

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Μπαλή Ελευθερία
Πτυχιούχος Γεωλογίας

«ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΙΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΜΕ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ
ΚΡΙΤΗΡΙΑ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ
Στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Γεωλογίας
«Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία»

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2016

Μπαλή Ελευθερία
Πτυχιούχος Γεωλογίας

«ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΙΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ ΜΕ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ
ΚΡΙΤΗΡΙΑ»

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας στα πλαίσια του
Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών
στη Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον με ειδίκευση στην
«Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία»
Τομέας Γεωλογίας

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Αναπλ. Καθηγητής, Βουδούρης Κωνσταντίνος, Επιβλέπων

Χρηστάρας Βασίλειος, Καθηγητής, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής Επιτροπής

Παναγόπουλος Α., Ερευνητής ΕΘΙΑΓΕ, Μέλος Τριμελούς Συμβουλευτικής
Επιτροπής

© Μπαλή Ελευθερία, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved

«ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΙΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΗΓΩΝ ΜΕ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ, ΥΔΡΟΧΗΜΙΚΑ
ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ, ΠΗΓΕΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ»

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν την συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στην «Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωλογία» του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Επιβλέπων της διατριβής ήταν ο Αναπλ. Καθηγητής, Βουδούρης Κωνσταντίνος. Τα υπόλοιπα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής ήταν οι Χρηστάρας Βασίλειος, Καθηγητής, και Παναγόπουλος Α., ερευνητής ΕΘΙΑΓΕ.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά τον καθηγητή μου κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο, για την ανάθεση του παρόντος θέματος και την υποστηριξή του κατά τη διάρκεια εκπόνησής του. Έπειτα θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής κ. Χρηστάρα και κ. Παναγόπουλο για το ενδιαφέρον τους και τη συμμετοχή τους στην επιτροπή.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον Σύνδεσμο Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας και στα μέλη του για την παροχή απαραίτητων πληροφοριών για την εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες επιθυμώ να εκφράσω στην οικογένεια μου και σε όλους εκείνους που ήταν δίπλα μου αυτό το διάστημα.

Περίληψη

Στον ελληνικό χώρο αριθμούνται πάνω από 200 ιαματικοί φυσικοί πόροι. Ο πλούτος της Ελλάδας σε θερμομεταλλικές πηγές οφείλεται στη μορφολογία και τεκτονική του ελληνικού χώρου, καθώς και στο συντελεστή ηφαιστειότητας που τη χαρακτηρίζει. Σύμφωνα με το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014, έχουν καθοριστεί κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών πόρων, με βάση τη θερμοκρασία, τη μεταλλικότητα τους και την περιεκτικότητά τους σε χημικά στοιχεία και ενώσεις που θα περιγραφούν στα πλαίσια της εργασίας. Η παρούσα διατριβή ειδικεύεται αφορά τη μελέτη των ιαματικών πηγών της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας. Παρατίθενται βασικές πληροφορίες για την κάθε περιοχή με εστίαση στις χημικές αναλύσεις, που έχουν υλοποιηθεί από διάφορους φορείς ανά περίπτωση, και είναι αυτές που οδηγούν στην ταξινόμηση του κάθε φυσικού πόρου. **Σκοπός** της εργασίας είναι να αποτελέσει μια συγκεντρωτική μελέτη των πηγών της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας. Παρατίθεται ο καθορισμός του χημικού τύπου του νερού σε κάθε περίπτωση, αλλά και σύγκριση παλαιών και νέων χημικών αναλύσεων, όπου αυτό είναι δυνατό. Τέλος, παρατίθεται ένα προτεινόμενο σύστημα κατηγοριοποίησης των χημικών αναλύσεων για κάθε πηγή. Αυτό αποσκοπεί στο να δίνεται η δυνατότητα άμεσης σύγκρισης των βασικών χαρακτηριστικών τους, αλλά και στην ύπαρξη ενός συμβόλου-ταυτότητας για κάθε πηγή.

Abstract

There are more than 200 thermal springs in Greece. The large number of Greek thermometallic resources is connected to the topography, tectonics, and the important existing volcanic factor. According to the Official Government's publication on 06.11.2014, there are established criteria for thermal resources, based on their temperature, their minerality and their content of chemical elements, that will be analyzed. This study includes information regarding thermal springs in Central and Western Macedonia. Chemical analyzes that have been implemented, are the ones of the greatest importance in each case. They are also the more helpful factors in the classification of the springs. The aim of the study is to constitute a concentrated study of thermal springs in Central and Western Macedonia. The chemical type of each spring is being determined and there have been comparisons between older and current analyzes. Finally, a new classification system, that gives the ability for an immediate comparison of the springs, is being suggested

