων ιόντων που εκφράζουν την ιοντική ισορροπία στο νερό. Οι τιμές των ιοντικών λόγων σχετίζονται με τον τύπο των περιβαλλόντων γεωλογικών σχηματισμών, ή τον τύπο των πετρωμάτων που διέσχισε το νερό, αλλά και με το βαθμό ανανέωσης του νερού ή ακόμα και με την ανάμιξή του με το θαλασσινό νερό. Στο πίνακα 2.10 παρουσιάζονται οι σημαντικότεροι ιοντικοί λόγοι και παρέχονται πληροφορίες σχετικά με την προέλευση των υπόγειων νερών για τα οποία ισχύουν οι τιμές των ιοντικών λόγων. Οι ιοντικοί λόγοι που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, είναι οι Mg/Ca , Na/Cl , και $Ca/CaSO_4$. Για την απεικόνιση των ιοντικών λόγων χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα διασποράς.

Πίνακας 2.10:: Τιμές των Ιοντικών Λόγων Na/Cl , Mg/Ca, Ca/SO₄ για τα δείγματα νερού από την περιοχή ενδιαφέροντος

Sample ID	Na/Cl	Ca/SO ₄	Mg/Ca
Alith1-1	0.63	0.24	0.80
Alith1-2	0.42	0.21	0.49
Apes1-1	0.93	0.70	1.07
Peri1-1	0.21	1.04	0.25
Peri1-2	0.11	0.99	0.23
Peri1-3	0.16	1.01	0.20
Peri1-4	0.30	0.33	0.79
Peri1-5	0.36	0.49	0.40
Peri1-6	0.23	0.23	0.28
Peri2-1	0.45	0.31	0.49
Peri2-2	0.25	0.43	0.39
Peri2-3	0.14	0.17	0.35
Peri2-4	0.71	0.22	0.87
Peri2-5	0.52	0.22	0.49
Peri2-6	0.31	0.21	0.46
Peri3-1	0.19	0.88	0.27
Peri3-2	0.17	1.08	0.24
Peri3-3	0.08	0.55	0.17
Peri3-4	0.42	0.66	0.43
Peri3-5	0.40	0.47	0.47
Peri3-6	0.44	0.28	0.42
Plat1-1	0.32	0.36	0.45
Plat1-2	0.18	0.44	0.38
Plat1-3	0.09	0.12	0.33
Plat1-4	0.75	0.23	0.87
Plat1-5	0.54	0.21	0.54
Plat1-6	0.50	0.21	0.47
Plat2-1	0.30	0.48	1.27
Plat2-2	0.21	0.49	1.18
Plat2-3	0.06	0.13	0.95
Plat3-1	0.79	0.23	0.94
Plat3-2	0.33	0.25	1.33
Plat3-3	0.50	0.32	0.51
Plat4-1	0.32	0.75	0.18
Plat4-2	0.82	0.25	0.28
Plat5-1	0.54	0.21	0.15
Plat5-2	0.46	0.22	0.23
Plat6-1	0.74	0.20	0.12
Plat6-2	0.66	0.20	0.12
Plat7-1	0.62	0.24	0.78
Plat7-2	0.45	0.22	0.46
Plat8-1	0.83	0.41	0.61
Plat8-2	0.59	0.33	0.45
Plwra1-1	1.32	0.15	1.07
Plwra1-2	0.98	0.17	0.63
Plwra2-1	0.61	0.55	0.85
Plwra2-2	0.77	0.69	0.54
Plwra3-1	0.59	0.86	0.69
Plwra3-2	0.44	0.86	0.45
Plwra4-1	0.61	0.83	0.79

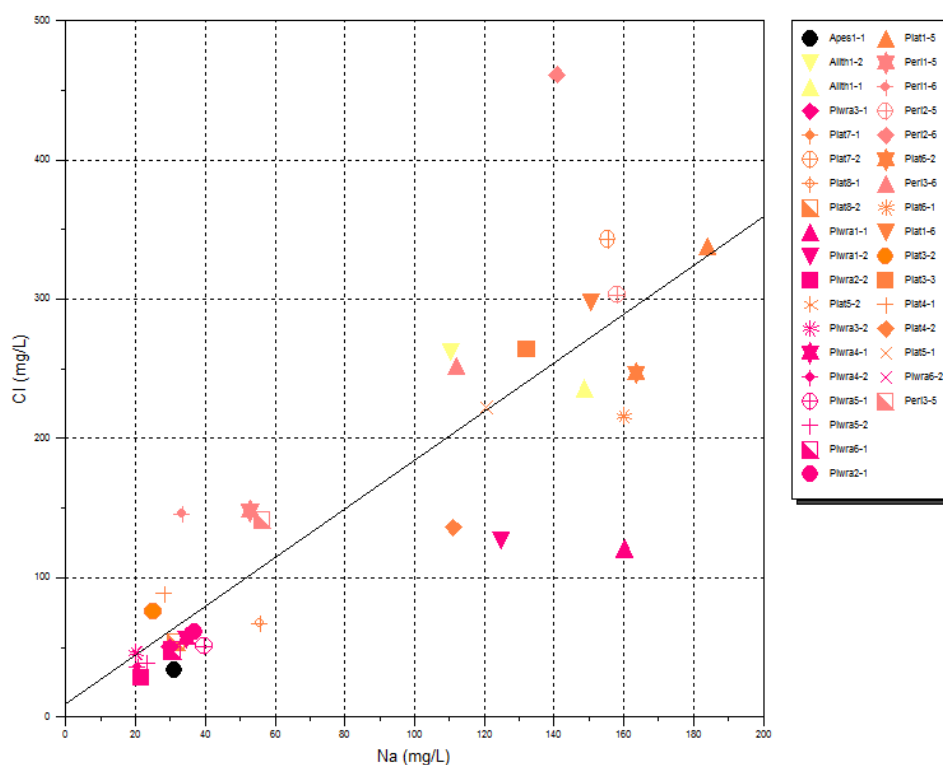
Plwra4-2	0.57	0.75	0.52
Plwra5-1	0.78	1.10	0.40
Plwra5-2	0.59	0.66	0.41
Plwra6-1	0.64	1.26	0.30
Plwra6-2	0.44	1.19	0.20

2.5.6.1 Ιοντικός λόγος Na/Cl

Ο λόγος Na/Cl στο υφάλμυρο νερό από θαλάσσια διείσδυση είναι συνήθως μικρότερος από ότι στο θαλασσινό νερό. Για το λόγο αυτό η παραπάνω σχέση σε συνδυασμό και με άλλες γεωχημικές παραμέτρους μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείκτης της θαλάσσιας διείσδυσης, ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις χλωρίου κατά τα πρώτα στάδια της θαλάσσιας διείσδυσης. Η τιμή της σχέσης αυτής στο θαλασσινό νερό είναι περίπου 0,876. Εάν η τιμή του είναι μεγαλύτερη του 1 τότε το νερό προέρχεται από υδροφόρους με αλκαλικά μαγματικά ή μεταμορφωμένα πετρώματα (ιοντική ανταλλαγή Ca και Mg με Na). Μικρή τιμή της σχέσης αυτής μαρτυρά ρύπανση του υδροφόρου από θαλάσσια διείσδυση.

- $\text{Na/Cl}=0.876\pm 10\%$ για κανονικό νερό
- $\text{Na/Cl}>1$ για νερό από αλκαλικά πυριγενή ή μεταμορφωμένα πετρώματα
- $\text{Na/Cl}<0.876\pm 10\%$ για υφαλμύρωση του υδροφορέα

Οι τιμές των κατιόντων Νατρίου προς τα ανιόντα Χλωρίου στα δείγματα των γεωτρήσεων κυμαίνονται από 0.06 έως 1.32, πίνακα 2.10, με όλους τους λόγους να είναι μικρότεροι ή και ίσοι με $0.876 \pm 10\%$ εκτός της γεώτρησης Plwra 1 με τιμές 0.98-1.32.



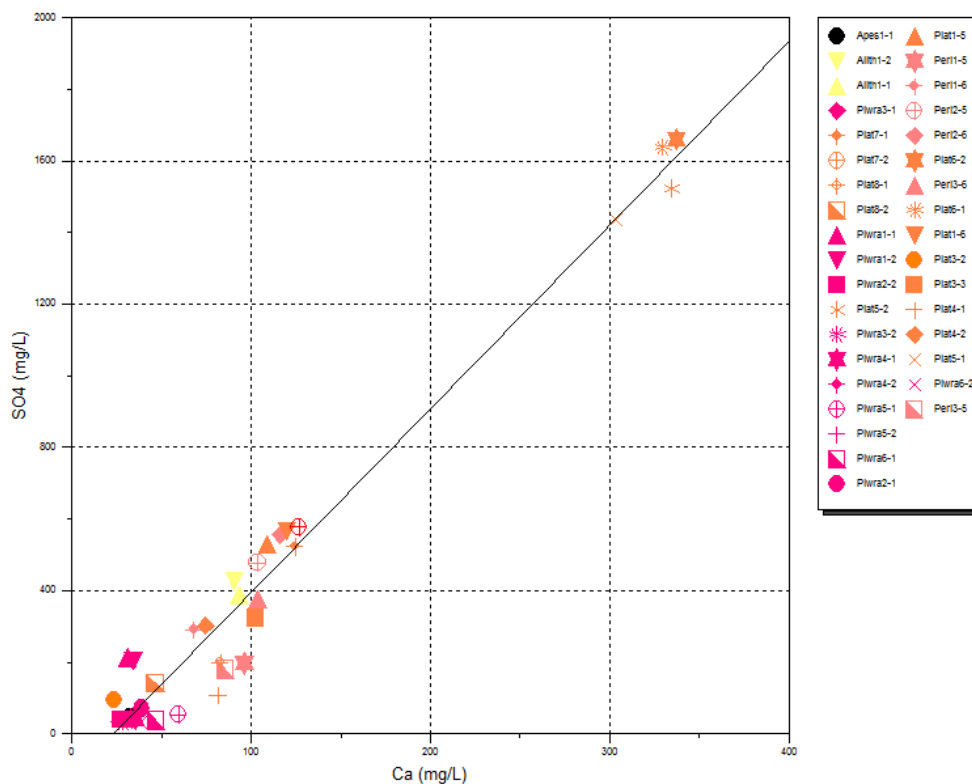
Σχήμα 2.11: Συνολικό διάγραμμα διασποράς, παρίστανται οι συστάσεις των δειγμάτων νερού από τις γεωτρήσεις που μελετώνται.

Στο σχήμα 2.11, φαίνεται ότι στη σχέση που περιγράφεται από την εξίσωση $Cl = 1,75 * Na + 9,8$ με $r = 87,6\%$, παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση.

2.5.6.2 Ιοντικός λόγος Ca/SO_4

Σύμφωνα με τον Vengosh et al (1997) το υφάλμυρο νερό από θαλάσσια διείσδυση χαρακτηρίζεται από μικρή τιμή του λόγου Na/Cl και μεγάλη τιμή (>1) του λόγου Ca/SO_4 .

Οι τιμές των κατιόντων Ασβεστίου προς τα ανιόντα των Θεικών στα δείγματα των γεωτρήσεων κυμαίνονται από 0.15 έως 1.26, πίνακα 2.10, με τους περισσότερους λόγους να είναι μικρότεροι από τη μονάδα εκτός των γεωτρήσεων Plwra 5 και Plwra 6. Αυτός ο ιοντικός λόγος χρειάστηκε για την επαλήθευση του παραπάνω λόγου, όπου παρατηρείται ότι καμία γεώτρηση δεν καλύπτει και τις δύο συνθήκες για να διαπιστωθεί ότι υπάρχει διείσδυση θαλασσινού νερού.



Σχήμα 2.12: Συνολικό διάγραμμα διασποράς παρίστανται οι συστάσεις των δειγμάτων νερού από την περιοχή μελέτης

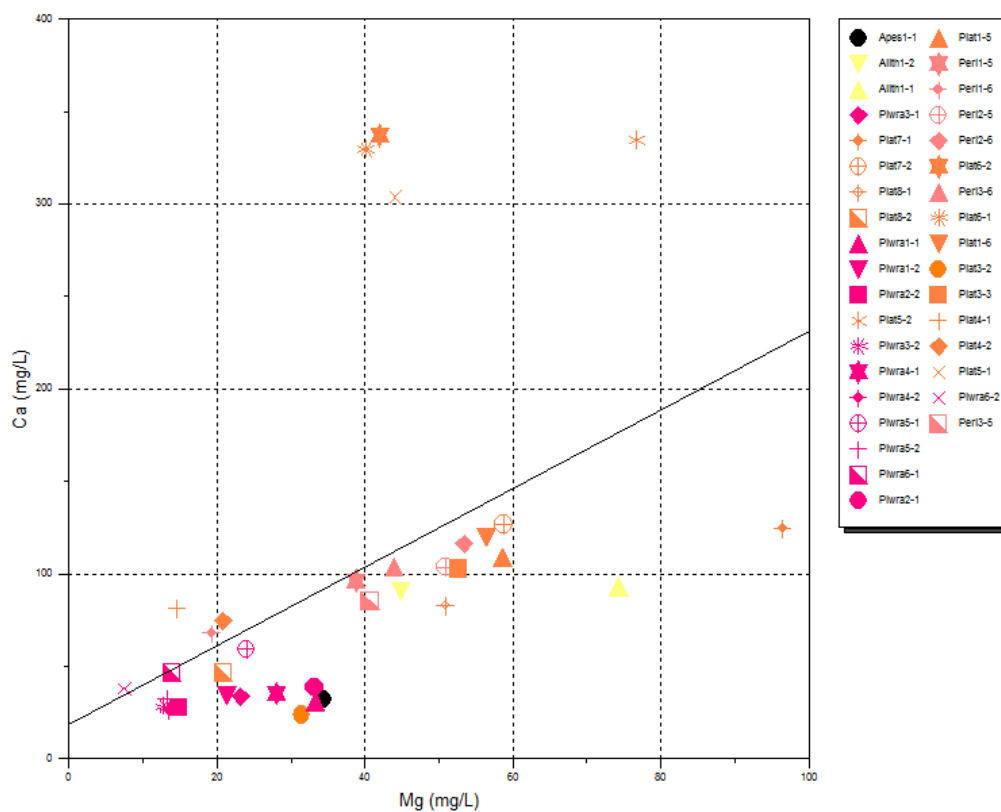
Στο σχήμα 2.12, φαίνεται ότι στη σχέση που περιγράφεται από την εξίσωση $SO_4 = 5,13 * Ca + (-117,7)$ με $r = 98,3\%$, παρατηρείται πολύ ισχυρή συσχέτιση.

2.5.6.3 Ιοντικός λόγος Mg/Ca

Ο λόγος Mg^{2+} / Ca^{2+} χρησιμοποιείται επίσης για τη διάκριση της θαλάσσιας διείσδυσης. Η τιμή αυτής της σχέσης στο θαλασσινό νερό είναι περίπου 5 ενώ στο γλυκό είναι συνήθως μικρότερη της μονάδας. Ο λόγος αυτός αυξάνεται με την προέλαση του μετώπου υφαλμύρινσης. Αν η τιμή του λόγου αυτού ξεπεράσει το 5 μπορεί να θεωρηθεί σαν ένδειξη θαλάσσιας διείσδυσης. Η τιμή αυτή χρησιμοποιείται επίσης για την προέλευση του νερού από ασβεστολιθικά ή μαγνησιούχα πετρώματα:

- $Mg/Ca < 0.5-0.7$ αντιστοιχούν σε νερό από ασβεστολιθικούς υδροφόρους
- $Mg/Ca = 0,7-0,9$ αντιστοιχούν σε δολομιτικά υδροφόρα στρώματα
- $Mg/Ca > 0.9$ αντιστοιχούν σε υδροφόρους οφιολιθικών σχηματισμών ή γενικά πυριτικών πλούσιων σε Mg. Στα οφιολιθικά οι τιμές είναι συνήθως μεγαλύτερες από 1.

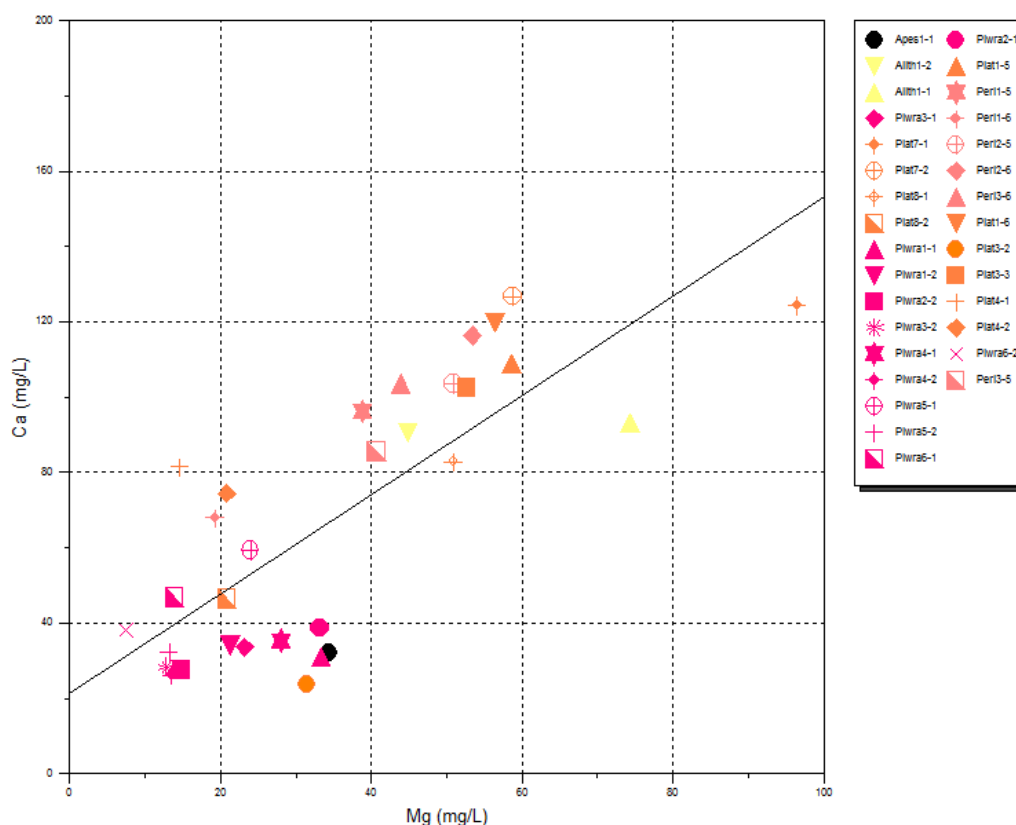
Οι τιμές των κατιόντων Μαγνησίου προς τα κατιόντα Ασβεστίου στα δείγματα των γεωτρήσεων κυμαίνονται από 0.12 έως 1.33, πίνακα 2.10, υποδεικνύοντας την υδροφορία στα ασβεστολιθικά πετρώματα εκτός της γεώτρηση Plat 3 με τιμές 0.5-1.33 που ανήκει στην κατηγορία των υδροφόρων οφιολιθικών σχηματισμών ή πυριτικών πλούσιων σε Mg.



Σχήμα 2.13: Συνολικό διάγραμμα διασποράς παρίστανται οι συστάσεις των δειγμάτων νερού από την περιοχή μελέτης

Στο σχήμα 2.13, φαίνεται ότι στη σχέση που περιγράφεται από την εξίσωση $Ca = 2,13 * Mg + 18,23$ με $r = 49,3\%$, παρατηρείται μικρή συσχέτιση.

Λόγω των αποκλίσεων των τιμών των Πλάτανος 5 και Πλάτανος 6 (Plat5 & Plat6), δημιουργήθηκε νέο διάγραμμα, Σχήμα 2.14, όπου φαίνεται ότι στη σχέση που περιγράφεται την εξίσωση $Ca = 1,32 * Mg + 21,23$ με $r = 78,3\%$, παρατηρείται υψηλή συσχέτιση.



Σχήμα 2.14: Διάγραμμα διασποράς παρίστανται οι συστάσεις των δειγμάτων νερού από την περιοχή μελέτης χωρίς τα δείγματα Plat 5 και Plat 6.

2.5.7 Σχέση υψόμετρου με βάθος των γεωτρήσεων

Στον Πίνακα 2.11 παρουσιάζονται τα βάθη των γεωτρήσεων και το υψόμετρο της κάθε γεώτρησης ώστε να διαπιστωθεί αν βρίσκονται κάτω από τη θάλασσα. Οι αρνητικές τιμές δείχνουν ότι οι γεωτρήσεις έχουν ξεπεράσει το επίπεδο της θάλασσας και κατά πόσα μέτρα, ενώ οι θετικές το αντίθετο. Ωστόσο λόγω της μακρινής απόστασης των χωριών από την θάλασσα, φαίνεται απίθανο ότι οι γεωτρήσεις <<ακουμπούν>> ή ξεπερνούν τον θαλασσινό ορίζοντα.

Πίνακας 2.11:

Όνομα Γεώτρησης	X coordinate (m)	Y coordinate (m)	Υψόμετρο (m)	Βάθος Γεώτρησης (m)	Διαφορά Υψόμετρου - Βάθους (m)
A2	579508	3874365	174	175	-1
A3	586976	3872702	335	60	275
A5	574573	3873460	156	250	-94
Alith1	580686	3874421	228	255	-27
Apes1	586591	3873333	265	400	-135
M10	586177	3873800	160	104	56
M12	575999	3878771	26	200	-174
M14	587929	3879002	127	90	37
M22	587146	3878754	34	150	-116
M23	578852	3877008	43	30	13
M24	579134	3879506	70	80	-10
M3	579403	3877722	53	55	-2
M4	576052	3876704	58	80	-22
M5	575630	3877172	38	27	11
M6	579755	3878002	59	150	-91
M7	585619	3876792	97	80	17
M8	586136	3878492	115	103	12
M9	586788	3879145	131	110	21
Peri1	582036	3875832	85	205	-120
Peri2	582412	3875507	91	250	-159
Peri3	582036	3875832	85	235	-150
Plat1	582591	3874463	119	300	-181
Plat3	582660	3874130	109	270	-161
Plat4	582909	3875786	85	-	-
Plat5	583582	3875811	86	150	-64
Plat6	584371	3875642	95	200	-105
Plat7	582350	3875610	71	225	-154
Plat8	581526	3874038	157	250	-93
Plwra1	584803	3874591	124	140	-16
Plwra2	585372	3874046	143	104	39
Plwra3	586031	3873495	174	182	-8
Plwra4	585794	3874246	138	240	-102
Plwra5	584333	3873896	139	90	49
Plwra6	584669	3872679	214	-	-

2.6 Χάρτες κατανομής υπολογισμένων θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις

Για τον υπολογισμό της πιθανής θερμοκρασίας υδρογεωτρήσεων στα διάφορα βάθη άντλησης των υδάτων χρησιμοποιήθηκαν κατάλληλα χημικά γεωθερμόμετρα. Στους πίνακες 2.12 και 2.13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τέσσερα γεωθερμόμετρα, του SiO₂, του K/Mg, του Na-K-Ca με διόρθωση Mg και του Ca/Mg σε διάφορες υδρογεωτρήσεις. Ο πίνακας 2.12 αφορά στην υγρή περίοδο δειγματοληψίας, ενώ ο πίνακας 2.13 αφορά στην ξηρή περίοδο δειγματοληψίας. Όπου δεν παρουσιάζονται αποτελέσματα σημαίνει ότι είτε τα γεωθερμόμετρα δεν έδωσαν τιμές, είτε οι υπολογισμένες θερμοκρασίες ήταν μικρότερες από τη θερμοκρασία στο κολάρο των γεωτρήσεων είτε οι τιμές ήταν μεγαλύτερες από 90°C, που δεν είναι λογικές.

Πίνακας 2.12: Παρουσίαση αποτελεσμάτων πιθανών θερμοκρασιών τεσσάρων γεωθερμομέτρων για την υγρή περίοδο.

Όνομα Δείγματος	Ημ/νία Δειγ/ψιας	Γεωθερμόμετρο Χαλαζία (Fournier and Potter, 1983)	Γεωθερμόμετρο K/Mg (Fournier, 1990)	Γεωθερμόμετρο Na-K-Ca, διόρθωση Mg (Fournier and Potter, 1979)	Γεωθερμόμετρο Ca/Mg (Vespasiano, 2014)
Alith1-1	08-03-18	45			
Apes1-1	22-03-18	48			
M10-3	22-03-06		62	43	22
M12-3	21-03-06		44	97	79
M14-3	23-03-06		60	54	30
M22-2	20-03-06		39	34	
M23-3	10-04-06		56	47	25
M03-3	21-03-06		58	31	
M04-2	20-03-06		33	43	23
M05-2	20-03-06		70		

M06-3	21-03-06		67	36	
M07-3	22-03-06		54	56	36
M08-3	22-03-06		45	73	51
M09-3	22-03-06		30	80	55
Peri1-5	08-03-18	51			
Peri2-5	18-02-18	38			
Peri3-5	08-03-18	48			
Plat1-5	18-02-18	40			
Plat3-2	18-02-18	65			
Plat4-1	18-02-18	59			54
Plat5-1	18-02-18	66			65
Plat6-1	18-02-18	70			76
Plat7-1	08-03-18	43			
Plat8-1	08-03-18	61			
Plwra1-1	22-03-18	57			
Plwra2-1	22-03-18	49			
Plwra3-1	22-03-18	47			
Plwra4-1	22-03-18	46			
Plwra5-1	22-03-18	48			
Plwra6-1	22-03-18	49			29
A02-3	21-03-06		59	99	82
A03-3	23-03-06		61	68	45
A05-2	23-03-06		59	47	22

Πίνακας 2.13: Παρουσίαση αποτελεσμάτων πιθανών θερμοκρασιών τεσσάρων γεωθερμομέτρων για την ξηρή περίοδο.

Όνομα Δείγματος	Ημ/νία Δειγ/ψιας	Γεωθερμόμετρο Χαλαζία (Fournier and Potter, 1983)	Γεωθερμόμετρο K/Mg (Fournier,1990)	Γεωθερμόμετρο Na-K-Ca, διόρθωση Mg (Fournier and Potter, 1979)	Γεωθερμόμετρο Ca/Mg (Vespasiano, 2014)
Alith1-2	24-09-18		48	29	
M10-4	14-09-06		63	36	
M11-3	12-09-06		61		
M12-4	12-09-06		58	25	
M14-4	13-09-06		60	25	
M22-3	11-09-06		34	36	
M23-4	12-09-06		94		
M24-3	12-09-06		97		
M03-4	12-09-06		55	33	
M04-3	11-09-06		34	18	
M05-3	11-09-06		59	59	34
M06-5	12-09-06		54	46	25
M07-4	14-09-06		56	53	32
M08-4	14-09-06		59	67	42
M09-4	14-09-06		32	43	23
Peri1-6	24-09-18	28	61	56	31
Peri2-6	24-09-18		45	31	
Peri3-6	24-09-18		47	34	
Plat1-6	24-09-18		44	30	
Plat3-3	24-09-18		43	26	
Plat4-2	24-09-18		42	54	32
Plat5-2	24-09-18		40	63	41
Plat6-2	24-09-18		44	94	74
Plat7-2	24-09-18		44	31	
Plat8-2	24-09-18		66	35	

Plwra1-2	24-09-18		41	22	
Plwra2-2	24-09-18		64	26	
Plwra3-2	24-09-18		65	32	
Plwra4-2	24-09-18		64	27	
Plwra5-2	24-09-18		63	37	
Plwra6-2	24-09-18		65	73	49
A02-4	12-09-06		69		
A03-4	13-09-06		68		
A05-3	11-09-06		58		

Κεφάλαιο 3: Σχολιασμός των γεωτρήσεων

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων των χαρακτηριστικών της κάθε γεώτρησης ξεχωριστά. Αυτά είναι:

1. Οι επιτόπιες μετρήσεις
2. Οι χημικές αναλύσεις
3. Τα χρονοδιαγράμματα μεταβολής της συγκέντρωσης των κύριων στοιχείων για γεωτρήσεις που είχαν παραπάνω από δύο δειγματοληψίες.
4. Οι δείκτες κορεσμού σε συγκεκριμένα ορυκτά.
5. Ο συντελεστής Revelle και ο δείκτης SAR
6. Τα γεωθερμόμετρα και
7. Οι λιθοστρωματογραφικές στήλες (σε όσες υπάρχουν) ή πληροφορίες από τους ιδιοκτήτες για την γεωλογία/στρωματογραφία της γεώτρησης.

3.1.1 Δημοτική γεώτρηση, ΑΛΗΘΙΝΗ

Στη γεώτρηση Αληθινή 1 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH είναι 6,9-7,1 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 23,8 °C έως 29 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 1679 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 1810 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 840 mg/L έως 900 mg/L, αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 23,6 – 24,1 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικός τύπος του νερού δείχνει ότι τα κατιόντα κατατάσσονται στην κατηγορία μικτής σύστασης, μαγνησιούχων- καλιονατριούχων, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης θεικών- χλωριούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα χλωριοθειικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6, υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας .

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία ελαφρά ρυπασμένο νερό με 1,86.

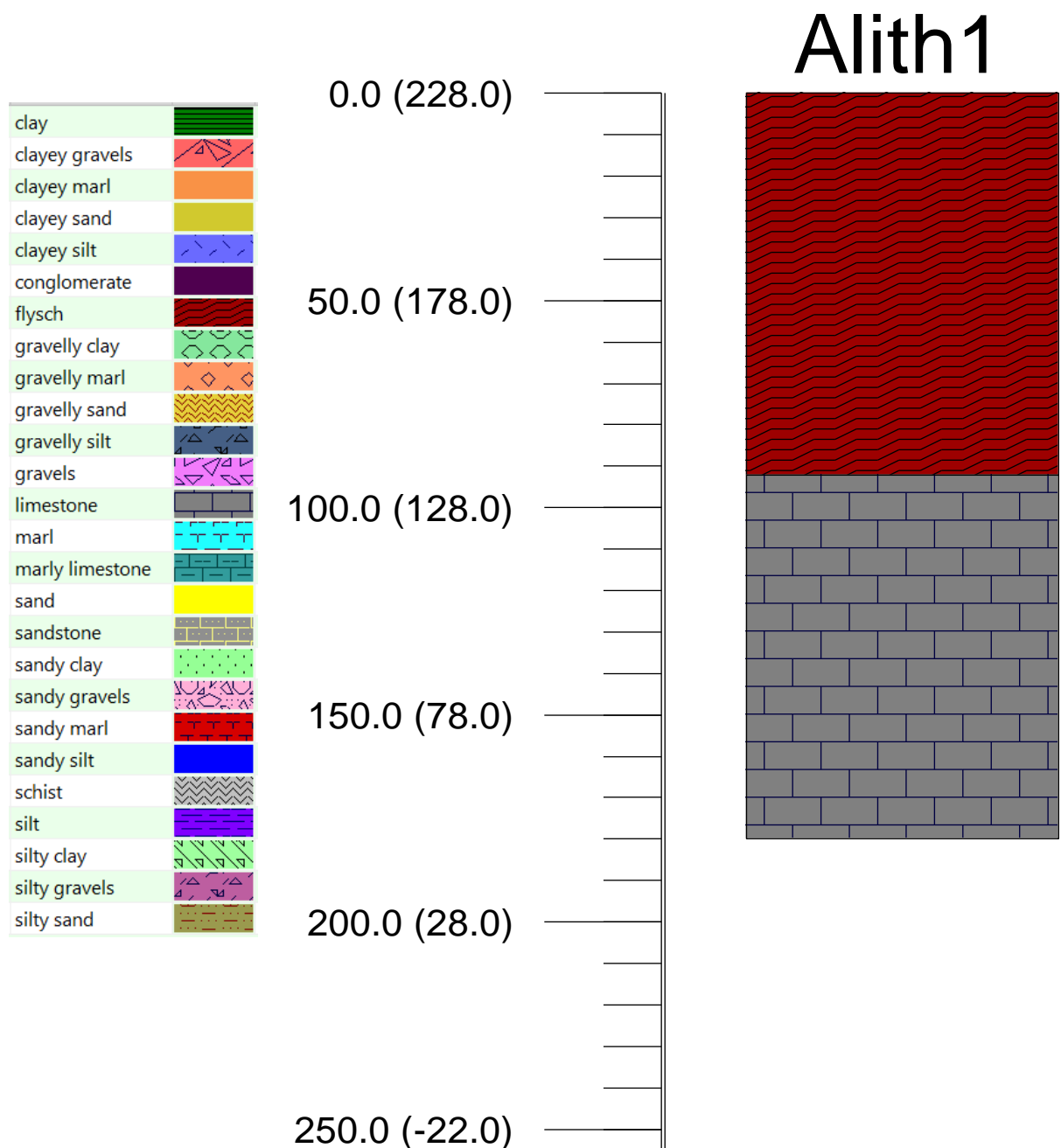
Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στην Αληθινή είναι: Η Alith1-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 45 °C. Η Alith1-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 48 °C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 29 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Στην εικόνα 3.1 φαίνεται η λιθοστρωματογραφική στήλη (από τεχνικό τμήμα δήμου Αγίων Δέκα) της δημοτικής γεώτρησης του χωριού Αληθινή με τα εξής πετρώματα:

0-90 m: φλύσχης

90-180 m: ασβεστόλιθος

180-255m:ολικές απώλειες



Εικόνα 3.1: Λιθοστρωματογραφική στήλη γεώτρησης Αληθινή (Γέροντες)

Από την εικόνα 3.1 και από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε Φλύσχη μέχρι τα 90m βάθος και σε Ασβεστόλιθο Τρίπολης μέχρι τα 180 m βάθος.

3.1.2 Δημοτική γεώτρηση, ΑΠΕΣΩΚΑΡΙ



Εικόνα 3.2: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Απεσωκάρι 1

Στη γεώτρηση Απεσωκάρι πραγματοποιήθηκε μία δειγματοληψία, κατά την υγρή περίοδο. Το pH είναι 7,4 και η θερμοκρασία είναι 23,3 °C για την υγρή περίοδο. Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα και TDS είναι 564 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 274 mg/L αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεσαίο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Το δυναμικό οξειδοαναγωγής είναι 206 mV. Η σκληρότητα κυμαίνεται 21,1 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000)..

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, ο χημικός τύπος του νερού δείχνει ότι τα κατιόντα κατατάσσονται στην κατηγορία ανθρακικών, τα ανιόντα στην κατηγορία μαγνησιούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα ανθρακικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5 διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κοίλες προς τα κάτω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται γλυκό (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε δολομίτη και χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6, υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και μέτριο κίνδυνο αλατότητας .

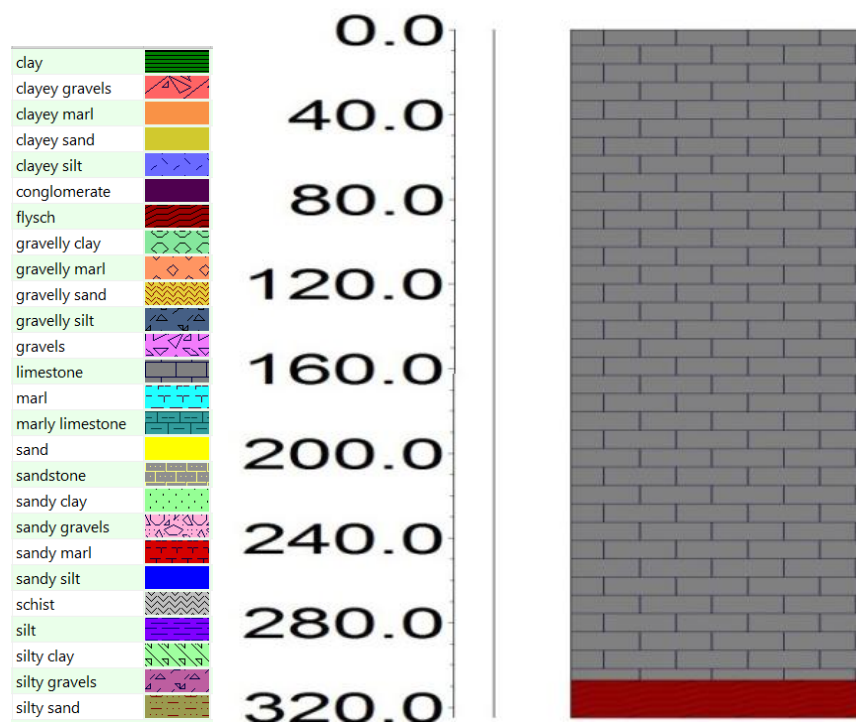
Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση της θάλασσας με 0,23.

Το αποτέλεσμα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Απεσωκάρι είναι μόνο με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO₂) , που έδωσε 48 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Για τη γεώτρηση Απεσωκάρι 1 δεν υπάρχει λιθοστρωματογραφική στήλη. Από βάση δεδομένων του εργαστηρίου Γενικής Γεωλογίας, η κοντινότερη γεώτρηση είναι η Apeswkar2 με συντεταγμένες X: 586723 m, Y: 3873418 m , Z:222 m και συνολικό βάθος 325 m και βρίσκεται βορειοανατολικά της σε απόσταση 157m.

0-307 m: ασβεστόλιθος

307-320 m: φλύσχος



Εικόνα 3.3: Απεικόνιση γεώτρησης Apeswkar2

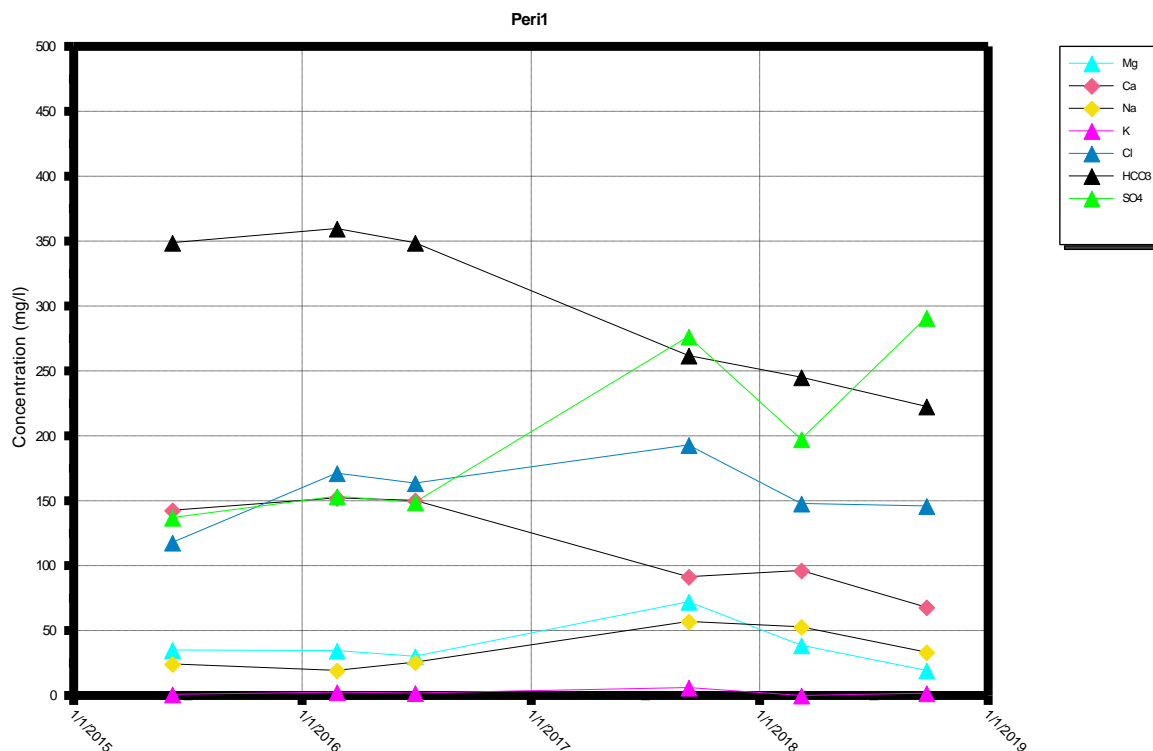
Από την εικόνα 3.3 και από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμούς Ασβεστόλιθου Τρίπολης μέχρι τα 307m και συνεχίζει σε Φλύσχη μέχρι τα 320m βάθος.