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Εισαγωγή	11
1.1 Γενικά.....	11
1.2 Αντικείμενο-Σκοπός	11
1.3 Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν	11
2. Γενικά στοιχεία	12
2.1 Κριτήρια χαρακτηρισμού.....	13
2.2 Παράθεση αποτελεσμάτων	16
2.3 Προτεινόμενο σύστημα κατηγοριοποίησης-STCRE	18
2.4 Ιαματικές πηγές στον ελληνικό χώρο	20
2.5 Γενικό γεωλογικό πλαίσιο περιοχής μελετούμενων πηγών.....	21
3. Πηγές Δυτικής Μακεδονίας	22
3.1 Αγραπιδιά-Ξινό νερό	22
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	22
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	22
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	23
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	25
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	27
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	27
Ζ1. ΑΓΡΑΠΙΔΙΑ-ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	28
Ζ2. ΞΙΝΟ ΝΕΡΟ-ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	34
3.2 Κιβωτός Γρεβενών	40
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	40
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	40
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	40
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	41
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	44
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	44
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	45
4. Πηγές Κεντρικής Μακεδονίας	50
4.1 Λουτράκι Αριδαίας	50
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	50
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	50
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	50
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	52

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	55
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	55
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	56
Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	61
4.2 Πηγή Αγίου Νικολάου Ανθεμίων.....	61
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	61
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	61
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	62
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	62
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	66
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	66
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	67
4.3 Πηγή Λουτροχωρίου	72
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	72
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	72
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	72
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	72
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	74
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	74
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	74
4.4 Πηγές Μεταλλικού Κιλκίς	79
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	79
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	80
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	80
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	80
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	82
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	82
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	83
4.5 Πηγή Σουρωτής Θεσσαλονίκης.....	87
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	87
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	88
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	88
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	89
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	91
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	91
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	91

4.6 Πηγή Αγ. Παρασκευής Κασσάνδρας.....	96
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	96
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	97
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	97
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	97
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	100
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	100
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	101
Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	105
4.7 Πηγή Σιδηροκάστρου Σερρών.....	106
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	106
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	106
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	106
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	107
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	108
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	108
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	109
Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	113
4.8 Πηγή Λαγκαδά Θεσσαλονίκης.....	114
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	114
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	114
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	115
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	115
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	117
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	117
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	118
Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	122
4.9 Πηγή Νέας Απολλωνίας.....	123
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	123
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	123
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	123
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	124
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	126
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	126
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	127
Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	131

4.10 Θερμά Νιγρίτας	132
Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	132
Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	132
Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	133
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	133
Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	133
ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	135
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	135
Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	138
5. Ειδική Αναφορά στο φυσικό πόρο του Δ.Δ. Αμάραντου Δήμου Κόνιτσας	139
5.1 Γενικά χαρακτηριστικά περιοχής	139
5.2 Χαρακτηριστικά ιαματικού πόρου	140
6. Στατιστική επεξεργασία- Συνοπτικά διαγράμματα και πίνακες	142
6.1 Συγκεντρωτικό Διάγραμμα Piper	142
6.2 Γενικά στατιστικά στοιχεία- συνοπτικά διαγράμματα	143
7. Συμπεράσματα	148
Βιβλιογραφία	150

1.Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Η παρούσα Διατριβή Ειδίκευσης εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών Εφαρμοσμένης και Περιβαλλοντικής Γεωλογίας, στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας, του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

1.2 Αντικείμενο-Σκοπός

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής αποτέλεσε η μελέτη των ιαματικών πηγών της Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας, καθώς και η μετέπειτα ταξινόμησή τους ανάλογα με βάση φυσικοχημικά δεδομένα.

Στόχος ήταν η υλοποίηση μιας συγκεντρωτικής μελέτης των ιαματικών πόρων της περιοχής, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα σύγκρισης και συσχέτισης των βασικών χαρακτηριστικών τους. Επιπρόσθετα προτάθηκε ένα σύστημα κατηγοριοποίησης των πηγών, με βάση τις βασικές παραμέτρους τους, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα άμεσου προσδιορισμού των στοιχείων τους μέσω ενός συμβόλου-ταυτότητας, κατί που προς το παρόν δεν έχει εφαρμοστεί.

1.3 Εργασίες που πραγματοποιήθηκαν

Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες εργασίες:

- Αποδελτίωση προγενέστερων μελετών, εργασιών και επιστημονικών εργασιών σχετικά με την περιοχή έρευνας και το αντικείμενο μελέτης.
- Ψηφιοποίηση χαρτών με τη χρήση Γ.Σ.Π. (GIS)
- Κατασκευή υδροχημικών διαγραμμάτων
- Στατιστική ανάλυση

Για τις ανάγκες της εργασίας αξιοποιήθηκαν υδρογεωλογικά-κλιματολογικά-γεωλογικά και χημικά δεδομένα από τον Σύνδεσμο Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδος.

2. Γενικά στοιχεία

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 νόμου 3498 άρθρο 1.

Ανάλογα με τη σύνθεση των μεταλλικών νερών τους, οι ιαματικές πηγές μπορούν να χαρακτηριστούν ως προς τα υπερέχοντα στοιχεία τους, με βάση κατατάξεις που θα παρατεθούν παρακάτω. Η θεραπευτική τους δράση είναι τριπλής φύσεως: *μηχανική* (που οφείλεται κυρίως στην άνωση και στην υδροστατική πίεση), *θερμική* (που οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ νερού και ανθρώπινου σώματος) και *χημική* (που οφείλεται στην επαφή του δέρματος με τα μεταλλικά στοιχεία).