3.1.3 Γεώτρηση ΠΕΡΙ 1

Στη γεώτρηση Πέρι 1 πραγματοποιήθηκαν έξι δειγματοληψίες, τέσσερις στη ξηρή και δύο στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH κυμαίνεται από 6,9 έως 7,68 και η θερμοκρασία από 20,7 °C έως 27,7 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 1143 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 1650 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 580 mg/L έως 820 mg/L αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 18,2 – 29,4 mg/LCaCO₃ που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας, όπου στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες, 2015-2016, τα κατιόντα κατατάσσονται στα στη κατηγορία ασβεστούχων-μαγνησιούχων, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης θεικών- ανθρακούχων ενώ στις τρεις επόμενες, 2017-2018, τα κατιόντα στη κατηγορία μικτής σύστασης μικτής σύστασης μαγνησιούχων-ασβεστούχων, τα ανιόντα στη κατηγορία θεικών- ανθρακικών- χλωριούχων.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5 διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).



Σχήμα 3.1: Συγκεντρωτικό διάγραμμα διακυμάνσεων συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων από κάθε δειγματοληψία, χρονικά, για τη γεώτρηση Πέρι 1(Peri 1)

Στο διάγραμμα διακυμάνσεων συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων, σχήμα 3.1, παρουσιάζονται με διαφορετικά σύμβολα οι συγκεντρώσεις των ανιόντων και κατιόντων σε σχέση με την ημερομηνία δειγματοληψίας και διακρίνονται ίδιες συμπεριφορές στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες, ενώ στην Τετάρτη υπάρχει αυξομείωση των στοιχείων. Πιο συγκεκριμένα, σημαντική αύξηση στα SO₄, Mg και Cl, ενώ μειώνονται οι τιμές στο Ca και στα HCO₃.

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη, δολομίτη και χαλαζία όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6, υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση της θάλασσας με 0,95,

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πέρι είναι: Η Peri1-5 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 51 °C. Η Peri 1-6 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 28 °C, με το γεωθερμόμετρο K-Mg, 61°C, με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 56 °C και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, 31 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από προφορικές πληροφορίες του ιδιοκτήτη φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμούς Πλακωδών Ασβεστόλιθων και <<Πρώτο Φλύσχη>> μέχρι βάθος 205 m.

3.1.4 Γεώτρηση ΠΕΡΙ 2



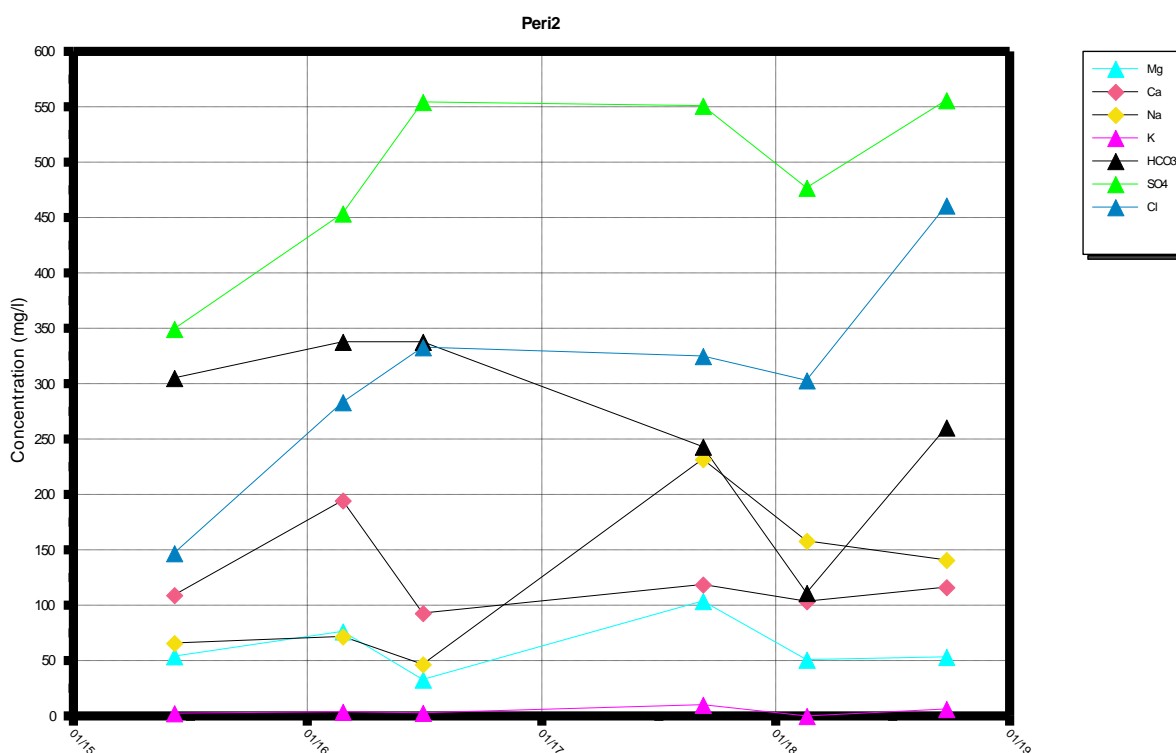
Εικόνα 3.4: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Περι 2

Στη γεώτρηση Πέρι 2 πραγματοποιήθηκαν έξι δειγματοληψίες, τέσσερις στη ξηρή και δύο στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH κυμαίνεται από 6,9

έως 7,57 και η θερμοκρασία από 27,3 °C έως 29,3 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 1879 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 2160 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 1017 mg/L έως 1420 mg/L αντίστοιχα που υποδηλώνει υφάλμυρο νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 9,1 – 27,6 mg/LCaCO₃ που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας, όπου στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες, 2015-2016, τα κατιόντα κατατάσσονται στα στη κατηγορία ασβεστούχων-μαγνησιούχων, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης θειικών- χλωριούχων ενώ στις τρεις επόμενες, 2017-2018, τα κατιόντα στη κατηγορία μικτής σύστασης μικτής σύστασης μαγνησιούχων-καλιονατριούχων, τα ανιόντα στη κατηγορία θειικών - χλωριούχων.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).



Σχήμα 3.2: Συγκεντρωτικό διάγραμμα διακυμάνσεις συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων από κάθε δειγματοληψία, χρονικά, για τη γεώτρηση Πέρι 2 (Peri 2).

Στο διάγραμμα διακυμάνσεων συγκεντρώσεων κύριων, σχήμα 3.2, παρουσιάζονται με διαφορετικά σύμβολα οι συγκεντρώσεις των ανιόντων και κατιόντων σε σχέση με την ημερομηνία δειγματοληψίας. Ανάμεσα στη πρώτη και στη τρίτη δειγματοληψία διακρίνεται αύξηση των συγκεντρώσεων των Cl , SO_4 , HCO_3 . Στη πέμπτη δειγματοληψία υπάρχει εμφανής πτώση όλων των τιμών των συγκεντρώσεων. Τέλος στην έκτη, οι συγκεντρώσεις παραμένουν σταθερές εκτός των Cl , SO_4 , HCO_3 , που πάλι αυξάνονται.

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία όπως παρουσιάζονται στον πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία ελαφρά ρυπασμένο νερό με 1,66.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πέρι είναι: Η Peri2-5 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 38°C . Η Peri 2-6 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 45°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 31°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από προφορικές πληροφορίες του ιδιοκτήτη φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμούς Πλακωδών Ασβεστολίθων και <<Πρώτο Φλύσχη>> στα 250 m βάθος.

3.1.5 Γεώτρηση ΠΕΡΙ 3

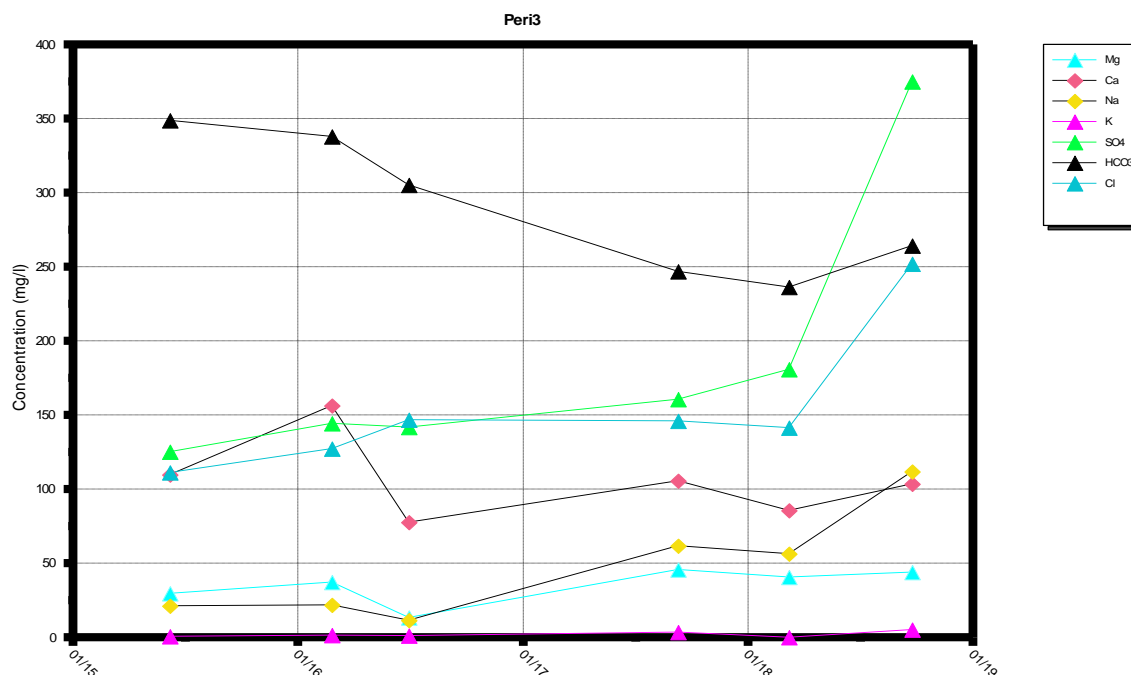


Εικόνα 3.5: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πέρι 3

Στη γεώτρηση Πέρι 3 πραγματοποιήθηκαν έξι δειγματοληψίες, τέσσερις στη ξηρή και δύο στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH κυμαίνεται από 7,1 έως 7,58 και η θερμοκρασία από 22 °C έως 24,9 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 1097 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 1568 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 538 mg/L έως 1049 mg/L αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 19,3 – 20,5 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας, όπου τα κατιόντα κατατάσσονται στα στη κατηγορία ασβεστούχων-μαγνησιούχων, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης θειικών- ανθρακικών- χλωριούχων.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).



Σχήμα 3.3: Συγκεντρωτικό διάγραμμα διακυμάνσεις συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων απο κάθε δειγματοληψία, χρονικά, για τη γεώτρηση Πέρι 3 (Peri 3)

Στο διάγραμμα διακυμάνσεων συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων, σχήμα 3.3, παρουσιάζονται με διαφορετικά σύμβολα οι συγκεντρώσεις των ανιόντων και κατιόντων σε σχέση με την ημερομηνία δειγματοληψίας. Από την πρώτη μέχρι την πέμπτη δειγματοληψία, οι συγκεντρώσεις των κύριων στοιχείων παραμένουν σταθερές εκτός των ανθρακικών που μειώνονται. Υπάρχει μία έντονη αύξηση από την πέμπτη στην έκτη δειγματοληψία, συγκεκριμένα των HCO_3 , SO_4 , Cl και Na .

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη, δολομίτη και χαλαζία όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση της θάλασσας με 0,96.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πέρι είναι: Η Peri3-5 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 48 °C. Η Peri 3-6 με το γεωθερμόμετρο K-Mg έδωσε 47°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 34 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από προφορικές πληροφορίες του ιδιοκτήτη φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμούς Πλακωδών Ασβεστόλιθων και <<Πρώτο Φλύσχη>> στα 230 m βάθος.

3.1.6 Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 1



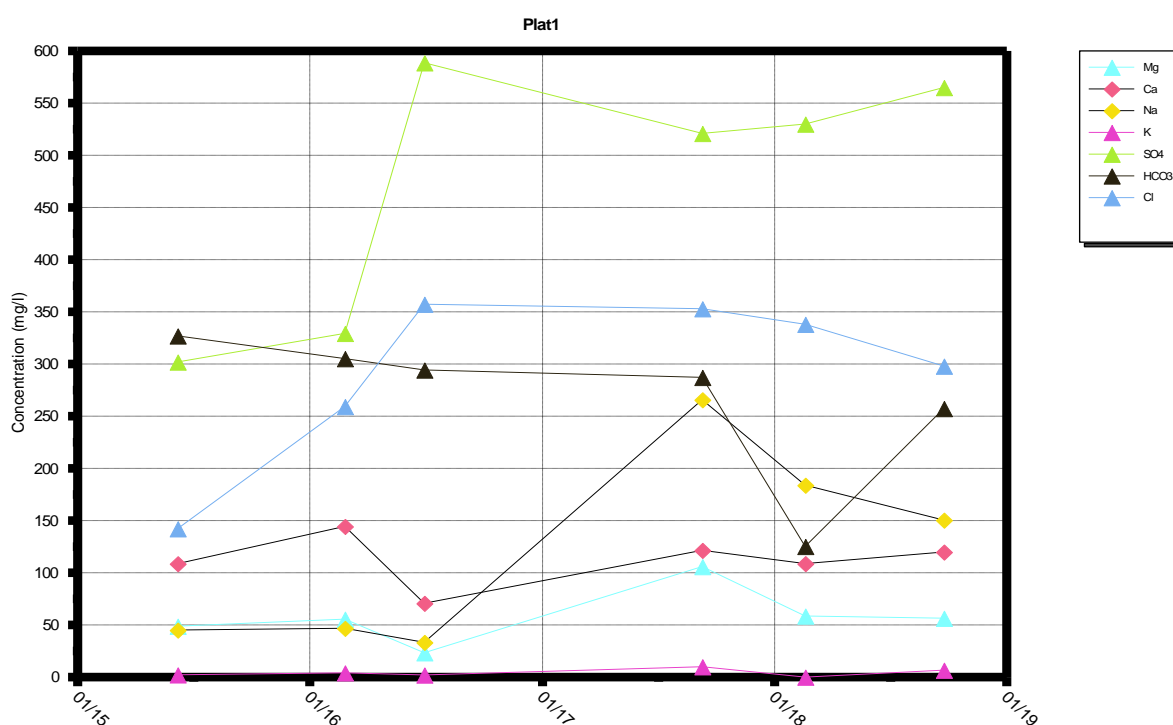
Εικόνα 3.6: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλάτανος 1

Στη γεώτρηση Πλάτανος 1 πραγματοποιήθηκαν έξι δειγματοληψίες τέσσερις στη ξηρή και δύο στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH κυμαίνεται από 6,9 έως 8,05 και η θερμοκρασία από 26.4 °C έως 29.9 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται

από 1471 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 2410 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 1062 mg/L έως 1180 mg/L αντίστοιχα, που υποδηλώνει υφάλμυρο νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 10,2 – 26,7 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας, όπου στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες, 2015-2016, τα κατιόντα κατατάσσονται στα στη κατηγορία ασβεστούχων, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης θειικών-χλωριούχων ενώ στις τρεις επόμενες, 2017-2018, τα κατιόντα στη κατηγορία μικτής σύστασης μικτής σύστασης καλιονατριούχων, τα ανιόντα στη κατηγορία θειικών-χλωριούχων.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).



Σχήμα 3.4: Συγκεντρωτικό διάγραμμα διακυμάνσεις συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων από κάθε δειγματοληψία, χρονικά, για τη γεώτρηση Πλάτανος 1 (Plat 1)

Στο διάγραμμα διακυμάνσεων συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων, σχήμα 3.4, παρουσιάζονται με διαφορετικά σύμβολα οι συγκεντρώσεις των ανιόντων και κατιόντων σε σχέση με την ημερομηνία δειγματοληψίας. Διακρίνονται έντονες αυξομειώσεις στα SO_4 , HCO_3 , Cl , Na και Ca , συγκεκριμένα από την τρίτη στην τέταρτη. Ενώ από την πέμπτη στην έκτη δειγματοληψία, η σύσταση του παραμένει ίδια εκτός από τη συγκέντρωση των ανθρακικών που αυξήθηκε.

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη, δολομίτη και χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία μέτρια ρυπασμένο νερό με 2,20.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πλάτανο είναι: Η Plat1-5 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 40°C . Η Plat1-6 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 44°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 30°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από προφορικές πληροφορίες του ιδιοκτήτη φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμούς Ασβεστόλιθου ζώνης Τρίπολης στα 300 m βάθος.

3.1.7 Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 3



Εικόνα 3.7: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλάτανος 3

Στη γεώτρηση Πλάτανος 3 πραγματοποιήθηκαν έξι δειγματοληψίες, τέσσερις στη ξηρή και δύο στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH κυμαίνεται από 6,6 έως 8,25 και η θερμοκρασία από 21,4 °C έως 27,5 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 656 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 2180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 320 mg/L έως 1080 mg/L αντίστοιχα που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 13 – 20,6 mg/LCaCO₃ που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

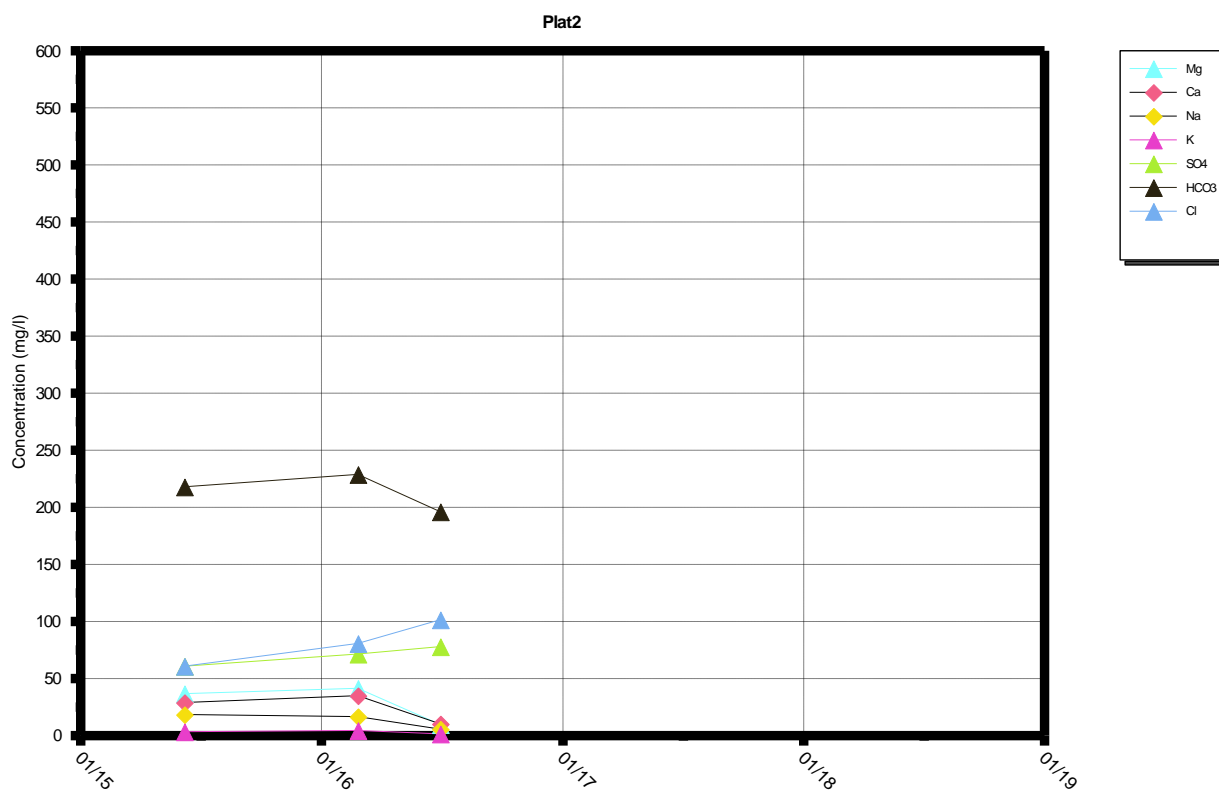
Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας, όπου στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες, 2015-2016, τα κατιόντα κατατάσσονται στα στη

κατηγορία μαγνησιούχα, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης ανθρακικών- χλωριούχων ενώ στις τρεις επόμενες, 2017-2018, τα κατιόντα στη κατηγορία μικτής σύστασης μικτής σύστασης νατρίου-μαγνησιούχων, τα ανιόντα στη κατηγορία θειικών- ανθρακικών-χλωριούχων.

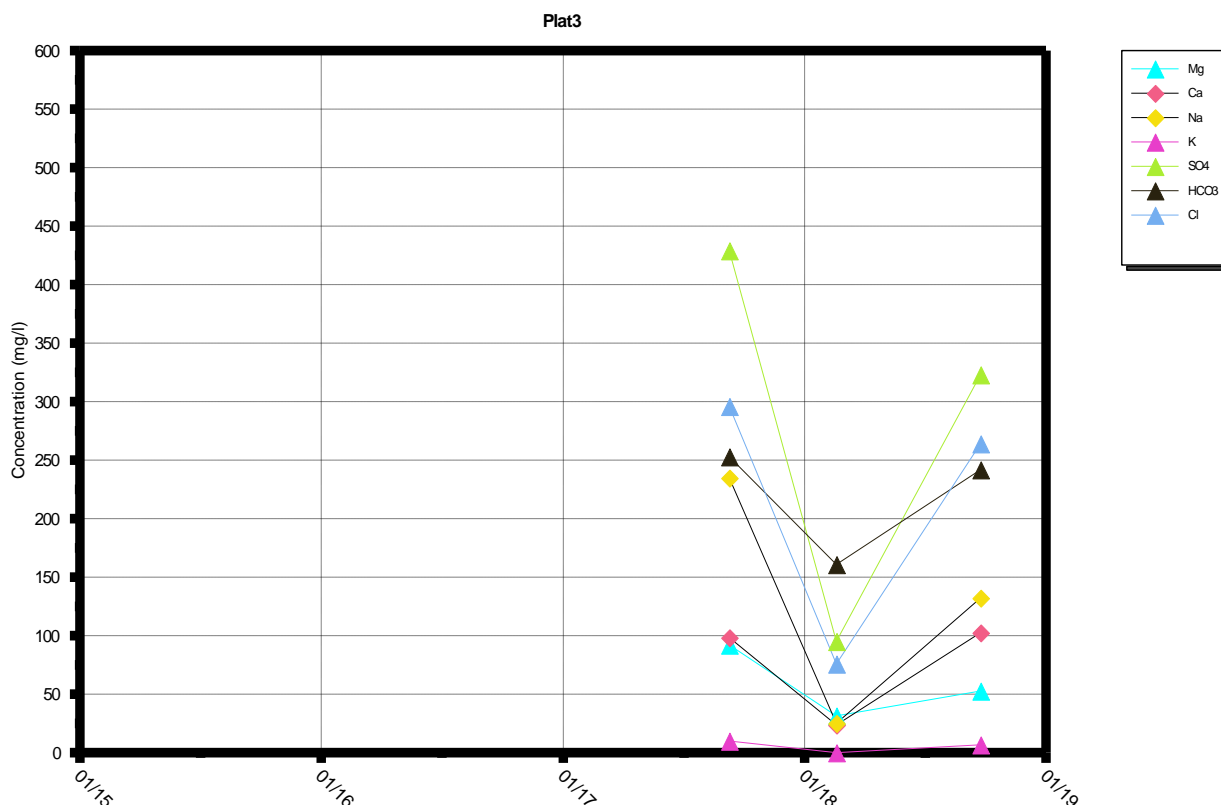
Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Στο διάγραμμα διακυμάνσεων συγκεντρώσεων κύριων, σχήματα 3.5 και 3.6, παρουσιάζονται με διαφορετικά σύμβολα οι συγκεντρώσεις των ανιόντων και κατιόντων σε σχέση με την ημερομηνία δειγματοληψίας και διακρίνονται σταθερές τιμές τόσο στα ανιόντα όσο στα κατιόντα στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες. Από την τέταρτη στη πέμπτη, υπάρχει εμφανής μείωση των συγκεντρώσεων των κύριων στοιχείων αλλά στη έκτη, οι τιμές των συγκεντρώσεων αυξάνονται πάλι.

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη, δολομίτη και χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.5.



Σχήμα 3.5: Συγκεντρωτικό διάγραμμα διακυμάνσεις συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων από κάθε δειγματοληψία, χρονικά, για τη γεώτρηση Πλάτανος 2 (Plat 2)



Σχήμα 3.6: Συγκεντρωτικό διάγραμμα διακυμάνσεις συγκεντρώσεων κύριων στοιχείων από κάθε δειγματοληψία, χρονικά, για τη γεώτρηση Πλάτανος 3 (Plat 3)

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Reville, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία ελαφρά ρυπασμένο νερό με 1,13.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πλάτανο είναι: Η Plat3-2 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 65°C . Η Plat 3-3 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 43°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 26°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από προφορικές πληροφορίες του ιδιοκτήτη φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμούς Ασβεστόλιθου ζώνης Τρίπολης στα 270 m βάθος.

3.1.8 Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 4



Εικόνα 3.8: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλάτανος 4

Στη γεώτρηση Πλάτανος 4 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH κυμαίνεται από 6,9 έως 7,4 και η θερμοκρασία από 22,4 °C έως 24,2 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 955 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 478 mg/L έως 540 mg/L, αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 18,5 – 21,8 mg/LCaCO₃ που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας, όπου στη πρώτη τα κατιόντα κατατάσσονται στα στη κατηγορία ασβεστούχων και τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης ανθρακικών- χλωριούχων ενώ στην

επόμενη τα κατιόντα στη κατηγορία μικτής σύστασης μικτής σύστασης νατρίουχων-ασβεστούχων και τα ανιόντα στη κατηγορία θειικών- ανθρακικών.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη, δολομίτη και χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6, υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακα 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση θάλασσας με 0,79.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πλάτανο είναι: Η Plat4-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 59 °C και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, 54 °C. Η Plat 4-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 42°C, με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 54 °C και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, 32 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2), η γεώτρηση ανορύχθηκε σε σχηματισμούς Ασβεστόλιθου ζώνης Τρίπολης.

3.1.9 Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 5



Εικόνα 3.9: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλάτανος 5

Στη γεώτρηση Πλάτανος 5 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH κυμαίνεται από 6,8 έως 7,3 και η θερμοκρασία από 22,5 °C έως 23,3 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 3190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 1668 mg/L έως 1990 mg/L αντίστοιχα, που υποδηλώνει υφάλμυρο νερό με μέγιστο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015) . Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 8,4 – 16,6 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας παραμένουν όμως στις ίδιες κατηγορίες με τα κατιόντα να κατατάσσονται στα στη κατηγορία ασβεστούχων, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης θεικών-χλωριούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα χλωριοθειικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη, δολομίτη και χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και πολύ υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία μέτρια ρυπασμένο νερό με 3,91.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πλάτανο είναι: Η Plat5-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 66°C και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, 65°C . Η Plat 5-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 40°C , με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 63°C και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, 41°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από προφορική ενημέρωση από τον ιδιοκτήτη, η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμό Γύψου στα 150m βάθος.

3.1.10 Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 6



Εικόνα 3.10: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλάτανος 6

Στη γεώτρηση Πλάτανος 6 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH κυμαίνεται από 6,88 έως 7,1 και η θερμοκρασία από 24,5 °C έως 24,6 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 3470 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 3594 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 1889 mg/L έως 2300 mg/L, αντίστοιχα, που υποδηλώνει υφάλμυρο νερό με μέγιστο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 7,6 – 16,9 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού ταυτίζονται ανεξάρτητα την περίοδο δειγματοληψίας, όπου τα κατιόντα κατατάσσονται στα στη κατηγορία ασβεστούχων, τα ανιόντα στην κατηγορία θεικών και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα χλωριοθειικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και πολύ υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία μέτρια ρυπασμένο νερό με 3,07

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πλάτανο είναι: Η Plat6-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 70°C και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, 76°C . Η Plat 6-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 44°C , με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 94°C και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, 74°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Για τη γεώτρηση Πλάτανος 6 δεν υπάρχει λιθοστρωματογραφική στήλη. Από προφορική ενημέρωση από τον ιδιοκτήτη, η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμό γύψου και μάργας στα 200m βάθος (μα τι γράφεις εδώ, η γεώτρηση δεν είναι .

3.1.11 Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 7



Εικόνα 3.11: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλάτανος 7

Στη γεώτρηση Πλάτανος 7 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH είναι 6,9-7 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 27 °C έως 28,4 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 2171 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 2250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 1098 mg/L έως 1120 mg/L, αντίστοιχα, που υποδηλώνει υφάλμυρο με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ 20,7 – 22,3 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού ταυτίζονται ανεξάρτητα την περίοδο δειγματοληψίας, όπου τα κατιόντα κατατάσσονται στα στη κατηγορία μικτής σύστασης μαγνησιούχων-καλιονατριούχων-ασβεστούχων, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης θειικών-χλωριούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα χλωριοθειικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία ελαφρά ρυπασμένο νερό με 1,13.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πλάτανο είναι: Η Plat7-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 43°C . Η Plat 7-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 44°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 31°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από προφορικές πληροφορίες του ιδιοκτήτη φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμούς Ασβεστόλιθος ζώνης Τρίπολης στα 225 m βάθος.

3.1.12 Γεώτρηση ΠΛΑΤΑΝΟΣ 8

Στη γεώτρηση Πλάτανος 8 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH είναι 7,1-7,2 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από $23,4^\circ\text{C}$ έως $24,9^\circ\text{C}$. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από $946\ \mu\text{S/cm}$ έως $960\ \mu\text{S/cm}$ και $170\ \text{mg/L}$ έως $467\ \text{mg/L}$, αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται μεταξύ $23,6 - 24,1\ \text{mg/L CaCO}_3$ που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας αλλά κατατάσσονται στις ίδιες κατηγορίες με τα κατιόντα να ανήκουν στη κατηγορία μικτής σύστασης θειικών- ανθρακικών, τα ανιόντα στη κατηγορία μικτής σύστασης μαγνησιούχων- ασβεστούχων και το σύνολο στη κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα χλωριοθειικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2,5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη, δολομίτη και χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6, υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Reville, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση θάλασσας με 0,36.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στο Πλάτανο είναι: Η Plat8-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 61 °C. Η Plat 8-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 66°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 35 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από προφορικές πληροφορίες του ιδιοκτήτη φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμούς Ασβεστόλιθου ζώνης Τρίπολης στα 250 m βάθος.

3.1.13 Δημοτική γεώτρηση Πλατανιανή στράτα, ΠΛΩΡΑ 1



Εικόνα 3.12: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλώρα 1

Στη γεώτρηση Πλώρα 1 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Οι μετρήσεις πεδίου που πραγματοποιήθηκαν κατά τη δειγματοληψία των νερών στο ύπαιθρο με τη χρήση φορητών οργάνων (pH, Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS)), θερμοκρασία και αγωγιμότητα) καθώς και οι μετρήσεις του δυναμικού οξειδοαναγωγής, Eh, και της σκληρότητας που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο. Το pH είναι 7,2-7,6 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 23,5 °C έως 26 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 1108 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 1310 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 547 mg/L έως 650 mg/L, αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεγάλο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα είναι 21,7 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού ταυτίζονται ανεξάρτητα την περίοδο δειγματοληψίας, τα κατιόντα κατατάσσονται στην κατηγορία μικτής σύστασης θειικών- ανθρακικών, τα ανιόντα στην καλιονατριούχων και το σύνολο στην κατηγορία καλιονατριούχα χλωριοθειικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και υψηλό κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείδυση θάλασσας με 0,81.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στη Πλώρα είναι: Η Plwra1-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 57°C . Η Plwra1-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 41°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 22°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Στην εικόνα 3.14 φαίνεται η λιθοστρωματογραφική στήλη (από τεχνικό τμήμα δήμου Αγίων Δέκα) της δημοτικής γεώτρησης, Πλατανιανή στράτα, του χωριού Πλώρα με τα εξής πετρώματα:

0-35 m: άργιλος

35-40 m: χαλίκια

40-50 m: άργιλος

50-55 m: άμμος

55-62 m: άργιλος

62- 70 m: χαλίκια

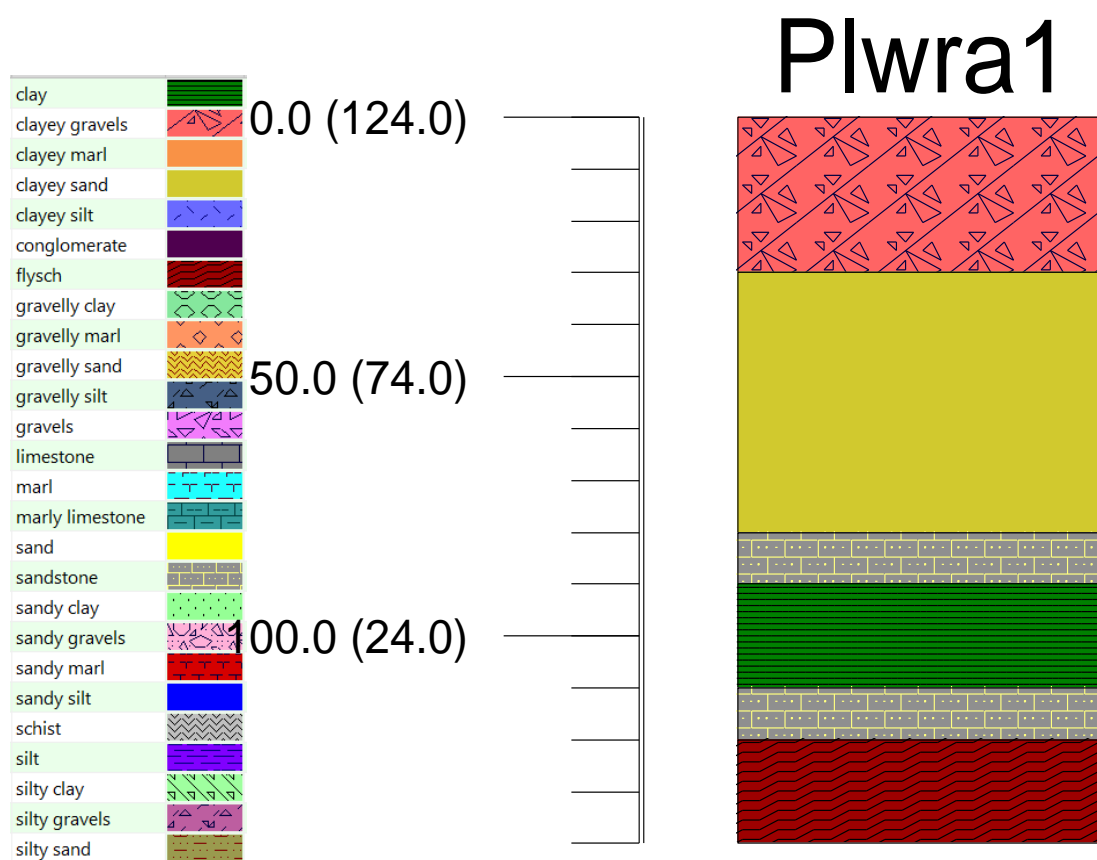
70-80 m: άργιλος

80-90 m: ψαμμίτης

90-110 m: άργιλος

110-120 m: ψαμμίτης

120-140 m: φλύσχος



Εικόνα 3.13: Λιθοστρωματογραφική στήλη γεώτρησης Πλώρα 1

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από τη λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης, εικόνα 3.13, φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμό Φλύσχη ζώνης Τρίπολης στα 140 m βάθος.

3.1.14 Δημοτική γεώτρηση Χουδατσανά, ΠΛΩΡΑ 2



Εικόνα 3.14: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλώρα 2

Στη γεώτρηση Πλώρα 2 πραγματοποιήθηκαν 2 δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH είναι 7,6-7,9 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 21,9 °C έως 23,5 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 667 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 325 mg/L έως 380 mg/L, αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεσαίο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται 15,7-17,6 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).ν

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας παραμένουν όμως στις ίδιες κατηγορίες με τα κατιόντα να κατατάσσονται στην κατηγορία

μικτής σύστασης θειικών- ανθρακικών, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης μαγνησιούχων- ασβεστούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα χλωριοθειικοανθρακικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κοίλες προς τα κάτω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται γλυκό (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη, δολομίτη και χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6, υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και μέτριο κίνδυνο αλατότητας.