Ανάλογα με το είδος της υδροθεραπείας, έχουμε την *εσωτερική υδροθεραπεία* (όπου πρόκειται ουσιαστικά για *ποσιθεραπεία*) και την *εξωτερική υδροθεραπεία* (δηλαδή *λουτροθεραπεία*).

Στην Ελλάδα υπάρχουν πάνω από 200 ιαματικές πηγές. Σε λειτουργία βρίσκονται περίπου 70, 45 εκ των οποίων λειτουργούν υπό την αρμοδιότητα του Ελληνικού Οργανισμού Τουρισμού (ΕΟΤ). Μεγάλος αριθμός ιαματικών πηγών παραμένουν ωστόσο αναξιοποίητες, ενώ σε κάποιες έχουν ήδη ξεκινήσει οι πρώτες προσπάθειες αξιοποίησης τους.

2.1 Κριτήρια χαρακτηρισμού

Σύμφωνα με το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014, καθορίστηκαν τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων. Στον Πίνακα Α, που ακολουθεί, παρατίθενται αυτά που αξιοποιήθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας:

Πίνακας Α: Κριτήρια χαρακτηρισμού του νερού ως ιαματικού φυσικού πόρου

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	
ΩΣ ΙΑΜΑΤΙΚΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΠΟΡΟΥ	
ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
1.Θερμοκρασία, °C	<ul style="list-style-type: none">• Ψυχρά (<20 °C)• Υπόθερμα (20-34 °C)• Ομοιόθερμα (34-38 °C)• Υπέρθερμα (>38 °C)
2.Μεταλλικότητα, στερεό υπόλειμμα στους 180°C, g/l	<ul style="list-style-type: none">• Ολιγομεταλλικά (≤ 0,2 g/l)• Μεσομεταλλικά (0,2-1 g/l)• Μεταλλικά (≥1 g/l)• Αλατούχα ή αλιπηγές (>10g/l)
3.Ραδιενέργεια, Bq/l	<ul style="list-style-type: none">• Ασθενής (46-266 Bq/l)• Μέτρια (266-1333 Bq/l)• Ισχυρή (>1333 Bq/l)
4.Σίδηρος(Fe^{2+}, Fe^{3+}), mg/l	<ul style="list-style-type: none">• Ασθενώς σιδηρούχα (1-10 mg/l)• Ισχυρά σιδηρούχα (>10 mg/l)
5.Διοξείδιο του άνθρακα, mg/l	<ul style="list-style-type: none">• Ασθενώς ανθρακούχα (300-500mg/l)• Μέτρια ανθρακούχα (501-1000mg/l)• Ισχυρά ανθρακούχα (≥1000mg/l)
6.Υδροθείο, mg/l	<ul style="list-style-type: none">• Ασθενώς θειούχα (0-1 mg/l)• Μέτρια θειούχα (1-10 mg/l)• Ισχυρά θειούχα (≥10 mg/l)

Η **θερμοκρασία** αποτελεί ένα από τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά των μεταλλικών νερών και έχει άμεση σχέση με τη διαλυτική ικανότητα, και κατά συνέπεια με το χημισμό του νερού. Σχετίζεται επίσης και με την παροχή του νερού των πηγών.

Σχετικά με τη **μεταλλικότητα**, η κατηγορία μεσομεταλλικά νερά δεν υιοθετείται από πολλούς μελετητές και ενσωματώνεται στον όρο ολιγομεταλλικά νερά. Ωστόσο στην κατηγορία αυτή ανήκουν πολλά νερά του ελληνικού χώρου, με αποτέλεσμα στην χώρα μας να χρησιμοποιείται.

Αν οι τιμές του TDS κυμαίνονται μεταξύ 0-1000 mg/l το νερό είναι **γλυκό** (fresh). Για τιμές του TDS μεταξύ 1.000-10.000 mg/l θεωρείται **υφάλμυρο** (brackish), ενώ τιμές μεταξύ 10.000-100.000 mg/l καθιστούν το νερό **αλμυρό** (salt or saline). Τιμές μεγαλύτερες των 100.000 mg/L ορίζουν το νερό ως **υπεραλμυρό** (brine) (Βουδούρης, 2009).

Η παρουσία των αερίων **διοξειδίου του άνθρακα** και **υδροθείου**, προσδίδουν στο νερό χαρακτηριστικά και βιολογικές ιδιότητες τέτοιες με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε αυτά, να αποτελεί κριτήριο ταυτοποίησης.

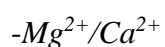
Ο εμπλουτισμός του νερού σε **ραδιενεργά στοιχεία** λαμβάνει χώρα στο υπέδαφος, κυρίως κατά την επαφή του με πυριγενή πετρώματα. Ο γρανίτης και τα ηφαιστειακά πετρώματα είναι τα πιο πλούσια σε ραδιενεργά στοιχεία. Στα μεταλλικά νερά η ραδιενέργεια αυτή μπορεί να είναι μόνιμη ή εποχιακή.