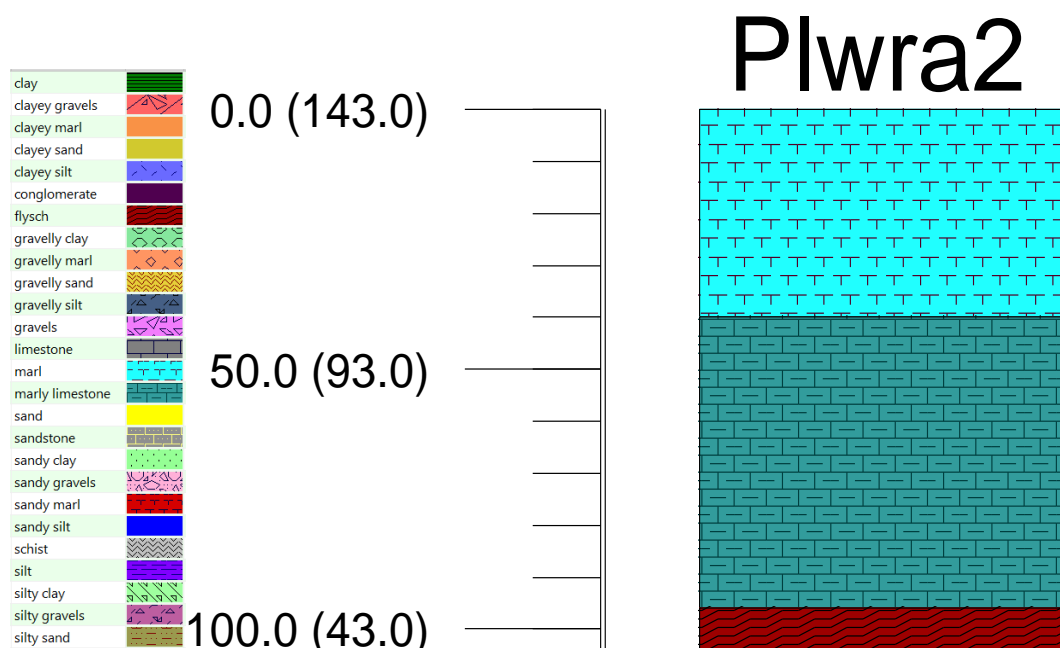
Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση θάλασσας με 0,39.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στη Πλώρα είναι: Η Plwra2-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 49 °C. Η Plwra2-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 64°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 26 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Στην εικόνα 3.16 φαίνεται η λιθοστρωματογραφική στήλη (από τεχνικό τμήμα δήμου Αγίων Δέκα) της δημοτικής γεώτρησης, Χουδατσανά, του χωριού Πλώρα με τα εξής πετρώματα:

0-96 m: μαργαϊκός ασβεστόλιθος

96-104 m: φλύσχης



Εικόνα 3.15: Λιθοστρωματογραφική στήλη γεώτρησης Πλώρα 2

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από τη λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης, εικόνα 3.15, φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμό Ασβεστόλιθου μέχρι τα 96m και σε σχηματισμό φλύσχη ζώνης Τρίπολης στα 104m βάθος.

3.1.15 Δημοτική γεώτρηση Κατσιπέτη, ΠΛΩΡΑ 3



Εικόνα 3.16: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλώρα 3

Στη γεώτρηση Πλώρα 3 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH είναι 7,2-7,4 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 22 °C έως 23 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 572 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 277 mg/L έως 280 mg/L, αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεσσαίο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται 14,2-14,5 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού ταυτίζονται ανεξάρτητα την περίοδο δειγματοληψίας, τα κατιόντα κατατάσσονται στην κατηγορία ανθρακικών, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής

σύστασης μαγνησιούχων- ασβεστούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα ανθρακικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κοίλες προς τα κάτω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται γλυκό (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και μέτριο κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση θάλασσας με 0,48.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στη Πλώρα είναι: Η Plwra3-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 47°C . Η Plwra3-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 65°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 32°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Στην εικόνα 3.18 φαίνεται η λιθοστρωματογραφική στήλη (από τεχνικό τμήμα δήμου Αγίων Δέκα) της δημοτικής γεώτρησης, Κατσιπέτη, του χωριού Πλώρα με τα εξής πετρώματα:

0-19 m: αμμώδης άργιλος

19-106 m: ψαμμίτης

106-182 m: φλύσχης

Plwra3



Εικόνα 3.17: Λιθοστρωματογραφική στήλη γεώτρησης Πλώρα 3

Από γεωλογικούς χάρτες της περιοχής (βλ. Κεφάλαιο 2) και από τη λιθοστρωματογραφική στήλη της γεώτρησης, εικόνα 3.17, φαίνεται ότι η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμό Φλύσχη ζώνης Τρίπολης στα 182 m βάθος.

3.1.16 Γεώτρηση ΠΛΩΡΑ 4



Εικόνα 3.18: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλώρα 4

Στη γεώτρηση Πλώρα 4 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH είναι 7,4-7,6 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 23,4 °C έως 24,9 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 540 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 260 mg/L έως 267 mg/L, αντίστοιχα, που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεσσαίο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται 15,7-17,7 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000)..

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού διαφέρουν ελαφρώς ανάλογα την περίοδο δειγματοληψίας παραμένουν όμως στις ίδιες κατηγορίες με τα κατιόντα να κατατάσσονται στην κατηγορία

ανθρακικών, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής σύστασης μαγνησιούχων-ασβεστούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα ανθρακικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κυρτές προς τα πάνω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται υφάλμυρο (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6, υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και μέτριο κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 27 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση θάλασσας με 0,40.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στη Πλώρα είναι: Η Plwra4-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 46 °C. Η Plwra4-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 64°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 27 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από προφορική ενημέρωση από τον ιδιοκτήτη, η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμό Ασβεστόλιθου ζώνης Τρίπολης στα 240m βάθος.

3.1.17 Γεώτρηση ΠΛΩΡΑ 5



Εικόνα 3.19: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλώρα 5

Στη γεώτρηση Πλώρα 5 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH είναι 7,2-7,3 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 22 °C έως 23,8 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 640 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 723 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 310 mg/L έως 353 mg/L, αντίστοιχα που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεσαίο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται 19-19,2 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού ταυτίζονται ανεξάρτητα την περίοδο δειγματοληψίας, τα κατιόντα κατατάσσονται στην κατηγορία ανθρακικών, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής

σύστασης μαγνησιούχων- ασβεστούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα ανθρακικά

Στο διάγραμμα Schoeller, ήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κοίλες προς τα κάτω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται γλυκό (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6, υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και μέτριο κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση θάλασσας με 0,34.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στη Πλώρα είναι: Η Plwra5-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε 48 °C. Η Plwra5-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 63°C και με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, 37 °C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Από προφορική ενημέρωση από τον ιδιοκτήτη, η γεώτρηση έχει ανορυχθεί σε σχηματισμό Πέτρες Ποταμού στα 90m βάθος.

3.1.18 Δημοτική πηγή Άγιος Γεώργιος, ΠΛΩΡΑ 6



Εικόνα 3.20: Φωτογραφία από προσωπικό άλμπουμ της γεώτρησης Πλώρα 6

Στη πηγή Πλώρα 6 πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες, μία στη ξηρή και μία στην υγρή περίοδο. Όπως παρατηρείται υπάρχουν μικρές αποκλίσεις μεταξύ των δειγμάτων, στις θερμοκρασίες και τα pH. Το pH είναι 7,2-7,5 και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 20,6 °C έως 23,3 °C. Αποκλίσεις υπάρχουν και στις μετρήσεις ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και TDS, οι οποίες κυμαίνονται από 604 $\mu\text{S}/\text{cm}$ έως 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 293 mg/L έως 360 mg/L, αντίστοιχα που υποδηλώνει γλυκό νερό με μεσαίο κίνδυνο αλατώσεως (Σινάνης, 2015). Η σκληρότητα κυμαίνεται 12,1-15 mg/L CaCO_3 που σημαίνει ότι το νερό είναι μαλακό (Καλλέργης, 2000).

Βάση του διαγράμματος Piper, σχήμα 2.1 και πίνακας 2.5, οι χημικοί τύποι του νερού σχεδόν ταυτίζονται ανεξάρτητα την περίοδο δειγματοληψίας, τα κατιόντα κατατάσσονται στην κατηγορία ανθρακικών, τα ανιόντα στην κατηγορία μικτής

σύστασης μαγνησιούχων - ασβεστούχων και το σύνολο στην κατηγορία ασβεστομαγνησιούχα ανθρακικά.

Στο διάγραμμα Schoeller, σχήμα 2.5, διακρίνεται ότι οι καμπύλες είναι κοίλες προς τα κάτω, συνεπώς το νερό χαρακτηρίζεται γλυκό (Σούλιος, 2006).

Τα δείγματα της γεώτρησης είναι κορεσμένα σε χαλαζία, όπως παρουσιάζονται στο πίνακα 2.6.

Ο δείκτης SAR, σχήμα 2.10, υπολογίστηκε <6 , υποδηλώνει μικρό κίνδυνο Νατρίου και μέτριο κίνδυνο αλατότητας.

Ο συντελεστής Revelle, πίνακες 2.7 και 2.8, το νερό ανήκει στην κατηγορία καλό υπόγειο νερό χωρίς διείσδυση θάλασσας με 0,5.

Τα αποτελέσματα των γεωθερμομέτρων για τη γεώτρηση στη Πλώρα είναι: Η Plwra6-1 με το γεωθερμόμετρο Πυριτίου (SiO_2), έδωσε $49\text{ }^{\circ}\text{C}$ και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, $29\text{ }^{\circ}\text{C}$. Η Plwra6-2 με το γεωθερμόμετρο K-Mg, έδωσε 65°C , με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg, $73\text{ }^{\circ}\text{C}$ και με το γεωθερμόμετρο Ca/Mg, 49°C (πίνακες 4.1 και 4.2).

Κεφάλαιο 4: Χάρτες Κατανομής

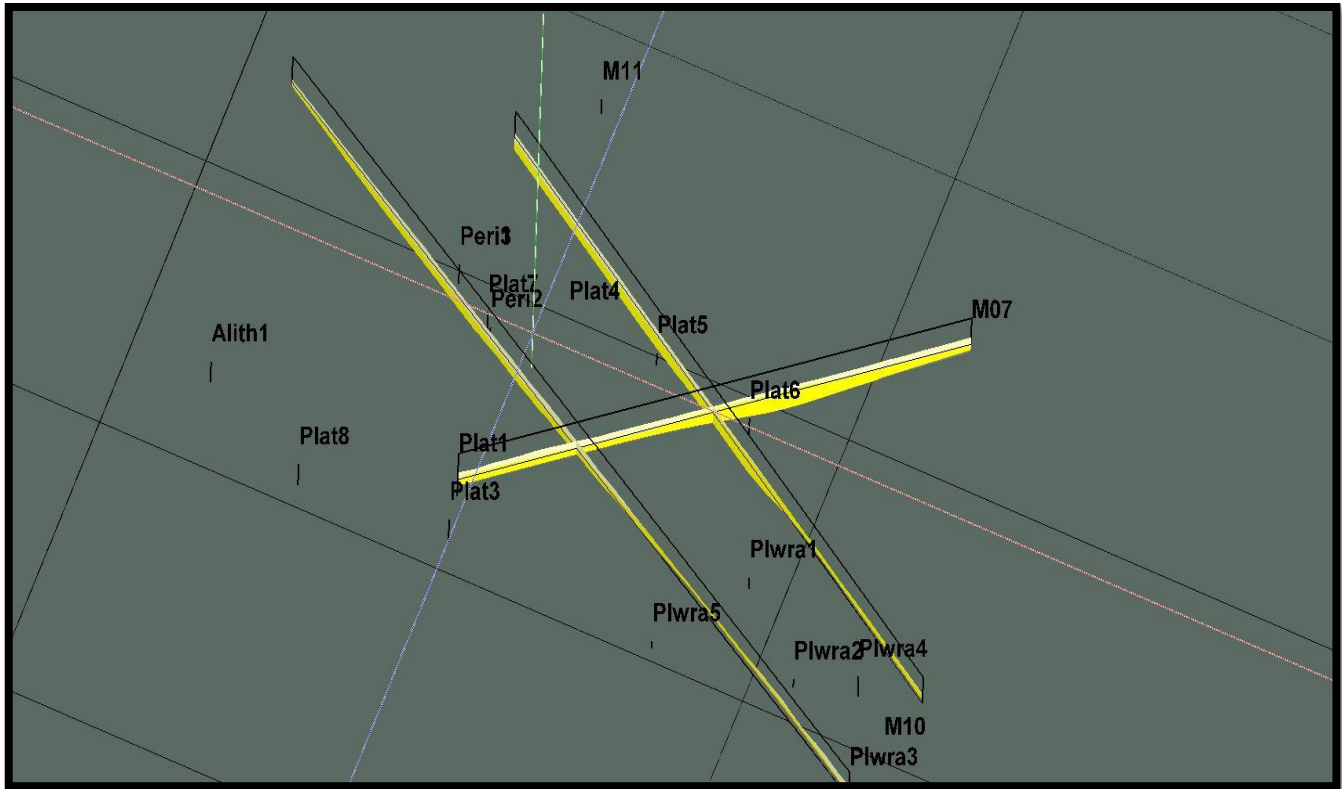
4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται χάρτες της λιθολογίας και της στρωματογραφίας στην περιοχή καθώς και την κατανομή της θερμοκρασίας του νερού στο κολάρο της γεώτρησης, της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας στα αντίστοιχα βάθη άντλησης όπως αυτή υπολογίστηκε με τη χρήση των γεωθερμόμετρων για την υγρή περίοδο (Μάρτιος 2018) και την ξηρή περίοδο (Σεπτέμβριος 2018) με τη βοήθεια του λογισμικού Rock Works 2017.

4.2 Λιθοστρωματογραφικού χάρτες

Στις παρακάτω εικόνες 4.1 έως 4.5 παρατίθενται χάρτες με τη λιθολογία και τη στρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής μελέτης που περιέχουν στοιχεία από βάση δεδομένων της Ερευνητικής Μονάδας Γεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης καθώς και δεδομένων που παραχωρήθηκαν από τους Δήμους και την Περιφέρεια Κρήτης και παρείχαν χρήσιμες πληροφορίες. Στο χάρτη της εικόνας 4.1, παρουσιάζονται οι θέσεις των γεωτρήσεων που μελετήθηκαν το 2018, οι θέσεις των γεωτρήσεων από τη μελέτη του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. του 2016, οι θέσεις των γεωτρήσεων από το αρχείο της Ερευνητικής Μονάδας Γεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης και δεδομένα από δήμους που ψηφιοποιήθηκαν. Ψηφιοποίηση έγινε στις λιθοστρωματογραφικές στήλες των γεωτρήσεων Plwra1, Plwra2, Plwra3 και Alith1, για τις υπόλοιπες δεν υπάρχουν στρωματογραφικά δεδομένα και στο χάρτη τοποθετήθηκαν μόνο οι θέσεις τους. Όπως παρατηρείται, στο νότιο μέρος δεν υπάρχουν δεδομένα ή πληροφορίες κοντά/για τις γεωτρήσεις Plat1, Plat3, Plat8 και Plwra6.

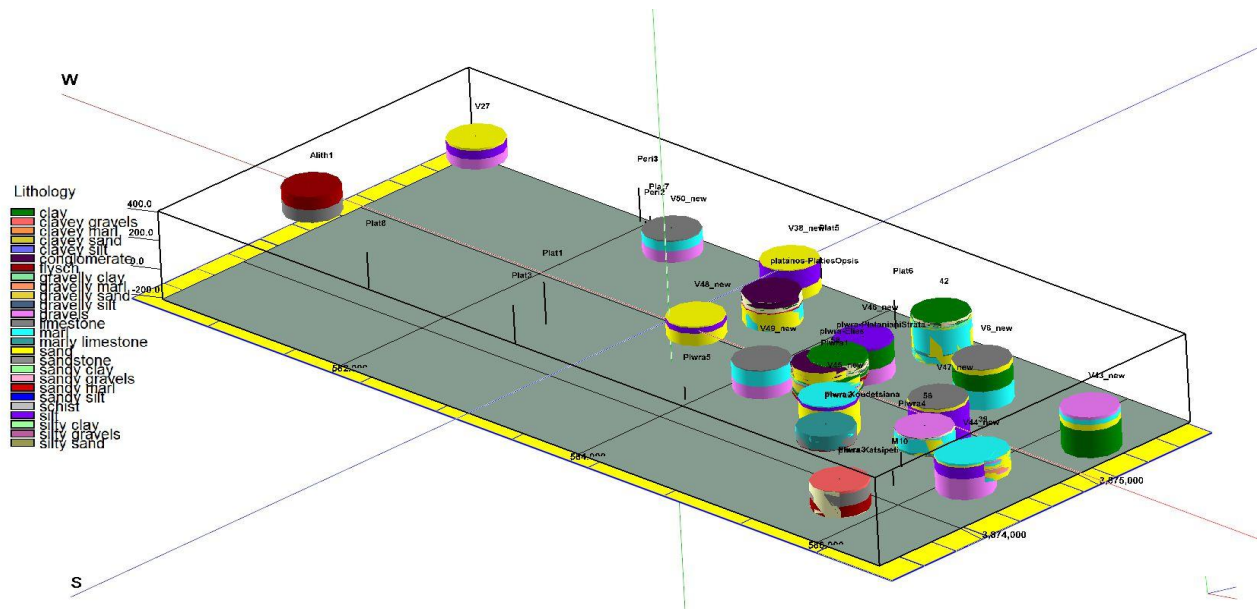
Στο χάρτη της εικόνας 4.2, παρατηρείται πως οι περισσότερες γεωτρήσεις έχουν ανορυχθεί σε σχηματισμούς του Τεταρτογενούς ή του Νεογενούς, όπου το πάχος τους ποικίλει. Στο νότιο τμήμα, υπάρχει μεγάλο πάχος Τεταρτογενών και στο ανατολικό μεγάλο πάχος για τα Νεογενή.



Εικόνα 4.3: Απεικόνιση 3D Statigraphy fence, όπου γίνεται προσπάθεια χάραξης τομών σύμφωνα με τα υπάρχοντα λιθοστρωματογραφικά δεδομένα

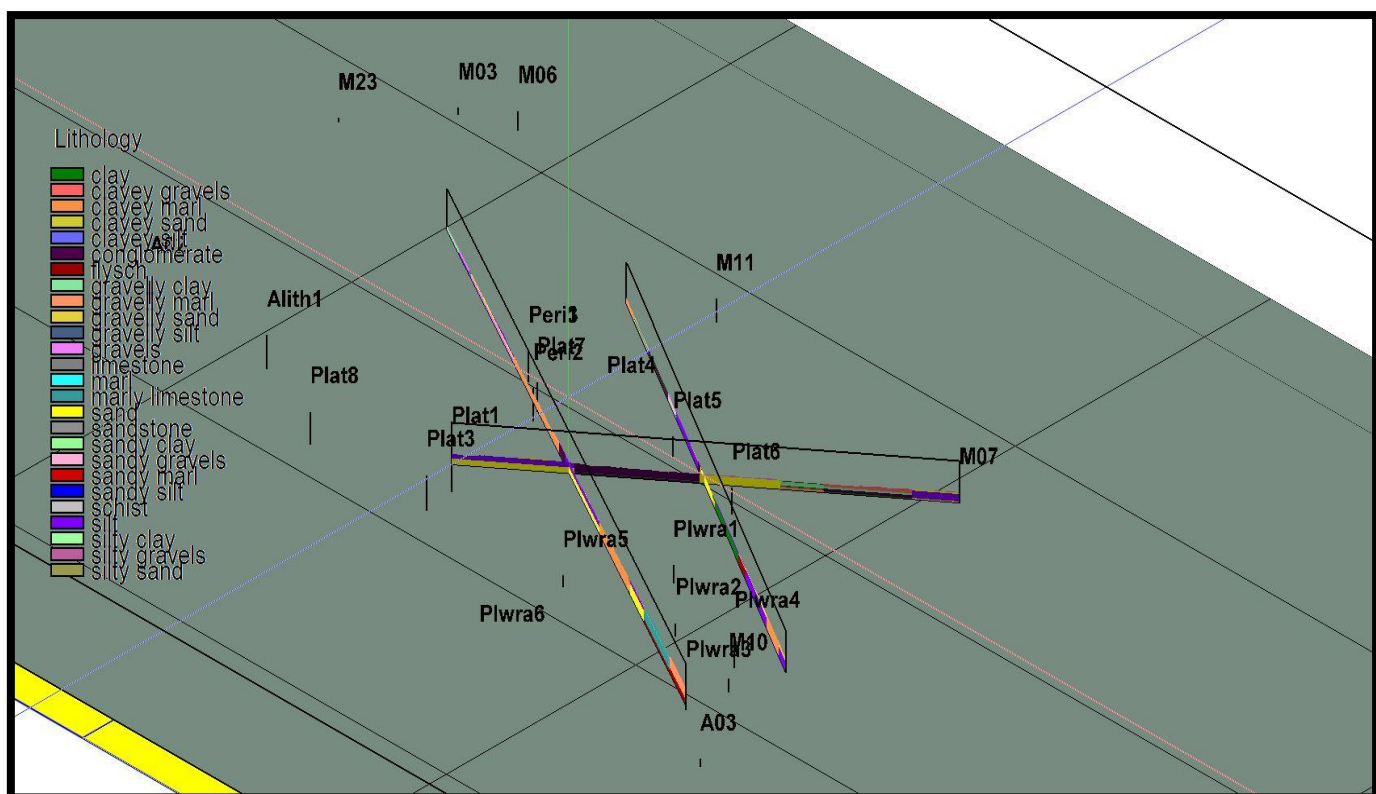
Στην εικόνα 4.3, αναπαρίστανται η στρωματογραφία κάποιων γεωτρήσεων από τη περιοχή μελέτης του 2018 και από τη μελέτη του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. του 2016. Οι τομές, που παρουσιάζονται, χαράχτηκαν σύμφωνα με τα γνωστά ρήγματα της περιοχής (Ιωάννου, 2018) και όπου υπήρχαν τα περισσότερα δεδομένα. Εδώ, παρατηρούνται τα πάχη των νεογενών και των τεταρτογενών, όπου σύμφωνα με τον χάρτη, κοντά στη γεώτρηση Plat 6, το πάχος των νεογενών είναι μεγαλύτερο.

Στον χάρτη της εικόνας 4.4, φαίνονται τα λιθοστρωματογραφικά δεδομένα γεωτρήσεων από τη περιοχή μελέτης και από τη μελέτη του Ε.Α.Γ.Μ.Ε.. Σε αυτές τις γεωτρήσεις υπερτερούν οι εξής σχηματισμοί, μάργες, άργιλοι και άμμοι.



Εικόνα 4.4: Λιθοστρωματογραφικά δεδομένα σε χάρτη 3D στη στενή περιοχή μελέτης. Από το αρχείο της Ερευνητικής Μονάδας Γεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης στο οποίο προστέθηκαν και τα στοιχεία που συλλέχθηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας

Στην εικόνα 4.5, ο χάρτης αποτελεί συνέχεια του χάρτη της εικόνας 4.3, όσο αφορά τα λιθολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής και οι τομές είναι οι ίδιες. Εδώ, παρατηρούνται οι εξής σχηματισμοί, άμμος, μάργες με χαλίκια και ιλύς.

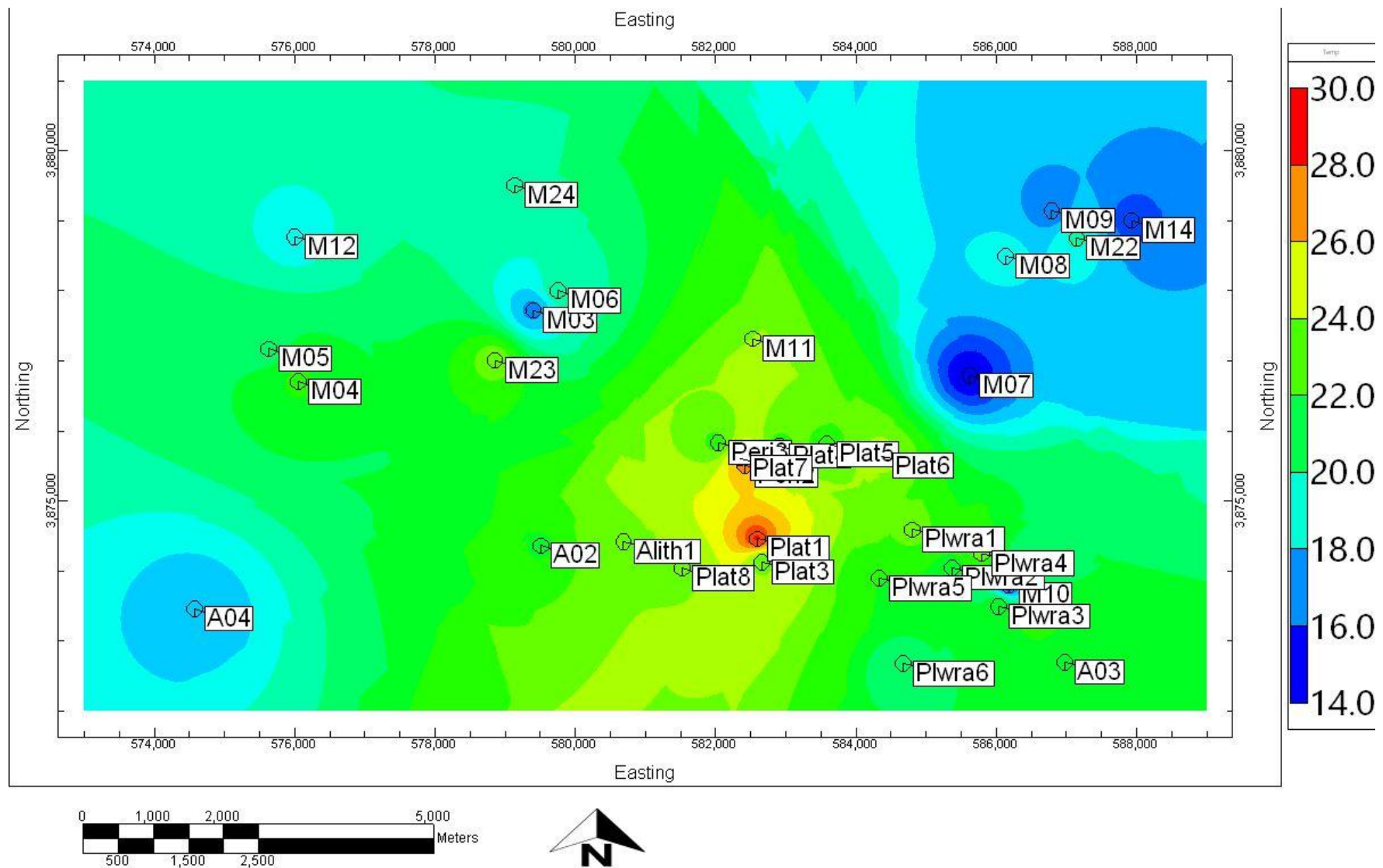


Εικόνα 4.5: Απεικόνιση 3D Lithology fence, όπου γίνεται προσπάθεια χάραξης τομών σύμφωνα με τα υπάρχοντα λιθολογικά δεδομένα

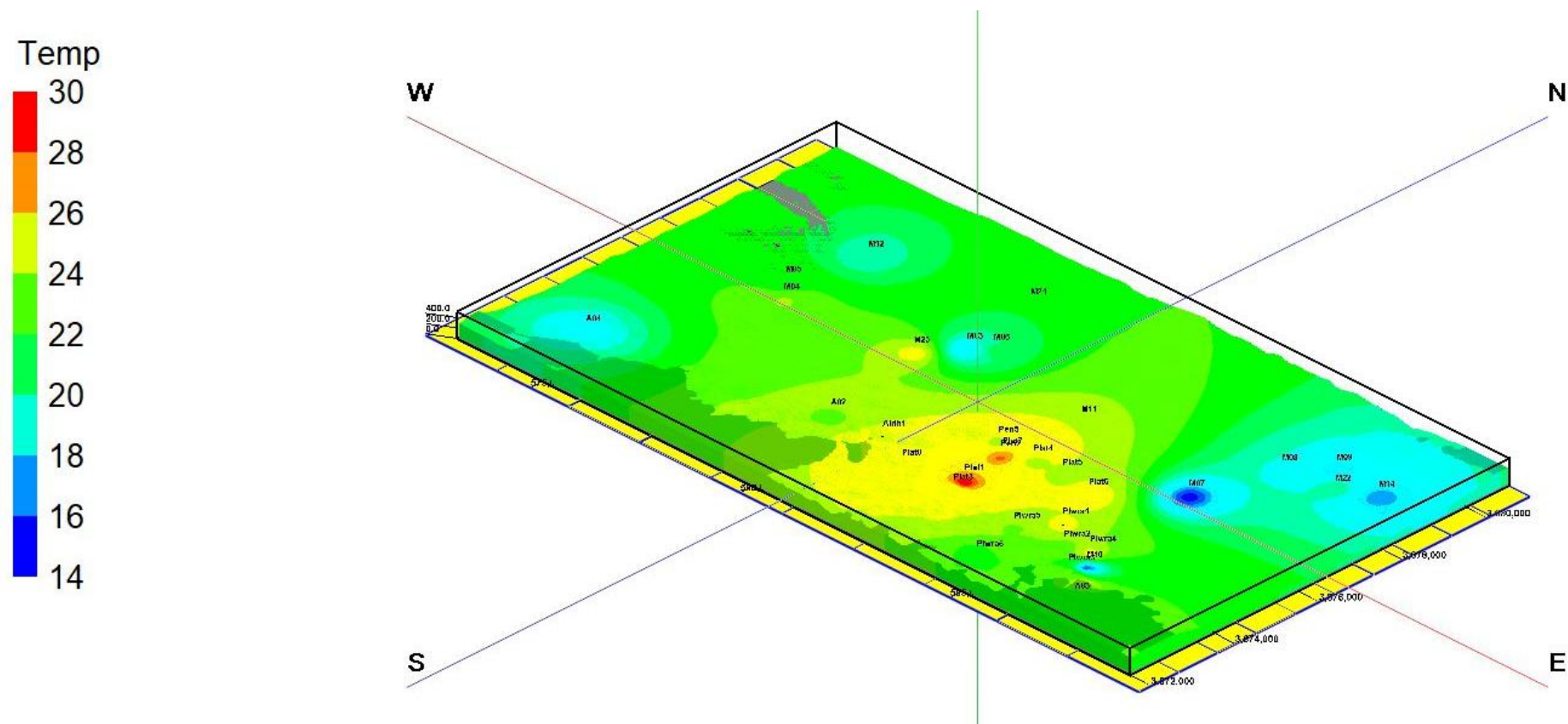
4.3 Χάρτες κατανομής για την υγρή περίοδο δειγματοληψίας

Στην εικόνα 4.6, ο δισδιάστατος χάρτης, παρουσιάζει τη κατανομή των θερμοκρασιών από τις επιτόπιες μετρήσεις για την υγρή περίοδο τόσο για τις γεωτρήσεις που μελετήθηκαν το 2018 όσο και για τις γεωτρήσεις του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. το 2016. Στο χάρτη αναπαρίστανται οι θέσεις των γεωτρήσεων σύμφωνα με τις συνταγμένες τους και το ψηφιακό ανάγλυφο της επιφάνειας της περιοχής. Η θερμή περιοχή τοποθετείται, σύμφωνα με την θερμοκρασία επιφάνειας γύρω από την γεώτρηση Plat 1.

Η εικόνα 4.7 αποτελεί την 3D απεικόνιση του χάρτη της εικόνας 4.6 της περιοχής μελέτης, για την υγρή περίοδο, δείχνοντας ότι η θερμή περιοχή τοποθετείται στο χωρίο Πλάτανος, συγκεκριμένα στις γεωτρήσεις Plat 1, 3, 5, 7 και Peri3.



Εικόνα 4.6: Απεικόνιση 2D θερμοκρασιών στο κολάρο από αρχείο Ε.Α.Γ.Μ.Ε 2016 και των δεδομένων που συλλέχθηκαν το 2018, για την υγρή περίοδο.

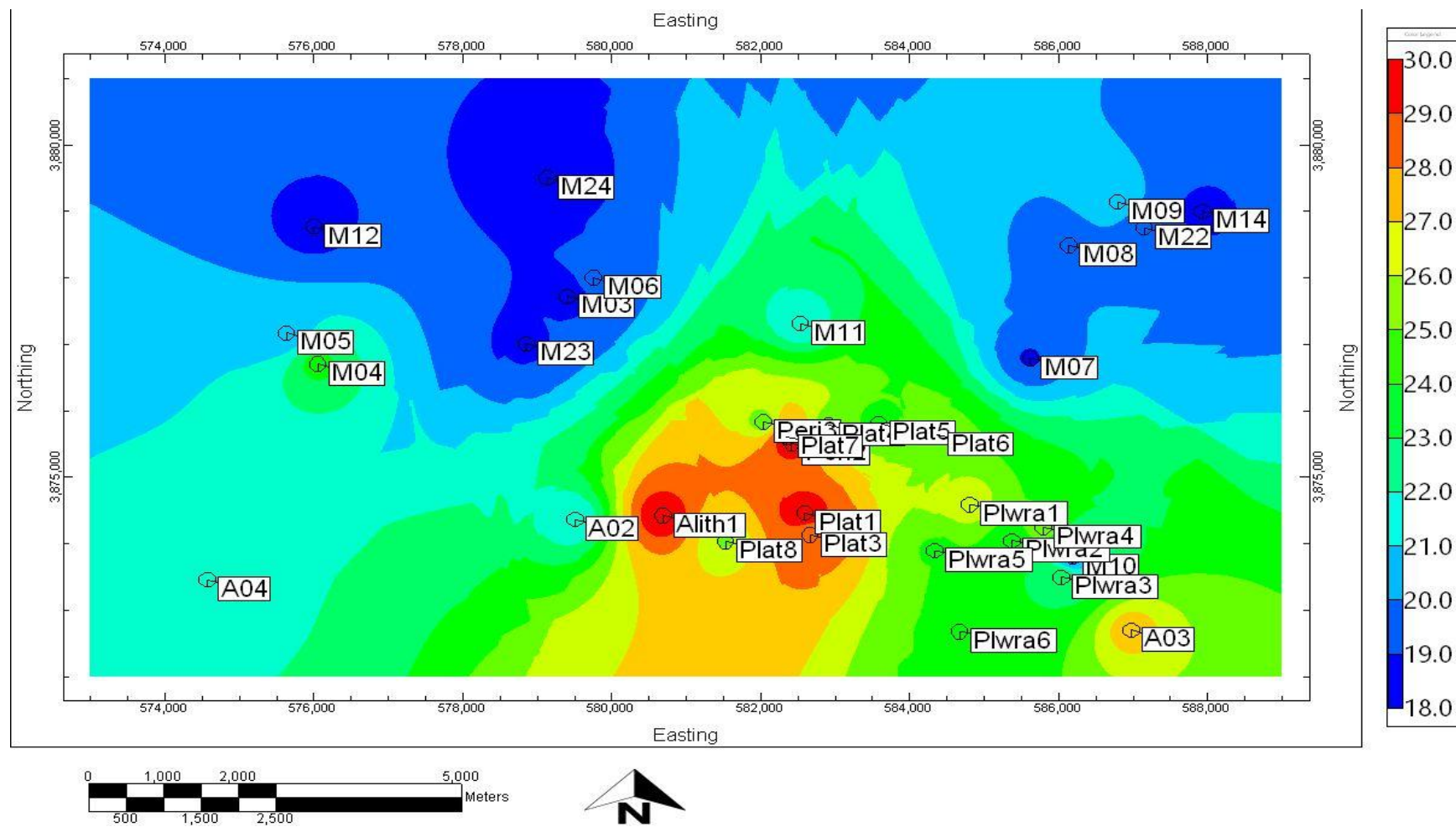


Εικόνα 4.7: Απεικόνιση 3D θερμοκρασιών στο κολάρο των γεωτρήσεων για την υγρή περίοδο από αρχείο Ε.Α.Γ.Μ.Ε. 2016 και από τα δεδομένα που συλλέχτηκαν το 2018.

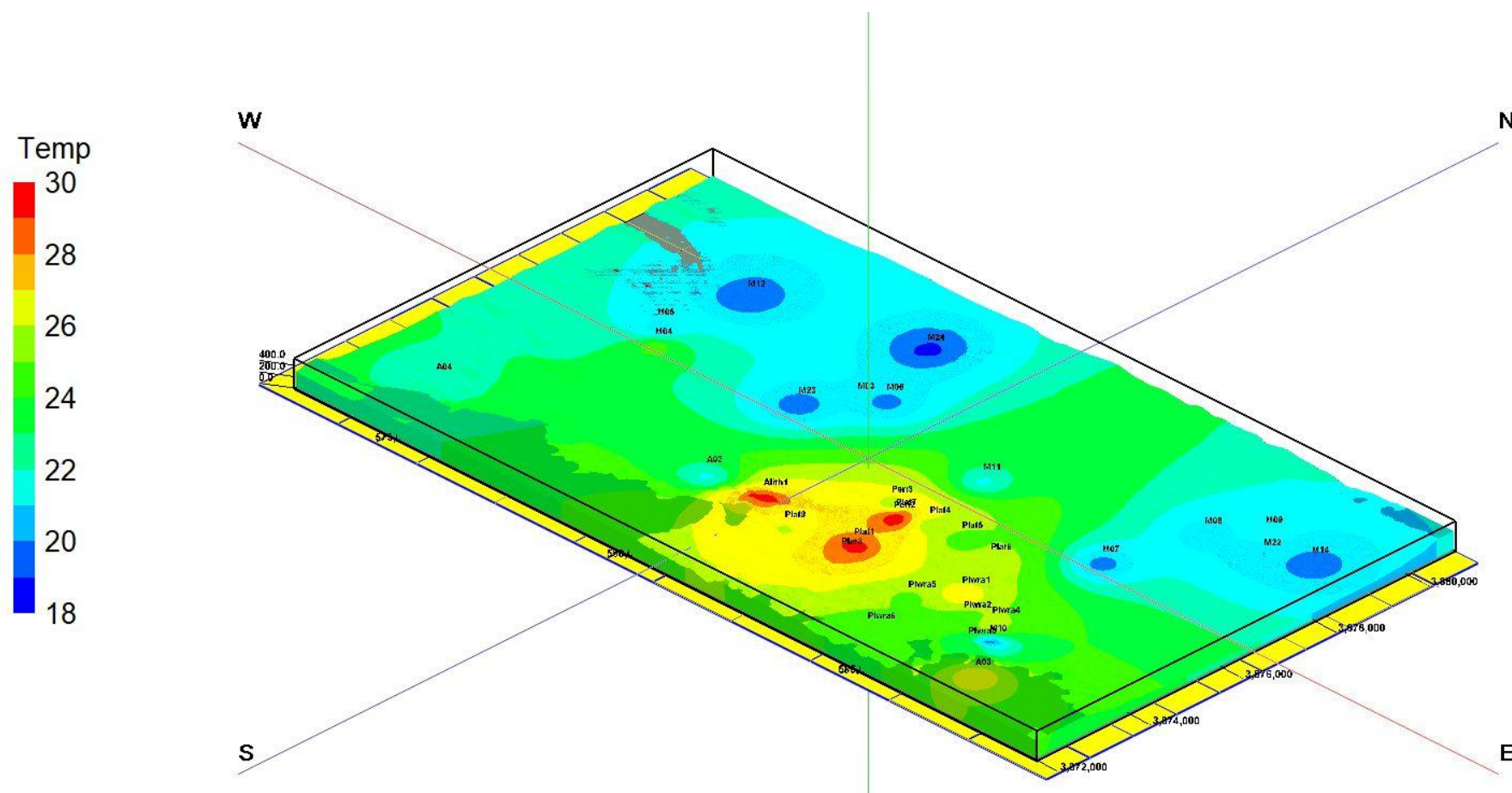
4.4 Χάρτες κατανομής για τη Ξηρή Περίοδο δειγματοληψίας

Στην εικόνα 4.8, ο δισδιάστατος χάρτης, παρουσιάζει τη κατανομή των θερμοκρασιών από τις επιτόπιες μετρήσεις για τη ξηρή περίοδο τόσο για τις γεωτρήσεις που μελετήθηκαν το 2018 όσο και για τις γεωτρήσεις του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. το 2016. Στο χάρτη αναπαρίστανται οι θέσεις των γεωτρήσεων σύμφωνα με τις συνταγμένες τους και το ψηφιακό ανάγλυφο της επιφάνειας της περιοχής.

Η εικόνα 4.9. αποτελεί την 3D απεικόνιση του χάρτη της εικόνας 4.8 της περιοχής μελέτης, για τη ξηρή περίοδο, δείχνοντας ότι η θερμή περιοχή έχει μεγαλύτερο εύρος και τοποθετείται, σύμφωνα με την θερμοκρασία επιφάνειας στα δυτικά του χάρτη, στα χωριά Πλάτανος και Αληθινή, συγκεκριμένα στις γεωτρήσεις Plat1, 3, 5, 7, Peri1-3 και Alith1.



Εικόνα 4.8: Απεικόνιση 2D θερμοκρασιών στο κολάρο από αρχείο Ε.Α.Γ.Μ.Ε 2016 και των δεδομένων που συλλέχθηκαν το 2018, για τη ξηρή περίοδο.

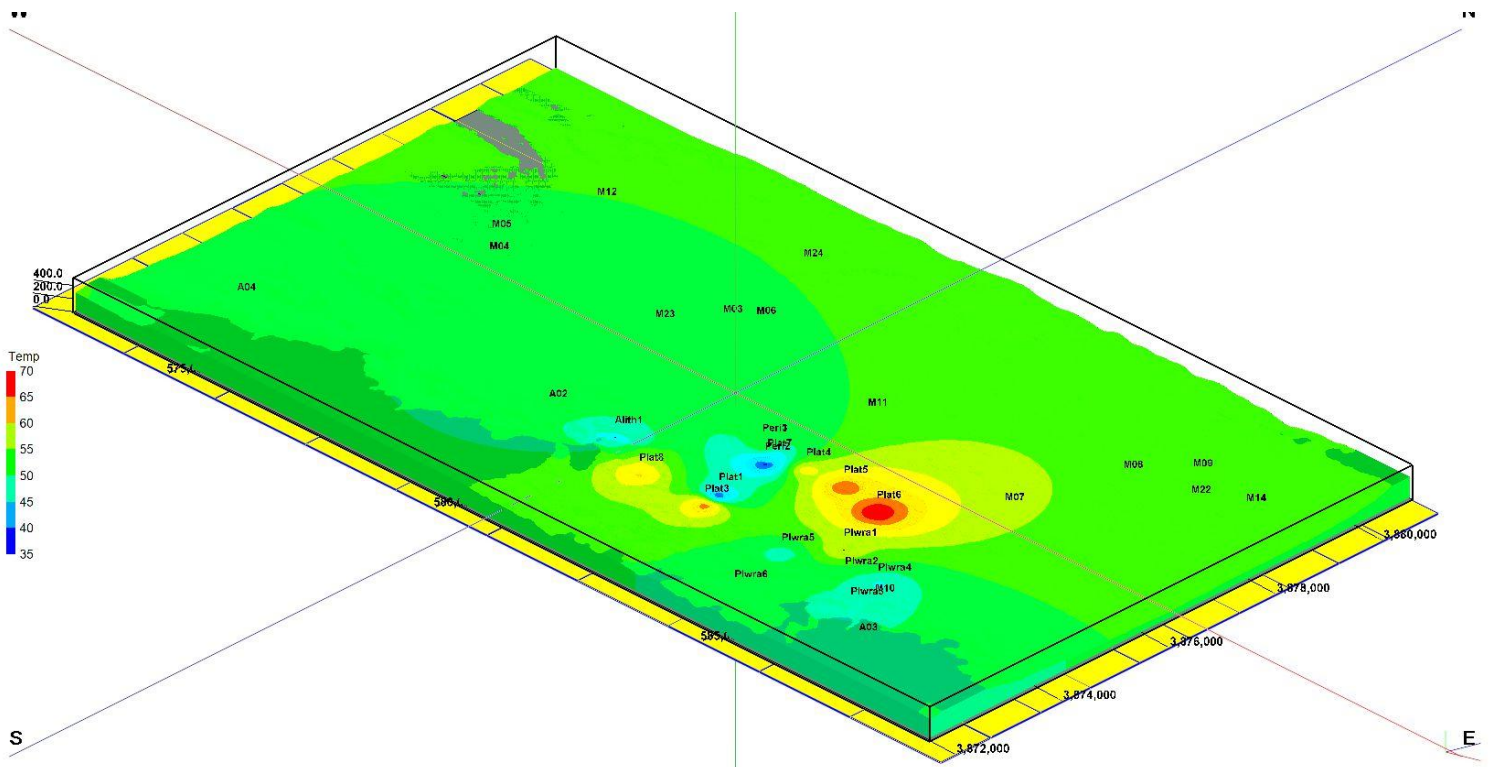


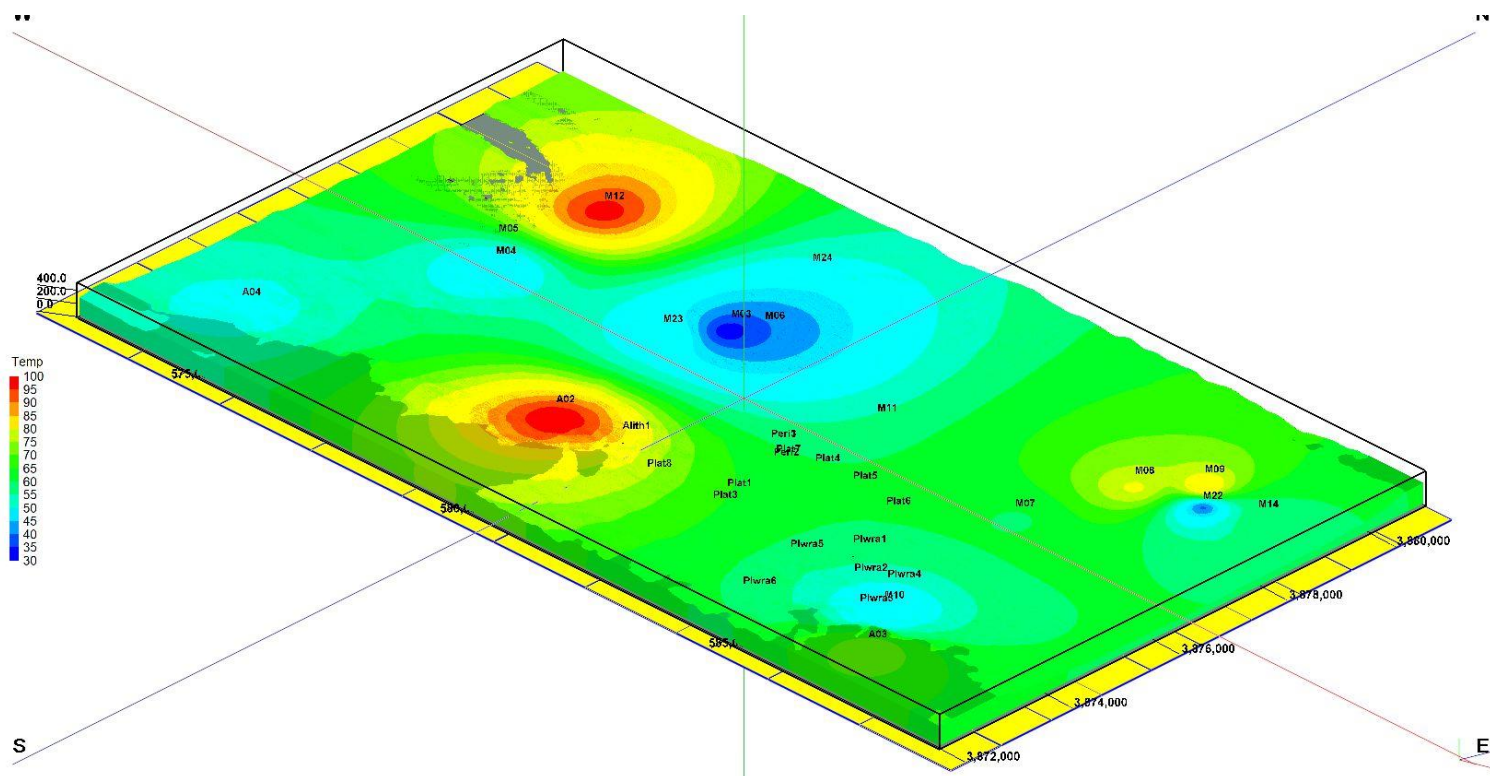
Εικόνα 4.9: Απεικόνιση 3D θερμοκρασιών στο κολάρο των γεωτρήσεων από αρχείο E.A.Γ.Μ.Ε. 2016 και από τα δεδομένα που συλλέχτηκαν το 2018.

4.5 Χάρτες κατανομής υπολογισμένων θερμοκρασιών στον υπό μελέτη γεωθερμικό ταμιευτήρα

4.5.1 Αποτελέσματα γεωθερμομέτρων ξηρής περιόδου

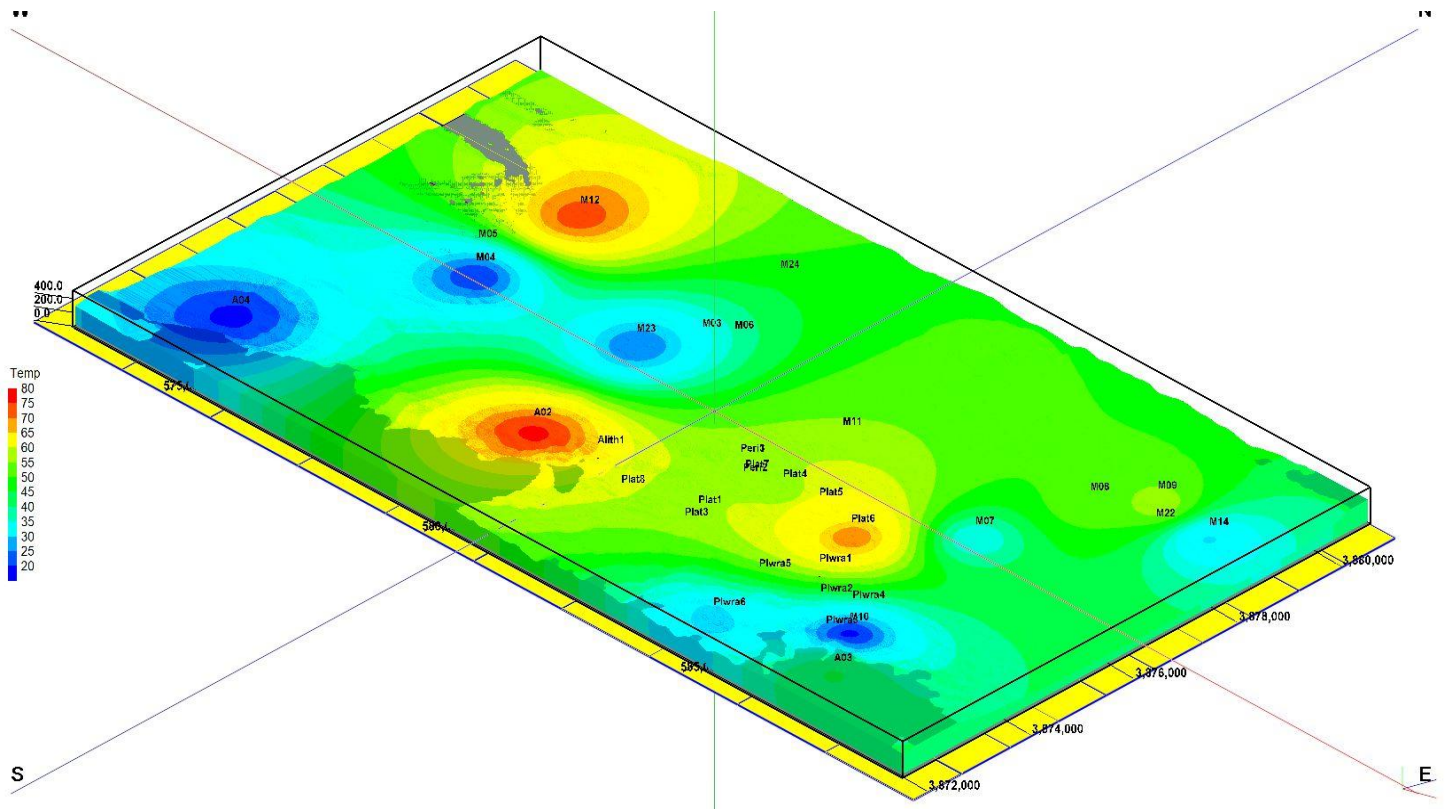
Σύμφωνα με τον πίνακα 2.12, το γεωθερμόμετρο SiO₂ δίνει αποτελέσματα μόνο για τις γεωτρήσεις της παρούσας εργασίας διότι στις γεωτρήσεις του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. δεν υπάρχουν στοιχεία για το πυρίτιο. Συνεπώς, για το δυτικό μέρος του χάρτη δεν υπάρχουν δεδομένα. Βάσει του 3D χάρτη, εικόνα 4.10, οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στην περιοχή γύρω από το χωριό Πλάτανος και συγκεκριμένα στις γεωτρήσεις Plat3, Plat5 και Plat6.





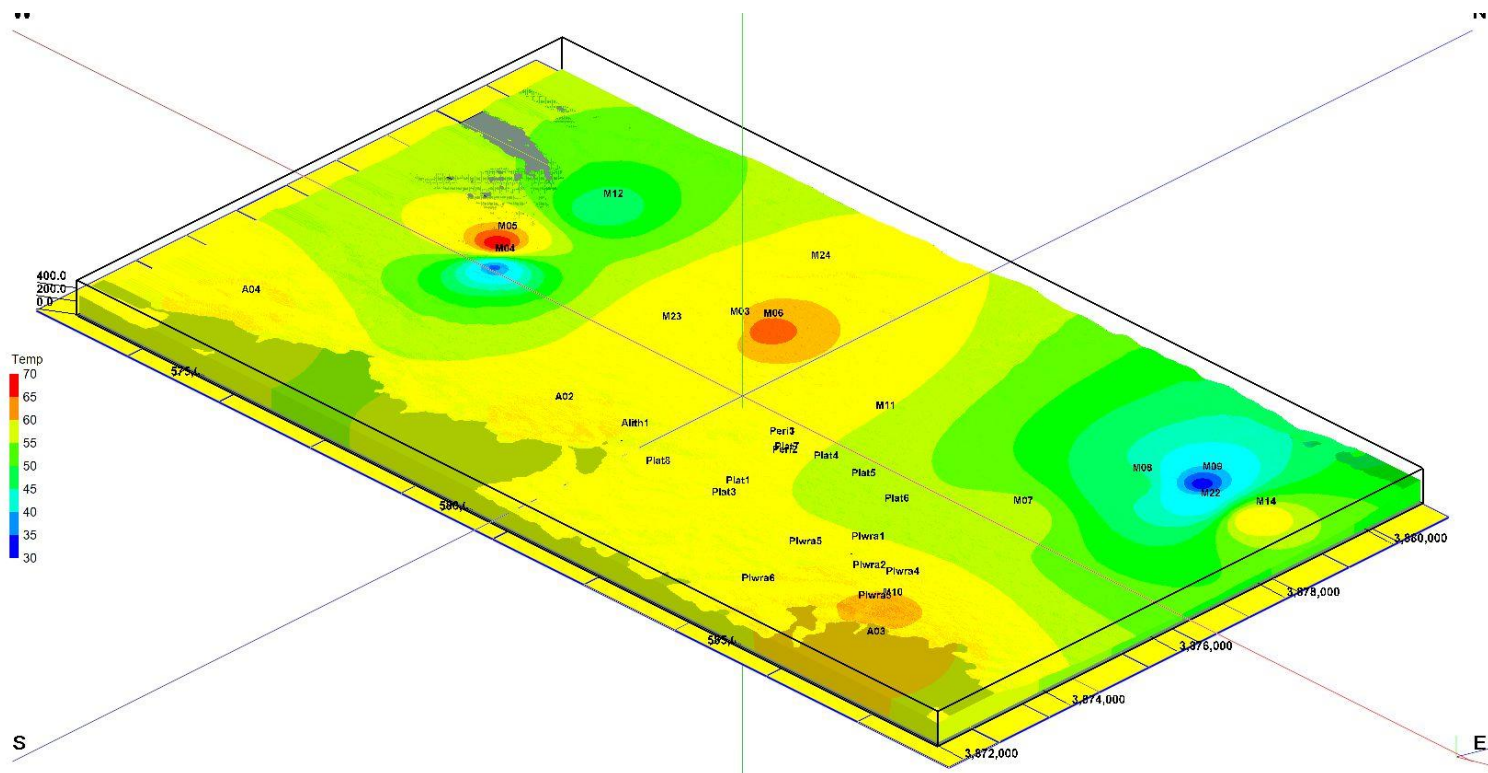
Εικόνα 4.11: Απεικόνιση 3D των πιθανών θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg.

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.12, το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg δίνει αποτελέσματα μόνο για τις γεωτρήσεις της μελέτης του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. και βάση τον 3D χάρτη, εικόνα 4.11, οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στις Α02, Μ09 και Μ12.



Εικόνα 4.12: Απεικόνιση 3D των πιθανών θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης με το γεωθερμόμετρο Ca-Mg.

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.12, το γεωθερμόμετρο Ca-Mg δίνει αποτελέσματα σε μία πληθώρα γεωτρήσεων, τόσο σε δείγματα μελέτης του 2018 όσο και σε δείγματα μελέτης του Ε.Α.Γ.Μ.Ε του 2016 και βάση τον 3D χάρτη, εικόνα 4.12, οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στις Α02, Μ12 και Plat 6.

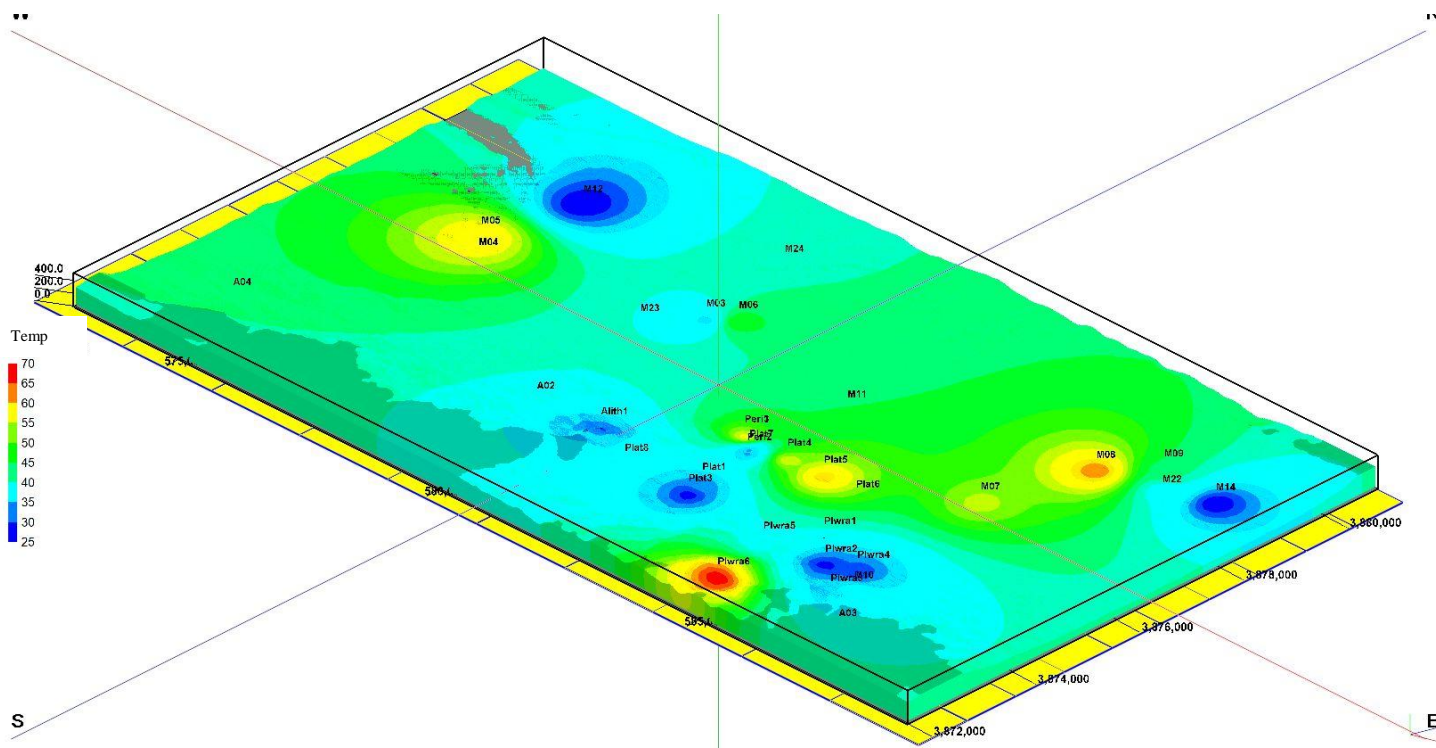


Εικόνα 4.13: Απεικόνιση 3D των πιθανών θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης με το γεωθερμόμετρο K-Mg.

Σύμφωνα με τον πίνακα 2.12, το γεωθερμόμετρο K-Mg δίνει αποτελέσματα μόνο στα δείγματα μελέτης του Ε.Α.Γ.Μ.Ε του 2016 και με βάση τον 3D χάρτη, εικόνα 4.13, οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στις M05, M06 και M10.

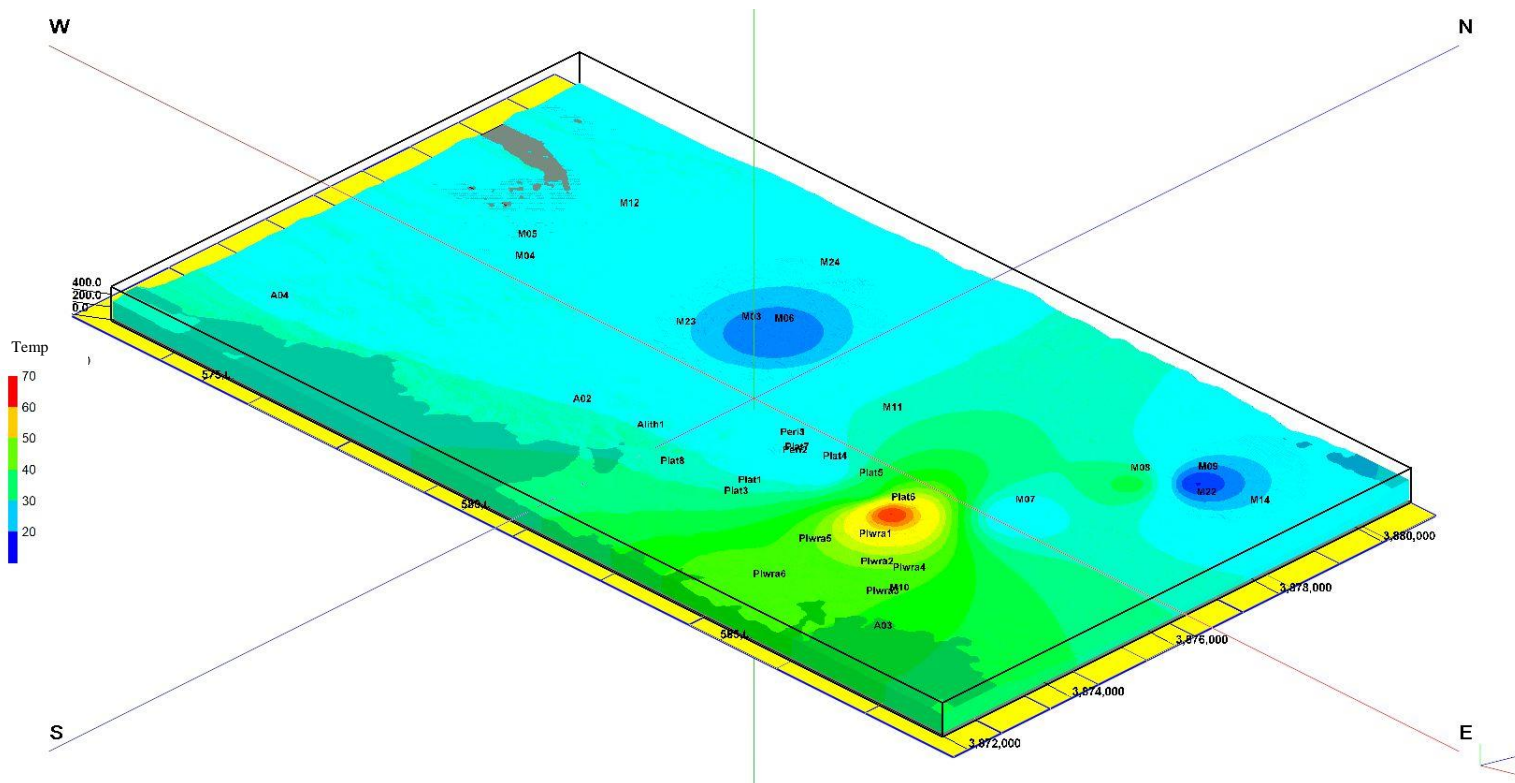
4.5.2 Αποτελέσματα γεωθερμομέτρων ξηρής περιόδου

Δεν παρουσιάζεται χάρτης για το γεωθερμόμετρο SiO₂ γιατί δίνει αποτελέσματα μόνο σε δύο γεωτρήσεις, την Peri 1 και Peri 2, μέσα σε ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων.



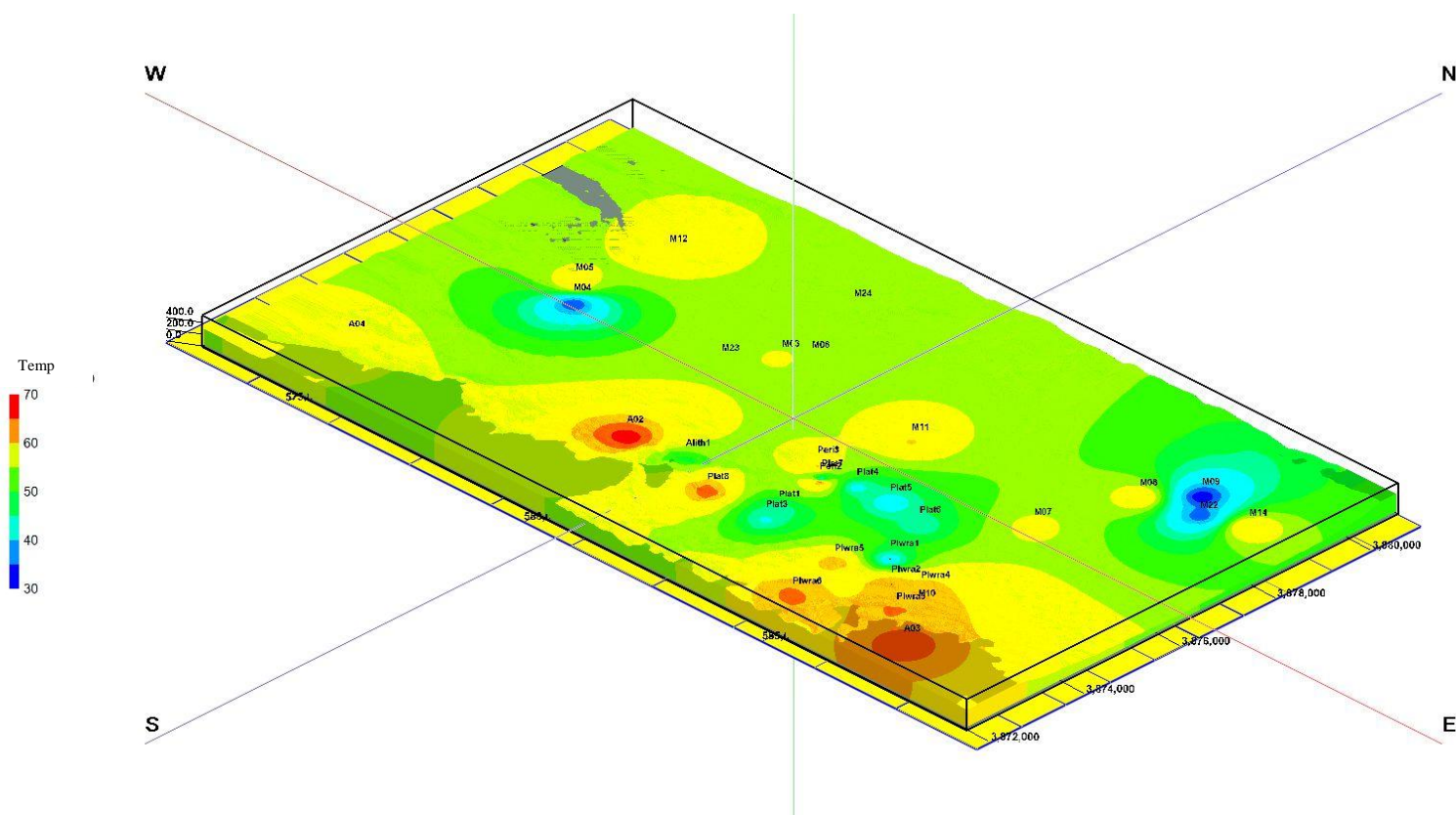
Εικόνα 4.14: Απεικόνιση 3D των πιθανών θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης με το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg.

Σύμφωνα με το πίνακα 2.13, το γεωθερμόμετρο Na-K-Ca με διόρθωση Mg δίνει αποτελέσματα σε μία πληθώρα γεωτρήσεων, τόσο σε δείγματα μελέτης του 2018 όσο και σε δείγματα μελέτης του Ε.Α.Γ.Μ.Ε του 2016 και βάση τον χάρτη 3D, εικόνα 4.14, οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στις M08 και Plwra 6.



Εικόνα 4.15: Απεικόνιση 3D των πιθανών θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης με το γεωθερμόμετρο Ca-Mg.

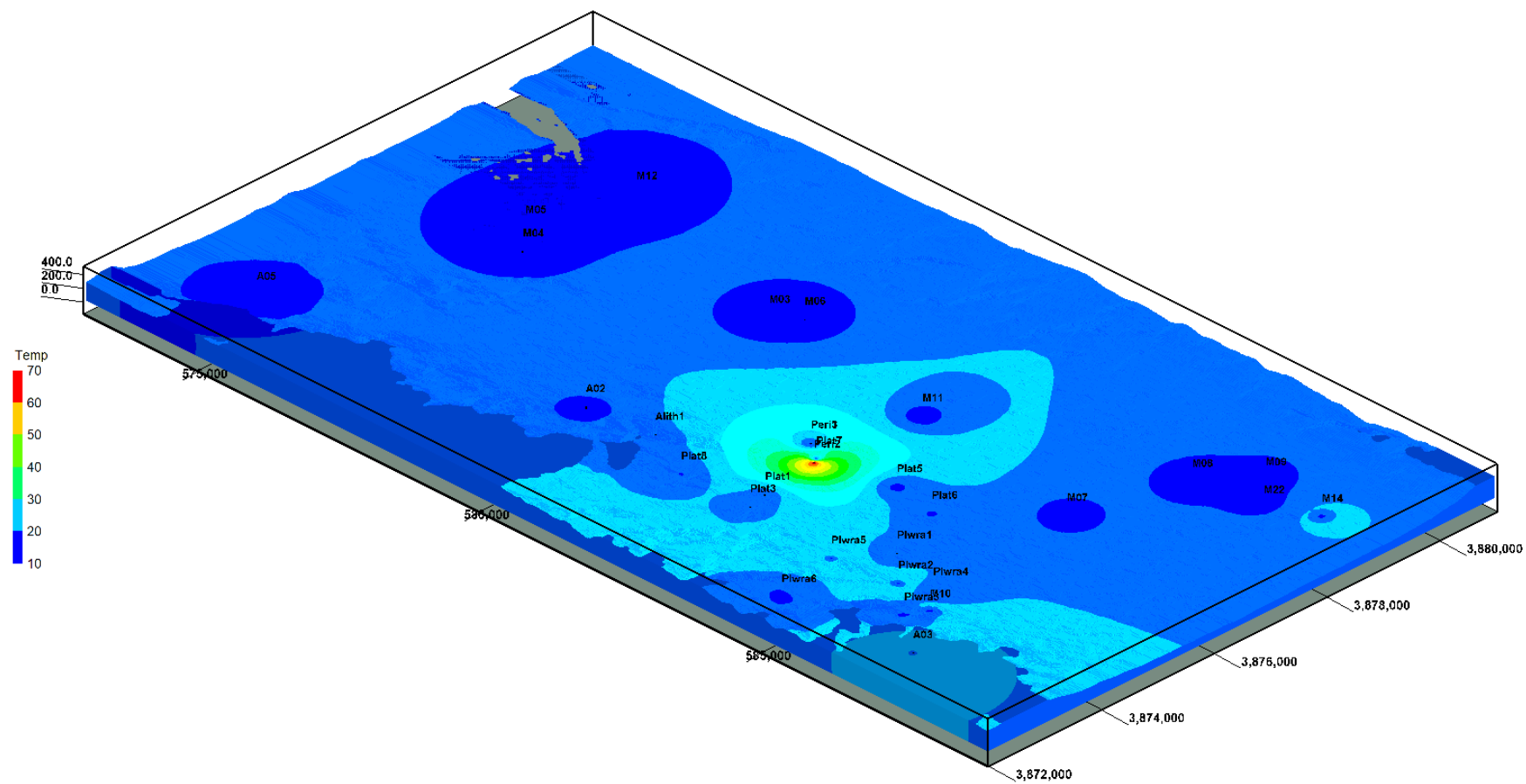
Σύμφωνα με το πίνακα 2.13, το γεωθερμόμετρο Ca-Mg δίνει αποτελέσματα μόνο σε δέκα γεωτρήσεις, πέντε ανήκουν στα δείγματα μελέτης του 2018 και πέντε στα δείγματα μελέτης του Ε.Α.Γ.Μ.Ε του 2016 και βάση τον χάρτη 3D, εικόνα 4.15, οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στις M08 και Plat 6.



Εικόνα 4.16: Απεικόνιση 3D των πιθανών θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης με το γεωθερμόμετρο K-Mg.

Σύμφωνα με το πίνακα 2.13, το γεωθερμόμετρο K-Mg είναι η μοναδική περίπτωση που δίνει αποτελέσματα για όλες τις γεωτρήσεις και βάση τον χάρτη 3D, εικόνα 4.16, οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται στις A02 και A03.

Εκτός από την υφιστάμενη χρήση των γεωθερμομέτρων, έγινε προσπάθεια προσέγγισης τρισδιάστατης κατανομής θερμοκρασιών με βάση τις θερμοκρασίες που υπολογίστηκαν στα διάφορα βάθη των δεκαοκτώ γεωτρήσεων μελέτης και δεκαεπτά γεωτρήσεων από το αρχείο του Ε.Α.Γ.Μ.Ε. του 2016. Παρατηρείται ότι οι αυξημένες θερμοκρασίες εντοπίζονται κατά μήκος του ρήγματος δ/νσης ΒΔ-ΝΑ.



Εικόνα 4.17: Χάρτης 3D όπου παρουσιάζεται η κατανομή των πιθανών θερμοκρασιών σε υδρογεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης.

Κεφάλαιο 5: Σύνοψη Αποτελεσμάτων

Σύμφωνα με τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, οι γεωτρήσεις στα χωριά Αληθινή, Πλώρα και Απεσωκάρι έχουν ανορυχθεί σε Φλύσχη ζώνης Πίνδου. Οι γεωτρήσεις στο χωριό Πέρι έχουν ανορυχθεί σε πλακώδεις ασβεστόλιθους και «πρώτο» φλύσχη και οι γεωτρήσεις στο χωριό Πλάτανος έχουν ανορυχθεί σε πλακώδεις ασβεστόλιθους και δολομίτες και ασβεστόλιθους ζώνης Τρίπολης. Σύμφωνα με τα λιθοστρωματογραφικά δεδομένα, στη περιοχή μελέτης απαντώνται σε νεογενή και τεταρτογενή πετρώματα και επικρατούν μάργες, ασβεστόλιθοι και άργιλοι. Στο νότιο τμήμα, υπάρχει μεγάλο πάχος τεταρτογενών πετρωμάτων και στο ανατολικό μεγάλο πάχος νεογενών.

Σύμφωνα με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων νερού και τις χημικές αναλύσεις:

Η θερμοκρασία που μετρήθηκε στο κολάρο των γεωτρήσεων κυμαίνεται από 20,6°C (Plwra6) έως 29,9°C (Plat1).

Διαπιστώθηκε ότι:

1. Η Plat 6 παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή στα TDS, 2300 mg/L, την υψηλότερη συγκέντρωση στα ιόντα Ca, 337,1 mg/L, την υψηλότερη συγκέντρωση στα ιόντα K, 9,66 mg/L και την υψηλότερη συγκέντρωση στα ιόντα SO₄, 1661 mg/L.
2. Η Plat 7 παρουσιάζει την υψηλότερη συγκέντρωση στα ιόντα Mg, 96,5 mg/L, την υψηλότερη συγκέντρωση στα ιόντα Na, 206,7 mg/L και την υψηλότερη συγκέντρωση στα ιόντα F, 3,4 mg/L.
3. Η Plat 5 παρουσιάζει την υψηλότερη τιμή στην ηλεκτρική αγωγιμότητα 4000 μS/cm και την υψηλότερη συγκέντρωση στα ιόντα Cl, 471 mg/L.
4. Η Plat 8 παρουσιάζει την υψηλότερη συγκέντρωση στα ιόντα HCO₃, 295,5 mg/L.

Οι γεωτρήσεις Peri2 , Plat5, Plat6, Plat7 παρουσιάζουν τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας 2000-4000 μS/cm οπότε κατατάσσονται στην κατηγορία με τον μέγιστο κίνδυνο αλατώσεως, ενώ σύμφωνα με τις τιμές των TDS (>1000mg/L), τα

νερά των γεωτρήσεων Peri2, Plat1, Plat 5, Plat6, Plat7 χαρακτηρίζονται ως μεταλλικά.