Για την παρουσίαση των χημικών αναλύσεων, και το χαρακτηρισμό του χημικού τύπου του νερού χρησιμοποιούνται στη διεθνή βιβλιογραφία υδροχημικά διαγράμματα, όπως ραβδοδιαγράμματα, ανυσματικά, πολυγωνικά, κυκλικά, ημιλογαριθμικά, τριγωνικά διαγράμματα PIPER, DUROV, Shoeller. Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζονται τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Shoeller (Βουδούρης, 2009).

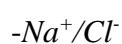
Αξιόλογο στοιχείο για τη γεωχημική ερμηνεία των χημικών αναλύσεων, αποτελεί και η ερμηνεία των ιοντικών λόγων που παρέχουν πληροφορίες για τη σύσταση των σχηματισμών από τα οποία διέρχεται το νερό (Γαβριηλίδης, Ναγκούλης, 2013).

Ακολουθούν κάποιοι εξ αυτών (Πίνακας Β) με την αντίστοιχη ερμηνεία τους (Βουδούρης, 2009):

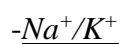
Πίνακας Β: Ερμηνεία ιοντικών λόγων



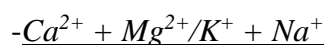
ΤΙΜΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
0,5-0,7 meq/lit	Υδροφορία σε ασβεστόλιθους
0,7-0,9 meq/lit	Υδροφορία σε δολομίτες
>0,9 meq/lit	Υδροφορία σε πυριτικά πετρώματα



ΤΙΜΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
0,75-0,95meq/lit	Κανονικά νερά
>1 meq/lit	Υδροφορία σε αλκαλικά, μαγματικά ή μεταμορφωμένα πετρώματα
<0,75meq/lit	Ρύπανση από διείσδυση της θάλασσας



ΤΙΜΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
15-25meq/lit	Περιοχή εμπλουτισμού των υδροφόρων
45-70meq/lit	Κατάντη τμήματα των υδροφόρων
46 meq/lit	Θαλασσινό νερό
10 meq/lit	Βρόχινο νερό

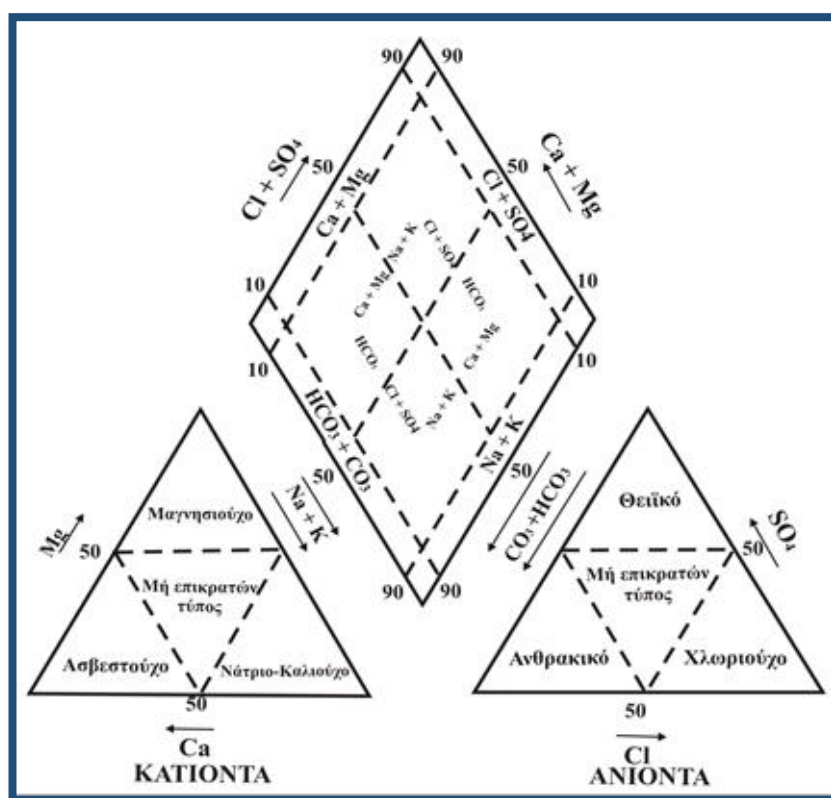


ΤΙΜΕΣ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
>1meq/lit	Περιοχή εμπλουτισμού των υδροφόρων
<1meq/lit	Κατάντη τμήματα των υδροφόρων

2.2 Παράθεση αποτελεσμάτων

Ο υδροχημικός τύπος των δειγμάτων νερού, καθορίζεται και από τα διαγράμματα **Piper και Durov**. Τα διαγράμματα αυτά είναι τα πιο συνηθισμένα στη βιβλιογραφία και επιτρέπουν μια άμεση ταξινόμηση των δειγμάτων του υπόγειου νερού, καθώς και τη σύγκρισή τους. Ως μονάδες μέτρησης των ιόντων χρησιμοποιείται το meq/l και συγκεκριμένα, η εκατοστιαία αναλογία μεταξύ κατιόντων και ανιόντων.