Σύμφωνα με τα διαγράμματα Piper, τα νερά φαίνεται ότι αποκτούν τα χαρακτηριστικά τους κατά την επαφή τους κυρίως με ανθρακικά πετρώματα και γύψους, αφού περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις ασβεστίου, μαγνησίου, διτανθρακικών και θειικών ριζών. Τα περισσότερα δείγματα νερού είναι κορεσμένα σε ασβεστίτη.

Σύμφωνα με τα διαγράμματα Schoeller, στην περιοχή υπάρχουν γεωτρήσεις που αντλούν νερά διαφορετικής σύστασης ακόμα και όταν πρόκειται για την ίδια γεώτρηση σε διαφορετική περίοδο δειγματοληψίας.

Η τρισδιάστατη απεικόνιση της κατανομής της θερμοκρασίας του νερού στην περιοχή μελέτης για την υγρή περίοδο, δείχνει ότι η θερμή περιοχή βρίσκεται στο χωριό Πλάτανος, όπου καταγράφηκαν οι υψηλότερες θερμοκρασίες (γεωτρήσεις Plat1 και Plat 3), ενώ για τη ξηρή περίοδο, δείχνει ότι η θερμή περιοχή έχει μεγαλύτερο εύρος και τοποθετείται δυτικότερα, στα χωριά Πλάτανος και Αληθινή (γεωτρήσεις Plat1, Peri 2 και Alith1).

Για την εκτίμηση της θερμοκρασίας των υδρογεωτρήσεων στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκαν χημικά γεωθερμόμετρα. Διαπιστώθηκε το γεωθερμόμετρο του χαλαζία δεν έδινε αποτελέσματα για τα δείγματα που συλλέχτηκαν κατά την ξηρή περίοδο, ενώ τα γεωθερμόμετρα K-Mg και Na-K-Ca με διόρθωση Mg, δεν έδωσαν αποτελέσματα κατά την υγρή περίοδο. Σε πολλές περιπτώσεις επίσης τα γεωθερμόμετρα έδιναν είτε τιμές αρνητικές είτε μικρότερες από τη θερμοκρασία που μετρήθηκε στο κολάρο είτε θερμοκρασίες άνω των 90°C. Αυτές οι τιμές απορρίφθηκαν. Σύμφωνα με αυτά, η υψηλότερες τιμές υπολογίστηκαν στη γεώτρηση Plat6 όπου η θερμοκρασία υπολογίστηκε στους 73-76°C. Οπότε ο υπό μελέτη πιθανός γεωθερμικός ταμιευτήρας να βρίσκεται στο χωριό Πλάτανος.

Κεφάλαιο 6: Συζήτηση

Στα δείγματα των γεωτρήσεων στη περιοχή μελέτης παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές στα ιόντα ασβεστίου. Η αναλογία Mg / Ca είναι μια σημαντική παράμετρος του πόσιμου νερού και η συνιστώμενη (ιδανική) αναλογία αυτών των δύο ιόντων στο νερό είναι 1: 2. Όλα τα δείγματα των γεωτρήσεων κυμαίνονται κοντά σε αυτή την αναλογία, εκτός από Apes 1-1, Plat 2-1 και Plwra 1-1 που ξεπερνούν τη μονάδα.

Το ασβέστιο (Ca) και το μαγνήσιο (Mg) είναι λιθόφιλα στοιχεία που παίζουν σημαντικό ρόλο στη σύνθεση των υπογείων υδάτων και γενικά στο περιβάλλον και είναι επίσης απαραίτητα για τον άνθρωπο σώμα. Το Ca είναι το πιο άφθονο μέταλλο της ομάδας των αλκαλικών γαιών στον φλοιό της Γης και αποτελεί το κύριο συστατικό πολλών ορυκτών και πετρωμάτων. Τα πιο κοινά και πλούσια σε ασβέστιο ορυκτά είναι: ο ασβεστίτης, ο αραγονίτης, ο δολομίτης, η γύψος, ο απατίτης, οι κλινοπυροξένοι, τα πλαγιόκλαστα, η κεροστίλβη και το επίδοτο. Σύμφωνα με υπολογισμούς, η λιθόσφαιρα περιέχει 16,2-19,3 mg/g ασβεστίου. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις έχουν καταγραφεί σε ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, δολομίτες) και βασάλτες μεταξύ των πυριγενών πετρωμάτων. Καθώς τα πετρώματα αποσθρώνονται, το Ca διαλύεται εύκολα και μπαίνει στην υδροσφαίρα. Ο κύριος παράγοντας που περιορίζει τη μετανάστευση του Ca στα φυσικά νερά, όπου το Ca εμφανίζεται ως δισθενές ιόν, Ca^{2+} , είναι η ισορροπία των ανθρακικών. Το μαγνήσιο είναι ένα σημαντικό συστατικό των περισσοτέρων πετρωμάτων και σε πολλά πετρογενετικά ορυκτά, όπως τα σιδηρομαγνησιούχα ορυκτά (ολιβίνης, πυρόξενοι και αμφιβολίτες), αλλά και ορυκτά όπως ο σερπεντίνης, ο τάλκης, ο βρουσίτης, ο χλωρίτης, ο βιοτίτης, ο τουρμαλίνης, ο δολομίτης, ο μαγνησίτης και οι σπινέλιοι. Εκτιμάται ότι η συγκέντρωσή του στη λιθόσφαιρα κυμαίνεται από 132 έως 158 mg/g. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Mg τείνουν να εντοπίζονται σε υπερβασικά πετρώματα. Στα ιζήματα, το Mg εμφανίζεται σε μεγάλο βαθμό σε συνδυασμό με

το ανθρακικό ιόν, κυρίως ως δολομίτης $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Συνήθως το Mg^{2+} εισέρχεται στην υδροσφαίρα ως αποτέλεσμα της αποσάθρωσης του δολομίτη και των σιδηρομαγνησιούχων ορυκτών. Στα υπόγεια ύδατα, η συγκέντρωση του Mg κυμαίνεται από 0,1-1,2 έως περίπου 50 mg /L (Razowska-Jaworek, 2014).

Τα Ca και Mg είναι απαραίτητα στοιχεία για τον άνθρωπο και η επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία είναι τεράστια. Το Ca βρίσκεται στο ανθρώπινο σώμα περισσότερο από οποιοδήποτε άλλο μέταλλο. Παίρνει μέρος στο σχηματισμό των οστών και των δοντιών. Συμβάλλει στη μυϊκή δραστηριότητα και τη μετάδοση των νευρικών παρορμήσεων. Είναι πολύτιμο για την πήξη του αίματος, για την καρδιακή δραστηριότητα και για την παραγωγή ένζυμων. Σε συνδυασμό με το Mg, υποστηρίζουν τη λειτουργία της ανθρώπινης καρδιάς. Η έλλειψη Ca αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης υψηλής αρτηριακής πίεσης και καρδιακής ανεπάρκειας, ενώ σε παρατεταμένη έλλειψη έχει συσχετιστεί με αυξημένο κίνδυνο σε οστεοπόρωση, νεφρολιθίαση (πέτρες στα νεφρά), καρκίνο του παχέος εντέρου, υπέρταση, εγκεφαλικά επεισόδια, τη στεφανιαία νόσο, αντίσταση στην ινσουλίνη (insulin resistance) και την παχυσαρκία. Το Mg παίζει πολλαπλό ρόλο στο ανθρώπινο σώμα: ενεργεί απευθείας στους νευρομυϊκούς συνδέσμους (plate), είναι απαραίτητο για την δράση των βιταμινών C και B1, συμμετέχει σε ενζυματικές διεργασίες για την παραγωγή ενέργειας, προστατεύει τα εσωτερικά τοιχώματα των αιμοφόρων αγγείων από την ίνωση και καταλύει τη χρήση του λιπους, των πρωτεϊνών και των υδατανθράκων (Razowska-Jaworek, 2014).

Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη ασβεστίου για τους ενήλικες κυμαίνεται μεταξύ 1000 και 1200 mg, ενώ η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη μαγνησίου είναι περίπου 250-350 mg (WHO, 2009).

Τα Διττανθρακικά (HCO_3^-) δημιουργούνται λόγω της αλληλεπίδρασης του νερού με τον ασβεστίτη, τον δολομίτη ή αλληλεπίδραση της βροχής με το CO_2 της ατμόσφαιρας αλλά και η αναγωγή των θειικών. Το διττανθρακικό, HCO_3^- , περιλαμβάνεται σε ένα από τα συστήματα ρύθμισης του pH του σώματος, το

σύστημα καρβονικού οξέος/διττανθρακικού άλατος. Η πρόωρη θνησιμότητα νέων ανθρώπων, λόγω εγκεφαλικών επεισοδίων (αιφνίδιος θάνατος) μπορεί να οφείλεται στη χαμηλή αλκαλικότητα HCO_3^- στο πόσιμο νερό. Από την άλλη πλευρά, η αυξημένη συγκέντρωση HCO_3^- στο πόσιμο νερό βοηθά στην ελαχιστοποίηση της απώλειας ουρικού ασβεστίου και μαγνησίου. Η κατανάλωση διττανθρακικού νερού προκαλεί σημαντικές μειώσεις της ολικής χοληστερόλης, μειώνει του καρδιαγγειακό κίνδυνο και προλαμβάνει την οστεοπόρωση. Η προτεινόμενη συγκέντρωση του νερού σε διττανθρακικά είναι 100-300 mg/L. Το Θείο (S) στην αναγωγική του μορφή απαντάται σε ηφαιστειακά αλλά και σε ιζηματογενή πετρώματα σαν μεταλλικά σουλφίδια τα οποία όταν εξαλλοιώνονται από το νερό, απελευθερώνονται ιόντα H^+ και SO_4^{2-} στο διάλυμα. Οι κρύσταλλοι σιδηροπυρίτη που υπάρχουν σε πολλά ιζηματογενή πετρώματα είναι σημαντική πηγή Fe^{+2} και SO_4^{2-} . Επίσης απαντάται στους αστρίους αλλά πιο πολύ στα εβαποριτικά ιζήματα σαν γύψος ή ανυδρίτης. Το θείο βρίσκεται στους ιστούς ως συστατικό των αμινοξέων και των ενζύμων. Σε υψηλές συγκεντρώσεις έχει καθαρτικές ιδιότητες, ενώ σε χαμηλές συγκεντρώσεις προκαλείται δυσκοιλιότητα. Οι προτεινόμενες τιμές συγκέντρωσης για αποφυγή παρενεργειών είναι 50-250 mg/L. Για το εμπλουτισμένο με Mg νερό, συνιστάται ένα προσωρινό ανώτερο όριο $(\text{Mg} + \text{SO}_4) \approx 400 \text{ mg / L}$, με μέγιστη συγκέντρωση Mg 150 mg /L (Βαρδαλή, 2018).

Κεφάλαιο 7: Συμπεράσματα

Με βάση τις τροποποιήσεις του νέου νόμου 4602/19, στην περιοχή μελέτης υπάρχουν οριακά ενδείξεις γεωθερμικών χαρακτηριστικών σε υδρογεωτρήσεις.

Οι υψηλότερες τιμές στις επιτόπιες μετρήσεις θερμοκρασίας παρουσιάστηκαν στις γεωτρήσεις Alith 1, Peri 1, Peri 2, Plat 1, Plat 3 και Plat 7 που βρίσκονται στις παρυφές των Αστερουσίων.

Η γεώτρηση Plat 6, που παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές στα γεωθερμόμετρα, έχει διανοιχτεί σε μαργαϊκούς σχηματισμούς που εμπεριέχουν και γύψους. Αυτό πιστοποιείται από το γεγονός ότι η ίδια γεώτρηση παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές στα TDS, στα θειϊκά (SO_4^{2-}) και στο ασβέστιο (Ca^+). Συνεπώς το νερό, έχει έλθει σε επαφή με εβαποριτικού τύπου πετρώματα, όπως η γύψος.

Συμπερασματικά το πιθανότερο σενάριο βάση των δεδομένων που συλλέχθηκαν στην παρούσα εργασία είναι ότι είναι πολύ πιθανή η ύπαρξη ενός γεωθερμικού ταμιευτήρα, αγνώστων χωρικών και λοιπών στοιχείων, χαμηλής ενθαλπίας, τοπικού ενδιαφέροντος, στην ευρύτερη περιοχή του χωριού Πλάτανος. Για περαιτέρω έρευνα και πιστοποίηση, απαιτούνται νέες ερευνητικές γεωτρήσεις τουλάχιστον δίπλα στις υφιστάμενες με αυξημένη θερμοκρασία για επιβεβαίωση της ύπαρξης αυξημένων θερμοκρασιών αλλά και περιχαράκωση ενός πιθανού ταμιευτήρα τοπικού ενδιαφέροντος στην περιοχή.

ΔΙΕΘΝΗΣ

1. Fournier, R.O. and Potter, R.W. (1979). 'Magnesium correction to the Na-K-Ca chemical geothermometer'. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43, pp. 1543–1550.
2. Fournier, R.O. and Potter II, R.W. (1982). 'A revised and expanded silica (quartz) geothermometer'. *Geothermal Resources Council Bulletin*, 11, pp. 3-12.
3. Lund, J. W. and Toth, A. N. (2021). 'Direct utilization of geothermal energy 2020 worldwide review'. *World Geothermal Congress 2020*. Reykjavik, Iceland, April 26 – May 2. Reykjavik, Iceland, pp. 1-39.
4. Papachristou, M., Dalampakis, P., Arvanitis, A., Mendrinos, D. and Andritsos, N. (2020): Geothermal developments in Greece – Country update 2015-2020. *World Geothermal Congress 2020*. Reykjavik, Iceland, April 26 – May 2. Reykjavik, Iceland, pp. 1-14.
5. Razowska-Jaworek, L. (Ed.). (2014). *Calcium and Magnesium in Groundwater. Occurrence and significance for human health*. London: CRC Press.
6. Vespasiano, G., Apollaro, C., Muto, F., Dotsika, E., De Rosa R. and Marini, L. (2014). 'Chemical and isotopic characteristics of the warm and cold waters of the Luigiane Spa near Guardia Piemontese (Calabria, Italy) in a complex faulted geological framework'. *Applied Geochemistry*, 41, pp. 73–88.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

1. Αγριμάκη, Α. (2016). *Μελέτη γεωλογικών παραμέτρων και διερεύνηση της θερμοκρασίας του υπογείου υδροφορέα στη νοτιοδυτική Μεσσαρά, Κρήτη*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης.
2. Βαρδαλή, Α. (2018). *Γεωλογική και υδροχημική μελέτη των ιστορικά ιαματικών πηγών της περιοχής Τεμενίων, δυτική Κρήτη*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης.

3. Ιωάννου, Κ. (2018). *Δημιουργία γεωμετρικού γεωλογικού μοντέλου πιθανού υδροθερμικού πεδίου στην Δ. Μεσσαρά με χρήση γεωλογικών και γεωφυσικών δεδομένων*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης.
4. Καλλέργης, Γ., Α. (2000). *Εφαρμοσμένη- Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Β' τόμος*. Αθήνα: Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος.
5. Καμίτση, Δ. (2017). *Συγκρίσεις των πιθανών γεωθερμικών πεδίων χαμηλής ενθαλπίας της Μεσσαράς με αντίστοιχα της Δυτικής Ελλάδας*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης.
6. Κριτσωτάκης, Μ. (2009). *Διαχείριση Υδατικών πόρων Μεσσαράς Κρήτης*. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος. Πολυτεχνείο Κρήτης.
7. Λαμπράκης, Ν. (2019). *Μαθήματα Εφαρμοσμένης και Περιβαλλοντικής Γεωλογίας*. Αθήνα: Liberal books.
8. Μορέλας, Β. (2014). *Τρισδιάστατη Γεωλογική προσομοίωση του Πλειο-Τεταρτογενούς της πεδιάδας της Μεσσαράς*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης.
9. Μπουτσάκης, Κ. (2016). *Διερεύνηση θερμοκρασιακών μεταβολών σε υδροφορείς της Μεσσαράς*. Διπλωματική εργασία. Σχολής Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείου Κρήτης.
10. Παρασκάκη, Δ., Ν. (2014). *Υδρογεωλογικό καθεστώς πεδιάδας Φαιστού-Τυμπακίου, με έμφαση στην ποιότητα των υπόγειων νερών*. Δ.Π.Μ.Σ. Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
11. Περιφέρεια Κρήτης (2006). *Μελέτη Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Κρήτης*. Ηράκλειο.
12. Σινάνης, Κ. (2015). *Εργαστηριακές ασκήσεις διαχείρισης εδαφών*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/4055>.
13. Σμπώκος, Ε. (2015). *Μελέτη γεωλογικών παραμέτρων και διερεύνηση της θερμοκρασίας του υπόγειου υδροφορέα στην νοτιοδυτική Μεσσαρά, Κρήτη*. Διπλωματική εργασία. Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης.
14. Σούλιος, Γ. (2006). *Γενική Υδρογεωλογία – Τόμος Δ' – Ποιότητα υπόγειου νερού, Ρύπανση-μόλυνση υπόγειου νερού*. Αθήνα:University Studio Press.

Παράρτημα 1: ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘΜ. 4602 Τεύχος Α'

45/09.03.2019

Έρευνα, εκμετάλλευση και διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού της Χώρας, σύσταση Ελληνικής Αρχής Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, ιδιοκτησιακός διαχωρισμός δικτύων διανομής φυσικού αερίου και άλλες διατάξεις.

Ο ΠΡΟΕΔΡΟΣ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

Εκδίδομε τον ακόλουθο νόμο που ψήφισε η Βουλή:

ΜΕΡΟΣ Α': ΕΡΕΥΝΑ, ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ

Άρθρο 1: Σκοπός

1. Σκοπός του παρόντος Μέρους (άρθρα 1 έως 24), είναι η δημιουργία των προϋποθέσεων για την ορθολογική αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού της Χώρας.

Αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού θεωρείται η έρευνα, η εκμετάλλευση και η διαχείρισή του. Η αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού, ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας, προωθεί τη βιώσιμη ανάπτυξη και εξυπηρετεί το δημόσιο συμφέρον.

2. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, μπορεί να ορίζεται, κατά Πέριπτωση, ότι, το δικαίωμα διαχείρισης και εκμετάλλευσης του γεωθερμικού δυναμικού κατισχύει του δικαιώματος εκμετάλλευσης άλλων μεταλλευτικών ή λατομικών ορυκτών, εφόσον κατά την κρίση του η συγκεκριμένη αξιοποίηση του γεωθερμικού δυναμικού είναι μεγαλύτερης σημασίας για την εθνική οικονομία.

Άρθρο 2: Ορισμοί

1. Για την εφαρμογή του παρόντος Μέρους Α' (άρθρα 1 έως 24) ισχύουν οι εξής ορισμοί:

α) Ελληνική Αρχή Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ε.Α.Γ.Μ.Ε.): το

νομικό πρόσωπο δημοσίου δικαίου που συστήνεται με το άρθρο 25.

β) Γεωθερμικό δυναμικό (ΓΘΔ): είναι το σύνολο των γηγενών φυσικών θερμών ρευστών, επιφανειακών ή υπογείων, και της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών, που η θερμοκρασία τους υπερβαίνει τους 30°C.

γ) Γεωθερμικό πεδίο: είναι ο ενιαίος μεταλλευτικός χώρος μέσα στον οποίο έχει εντοπιστεί γεωθερμικό δυναμικό.

δ) Περιοχή γεωθερμικού ενδιαφέροντος (ΠΓΘΕ): είναι ο ευρύτερος χώρος μέσα στον οποίο υπάρχουν ενδείξεις παρουσίας γεωθερμικού δυναμικού θερμοκρασίας έως 90°C.

ε) Προϊόν του γεωθερμικού δυναμικού: θεωρείται το αξιοποιήσιμο θερμοενεργειακό του περιεχόμενο.

στ) Παραπροϊόντα του γεωθερμικού δυναμικού: θεωρούνται άλλα προϊόντα που συμπαράγονται κατά την εκμετάλλευση εκτός από το θερμοενεργειακό περιεχόμενο του γεωθερμικού δυναμικού.

ζ) Υποπροϊόν του γεωθερμικού δυναμικού: θεωρείται το γεωθερμικό ρευστό που απομένει, ύστερα από την απόληψη των κατά τα ανωτέρω προϊόντων και παραπροϊόντων.

η) Εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού: αποτελεί το σύνολο των δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στην παραγωγική (άντληση) απόληψη του προϊόντος και παραπροϊόντων και την ασφαλή διάθεση του υποπροϊόντος.

θ) Διαχείριση του γεωθερμικού δυναμικού: αποτελεί το σύνολο των δραστηριοτήτων που ρυθμίζουν την εκμετάλλευση του γεωθερμικού ρευστού από τα υπόγεια γεωθερμικά συστήματα, με σκοπό τη βιώσιμη – ορθολογική και ολοκληρωμένη αξιοποίησή του. Η διαχείριση αναφέρεται στο σύνολο του γεωθερμικού πεδίου.

2. Τα γεωθερμικά πεδία διακρίνονται ως τοπικού και εθνικού ενδιαφέροντος. Στα τοπικού ενδιαφέροντος η θερμοκρασία του προϊόντος κυμαίνεται από 30°C έως και 90°C. Στα εθνικού ενδιαφέροντος η θερμοκρασία του προϊόντος υπερβαίνει τους 90°C.

3. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, καθορίζονται τα χαρακτηριστικά προκειμένου μια περιοχή να χαρακτηριστεί ως γεωθερμικό πεδίο ή ως περιοχή γεωθερμικού ενδιαφέροντος.

4. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ύστερα από γνώμη της Ε.Α.Γ.Μ.Ε., γίνεται ο χαρακτηρισμός κάθε γεωθερμικού πεδίου και η υπαγωγή του σε κατηγορία τοπικού ή εθνικού ενδιαφέροντος,, σύμφωνα με τα εκάστοτε διαθέσιμα στοιχεία. Η απόφαση αυτή τροποποιείται, εφόσον αυτό απαιτείται από νεότερα στοιχεία. Η τροποποίηση γίνεται ύστερα από γνώμη της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. και συναξιολόγηση των νεότερων στοιχείων.

5. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, μετά τη δημοσιοποίηση του σχεδίου ανάπτυξης του άρθρου 7, γίνεται ο χαρακτηρισμός μίας περιοχής ως περιοχής γεωθερμικού ενδιαφέροντος.

Άρθρο 3: Εφαρμοζόμενες διατάξεις

1. Το γεωθερμικό δυναμικό θεωρείται μεταλλευτικό ορυκτό, σύμφωνα με την παρ. 1 του άρθρου 2 του ν.δ. 210/1973 (Α' 277).

2. Τα δικαιώματα έρευνας, εκμετάλλευσης και διαχείρισης του γεωθερμικού δυναμικού, ανήκουν, σύμφωνα με το άρθρο 143 του ν.δ. 210/1973, μόνο στο Δημόσιο και ασκούνται από το ίδιο ή εκμισθώνονται.

3. Οι διατάξεις του Μεταλλευτικού Κώδικα και γενικότερα της μεταλλευτικής νομοθεσίας εφαρμόζονται και για το γεωθερμικό δυναμικό, εκτός αν ορίζεται διαφορετικά με τις διατάξεις του παρόντος Μέρους Α' (άρθρα 1 έως 24).

4. Η αδειοδότηση εγκαταστάσεων για την περαιτέρω αξιοποίηση του ενεργειακού προϊόντος ή των παραπροϊόντων δεν ρυθμίζεται από τις διατάξεις του παρόντος Μέρους Α' (άρθρα 1 έως 24).

Άρθρο 4: Αρμοδιότητα άσκησης των δικαιωμάτων έρευνας, εκμετάλλευσης και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού

Η έρευνα, διαχείριση και εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού, με εξαίρεση τα πεδία τοπικού ενδιαφέροντος και τις ΠΓΘΕ, υπάγεται στην αρμοδιότητα του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Η έρευνα, διαχείριση και εκμετάλλευση του γεωθερμικού δυναμικού σε πεδία τοπικού ενδιαφέροντος και τις ΠΓΘΕ υπάγεται στην αρμοδιότητα του συντονιστή Αποκεντρωμένης Διοίκησης.

Άρθρο 5: Εκμίσθωση των δικαιωμάτων έρευνας, εκμετάλλευσης και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού στα πεδία εθνικού ενδιαφέροντος και τις μη χαρακτηρισμένες περιοχές

1. Η εκμίσθωση του δικαιώματος έρευνας, διαχείρισης και εκμετάλλευσης γεωθερμικού δυναμικού στα πεδία εθνικού ενδιαφέροντος και τις μη

χαρακτηρισμένες περιοχές γίνεται ύστερα από διαγωνισμό με προσφορές.

2. Σε Πέριπτωση εκμίσθωσης του δικαιώματος έρευνας, ο συναγωνισμός μεταξύ των διαγωνιζομένων κρίνεται με βάση τις δαπάνες για τη διενέργεια ερευνών εντός του υπό μίσθωση χώρου, το είδος των ερευνών, τη σταδιακή εξέλιξή τους σε συνάρτηση με τον χρόνο εκτέλεσής τους και την πραγματοποίηση των σχετικών δαπανών, καθώς επίσης και με την ικανότητα περιβαλλοντικής διαχείρισης, την εμπειρία και τη δυνατότητα του διαγωνιζομένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που αναλαμβάνει.

3. Σε Πέριπτωση εκμίσθωσης του δικαιώματος εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευσης και διαχείρισης, ο συναγωνισμός μεταξύ των διαγωνιζομένων κρίνεται με βάση το ύψος του Προϋπολογισμού, τη βιωσιμότητα της προτεινόμενης επένδυσης, την εμπειρία και τον βαθμό ορθολογικής διαχείρισης του γεωθερμικού πεδίου, σύμφωνα με την οικονομοτεχνική μελέτη που υποβάλλεται με την προσφορά για αξιολόγηση, καθώς επίσης και με την ικανότητα περιβαλλοντικής διαχείρισης και τη δυνατότητα του διαγωνιζομένου να ανταποκριθεί στις υποχρεώσεις που αναλαμβάνει.

4. Η διάρκεια της μίσθωσης του δικαιώματος έρευνας ορίζεται μέχρι πέντε (5) έτη με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή για δύο (2) επιπλέον έτη, με την επιφύλαξη της παραγράφου 9.

5. Η διάρκεια μίσθωσης του δικαιώματος εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευσης και διαχείρισης ορίζεται μέχρι τριάντα (30) έτη, με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή μέχρι είκοσι (20) επιπλέον έτη.

6. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας ρυθμίζονται οι ειδικότεροι όροι και η διαδικασία εκμίσθωσης των αναφερόμενων στην παράγραφο 1 δικαιωμάτων.

Η απόφαση αυτή, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνει:

- α) τους ειδικότερους όρους της προκήρυξης του διαγωνισμού,
- β) τα κριτήρια επιλογής του μισθωτή και την προτεραιότητά τους,
- γ) τις εγγυητικές επιστολές συμμετοχής στον διαγωνισμό και καλής εκτέλεσης των όρων της σύμβασης,
- δ) τον καθορισμό της ιδιότητας των μελών της Επιτροπής Αξιολόγησης των προσφορών,

ε) τα δικαιολογητικά και τις προδιαγραφές των μελετών που υποβάλλουν οι υποψήφιοι μισθωτές,

στ) τον τρόπο καθορισμού των ελάχιστων και αναλογικών μισθωμάτων και προκειμένου για το προϊόν οφείλει να υπολογίζεται βάσει της αποδιδόμενης ενέργειας ή του ενεργειακού περιεχομένου,

ζ) τα στοιχεία και τις μελέτες που υποβάλλουν οι υποψήφιοι μισθωτές,

η) τους ειδικότερους όρους της σύμβασης,

θ) τις διαδικασίες παρακολούθησης και ελέγχου της τήρησης των όρων της σύμβασης, κατάπτωσης εγγυητικών επιστολών και λύσης της σύμβασης.

7. Οι προσφορές που υποβάλλονται, σύμφωνα με την παράγραφο 1, αξιολογούνται από πενταμελή Επιτροπή Αξιολόγησης που συγκροτείται με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Στην επιτροπή συμμετέχει ένας (1) τουλάχιστον εκπρόσωπος της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. Η εκμίσθωση διενεργείται με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ύστερα από γνώμη της Επιτροπής Αξιολόγησης.

8. Εφόσον, μετά τη λήξη της ερευνητικής περιόδου που καθορίζεται στη μισθωτική σύμβαση, πιστοποιηθεί με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας γεωθερμικό πεδίο με βεβαιωμένα χαρακτηριστικά και υποβληθεί μέσα σε τρεις (3) μήνες από τον μισθωτή, οικονομοτεχνική μελέτη εκμετάλλευσης του πεδίου, εκμισθώνεται σε αυτόν και το δικαίωμα εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευσης και διαχείρισης, εκτός αν η μελέτη κριθεί από τον εκμισθωτή, με αιτιολογημένη απόφαση, ως ανακριβής, ανεπαρκής ή και μη συμφέρουσα. Στην Πέριπτωση αυτή, εφόσον στην πρόταση του μισθωτή εντοπίζεται πρόβλημα ορθολογικής εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευση που δεν αξιοποιεί επαρκώς τις δυνατότητες του πεδίου, ο εκμισθωτής προτείνει σχέδιο ορθολογικής εκμετάλλευσης του πεδίου, το οποίο υποχρεούται να τηρήσει ο μισθωτής με την κατασκευή των σχετικών υποδομών, ώστε να είναι δυνατή η πληρέστερη αξιοποίηση του πεδίου και από τρίτους, αφού προηγηθεί σχετική μισθωτική διαδικασία από τον ίδιο εκμισθωτή. Αν ο μισθωτής διαφωνήσει με την πρόταση του εκμισθωτή, επέρχεται, αυτοδικαίως, λύση της μίσθωσης και ακολουθείται η διαδικασία της παραγράφου 1.

9. Η έρευνα μπορεί να συνυπάρχει με την εκμετάλλευση. Πιλοτική εκμετάλλευση κατά τη διάρκεια της έρευνας είναι δυνατή, εφόσον έχει εντοπιστεί γεωθερμικό δυναμικό, με την καταβολή σχετικού μισθώματος. Στην Πέριπτωση αυτή,

εκμισθώνεται το δικαίωμα διαχείρισης και εκμετάλλευσης του καταρχήν εντοπισμένου πεδίου, με την αίρεση της έκπτωσης στην Πέριπτωση μη ολοκλήρωσης της έρευνας, ενώ ο μισθωτής οφείλει να υλοποιήσει τα υπόλοιπα απαιτούμενα που προβλέπονται στην ισχύουσα σύμβαση μίσθωσης για έρευνα. Ύστερα από αίτηση του μισθωτή, η σύμβαση μίσθωσης για έρευνα μπορεί να παραταθεί για ένα (1) ακόμα έτος, πέραν του μέγιστου προβλεπόμενου στην παράγραφο 4 χρόνου.

10. Ο εκμισθωτής διατηρεί το δικαίωμα αξιοποίησης Πέρισσειας γεωθερμικού δυναμικού.

11. Ο μισθωτής, εκτός από την υπογραφή της σύμβασης, οφείλει να εφοδιαστεί με τις άδειες και εγκρίσεις που απαιτούνται για την άσκηση κάθε δραστηριότητας.

12. Στις περιπτώσεις που επιτρέπεται η μίσθωση του δικαιώματος διαχείρισης, αυτό εκμισθώνεται υποχρεωτικά μαζί με το δικαίωμα εκμετάλλευσης. Σε Πέριπτωση μίσθωσης και της διαχείρισης, ο εκμισθωτής διατηρεί το δικαίωμα παρεμβάσεων για λόγους δημόσιου συμφέροντος.

13. Η διενέργεια γεωθερμικών ερευνών του Δημοσίου μέσω διάνοιξης γεωτρήσεων και εκτέλεσης δοκιμαστικών αντλήσεων υλοποιείται κατά προτεραιότητα από την Ε.Α.Γ.Μ.Ε. Σε δημόσιους ερευνητικούς φορείς, ινστιτούτα και ακαδημαϊκά ιδρύματα επιτρέπεται η διενέργεια παρόμοιων ερευνών, ύστερα από έγκριση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ο οποίος μπορεί να θέτει πρόσθετους όρους. Η έγκριση δίδεται ύστερα από εισήγηση της Ε.Α.Γ.Μ.Ε., το οποίο οφείλει να την καταθέσει στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας μέσα σε δύο (2) μήνες από την παραλαβή του αιτήματος, άλλως η εισήγηση δεν λαμβάνεται υπόψη. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών διατίθενται στο σύνολό τους στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας και την Ε.Α.Γ.Μ.Ε. Οι δραστηριότητες της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. δεν περιορίζονται από την παρούσα διάταξη.

Άρθρο 6: Εκμίσθωση των δικαιωμάτων έρευνας, εκμετάλλευσης και διαχείρισης γεωθερμικού δυναμικού στα πεδία τοπικού ενδιαφέροντος και τις ΠΓΘΕ

1. Η εκμίσθωση των δικαιωμάτων έρευνας, διαχείρισης και εκμετάλλευσης γεωθερμικού δυναμικού στα πεδία τοπικού ενδιαφέροντος και ΠΓΘΕ γίνεται, ύστερα από διαγωνισμό με προσφορές. Η εκμίσθωση της έρευνας και της εκμετάλλευσης μπορεί να γίνεται και ύστερα από δημόσια πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος, ύστερα από αίτηση ενδιαφερομένου.

2. Για την εκμίσθωση της έρευνας, εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευσης και διαχείρισης, ύστερα από διαγωνισμό ή δημόσια πρόσκληση, εφαρμόζονται αναλόγως οι παράγραφοι 2 και 3 του άρθρου 5.

3. Η διάρκεια της μίσθωσης του δικαιώματος έρευνας ορίζεται μέχρι τρία (3) έτη με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή για ένα (1) επιπλέον έτος.

4. Η διάρκεια μίσθωσης του δικαιώματος εκμετάλλευσης ή εκμετάλλευσης και διαχείρισης ορίζεται μέχρι τριάντα (30) έτη, με δικαίωμα μονομερούς παράτασης από τον μισθωτή μέχρι είκοσι (20) επιπλέον έτη.

5. Σε Πέριπτωση αίτησης ενδιαφερομένου, η αρμόδια υπηρεσία προχωρεί σε δημόσια πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος, η οποία δημοσιοποιείται με ανάρτηση στο κατάστημα της οικείας υπηρεσίας, καθώς και στον ιστότοπό της. Η πρόσκληση αποστέλλεται και στον δήμο ή στους δήμους εντός των ορίων του οποίου ή των οποίων βρίσκεται το γεωθερμικό πεδίο ή η ΠΓΘΕ προς μίσθωση, ο οποίος οφείλει να τη δημοσιεύσει με ανάρτηση στο οικείο δημοτικό κατάστημα, καθώς και στον ιστότοπό του, με αποκλειστική του ευθύνη.

6. Η αίτηση της παραγράφου 5 συνοδεύεται, επί ποινή απαραδέκτου, με σφραγισμένη προσφορά και παράβολο, το ύψος του οποίου καθορίζεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

7. Το χρονικό διάστημα για την υποβολή ενδιαφέροντος και προσφορών ορίζεται στις τριάντα (30) ημέρες από την ανάρτηση της πρόσκλησης εκδήλωσης ενδιαφέροντος στον ιστότοπο της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης.

8. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας ρυθμίζονται οι ειδικότεροι όροι και η διαδικασία εκμίσθωσης των αναφερόμενων στην παράγραφο 1 δικαιωμάτων.

Η απόφαση αυτή, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνει:

α) θέματα σχετικά με τις ενέργειες της Αποκεντρωμένης Διοίκησης για τη διαχείριση των πεδίων, όπως την εκπόνηση διαχειριστικών μελετών ανά γεωθερμικό πεδίο,

β) τους ειδικότερους όρους της προκήρυξης του διαγωνισμού, καθώς και της δημόσιας πρόσκλησης,

γ) τα κριτήρια επιλογής του μισθωτή και την προτεραιότητά τους,

δ) τις εγγυητικές επιστολές συμμετοχής στον διαγωνισμό και καλής εκτέλεσης

των όρων της σύμβασης,

ε) τον καθορισμό της ιδιότητας των μελών της Επιτροπής Αξιολόγησης των προσφορών,

στ) τα δικαιολογητικά και τις προδιαγραφές των μελετών που υποβάλλουν οι υποψήφιοι μισθωτές,

ζ) τον τρόπο καθορισμού των ελάχιστων και αναλογικών μισθωμάτων, καθώς και για το προϊόν, το οποίο πρέπει να υπολογίζεται βάσει της αποδιδόμενης ενέργειας ή του ενεργειακού περιεχομένου,

η) τα στοιχεία και τις μελέτες που υποβάλλουν οι υποψήφιοι μισθωτές,

θ) τους ειδικότερους όρους της σύμβασης, ι) τις διαδικασίες παρακολούθησης και ελέγχου της τήρησης των όρων της σύμβασης, της κατάπτωσης εγγυητικών επιστολών και της λύσης της σύμβασης.

9. Οι προσφορές που υποβάλλονται, σύμφωνα με τις διαδικασίες της παραγράφου 1 αξιολογούνται από πενταμελή Επιτροπή που συγκροτείται με απόφαση του συντονιστή της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης και στην οποία μπορεί να συμμετέχει εκπρόσωπος της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. Η εκμίσθωση διενεργείται με απόφαση του συντονιστή της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, ύστερα από γνώμη της Επιτροπής Αξιολόγησης.

10. Οι παράγραφοι 8 έως 12 του άρθρου 5 εφαρμόζονται και στις μισθώσεις αρμοδιότητας του συντονιστή της Αποκεντρωμένης Διοίκησης.

11. Η Αποκεντρωμένη Διοίκηση μπορεί να εκμισθώνει το δικαίωμα έρευνας σε τμήμα των γεωθερμικών πεδίων ή περιοχών γεωθερμικού ενδιαφέροντος, με σκοπό μόνο το δικαίωμα εκμετάλλευσης. Σε αυτήν την Πέριπτωση, το δικαίωμα της διαχείρισης παραμένει υποχρεωτικά στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση.

12. Η κατασκευή, συντήρηση και αντικατάσταση έργου εκμετάλλευσης γεωθερμικού δυναμικού παλαιού έργου από νεώτερο δεν θεωρείται έρευνα, αλλά εντάσσεται στο πλαίσιο της εκμετάλλευσης.