Το διάγραμμα **Piper** (Σχήμα Α) αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα, ένα για τα κατιόντα και ένα για τα ανιόντα, και ένα κεντρικό, σχήματος ρόμβου. Τα ασβεστούχα-οξυανθρακικά (Ca-HCO_3) νερά βρίσκονται στην αριστερή γωνία του ρόμβου, ενώ τα υφάλμυρα νερά (Na-Cl) βρίσκονται στη δεξιά γωνία του ρόμβου. Στην επάνω γωνία του ρόμβου τοποθετούνται νερά με υδροχημικό τύπο $\text{Ca(Mg)-Cl(SO}_4)$ και στην κάτω γωνία νερά με τύπο Na(K)-HCO_3 .

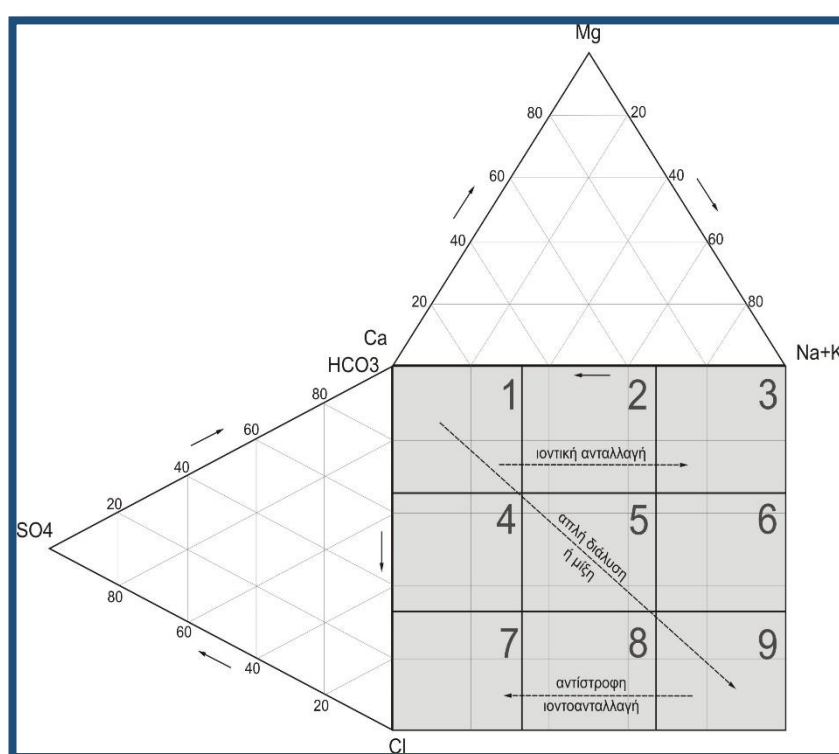


Σχήμα Α: Κύριοι υδροχημικοί τύποι υπόγειων νερών στο διάγραμμα Piper (Βουδούρης, 2009)

Το διάγραμμα Durov (Σχήμα Β) αποτελείται από δύο τριγωνικά διαγράμματα και από το κεντρικό σχήματος τετραγώνου, που διαχωρίζεται σε 9 επί μέρους τετραγωνίδια. Το καθένα από αυτά αντιστοιχεί σε έναν υδροχημικό τύπο νερού. Με την προϋπόθεση ότι το Ca^{2+} και HCO_3^- απεικονίζονται στην άνω-αριστερή γωνία του τετραγώνου, διακρίνονται:

1. ο ασβεστούχος-οξυανθρακικός τύπος υπόγειου νερού, που βρίσκεται στο άνω-αριστερό τμήμα του τετραγώνου και
2. ο νατριούχος-χλωριούχος στο κάτω-δεξιό τμήμα του τετραγώνου.