13. Η διενέργεια γεωθερμικών ερευνών του Δημοσίου μέσω διάνοιξης γεωτρήσεων ή και εκτέλεσης δοκιμαστικών αντλήσεων υλοποιείται κατά προτεραιότητα από την Ε.Α.Γ.Μ.Ε. Σε δημόσιους ερευνητικούς φορείς, σε ινστιτούτα και σε ακαδημαϊκά ιδρύματα επιτρέπεται η διενέργεια παρόμοιων ερευνών, ύστερα από έγκριση του συντονιστή της οικείας Αποκεντρωμένης Διοίκησης, ο οποίος, μπορεί να θέτει πρόσθετους όρους. Η έγκριση δίδεται

ύστερα από σύμφωνη γνώμη της Ε.Α.Γ.Μ.Ε., το οποίο οφείλει να την καταθέσει στην οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση μέσα σε δύο (2) μήνες από την παραλαβή του αιτήματος, άλλως δεν λαμβάνεται υπόψη. Τα αποτελέσματα των ερευνών αυτών διατίθενται στο σύνολό τους στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, την Ε.Α.Γ.Μ.Ε. και στην οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση. Οι δραστηριότητες της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. δεν περιορίζονται από την παρούσα διάταξη.

14. Κάτοχοι νόμιμων γεωτρήσεων με θερμοκρασία ρευστού μεταξύ 30οC και 90οC, που έχουν ανορυχθεί εκτός περιοχών γεωθερμικού ενδιαφέροντος, μπορεί να μισθώσουν το εντοπιζόμενο σε αυτές γεωθερμικό δυναμικό για ίδια χρήση, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος. Στην Πέριπτωση αυτή, η οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση οφείλει μέσα σε ένα εξάμηνο από την εκμίσθωσή τους να υποβάλλει τροποποιημένο σχέδιο ανάπτυξης, για να εντάξει την περιοχή αυτή στις περιοχές γεωθερμικού ενδιαφέροντος.

15. Ο μισθωτής, εκτός από την υπογραφή της σύμβασης, οφείλει να εφοδιαστεί με τις άδειες και εγκρίσεις που απαιτούνται για την άσκηση κάθε δραστηριότητας.

16. Σε Πέριπτωση μίσθωσης του δικαιώματος εκμετάλλευσης γεωθερμικού δυναμικού για τον σκοπό κάλυψης θερμικών αναγκών δημοτικών παιδικών, βρεφικών και βρεφονηπιακών σταθμών, σχολικών μονάδων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς και κέντρων υγείας και νοσοκομείων, δημόσιου ενδιαφέροντος, χωρίς κερδοσκοπικό χαρακτήρα, για την εξυπηρέτηση κοινωφελούς σκοπού, δεν εφαρμόζονται οι παράγραφοι 1α και 1γ του άρθρου 8.

Άρθρο 7: Σχέδιο ανάπτυξης

1. Η αποκεντρωμένη διοίκηση ενημερώνει, στις ενενήντα (90) πρώτες ημέρες κάθε έτους το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας και την Ε.Α.Γ.Μ.Ε. για τα πεπραγμένα του προηγούμενου έτους, σχετικά με την έρευνα και εκμετάλλευση γεωθερμικού δυναμικού στα πεδία και τις ΠΓΘΕ που βρίσκονται στο σύνολό τους ή κατά το μεγαλύτερο ποσοστό επιφανειακής κατανομής στη χωρική της αρμοδιότητα.

2α. Η αποκεντρωμένη Διοίκηση οφείλει να καταθέτει στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Σχέδιο Ανάπτυξης Γεωθερμικού Δυναμικού (ΣΑΓΔ) κάθε πέντε (5) έτη και εκτάκτως μέσα στην πενταετία, όποτε το κρίνει σκόπιμο. Το σχέδιο ανάπτυξης περιλαμβάνει δράσεις έρευνας και εκμετάλλευσης όπως, ιδίως, αίτημα καθορισμού νέων ΠΓΘΕ ή αύξησης του προς εκμετάλλευση δυναμικού σε ένα γεωθερμικό πεδίο. Το ΣΑΓΔ κοινοποιείται από την

Αποκεντρωμένη Διοίκηση και στην Ε.Α.Γ.Μ.Ε, η οποία οφείλει να το αξιολογήσει και να προτείνει τροποποιήσεις επί τεχνικών θεμάτων μέσα σε δύο (2) μήνες από τη λήψη του. Η οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση οφείλει να ενσωματώσει στο ΣΑΓΔ τις τροποποιήσεις που πρότείνει η Ε.Α.Γ.Μ.Ε. Με απόφαση του συντονιστή Αποκεντρωμένης Διοίκησης, το ΣΑΓΔ δημοσιοποιείται με ανάρτησή του στον ιστότοπο της Αποκεντρωμένης Διοίκησης και αποστέλλεται στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, για να αναρτηθεί και στον ιστότοπο του Υπουργείου. Το ΣΑΓΔ ισχύει μέχρι την τροποποίησή του ή την έγκριση νέου ΣΑΓΔ από την ημερομηνία ανάρτησής του στον ιστότοπο της Αποκεντρωμένης Διοίκησης.

β. Αν το ΣΑΓΔ περιλαμβάνει νέες ΠΓΘΕ, για τις οποίες δεν έχει εκδοθεί απόφαση χαρακτηρισμού τους, το Τμήμα του Σχεδίου, που αφορά τις περιοχές αυτές, δεν δημοσιοποιείται και δεν αναρτάται. Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία χαρακτηρισμού των ΠΓΘΕ από το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, το Τμήμα αυτό του σχεδίου ενσωματώνεται από την Αποκεντρωμένη Διοίκηση στο αρχικό ΣΑΓΔ και, με απόφαση του συντονιστή Αποκεντρωμένης Διοίκησης, το ΣΑΓΔ αναρτάται στον ιστότοπο της Αποκεντρωμένης Διοίκησης και αποστέλλεται στο Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, για να αναρτηθεί και στον ιστότοπο του Υπουργείου.

3. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, καθορίζονται η διαδικασία και τα στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνονται στις ετήσιες ενημερώσεις της παραγράφου 1, καθώς και στα σχέδια ανάπτυξης των παραγράφων 2α και 2β, στα οποία πρέπει υποχρεωτικά να περιλαμβάνονται η επέκταση των περιοχών εκμετάλλευσης και η αλλαγή του αξιοποιήσιμου γεωθερμικού δυναμικού ανά περιοχή.

4. Οι Αποκεντρωμένες Διοικήσεις οφείλουν να υποβάλουν το πρώτο ΣΑΓΔ εντός πενταετίας από την έναρξη ισχύος του παρόντος νόμου.

Άρθρο 8: Υποχρεώσεις και δικαιώματα μισθωτών γεωθερμικού δυναμικού

1. Ο μισθωτής γεωθερμικού δυναμικού υποχρεούται, ιδίως, για την:

- α) Κατάθεση εγγυητικών επιστολών εκπλήρωσης των όρων της σύμβασης.
- β) Εκτέλεση και πιστή εφαρμογή των ερευνητικών προγραμμάτων και μελετών των άρθρων 5 και 6, όπως ορίζεται στους όρους των σχετικών συμβάσεων.
- γ) Καταβολή στο Ελληνικό Δημόσιο ετήσιου αναλογικού μισθώματος και ελάχιστου αναλογικού μισθώματος. Το ετήσιο αναλογικό μίσθωμα συμψηφίζεται

με το αντίστοιχο ελάχιστο αναλογικό της ίδιας δωδεκάμηνης χρονικής περιόδου.

Ο μισθωτής υποχρεούται να καταβάλλει το ετήσιο αναλογικό μίσθωμα από την έναρξη της εκμετάλλευσης. Ο μισθωτής οφείλει επίσης να καταβάλλει το ελάχιστο αναλογικό μίσθωμα μετά την παρέλευση δύο (2) ετών από την υπογραφή της σύμβασης.

Το ετήσιο αναλογικό μίσθωμα υπολογίζεται με βάση την καταναλισκόμενη ενέργεια, ενώ το ελάχιστο αναλογικό καταβάλλεται σε ποσοστό τριάντα τοις εκατό (30%) της προβλεπόμενης από τη σύμβαση κατανάλωσης.

Μίσθωμα δεν καταβάλλεται κατά την Πériοδο της έρευνας, με την επιφύλαξη της παραγράφου 9 του άρθρου 5.

Ποσοστό δέκα τοις εκατό (10%) του ποσού των ετήσιων αναλογικών μισθωμάτων του γεωθερμικού δυναμικού βεβαιώνεται υπέρ του πρωτοβάθμιου Ο.Τ.Α. στην περιφέρεια του οποίου βρίσκεται η εκμετάλλευση, εκτός αν μισθωτής είναι ο Ο.Τ.Α.

Ποσοστό πέντε τοις εκατό (5%) του ποσού των ετήσιων αναλογικών μισθωμάτων του γεωθερμικού δυναμικού βεβαιώνεται υπέρ της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. για την εξασφάλιση της διαχρονικής παρακολούθησης των γεωθερμικών πεδίων με στόχο την εξασφάλιση της αειφορίας και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Στην Πέριπτωση των πεδίων τοπικού ενδιαφέροντος και στις ΠΓΘΕ, τα μισθώματα αποδίδονται στο Δημόσιο, εγγράφονται ως πίστωση σε ειδικό κωδικό (ΑΛΕ) που συνιστάται στον Κρατικό Προϋπολογισμό και διατίθενται αποκλειστικά από την οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση για την εν γένει αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων.

δ) Καταβολή στο Ελληνικό Δημόσιο αναλογικού μισθώματος και για κάθε παραπροϊόν, εφόσον αυτό αξιοποιείται για εμπορική ή βιομηχανική χρήση. Ο υπολογισμός του μισθώματος γίνεται, σύμφωνα με τις κείμενες διατάξεις. Η υποχρέωση καταβολής του μισθώματος για τα παραπροϊόντα υφίσταται από την έναρξη της εκμετάλλευσης του παραπροϊόντος,

ε) Τοποθέτηση καταγραφικών και ορθή λειτουργία αυτών, σύμφωνα με τη σύμβαση με τον εκμισθωτή και με τις γενικές προδιαγραφές που έχει ορίσει η Ε.Α.Γ.Μ.Ε. και την απόδοση στο Δημόσιο, συμπεριλαμβανομένης και της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. των απαιτούμενων, για τη διαχείριση ή τον έλεγχο της διαχείρισης του πεδίου, στοιχείων.

Αν δεν υποβληθούν τα στοιχεία του προηγούμενου εδαφίου ή υποβληθούν αναληθή στοιχεία, ο μισθωτής τιμωρείται με πρόστιμο, το ύψος του οποίου καθορίζεται στη σύμβαση και δεν μπορεί να είναι μικρότερο των πεντακοσίων (500) ευρώ και μεγαλύτερο των δύο χιλιάδων (2.000) ευρώ σε Πέριπτωση αρμοδιότητας του συντονιστή Αποκεντρωμένης Διοίκησης, ενώ, σε Πέριπτωση αρμοδιότητας του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, δεν μπορεί να είναι μικρότερο των χιλίων (1.000) ευρώ και μεγαλύτερο των πέντε χιλιάδων (5.000) ευρώ.

Το πρόστιμο επιβάλλεται με απόφαση του οικείου εκμισθωτή. Στη Πέριπτωση που εκμισθωτής είναι ο συντονιστής της Αποκεντρωμένης Διοίκησης, καταβάλλεται στον ειδικό κωδικό (ΑΛΕ) της Πέριπτωσης γ' και διατίθεται αποκλειστικά από την οικεία Αποκεντρωμένη Διοίκηση για την εν γένει αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων.

στ) Ασφαλή διάθεση του υποπροϊόντος. ζ) Εφαρμογή, κατά τη διενέργεια των ερευνητικών εργασιών και των εργασιών εκμετάλλευσης (παραγωγή προϊόντων, παραπροϊόντων και υποπροϊόντων) των διατάξεων του Κανονισμού Γεωθερμικών Εργασιών και του Κανονισμού Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών.

η) Λήψη των προβλεπόμενων από την ισχύουσα νομοθεσία διοικητικών αδειών και εγκρίσεων, πριν από κάθε επέμβαση, είτε κατά την έρευνα είτε κατά την εκμετάλλευση.

Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας καθορίζονται οι ειδικότεροι όροι και προϋποθέσεις και ρυθμίζεται κάθε άλλο θέμα σχετικό με τον υπολογισμό, την καταβολή και τη διάθεση των μισθωμάτων.

2. Ο μισθωτής κάθε γεωθερμικού δυναμικού δικαιούται, ιδίως, να:

α) Διαθέτει στο πλαίσιο των προβλεπόμενων μελετών τα προϊόντα, τα παραπροϊόντα και τα υποπροϊόντα του γεωθερμικού δυναμικού με τους όρους και τους περιορισμούς των διατάξεων του παρόντος Μέρους Α' (άρθρα 1 έως 24).

β) Καταλαμβάνει προσωρινώς εδάφη για την εκτέλεση ερευνητικών εργασιών με τη διαδικασία που ορίζεται στα άρθρα 38 έως 40 του ν.δ. 210/1973.

3. Μισθωτής γεωθερμικού πεδίου τοπικού ενδιαφέροντος και περιοχών γεωθερμικού ενδιαφέροντος δεν δικαιούται να αιτηθεί απαλλοτρίωση, σύμφωνα με τα άρθρα 128 επ. του ν.δ. 210/1973.

Άρθρο 9: Διοικητικές προσφυγές και Ένδικα Βοηθήματα

1. Κατά των πράξεων του συντονιστή αποκεντρωμένης διοίκησης, που εκδίδονται, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος Μέρους Α' (άρθρα 1 έως 24) μπορεί να ασκηθεί ενδικοφανής προσφυγή ενώπιον του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, μέσα σε αποκλειστική προθεσμία τριάντα (30) ημερών από την επίδοση της πράξης. Η προθεσμία για την άσκηση της προσφυγής και η εμπρόθεσμη άσκηση της προσφυγής έχουν ανασταλτικό αποτέλεσμα. Επί της προσφυγής αποφαινεται ο Υπουργός Περιβάλλοντος και Ενέργειας μέσα σε τρεις (3) μήνες από την άσκησή της. Αν ο Υπουργός Περιβάλλοντος και Ενέργειας δεν αποφανθεί μέσα στην ανωτέρω προθεσμία, η προσφυγή θεωρείται ότι, απορρίφθηκε σιωπηρά. Για το παραδεκτό της άσκησης προσφυγής απαιτείται η καταβολή παραβόλου, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο άρθρο 15.

2. Κατά των πράξεων του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, που εκδίδονται, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος Μέρους Α' (άρθρα 1 έως 24), επιτρέπεται προσφυγή που ασκείται από τον ενδιαφερόμενο μέσα σε έναν (1) μήνα από την επίδοση της πράξης ενώπιον του Διοικητικού Εφετείου Αθηνών, το οποίο εκδικάζει τη διαφορά σε πρώτο και τελευταίο βαθμό.

Άρθρο 10: Εκχώρηση μισθωτικών δικαιωμάτων

1. Η υπομίσθωση δικαιωμάτων απαγορεύεται.

2. Ο μισθωτής δεν δικαιούται να εκχωρήσει και να μεταβιβάσει με οποιονδήποτε τρόπο, τύπο και μορφή, τα μισθωτικά του δικαιώματα προς οποιοδήποτε τρίτο φυσικό ή νομικό πρόσωπο, παρά μόνον ύστερα από έγκριση του αρμόδιου για την εκμίσθωση των δικαιωμάτων έρευνας, εκμετάλλευσης και διαχείρισης, ο οποίος μπορεί να επιβάλλει πρόσθετους όρους.

3. Η μεταβίβαση των μισθωτικών δικαιωμάτων πραγματοποιείται με συμβολαιογραφικό έγγραφο, αντίγραφο του οποίου υποβάλλεται στον εκμισθωτή μέσα σε έναν (1) μήνα από την απόφαση έγκρισης της μεταβίβασης.

4. Μετά την έγκριση της μεταβίβασης και τη συνομολόγηση της σχετικής συμβολαιογραφικής πράξης μεταβίβασης, στη θέση του μισθωτή υπεισέρχεται αυτός στον οποίο μεταβιβάζονται τα μισθωτικά δικαιώματα, ο οποίος αναλαμβάνει τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις του αρχικού μισθωτή.

Άρθρο 11: Κανονισμός Γεωθερμικών Εργασιών

Η ρύθμιση των όρων, του τρόπου διενέργειας γεωθερμικών εργασιών και κάθε άλλο θέμα αναγκαίο από πλευράς ορθολογικής δραστηριότητας, υγείας και ασφάλειας εργαζομένων και περιοίκων, καθώς και για την προστασία του περιβάλλοντος, διέπονται από τον Κανονισμό Γεωθερμικών Εργασιών, ο οποίος εκδίδεται με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Σε Πέριπτωση αναθεώρησής του, ζητείται, μόνον επί τεχνικών θεμάτων, η γνώμη του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.), του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος (Τ.Ε.Ε.), της Ε.Α.Γ.Μ.Ε. και του Κέντρου Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (Κ.Α.Π.Ε.).

Άρθρο 12: Ποινικές και διοικητικές κυρώσεις

1. Όποιος ερευνά μέσω διάνοιξης γεωτρήσεων ή εκτέλεσης δοκιμών άντλησης, ή εκμεταλλεύεται γεωθερμικό δυναμικό σε γεωθερμικά πεδία χωρίς να έχει σχετικό δικαίωμα, τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών (3) μηνών και με διοικητικό πρόστιμο από χίλια (1.000) έως εκατό χιλιάδες (100.000) ευρώ, ανάλογα με τη βαρύτητα και τη συχνότητα της παράβασης.

2. Το πρόστιμο επιβάλλεται με απόφαση του Προϊσταμένου του αρμόδιου Τμήματος Επιθεώρησης Μεταλλείων της Ειδικής Γραμματείας Σώματος Επιθεωρητών και Ελεγκτών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Κατά της πράξης επιβολής προστίμου επιτρέπεται προσφυγή ενώπιον του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σύμφωνα με το άρθρο 170 του ν.δ. 210/1973.

3. Ο έλεγχος των εργασιών έρευνας και εκμετάλλευσης του γεωθερμικού δυναμικού ασκείται, βάσει του Κανονισμού Γεωθερμικών Εργασιών και του Μεταλλευτικού Κώδικα, από τα αρμόδια Τμήματα Επιθεώρησης Μεταλλείων της Ειδικής Γραμματείας Σώματος Επιθεωρητών και Ελεγκτών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

Για την άσκηση των ελέγχων αυτών, οι ελεγκτικές αρχές μπορεί να ζητούν τη συνδρομή της Ε.Α.Γ.Μ.Ε.

4. Κάθε παράβαση από τον μισθωτή των διατάξεων του Κανονισμού Γεωθερμικών Εργασιών και των εντολών του Προϊσταμένου του αρμόδιου Τμήματος Επιθεώρησης Μεταλλείων της Ειδικής Γραμματείας του Σώματος Επιθεωρητών και Ελεγκτών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, τιμωρείται με χρηματικό πρόστιμο από τριακόσια (300) έως δύο χιλιάδες (2.000) ευρώ στην Πέριπτωση χώρων υπαγομένων στην αρμοδιότητα του συντονιστή

της αποκεντρωμένης διοίκησης, και έως δέκα χιλιάδες (10.000) ευρώ στην Πέριπτωση χώρων υπαγομένων στην αρμοδιότητα του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Το χρηματικό πρόστιμο επιβάλλεται με αιτιολογημένη απόφαση του Προϊστάμενου του αρμόδιου Τμήματος Επιθεώρησης Μεταλλείων της Ειδικής Γραμματείας Σώματος Επιθεωρητών και Ελεγκτών του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, ο οποίος συντάσσει και αποστέλλει στο δημόσιο ταμείο τριπλότυπη βεβαιωτική κατάσταση και περιληπτική κατάσταση για την είσπραξή του, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κώδικα Είσπραξης Δημοσίων Εσόδων.

Το ύψος του προστίμου, ανά παράβαση, εξαρτάται από δύο συντελεστές:

α) τη σοβαρότητα της παράβασης (σ), β) την υποτροπή (ϵ). Η επιλογή του συντελεστή (σ) γίνεται με αξιολόγηση της παράβασης από τους Επιθεωρητές Μεταλλείων και, σύμφωνα με το Κανονισμό Γεωθερμικών Εργασιών και τον Πίνακα 1:

Σοβαρότητα	Συντελεστής σ
Χαμηλή	1
Υψηλή	3

Η επιλογή του συντελεστή ϵ γίνεται με τη βοήθεια του Πίνακα 2:

Επαναληπτικότητα	Συντελεστής ϵ
Η παράβαση δεν έχει επαναληφθεί	1
Η παράβαση έχει επαναληφθεί μία φορά	2
Η παράβαση έχει επαναληφθεί περισσότερες από μία φορές	5

Για τον προσδιορισμό του προστίμου (π), υπολογίζονται αρχικά τα μόρια της παράβασης ($\mu\pi$), που προκύπτουν ως το γινόμενο των δύο συντελεστών:

$$\mu\pi = \sigma * \epsilon$$

Στη συνέχεια, με βάση τα υπολογισμένα μόρια της παράβασης (μπ), επιλέγεται η κλίμακα προσδιορισμού του προστίμου από τους Πίνακες 3α και 3β, το ύψος του προς υποβολή προστίμου:

Πίνακας 3α: Έργα αρμοδιότητας συντονιστή αποκεντρωμένης διοίκησης

Κλίμακα	Μόρια παράβασης μπ	Ύψος προστίμου π(€)
1	1-2	300-1000
2	>2	1001-2000

Πίνακας 3β: Έργα αρμοδιότητας Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Κλίμακα	Μόρια παράβασης μπ	Ύψος προστίμου π(€)
1	1-3	300-2000
2	4-6	2001-5000
3	>6	5001-10000

Άρθρο 13: Ενεργειακά συστήματα θέρμανσης ή ψύξης

1. Η εγκατάσταση, για ίδια χρήση, ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης ή ψύξης χώρων μέσω της εκμετάλλευσης της θερμότητας των γεωλογικών σχηματισμών και των νερών, επιφανειακών και υπόγειων, που δεν χαρακτηρίζονται, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος Μέρους Α' (άρθρα 1 έως 24), γεωθερμικό δυναμικό, επιτρέπεται ύστερα από άδεια που χορηγείται στον κύριο του ακινήτου από τις Διευθύνσεις Ανάπτυξης της οικείας Περιφέρειας.

2. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας ρυθμίζονται οι ειδικότεροι όροι, οι προϋποθέσεις, τα απαιτούμενα δικαιολογητικά και η διαδικασία για την έκδοση των αδειών αυτών.

3. Για οποιαδήποτε εγκατάσταση στην οποία λαμβάνει χώρα ή προβλέπεται αξιοποίηση γεωθερμικού δυναμικού ή ενεργειακού συστήματος θέρμανσης ή ψύξης, σύμφωνα με την παράγραφο 1, δεν έχουν εφαρμογή οι διατάξεις του π.δ. 420/1987 (Α' 187) Πέρι υποχρεώσεων σύνταξης μελέτης ή και εγκατάστασης υποδομών οποιουδήποτε συστήματος θέρμανσης ή ψύξης από διαφορετική ενεργειακή πηγή.

Άρθρο 14: Κίνητρα για την ανάπτυξη της γεωθερμίας

1. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος και Ενέργειας μπορεί να θεσπίζονται ειδικά κίνητρα για την ανάπτυξη έργων έρευνας και εκμετάλλευσης γεωθερμικού δυναμικού.

2. Με όμοια απόφαση μπορεί να θεσπίζονται ειδικά κίνητρα για την ανάπτυξη ενεργειακών συστημάτων θέρμανσης-ψύξης του άρθρου 13.

Άρθρο 15: Παράβολα

1. Με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος και Ενέργειας, που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, καθορίζονται και αναπροσαρμόζονται τα είδη και τα ποσά των παραβόλων που απαιτούνται για τη χορήγηση άδειας ή έγκρισης, σύμφωνα με τις διατάξεις του παρόντος Μέρους Α', καθώς και για το παραδεκτό της άσκησης προσφυγής ενώπιον του Υπουργού Περιβάλλοντος και Ενέργειας, σύμφωνα με την παράγραφο 1 του άρθρου 9. Τα ποσά των παραβόλων καταβάλλονται στον ειδικό κωδικό (ΑΛΕ) της Πέριπτωσης γ' της παραγράφου 1 του άρθρου 8 και διατίθενται αποκλειστικά από την οικεία αποκεντρωμένη διοίκηση για την εν γένει αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων.

2. Ποσοστό των εισπραττόμενων εσόδων από τα ως άνω παράβολα που καθορίζεται με κοινή απόφαση των Υπουργών Οικονομικών και Περιβάλλοντος και Ενέργειας, μπορεί να διατεθεί για την κάλυψη δαπανών των αρμόδιων υπηρεσιών για την αξιοποίηση της γεωθερμίας.

Άρθρο 16 Σύσταση Εθνικού Μητρώου Σημείων Αξιοποίησης Γεωθερμίας

(Ε.Μ.Σ.Α.Γ.Ε.)

Άρθρο 17 Εθνικό Μητρώο Καταγραφής και Παρακολούθησης Γεωθερμικών

Σημείων (ΕΜΚΠΑΓΕΣ)

Άρθρο 18 Ιαματική χρήση γεωθερμικού δυναμικού

Άρθρο 19 Σύσταση Επιτροπής Αντιμετώπισης Προβλημάτων Αξιοποίησης

Γεωθερμικού Δυναμικού και Διαχείρισης Υδάτων

Άρθρο 20 Εντοπισμός υδρογονανθράκων

Άρθρο 21 Υποστήριξη τμημάτων γεωθερμίας

Άρθρο 22 Δικαιώματα συμβολαιογράφων, υποθηκοφυλάκων και τρίτων

`Αρθρο 23 Μεταβατικές διατάξεις

`Αρθρο 24 Τροποποιούμενες και καταργούμενες διατάξεις

Παράρτημα 2: ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ROCKWORKS 17

Π.1 Εισαγωγή

Η ανάγκη για ανάπτυξη της μεταλλευτικής ή πετρελαϊκής βιομηχανίας αλλά και των περιβαλλοντικών και γεωτεχνικών μελετών οδήγησε στην δημιουργία του λογισμικού Rockworks από την εταιρεία Rockware Incorporated.

Στόχος του προγράμματος αυτού είναι η διαχείριση και η ανάλυση χωρικών δεδομένων με την κατασκευή γεωλογικών μοντέλων και την παρουσίασή τους με διαγράμματα δύο (2D) και τριών διαστάσεων(3D). Επιπλέον, το λογισμικό αυτό προσφέρει αξιόπιστες πληροφορίες στον χρήστη χρησιμοποιώντας τα γεωλογικά του εργαλεία.

Το Borehole Manager αποτελεί μια βάση δεδομένων όπου ο χρήστης έχει την δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων, είτε αυτά αναφέρονται σε γεωτρήσεις είτε σε βυθοσκοπήσεις, με πεδία που περιλαμβάνουν χωρικά δεδομένα, γεωφυσικές και γεωχημικές μετρήσεις, δεδομένα λιθολογίας, στρωματογραφίας. Επίσης, τα εργαλεία (Utilities) δίνουν την δυνατότητα στο χρήστη δημιουργίας επιφανειών, στερεών μοντέλων, τομών, υπολογισμών όγκων, υδραυλικών και υδροχημικών υπολογισμών, τοπογραφικών μετασχηματισμών.

Για την εκπόνηση της αυτής της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε η έκδοση του λογισμικού Rockworks 17. Για σκοπούς κατανόησης του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε το Παράρτημα της διπλωματικής του κ.Βάιου Μορέλα «Τρισδιάστατη γεωλογική προσομοίωση του πλειο-τεταρτογενούς της πεδιάδας της Μεσσαράς» στην οποία όμως, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Rockworks15.

Το Rockworks 17 παρέχει στο χρήστη τη δυνατότητα δημιουργίας δισδιάστατων ή τρισδιάστατων μοντέλων χρησιμοποιώντας γεωλογικά δεδομένα. Επίσης, μπορεί να οπτικοποιήσει τα χωρικά δεδομένα, να δημιουργήσει τομές σε διάφορες κατευθύνσεις και μετρήσεις διάφορων μεγεθών όπως είναι ο όγκος. Έτσι, με βάση αυτά που έχουν ήδη αναφερθεί το λογισμικό αυτό αποτελείται από δύο κύρια παράθυρα, το Utilities και το Borehole Manager.

Για να ξεκινήσει μια νέα μελέτη ως πρώτο βήμα θα πρέπει να δημιουργηθεί ένας κενός φάκελος, ο « project folder». Σκοπός της δημιουργίας του φακέλου αυτού είναι η προσθήκη σε αυτόν αρχεία τα οποία είναι απαραίτητα για την επεξεργασία καθώς και εκείνα που προκύπτουν από την επεξεργασία. Τα αρχεία αυτά ανάλογα κάθε φορά μπορεί να προστίθενται αυτόματα ή από το χρήστη. Έτσι, ανοίγοντας το κύριο menu Folder και έπειτα Create New Project δημιουργείται ο φάκελος αυτός. Καθορίζοντας το όνομα του φακέλου στο παράθυρο που εμφανίζεται και πατώντας το Next ανοίγεται ένα νέο παράθυρο όπου παρέχεται η δυνατότητα καθορισμού του συστήματος αναφοράς των συντεταγμένων για την παρούσα μελέτη. Τέλος, πατώντας το Finish και στη συνέχεια το Yes δημιουργείται ο φάκελος.

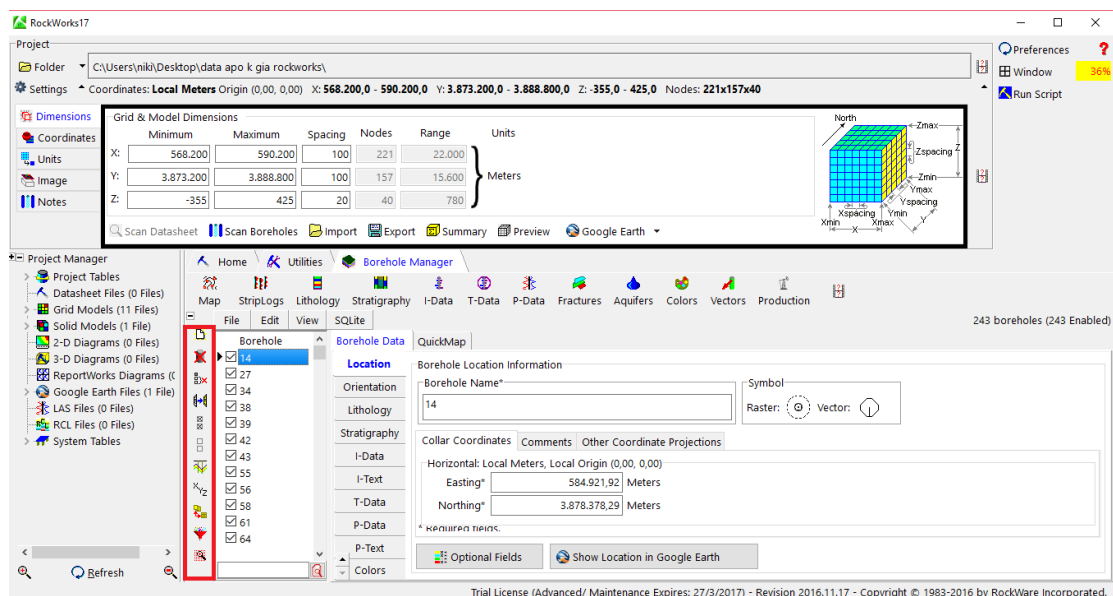
Π.3 Καθορισμός διαστάσεων περιοχής μελέτης-το πεδίο Grid and Model Dimensions

Στο παράθυρο Dimensions εμφανίζεται το πεδίο Grid and Model Dimensions στο οποίο καθορίζονται οι διαστάσεις της περιοχής μελέτης συμπληρώνοντας τους άξονες X, Y και Z. Στην παρούσα μελέτη οι άξονες αυτοί συμπληρώνονται ως εξής:

- X- Easting

- Y- Northing
- Z- Elevation

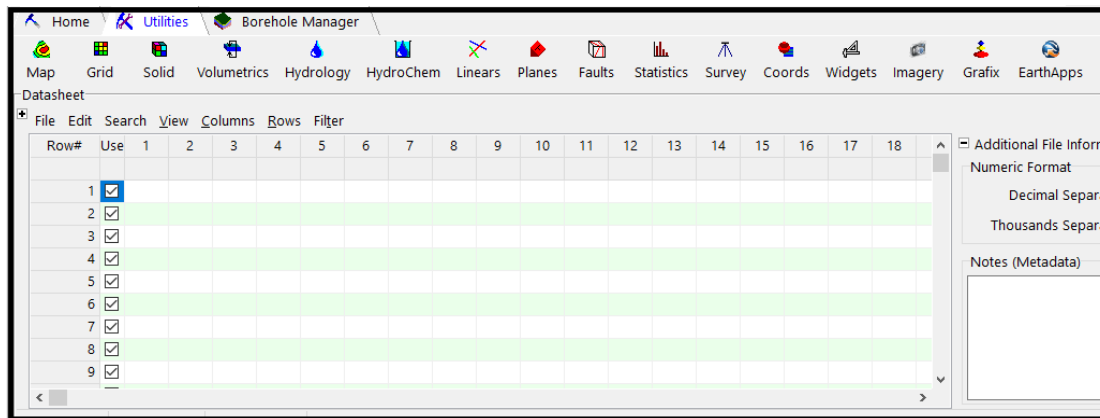
Εάν το πεδίο αυτό συμπληρωθεί κατά την εισαγωγή των δεδομένων, δεν χρειάζεται να συμπληρωθεί εκ νέου. Καλό θα ήταν για την συμπλήρωση των πιο πάνω αξόνων να λαμβάνονται υπόψη οι μεγαλύτερες τιμές του κάθε άξονα των δεδομένων. Έτσι, βλέποντας τις μικρότερες και τις μεγαλύτερες τιμές συμπληρώνονται οι άξονες με μια τιμή ελαφρώς μεγαλύτερη από τις ελάχιστες και τις μέγιστες τιμές των δεδομένων. Αυτό οδηγεί στη δημιουργία ενός μοντέλου μελέτης το οποίο θα έχει κάποιο μικρό περιθώριο σε όλους τους άξονες ως προς τα δεδομένα. Επιπλέον, από το Spacing καθορίζεται το διάστημα όπου θα τοποθετείται ο κάθε κάρναβος του μοντέλου μελέτης. Στην Εικόνα 1, παρουσιάζεται σε μαύρο πλαίσιο η εντολή Grid Model Dimensions.



Εικόνα 1: Grid Model Dimensions

Π.2 Η υποσελίδα Rock Ware Utilities

Η υποσελίδα αυτή αποτελεί ένα παράθυρο το οποίο παρέχει τη δυνατότητα στο χρήστη να εισάγει δεδομένα υπό την μορφή υπολογιστικού φύλλου. Η μορφή του παράθυρου αυτού είναι παρόμοια με αυτής του Microsoft Excel με διαφοροποιημένες λειτουργίες (βλ. Εικόνα 2).



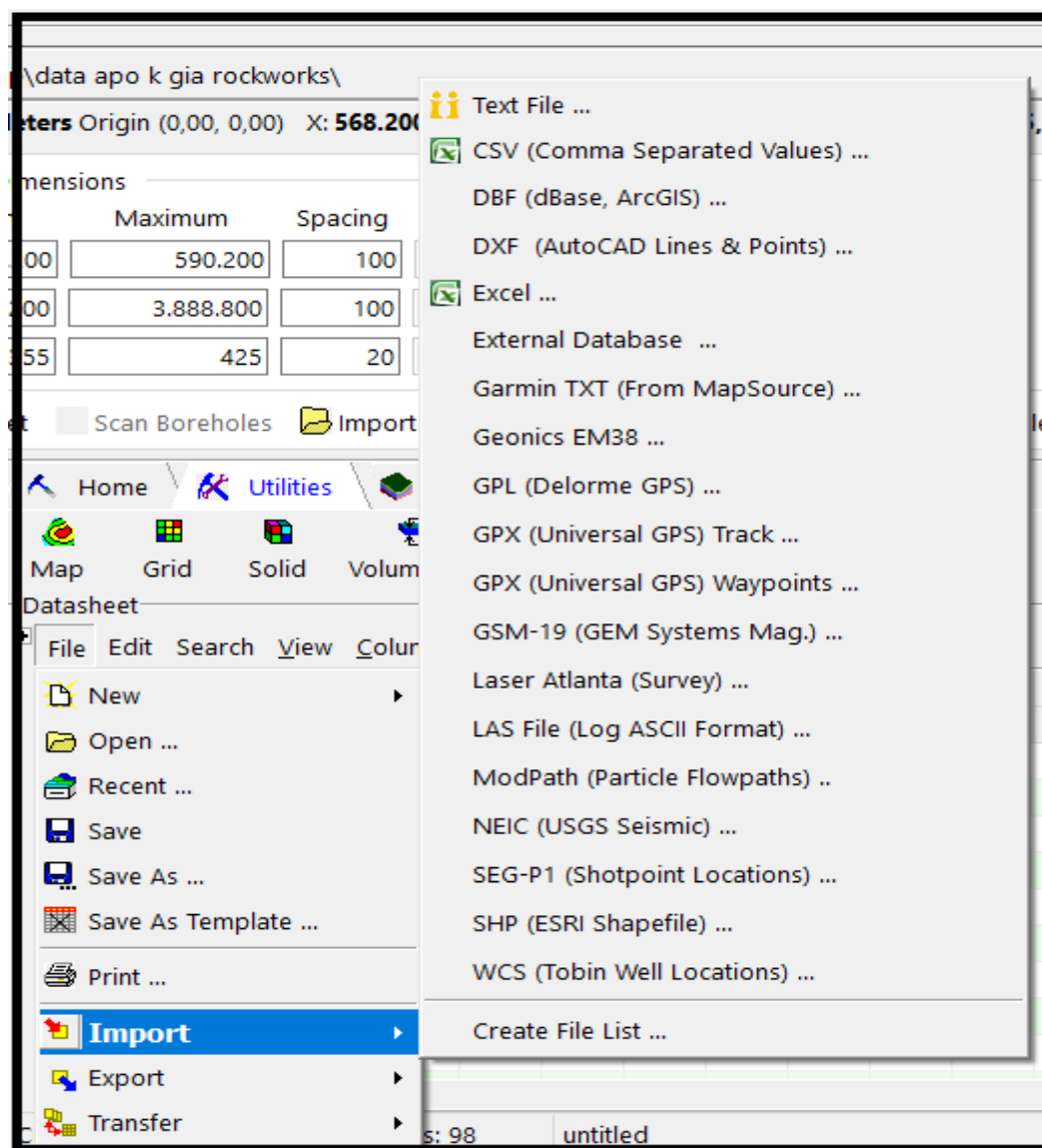
Εικόνα 2: Η υποσελίδα Rock Ware Utilities

Π.2.1 Δημιουργία τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων επιφάνειας

Για τη δημιουργία δισδιάστατων και τρισδιάστατων ψηφιακών μοντέλων επιφάνειας απαιτείται η εισαγωγή τοπογραφικών δεδομένων x , y , z . Το πρόγραμμα παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής τέτοιων δεδομένων από αρχεία XLS, Text File, DBF κ.α.

Πρώτο βήμα είναι η εισαγωγή των δεδομένων DTM, για περιορισμό των διαστάσεων των δεδομένων.

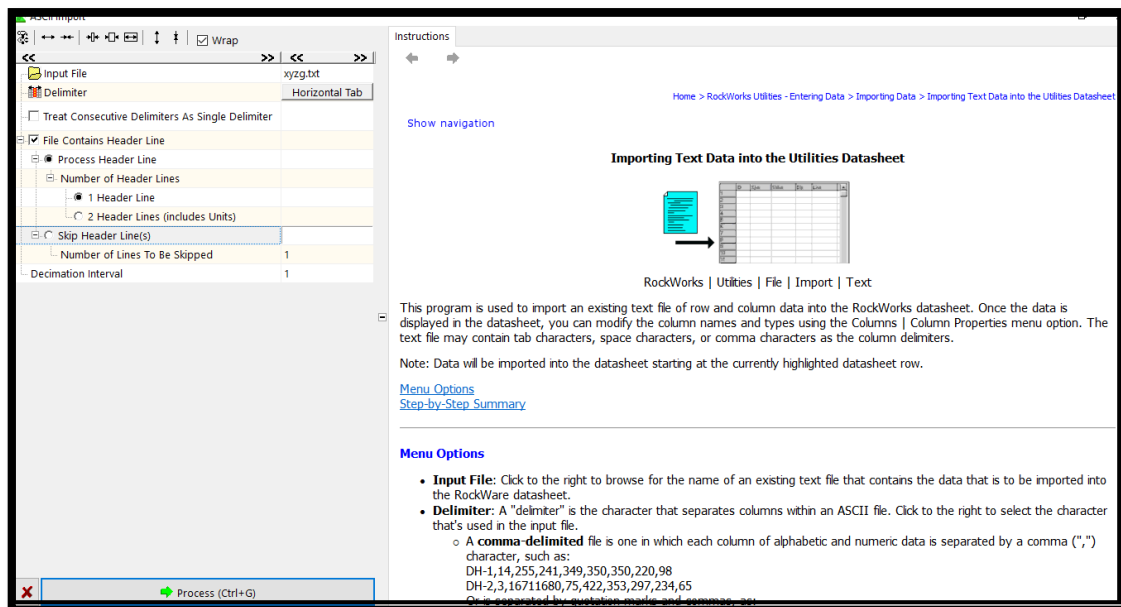
Δεύτερο βήμα, η εισαγωγή των τοπογραφικών δεδομένων έχοντας ανοιχτή την υποσελίδα Utilities επιλέγεται στο κεντρικό menu η εντολή File και στη συνέχεια το Import και έπειτα το Text File (βλ. Εικόνα 3).



Εικόνα 3: Επιλογή αρχείου Text File

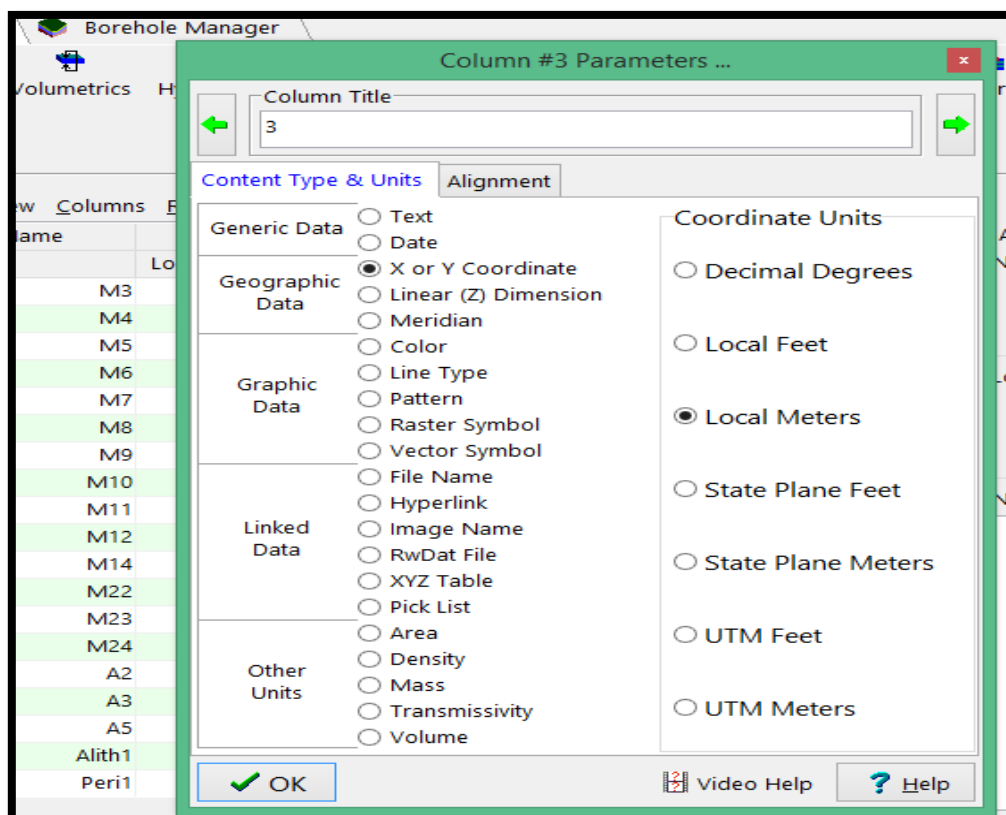
Τρίτο βήμα, ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο, στην αριστερή πλευρά του οποίου υπάρχουν οι παρακάτω εντολές:

- Input File, όπου γίνεται αναζήτηση του αρχείου που ενδιαφέρει το χρήστη
- Delimiter, με την εντολή αυτή καθορίζεται το σύμβολο που διαχωρίζει τα νούμερα του αρχείου Text File. Πατώντας το παρουσιάζονται οι δυνατότητες επιλογής. Εφόσον, το Text File αρχείο περιέχει κεφαλίδες για κάθε κατηγορία δεδομένων, τότε γίνεται έλεγχος για την αντίστοιχη επιλογή (βλ. Εικόνα 4).



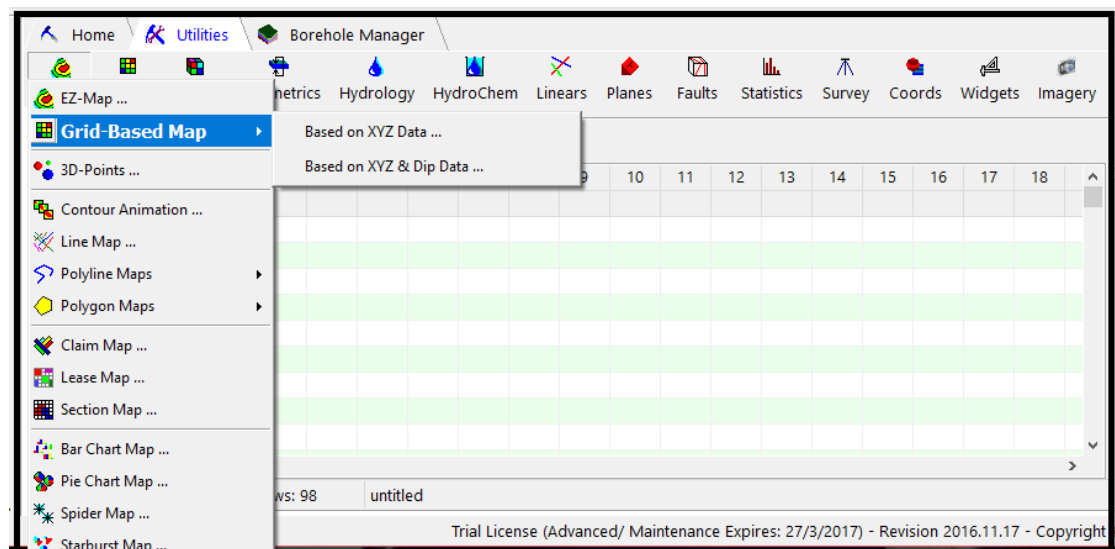
Εικόνα 4: Εντολές Input File και Delimeter

Τέταρτο βήμα, έχοντας ήδη γίνει οι ρυθμίσεις και πατώντας Process εισάγονται οι συντεταγμένες XYZ και θερμοκρασία (ή κύρια στοιχεία κλπ), ορίζοντας ότι τα XYZ είναι συντεταγμένες Local (m) όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.

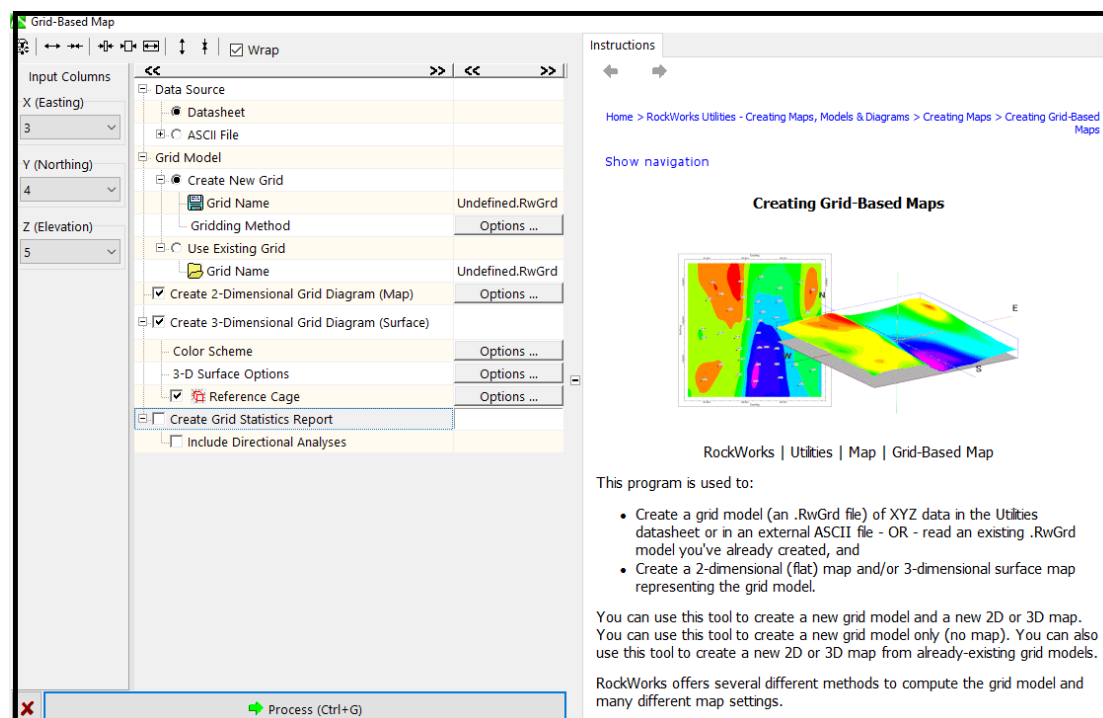


Εικόνα 5: Καθορισμός μεταβλητών στο αναδυόμενο παράθυρο

Πέμπτο βήμα, για τη δημιουργία του τρισδιάστατου ψηφιακού μοντέλου ή και δισδιάστατου χάρτη επιλέγεται από το βασικό menu Map το Grid-Based Map. Με αυτή την εντολή δίνεται η δυνατότητα επιλογής Based XYZ Data ή Based XYZ & Dip Data (βλ. Εικόνα 6). Επιλέγοντας την πρώτη επιλογή ανοίγεται καινούργιο παράθυρο για να καθοριστούν οι παράμετροι του χάρτη.



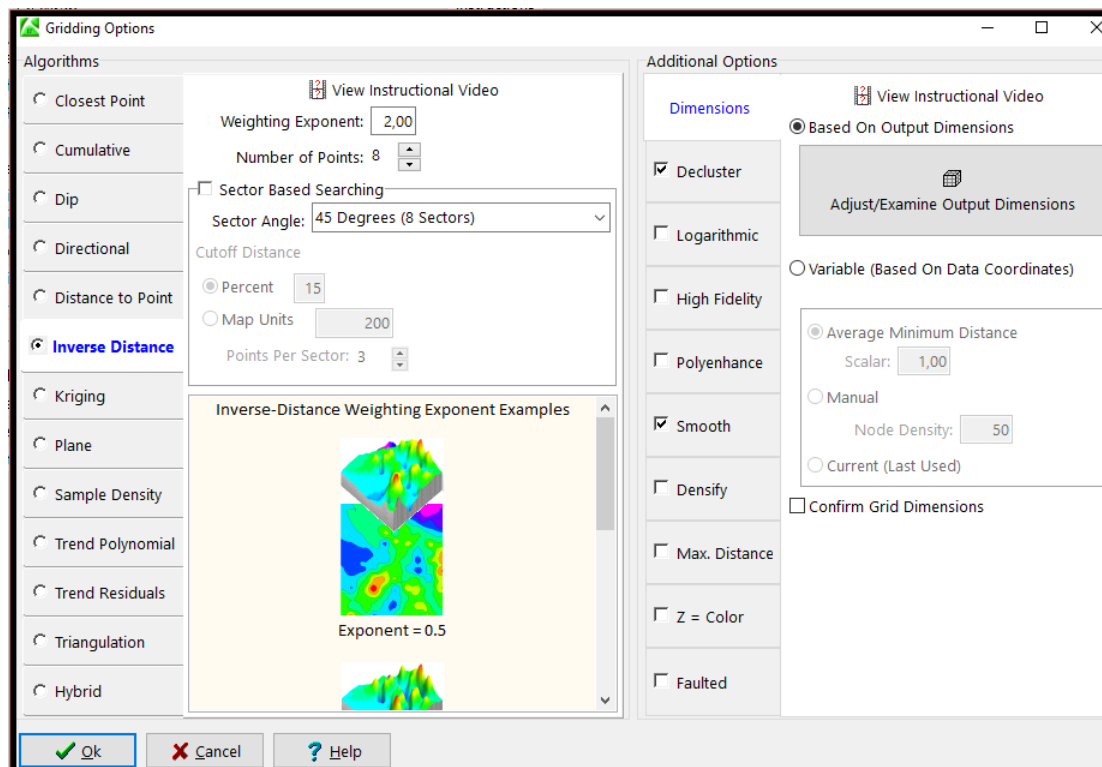
Εικόνα 6: Εντολή Map και επιλογές



Εικόνα 7: Εντολή Grid Based Map και οι επιλογές ρύθμισης της

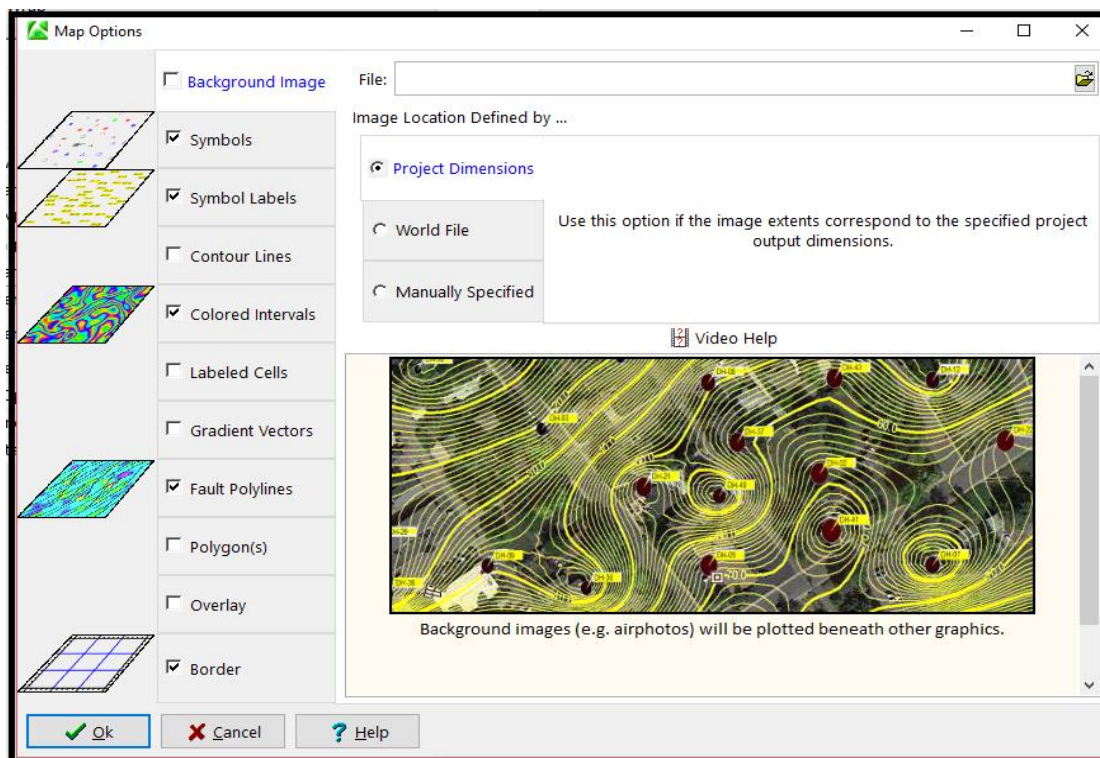
Έκτο βήμα, στο καινούργιο παράθυρο που ανοίγεται και στην αριστερή του πλευρά υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές (βλ. Εικόνα 7):

- Input Columns, σε αυτή τη περιοχή γίνεται ο καθορισμός των στηλών.
- Data Source, σε αυτή την επιλογή επιλέγεται το Datasheet αφού έχουν εισαχθεί δεδομένα στην υποσελίδα Utilities ή σε αντίθετη Περίπτωση επιλέγεται εξωτερικό αρχείο δεδομένων. Στην Περίπτωση που τα δεδομένα βρίσκονται σε Datasheet τότε είναι απαραίτητο να καθοριστούν οι στήλες που περιέχουν τα x, y, z δεδομένα.
- Create New Grid, σκοπός της επιλογής αυτής είναι η δημιουργία ενός νέου μοντέλου πλέγματος.
- Grid Name, σε αυτό το πεδίο δίνεται το επιθυμητό όνομα στο μοντέλο καθώς και επιλέγεται σε ποιο φάκελο θα αποθηκευτεί αυτό. Τα αρχεία πλέγματος έχουν κατάληξη .grid .

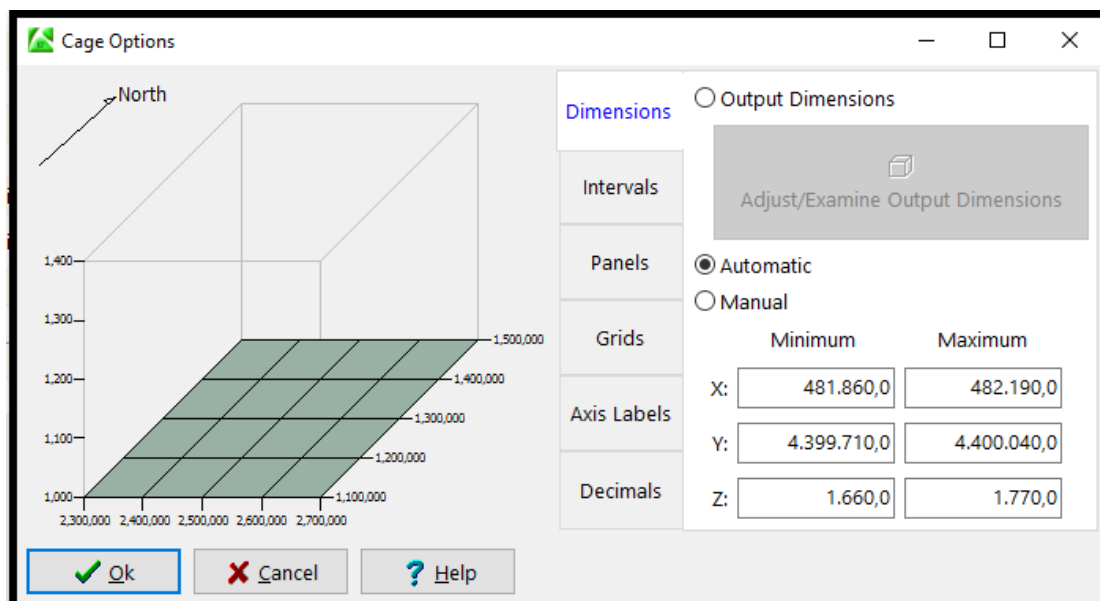


Εικόνα 8: Επιλογή Gridding Options

- Gridding Method, επιλέγοντας το Options ανοίγεται ένα καινούργιο παράθυρο επιλογών. Εδώ επιλέγεται, στην αριστερή στήλη, κατηγορία Algorithms, ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί για την παρεμβολή. Επιλέγεται η μέθοδος τριγωνισμού και παρακάτω αναφέρονται οι επιπλέον επιλογές του συγκεκριμένου αλγορίθμου. Στην δεξιά στήλη, κατηγορία Additional Options, η επιλογή Dimensions, προσδιορίζει τις διαστάσεις. Έτσι, επιλέγεται Based On Project Dimensions ούτως ώστε να βασίζεται στις διαστάσεις που ορίστηκαν από το πεδίο Project Dimensions. Επιπλέον, επιλέγεται το Decluster το οποίο χρησιμοποιείται εάν υπάρχουν συγκεντρωμένα ή διπλά σημεία. Πριν από την προσομοίωση το πρόγραμμα δημιουργεί ένα φανταστικό πλέγμα (pre-grid) πάνω από τα σημεία των δεδομένων (βλ. Εικόνα 8).
- Create Grid-2Dimensional Grid Diagram, επιλογή για κατασκευή δισδιάστατου χάρτη. Στην Πέριπτωση αυτή, επιλέγεται το 3-D Surface Option το οποίο ανοίγει ένα καινούργιο παράθυρο.
- Create Grid-3Dimensional Grid Diagram, δυνατότητα κατασκευής τρισδιάστατου χάρτη (βλ. Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Επιλογές ρύθμισης για Create Grid- 3 Dimensional Grid Diagram

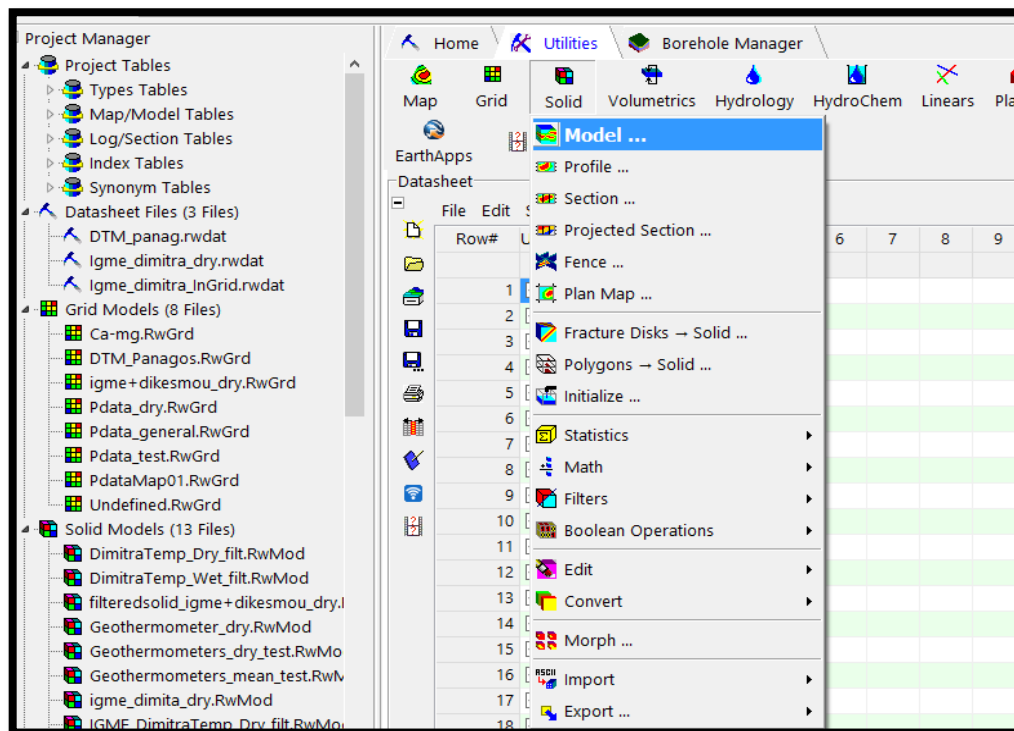


Εικόνα 10: Επιλογή ρύθμισης Reference Cage

- Reference Cage, χρησιμεύει στο να σχεδιαστεί γύρω από το μοντέλο ένα κελί όπου θα αναφέρονται οι διευθύνσεις του ορίζοντα (βλ. Εικόνα 10).

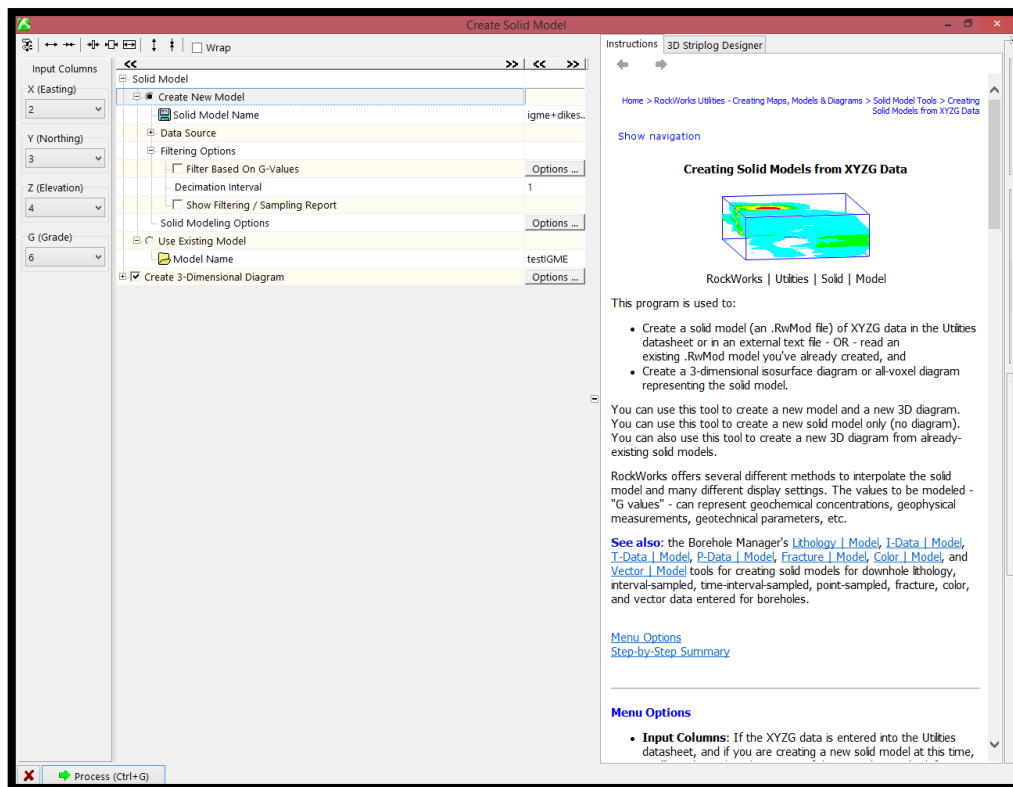
Επίσης, στην εντολή αυτή μπορούν να ρυθμιστούν οι διαστάσεις του κελιού από το πεδίο Dimensions. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι διαστάσεις του χάρτη σαν όρια ή να οριστούν νέες διαστάσεις για το κελί χειροκίνητα.

Τέλος, έχοντας γίνει οι ρυθμίσεις και πατώντας το Process από το κεντρικό menu Grid-Based Map, δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο εδάφους.



Εικόνα 11: Εντολή Solid και επιλογές

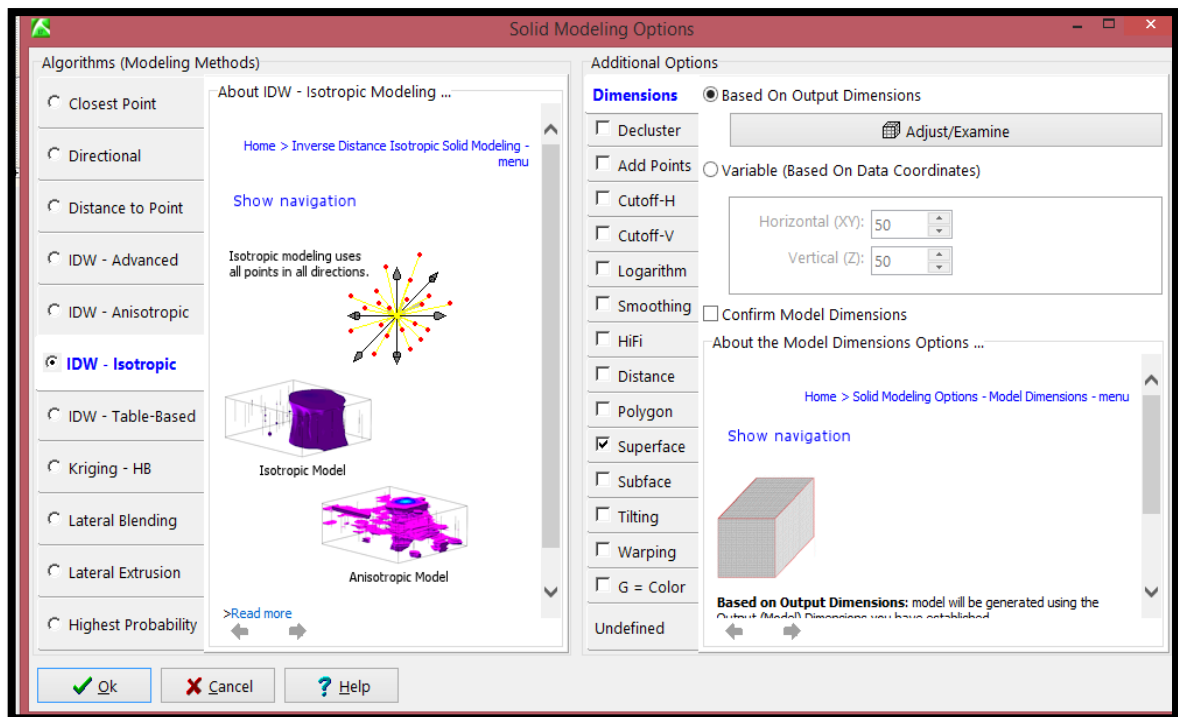
Έβδομο βήμα. για τη δημιουργία του τρισδιάστατου στερεού ψηφιακού διαγράμματος επιλέγεται από το βασικό menu Solid, το Model (βλ. Εικόνα 11).



Εικόνα 12: Εντολή Create Solid Model και οι επιλογές ρύθμισης της

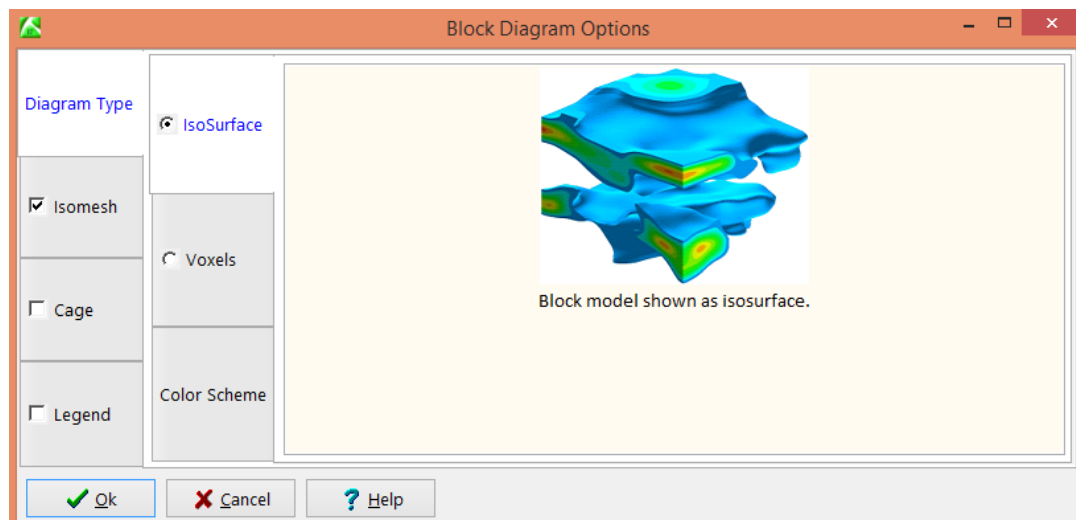
Στο καινούργιο παράθυρο που ανοίγεται και στην αριστερή του πλευρά υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές (βλ. Εικόνα 12):

- Input Columns, σε αυτή τη περιοχή γίνεται ο καθορισμός των στηλών.
- Create New Model, σκοπός της επιλογής αυτής είναι η δημιουργία ενός νέου ψηφιακού μοντέλου.
- Solid Model Name, σε αυτό το πεδίο δίνεται το επιθυμητό όνομα στο μοντέλο καθώς και επιλέγεται σε ποιο φάκελο θα αποθηκευτεί αυτό. Τα αρχεία έχουν κατάληξη .RwMod.



Εικόνα 13: Επιλογή Solid Modeling Options

- Solid Modeling Options, επιλέγοντας το Options ανοίγεται ένα καινούργιο παράθυρο επιλογών. Εδώ επιλέγεται, στην αριστερή στήλη, κατηγορία Algorithms (Modeling Methods), ο αλγόριθμος που θα χρησιμοποιηθεί για την παρεμβολή και επιλέγεται η μέθοδος IDW-Isotropic. Στην δεξιά στήλη, κατηγορία Additional Options, επιλέγεται Dimensions, ώστε να γίνει προσδιορισμός των διαστάσεων. Στη παρούσα Πέριπτωση, επιλέγεται Based On Project Dimensions ούτως ώστε να βασίζεται στις διαστάσεις που ορίστηκαν από το πεδίο Project Dimensions (βλ. Εικόνα 13).
- Create Grid-3Dimensional Diagram, κατασκευή τρισδιάστατου χάρτη, επιλέγοντας το Options ανοίγεται ένα καινούργιο παράθυρο επιλογών (βλ. Εικόνα 14). Στη πρώτη στήλη, επιλέγεται ο τύπος του διαγράμματος, για αυτή τη Πέριπτωση, χρησιμοποιείται το IsoSurface, ώστε το αποτέλεσμα να είναι ένα ενιαίο σύνολο. Στη συνέχεια επιλέγεται το Isomesh, ώστε να είναι εμφανής οι ισοϋψείς.



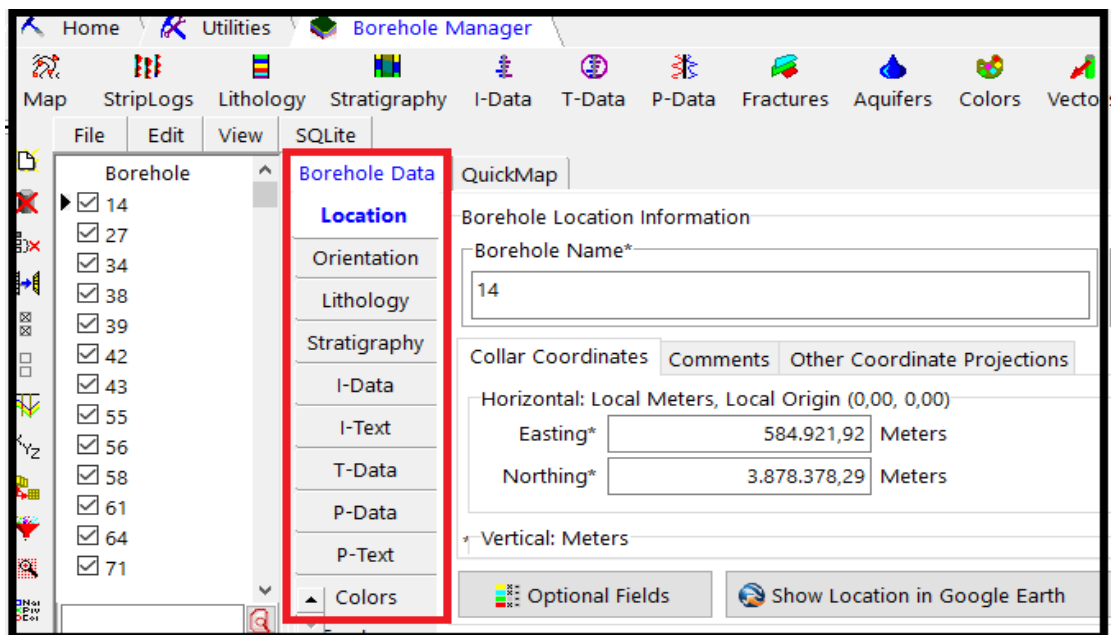
Εικόνα 14: Επιλογές ρύθμισης για Create Grid- 3 Dimensional Diagram

Π.3 Η υποσελίδα Borehole Manager

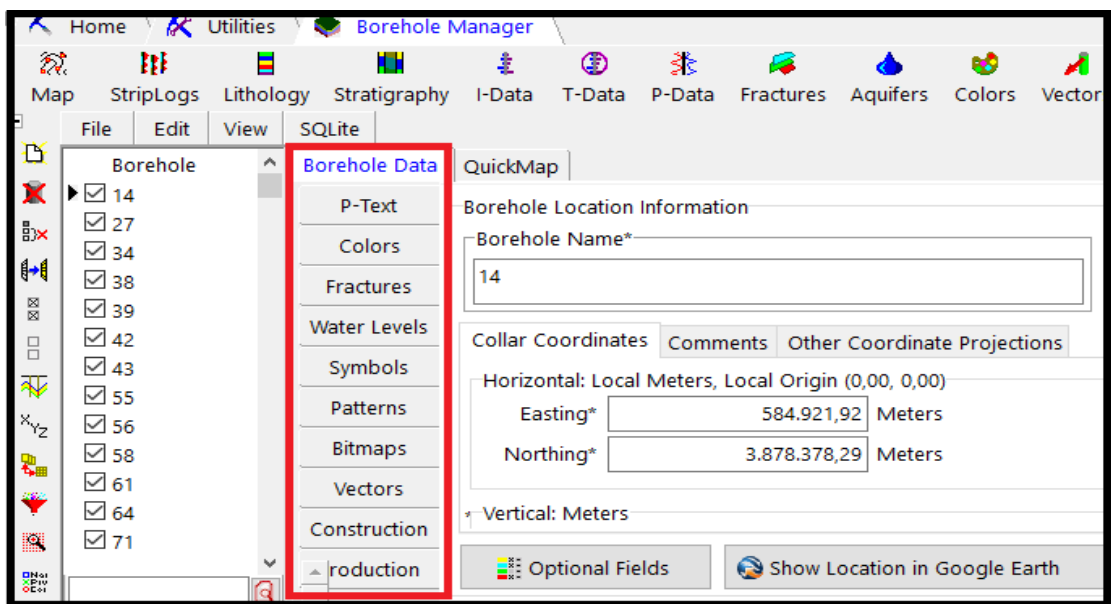
Στην υποσελίδα αυτή εισάγονται τα δεδομένα γεωτρήσεων ή οποιοδήποτε δεδομένο σχετίζεται με το βάθος. Το λογισμικό παρέχει τη δυνατότητα εισαγωγής των δεδομένων με πληκτρολόγηση τους από το χρήστη ή από αρχείο excel με συγκεκριμένο format κατάλληλο για το Rockworks.