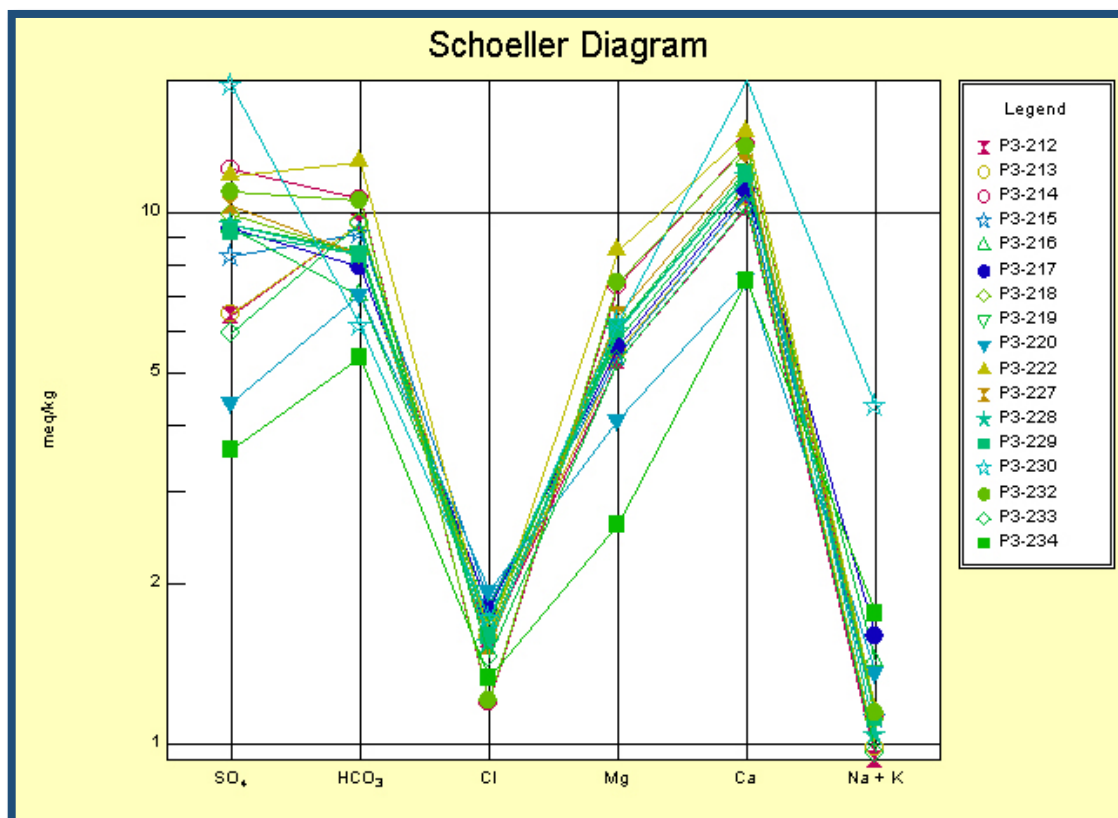
Στο κέντρο του τετραγώνου βρίσκονται νερά ανάμειξης. (Βουδούρης, 2009)



Σχήμα Β: Διάγραμμα Durov (Βουδούρης, 2009)

Υπάρχουν φυσικά και οι μέθοδοι συσχέτισης, που χρησιμοποιούν γραμμικά διαγράμματα. Ένα από τα πιο γνωστά διαγράμματα, που χρησιμοποιούν είτε αριθμητικά είτε λογαριθμικά δεδομένα, είναι αυτό του χημικού **Schoeller**. Το διάγραμμα που προτάθηκε από τον Schoeller (Σχήμα Γ) απεικονίζει μια ομάδα χημικών παραμέτρων σε ισαπέχουσες αποστάσεις, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από τον αριθμό των στοιχείων που έχουν κριθεί ως απαραίτητα σε κάθε περίπτωση. Νερά παρόμοιας χημικής σύστασης, αναπαρίστανται ως σχεδόν παράλληλες μεταξύ

τους γραμμές. Τα διαγράμματα αυτού του τύπου είναι ιδιαίτερα εύχρηστα σε δείγματα νερού χαμηλών συγκεντρώσεων, ή σε συσχετίσεις δειγμάτων που διαφέρουν ελάχιστα.



Σχήμα Γ: Παράδειγμα διαγράμματος Schoeller (www.rockware.com)

2.3 Προτεινόμενο σύστημα κατηγοριοποίησης-STCRE

Ως βασικές παράμετροι για την δημιουργία ενός συνοπτικού συστήματος ταξινόμησης, επιλέχθηκαν:

1. Η κατάσταση στην οποία βρίσκεται, δηλαδή στερεά (πηλός), υγρή ή αέρια (S-Situation)
2. Η θερμοκρασία (T-Temperature),
3. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (C-Conductivity)
4. Η ραδιενέργεια (R-Radiation),

5. Το υπερέχον χημικό στοιχείο του δείγματος (E-Element),

Για κάθε μία από τις προαναφερθείσες παραμέτρους επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθούν δείκτες, που θα τις χαρακτηρίζουν και θα τις οριοθετούν μέσα σε ένα πλαίσιο τιμών όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας Γ).

Πίνακας Γ: Επεξήγηση συμβολικής αναπαράστασης των βασικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων νερού

Θερμοκρασία (T)	
T ₁	Ψυχρό
T ₂	Υπόθερμο
T ₃	Ομοιόθερμο
T ₄	Υπέρθερμο

Κατάσταση (S)	
S _s	Στερεό
S _l	Υγρό
S _g	Αέριο

EC (C)	
C ₁	<1000 μS/cm
C ₂	1000-2000 μS/cm
C ₃	2000-2500 μS/cm
C ₄	>2500 μS/cm

Υπερέχοντα χημικά στοιχεία (E)	
E _H	HCO ₃ ⁻
E _{Cl}	Cl ⁻
E _S	SO ₄ ²⁻
E _{Na}	Na ⁺
E _{Ca}	Ca ⁺
E _{Mg}	Mg ⁺