Στη συγκεκριμένη μελέτη έχουν εισαχθεί στο πρόγραμμα δεδομένα από το ψηφιακό ανάγλυφο της περιοχής και των γεωτρήσεων στην υπό μελέτη περιοχή.

Στις Εικόνες 15 και 163, παρουσιάζονται τα πεδία στα οποία συμπληρώνονται τα δεδομένα που έχει ο χρήστης. Στη συνέχεια αναλύεται το κάθε πεδίο.



Εικόνα 15: Πεδία που διατίθενται στο Borehole Manager- Borehole Data



Εικόνα 16: Πεδία που διατίθενται στο Borehole Manager- Borehole Data

Από τις παραπάνω καρτέλες (βλ. Εικόνα 15 & 16), η μόνη που είναι υποχρεωτική η συμπλήρωση της είναι η καρτέλα Location (βλ. Εικόνα 17). Ανάλογα με τα δεδομένα που έχει ο χρήστης και το σκοπό της μελέτης συμπληρώνονται και οι απαραίτητες καρτέλες.

Στη παρούσα εργασία συμπληρώθηκαν τα εξής:

- Borehole Name

- Easting / Northing
- Z (Elevation)
- Total Depth

The screenshot displays the 'Borehole Data' application window. On the left, a list of boreholes is shown with checkboxes: A1, A2, A3, Alith 1, Apes 1, M1, M10, M11, M12, M13, M14, M17, M19, M2, M22, and M23. The 'Location' tab is active in the main panel. It contains the following data:

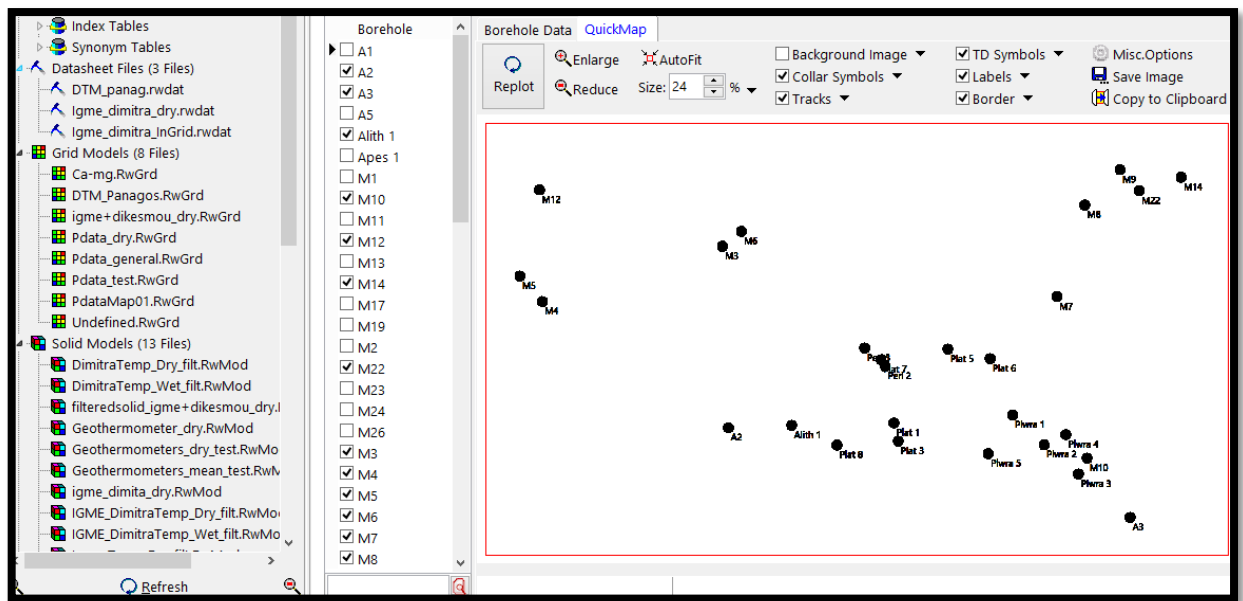
Borehole Location Information	
Borehole Name*	A1
<div> Collar Coordinates Comments Other Coordinate Projections Optional </div>	
Horizontal: Local Meters, Local Origin (0.00, 0.00)	
Easting*	577,811.0 Meters
Northing*	3,871,239.0 Meters
Vertical: Meters	
Z (Elevation)*	308.0 Meters
Collar Elevation*	0.0 Meters
Total Depth*	400.0 Meters

Εικόνα 17: Πεδία που συμπληρώθηκαν στη καρτέλα Location στο Borehole Data

Π.3.1 .Εντολή QuickMap

Η εντολή αυτή χρησιμεύει στην παρουσίαση ενός συγκεντρωτικού χάρτη των γεωτρήσεων της μελέτης. Επίσης, στο χάρτη αυτό προσδιορίζεται και η περιοχή που βρίσκεται η κάθε γεώτρηση (βλ. Εικόνα 18).

Επιπλέον, στο αριστερό μέρος του παραθύρου που απεικονίζεται στην Εικόνα 5 (αριτερό πλαίσιο) παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλα τα διαγράμματα ή μοντέλα που έχουν αποθηκευτεί στο λογισμικό από το χρήστη για την παρούσα μελέτη με την εντολή Project Manager.

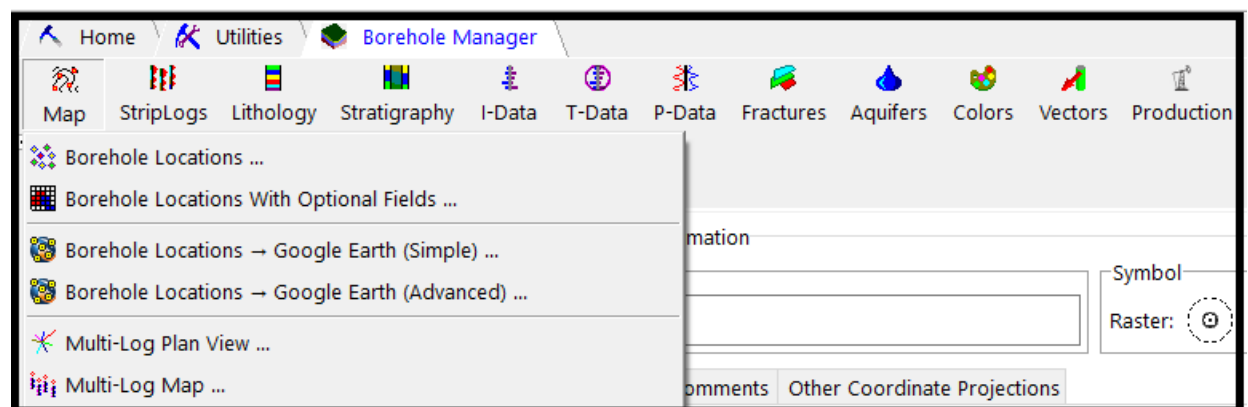


Εικόνα 18: Εντολή QuickMap και Project Manager

Π.3.2 Η εντολή Map

Το menu αυτό, το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 19, δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός χάρτη όπου προβάλλονται οι γεωτρήσεις βάσει των θέσεων τους. Επιπλέον, στο χάρτη αυτό μπορούν να γίνουν αρκετές προβολές, κάποιες από αυτές είναι οι εξής:

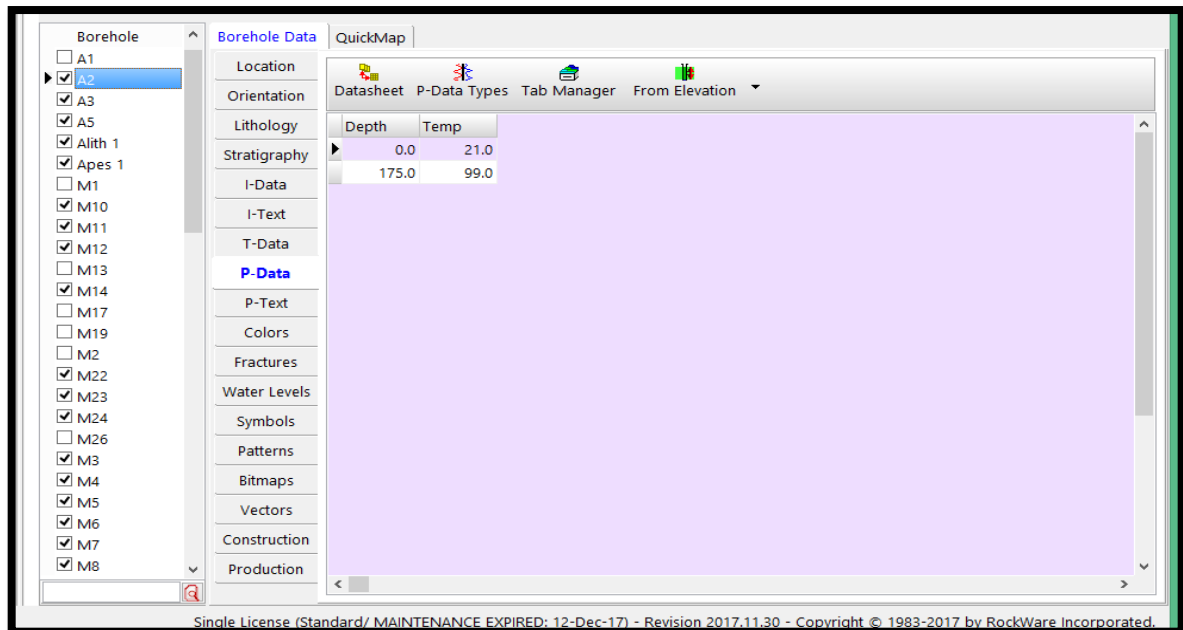
- Αερογραφίας
- Ενός τοπογραφικού χάρτη
- Ισοψών καμπύλων



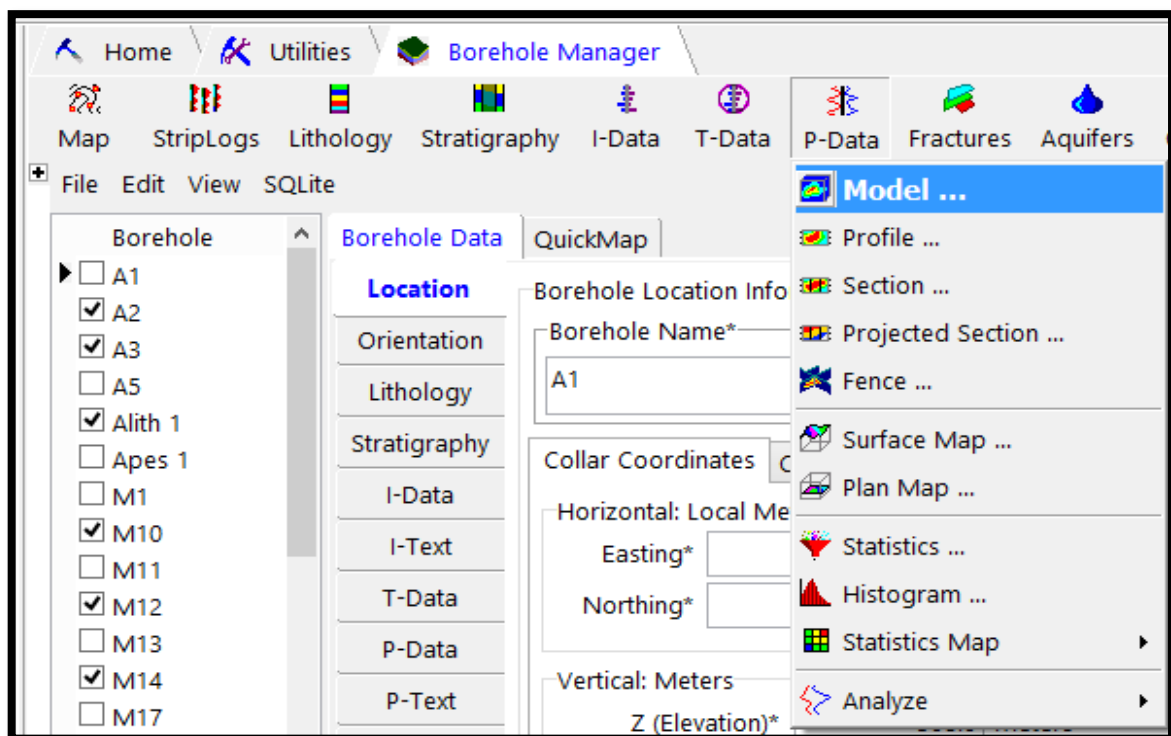
Εικόνα 19: Κύριο menu Borehole Manager και η εντολή Map

Π.3.3 Εντολή P-data

Το menu, το οποίο φαίνεται στην Εικόνα 21, δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας ενός τρισδιάστατου χάρτη όπου προβάλλονται οι γεωτρήσεις βάση των θέσεων τους, των υψομέτρων και επιλεγμένων στοιχείων προβολής.



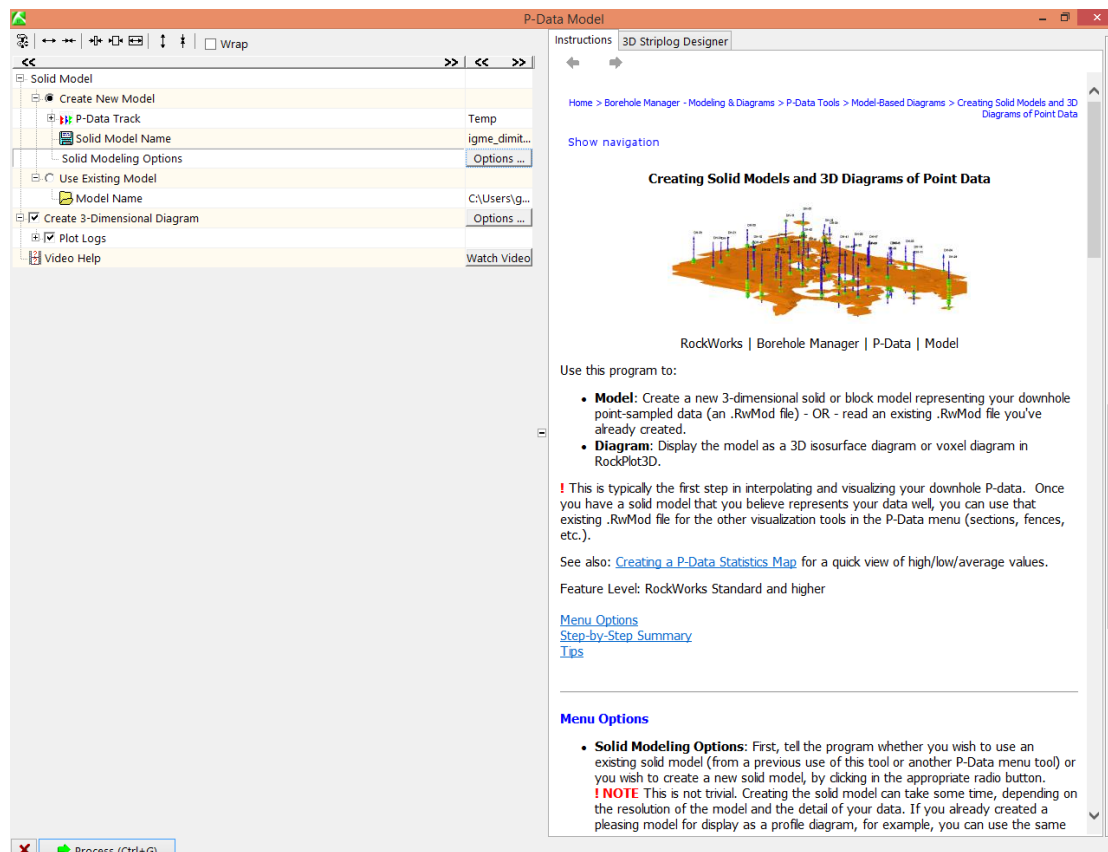
Εικόνα 20: Εισαγωγή δεδομένων στη καρτέλα P-data



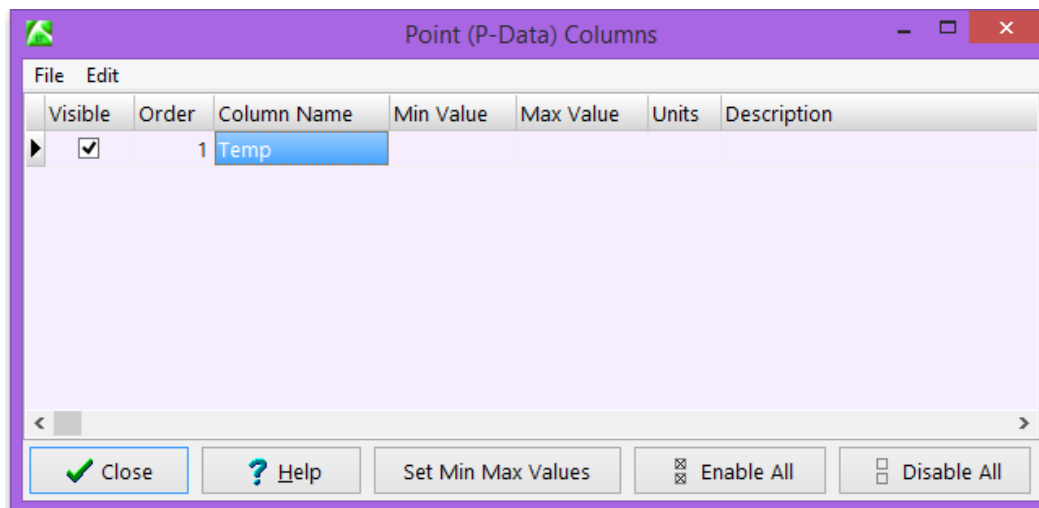
Εικόνα 21: Κύριο menu Borehole Manager και η εντολή P-data

Αφού γίνει η επιλογή Model, ανοίγεται ένα νέο παράθυρο, Εικόνα 22, P-data Model, όπου στην αριστερή του πλευρά έχει τις εξής επιλογές:

- Create New Model, σκοπός της επιλογής αυτής είναι η δημιουργία ενός νέου ψηφιακού μοντέλου.
- P-sata Track, επιλογή αρχείου με στοιχεία προβολής, Εικόνα 23.
- Solid Model Name, σε όπου δίνεται το επιθυμητό όνομα στο μοντέλο καθώς και επιλέγεται σε ποιο φάκελο θα αποθηκευτεί αυτό. Τα αρχεία έχουν κατάληξη .RwMod.

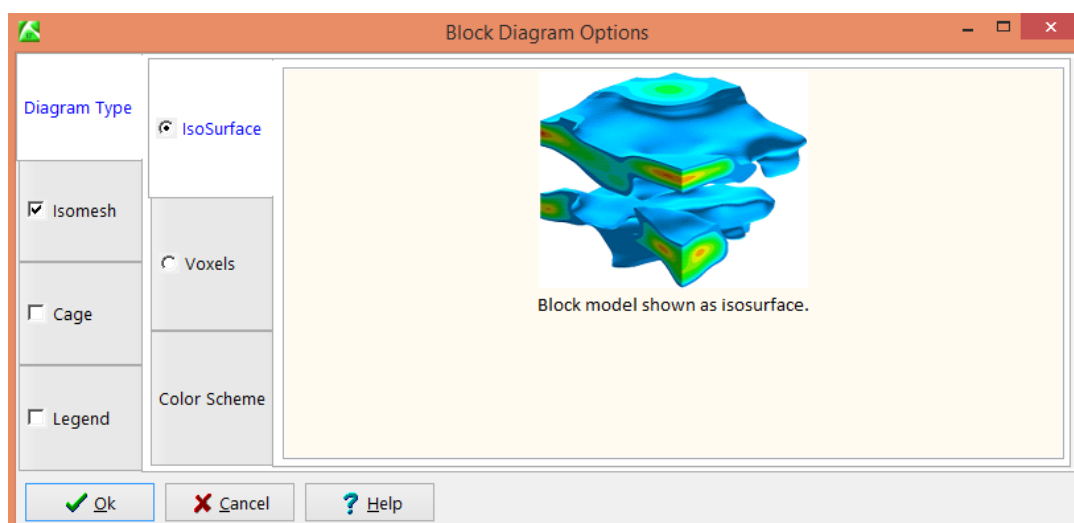


Εικόνα 22: Εντολή P-data Model και οι επιλογές ρύθμισης της

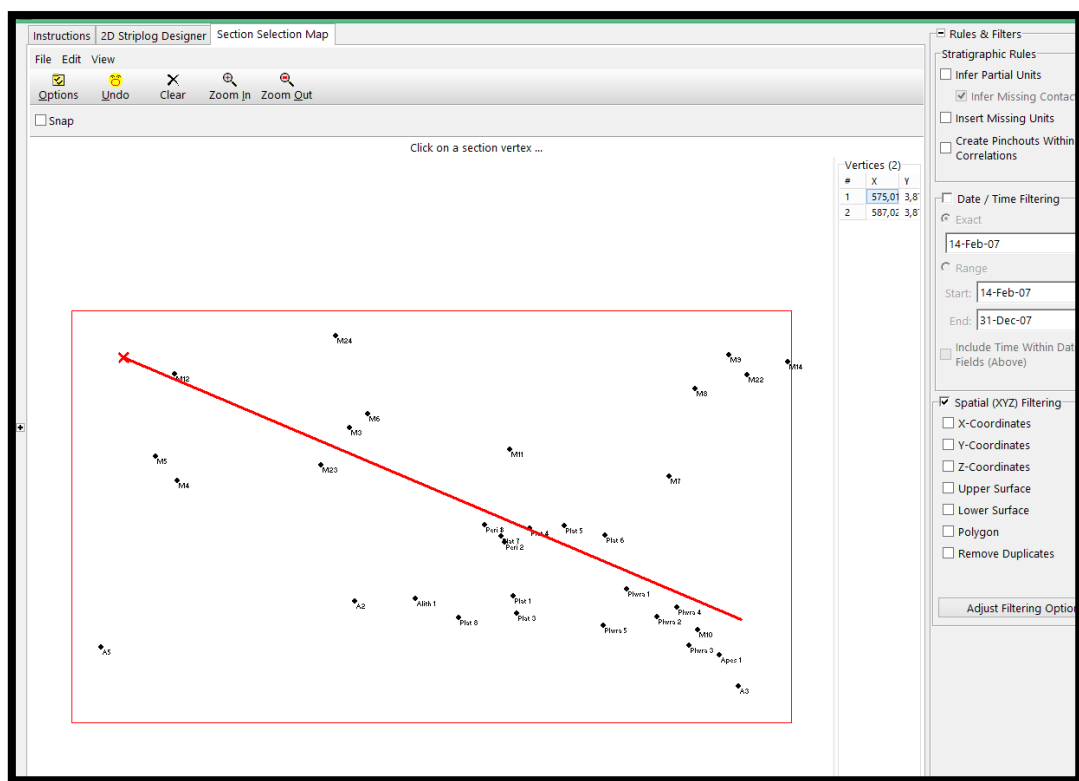


Εικόνα 23: Παράθυρο Point(P-data) Columns, ώστε να γίνει η επιλογή της καρτέλας και των στοιχείων.

- Create Grid-3Dimensional Diagram, κατασκευή τρισδιάστατου χάρτη, επιλέγοντας το Options ανοίγεται ένα καινούργιο παράθυρο επιλογών. Στη πρώτη στήλη, επιλέγεται ο τύπος του διαγράμματος, για αυτή τη Περίπτωση, χρησιμοποιείται το IsoSurface, ώστε το αποτέλεσμα να είναι ένα ενιαίο σύνολο. Στη συνέχεια επιλέγεται το Isomesh, ώστε να είναι εμφανής οι ισοϋψείς (βλ. Εικόνα 24).

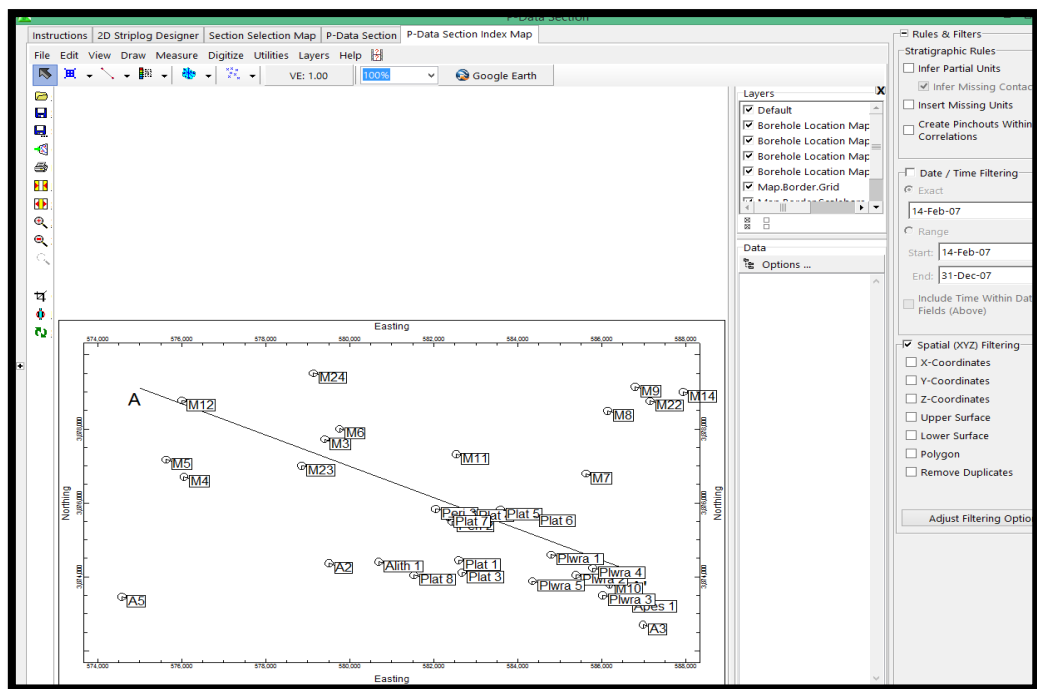


Εικόνα 24: Επιλογές ρύθμισης για Create Grid- 3 Dimensional Diagram



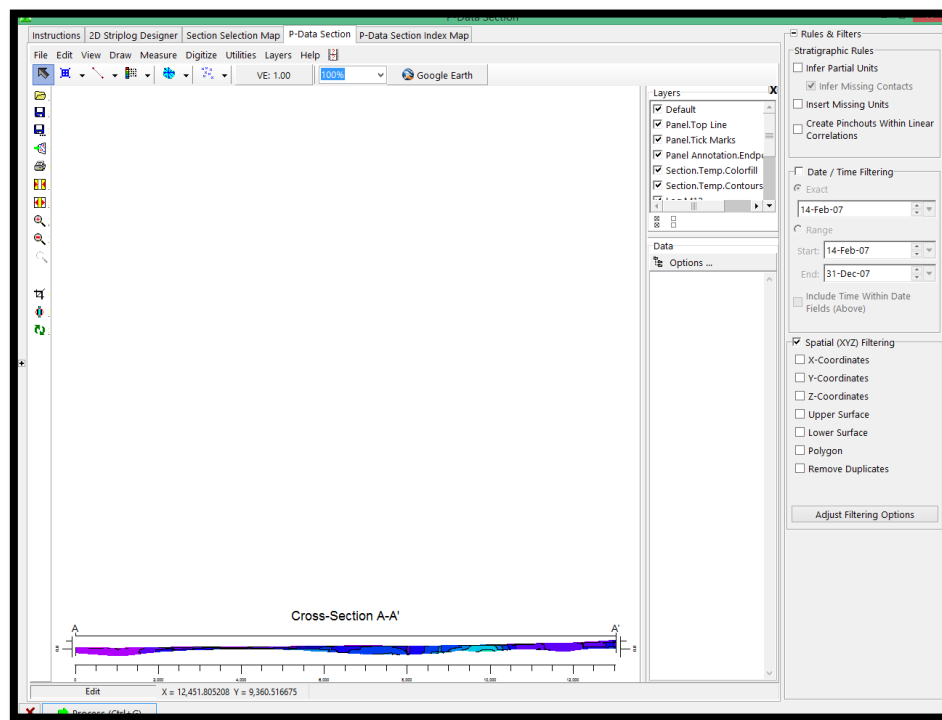
Εικόνα 25: Χάραξη τομής

Ανοίγεται νέα υποκαρτέλα, Section Selection Map, όπου χαράζεται η διεύθυνση της τομής που πρόκειται να αναπαρασταθεί (βλ. Εικόνα 25).



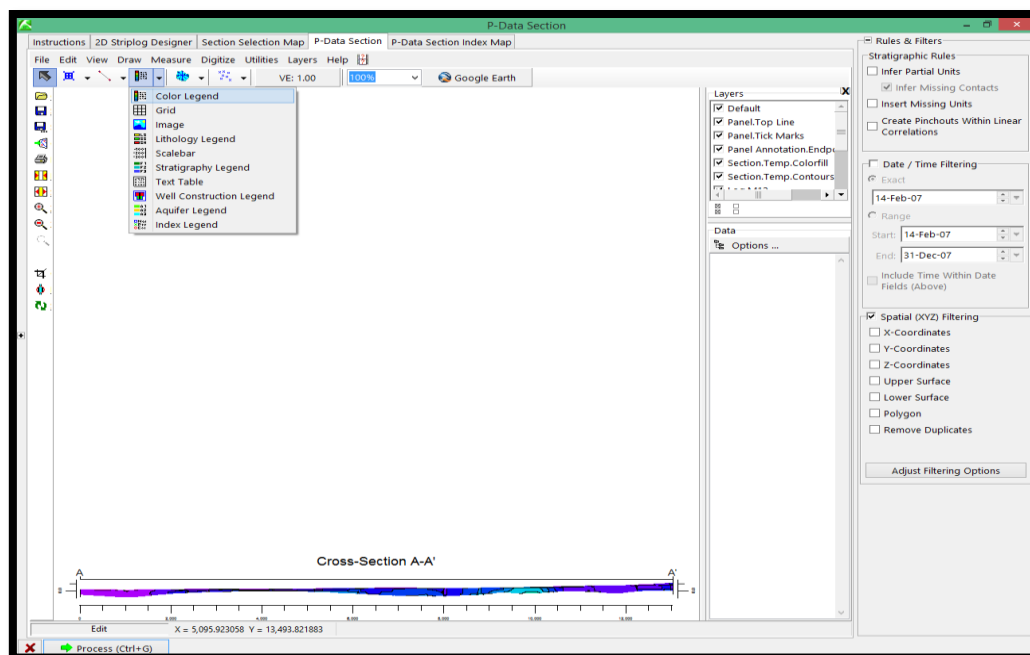
Εικόνα 26: Εικόνα Τομής

Στη συνέχεια δημιουργείται νέα υποκαρτέλα, P-data Section Index Map, όπου αποτελεί τον χάρτη 2D της τομής (βλ. Εικόνα 26).



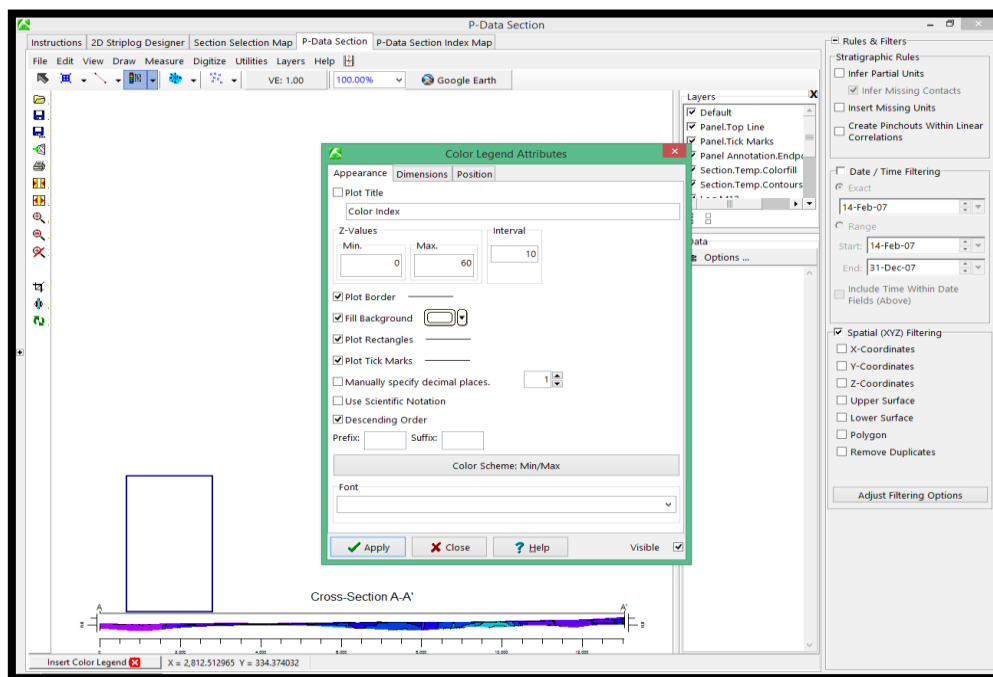
Εικόνα 27: Θερμοκρασιακή τομή

Η υποκαρτέλα, P-data Section, περιέχει την τομή με χρώματα ανάλογα με τις καθορισμένες επιλογές και δείχνει τις διακυμάνσεις στη περιοχή μελέτης (βλ. Εικόνα 27)



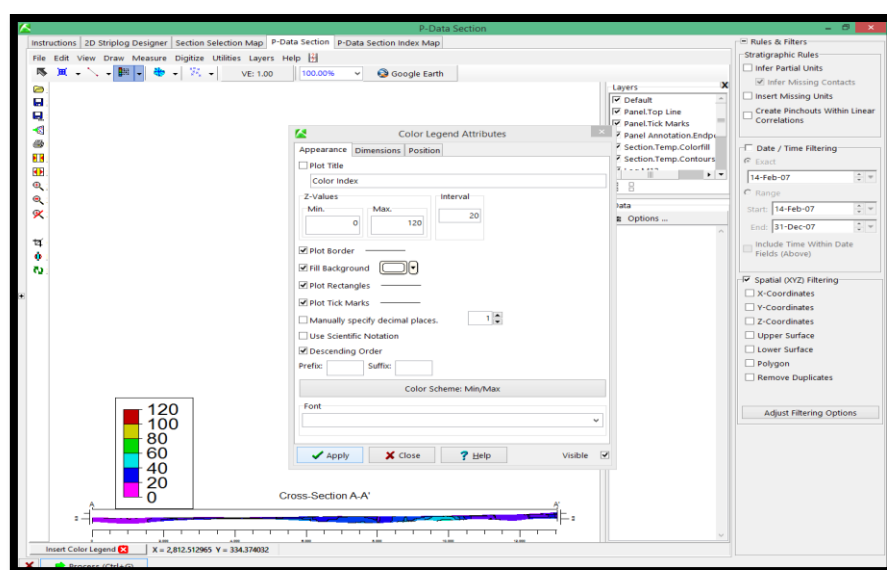
Εικόνα 28: Επιλογή χρήσης υπομνήματος

Υπάρχει η δυνατότητα χρήσης υπομνήματος για καλύτερη ερμηνείση της τομής, επιλέγωντα το εικονίδιο στην Εικόνα 28.



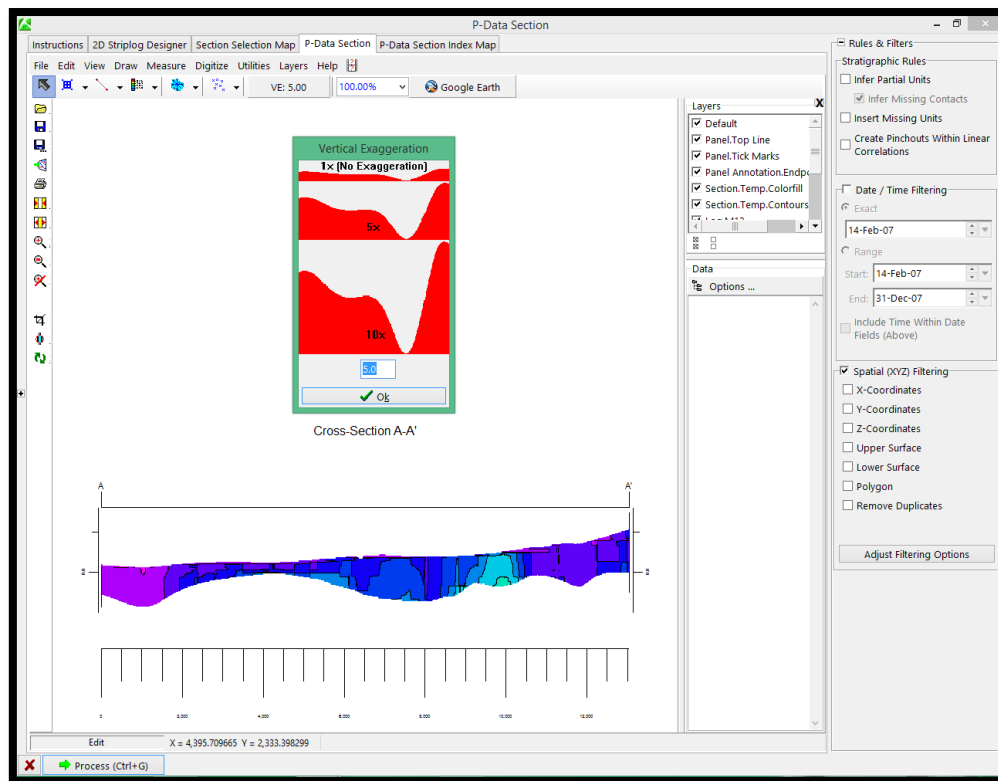
Εικόνα 29: Παράθυρο υπομνήματος

Στο ανερχόμενο παράθυρο, Color Legend Attributes, δίνεται η δυνατότητα επιλογής εύρους τιμών και χρώματος για χαμηλότερη και μέγιστη τιμή (βλ. Εικόνα 29). Στη συνέχεια επιλέγεται η θέση του υπομνήματος, όπως φαίνεται στην Εικόνα 30.



Εικόνα 30: Τοποθέτηση υπομνήματος

Υπάρχει η δυνατότητα μεγένθυσης της τομής για μεγαλύτερη ευκρίνεια των αποτελεσμάτων, κλικάρωντας την επιλογή VE, και στη συνέχεια εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο, Vertical Exaggeration, όπου πληκτρολογείται ο αριθμός μεγένθυσης (βλ. Εικόνα 31).



Εικόνα 31: Μεγέθυνση τομής