Ραδιενέργεια (R)	
R _l	Ασθενής
R _m	Μέτρια
R _h	Ισχυρή

2.4 Ιαματικές πηγές στον ελληνικό χώρο

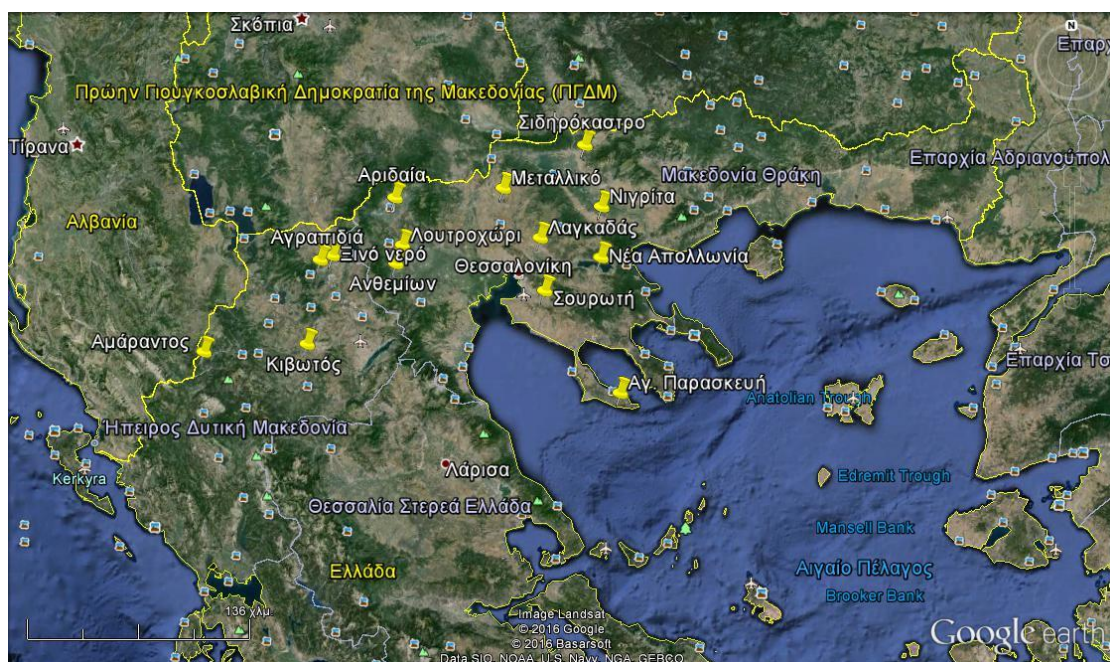
Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης αφορά τη μελέτη των ιαματικών πηγών της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας.

Η καταγραφή του συνόλου των θερμομεταλλικών πηγών στη χώρα μας, έπειτα από μια αναλυτική έρευνα του 1930, επαναλήφθηκε τη δεκαετία του '80 υπό την εποπτεία του ΙΓΜΕ και του τότε Υπουργείου Ενέργειας και Φυσικών Πόρων. Σύμφωνα με τις μελέτες του ΙΓΜΕ (Γκιώνη-Σταυρόπουλου 1983, Ορφανός 1985, Σφέτσος 1988) ο αριθμός των θερμομεταλλικών πηγών στην χώρα μας ανερχόταν σε 470 τη δεκαετία του '80. Κατανέμονται σε όλο το μήκο και πλάτος της ελληνικής επικράτειας και η πλειονότητα τους εντοπίζεται κοντά στις ακτές.

Ο πλούτος της Ελλάδας σε θερμομεταλλικές πηγές οφείλεται στη μορφολογία και τεκτονική του ελληνικού χώρου, καθώς και στο συντελεστή ηφαιστειότητας που τη χαρακτηρίζει. Έτσι στις περιοχές που εντοπίζονται τα μεγάλα ρήγματα Ευβοϊκού-Μαλλιακού, Κορώνειας-Βόλβης, δυτικής Πελοποννήσου, του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου, αλλά και στις περιοχές του Μαλλιακού κόλπου και της δυτικής Θράκης, λόγω ηφαιστειότητας, δημιουργήθηκαν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάβλυση μεταλλικών υδάτων στην επιφάνεια. Ο αριθμός των πηγών που καταγράφηκαν στην Κεντρική Μακεδονία ανέρχεται στις 56 και αποτελούν το 12% του συνόλου των μεταλλικών πηγών της Ελλάδας, ενώ αντίστοιχα οι πηγές της Δυτικής Μακεδονίας ανέρχονται σε 25 και αποτελούν το 5,3% του συνόλου των μεταλλικών πηγών της Ελλάδας (Παπαγεωργίου, 2011).

2.5 Γενικό γεωλογικό πλαίσιο περιοχής μελετούμενων πηγών

Οι ιαματικοί φυσικοί πόροι που θα περιγραφούν, αφορούν στην περιοχή της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, σε μια έκταση που οριοθετείται γεωλογικά από την Πελαγονική ζώνη ως τη Σερβομακεδονική. Ουσιαστικά, με εξαίρεση τη Σερβομακεδονική ζώνη (που είναι τμήμα της ελληνικής ενδοχώρας), η περιοχή μελέτης καλύπτεται από τις γεωλογικές δομές των εσωτερικών ελληνίδων ζωνών. Οι εσωτερικές ελληνίδες δέχθηκαν τη δράση της πρώιμης ορογενετικής περιόδου (Α. Ιουρασικό-Κ. Κρητιδικό). Την ανάδυση και χέρσευση που κράτησε μερικά εκατομμύρια χρόνια στο Κ. Κρητιδικό ακολούθησε η Μ.-Α. Κρητιδική επίκλυση της θάλασσας, η οποία απόθεσε τα Μ.-Α. Κρητιδικά ιζήματα, ασύμφωνα πάνω στα προηγούμενα πετρώματα. Μεγάλη εξάπλωση στην περιοχή αυτή, παρουσιάζουν τα μεταμορφωμένα πετρώματα, που αντιπροσωπεύουν προαλπικά πετρώματα, αλλά και αλπικά ιζήματα Τριαδικού-Ιουρασικού. Μεγάλη εξάπλωση παρουσιάζουν επίσης και τα πυριγενή πετρώματα τόσο Μεσοζωικής-Τριτογενούς ηλικίας, όσο και Παλαιοζωικής (Μουντράκης, 2010).



Εικόνα 1: Περιοχή Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας με σήμανση της θέσης των υπό μελέτη πηγών (Google Earth)

3. Πηγές Δυτικής Μακεδονίας

3.1 Αγραπιδιά-Ξινό νερό

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Το Ξινό νερό με τις ομώνυμες ιαματικές πηγές και η Αγραπιδιά βρίσκονται στη Βόρεια Ελλάδα, στην περιφέρεια της δυτικής Μακεδονίας και ανήκουν στο Δήμο Αμυνταίου, του Νομού Φλώρινας. Σύμφωνα, με την απογραφή του 2011 ο μόνιμος πληθυσμός του Ξινού Νερού ανέρχεται σε 1.100 κατοίκους. Η Αγραπιδιά ή Αγραπιδιές αποτελούν έναν ορεινό οικισμό, όπου σύμφωνα με την απογραφή του 2011 μόνιμοι κάτοικοι ανέρχονται σε 120.

B. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για τη μελέτη των κλιματικών συνθηκών των περιοχών Αγραπιδιάς και Ξινού Νερού αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού του ΥΠ.ΓΕ στο Αμύνταιο Φλώρινας, με το υψόμετρο του βαρόμετρου να είναι τοποθετημένο στα 578m. Τα διαθέσιμα δεδομένα του Μετεωρολογικού σταθμού στο Αμύνταιο αφορούν τη χρονική περίοδο 1980-2001.

Το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων είναι 427mm. Κατά τη διάρκεια της χρονικής περιόδου 1980-2001, βροχερότερο έτος ήταν το 1981 με 536,2mm, ενώ το πλέον άνυδρο το 1987 με 288,3mm.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία των περιοχών Αγραπιδιάς και Ξινού Νερού ανέρχεται σε 12,56°C. Θερμότερο έτος ήταν το 1994 με θερμοκρασία 14,35°C και ψυχρότερο το 1984 με θερμοκρασία 10,86°C.

Σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη του Köppen, το κλίμα της περιοχής ανήκει στην κατηγορία C, δηλαδή στα θερμά εύκρατα και βροχερά κλίματα με ήπιους χειμώνες. Συγκεκριμένα, το κλίμα της περιοχής ανήκει στην υποκατηγορία Cfa και επομένως, χαρακτηρίζεται ως υγρό υποτροπικό. (Ναγκούλης, 2009)

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το Ξινό Νερό και η Αγραπιδιά εντάσσονται γεωτεκτονικά στην Πελαγονική Ζώνη. Το υπόβαθρο της Πελαγονικής δομείται κατά βάση από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα (γνεύσιοι και σχιστόλιθοι), πάνω στα οποία επικάθονται ιζήματα Μεσοζωικής ηλικίας. Η Πελαγονική έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, όπως και οι υπόλοιπες Εσωτερικές Ελληνίδες. Η Πελαγονική αποτελεί ύβωμα μεταξύ της αύλακας της Αλμωπίας (ανατολικά) και της αύλακας της Πίνδου (δυτικά). Μεγάλο τμήμα της ζώνης χαρακτηρίζεται από τη λεπιοειδή δομή του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου όπως στο Βόρα, στο Λιβάδι Πιερίων, στα Υψηλά Πιέρια και στο Βέρνο. Το όρος Άσκιο που είναι και το μεγαλύτερο μέρος του Βέρνου συγκροτείται κατά βάση από κρυσταλλικά πετρώματα, ενώ το Βέρμιο από καρστικοποιημένους ασβεστόλιθους.

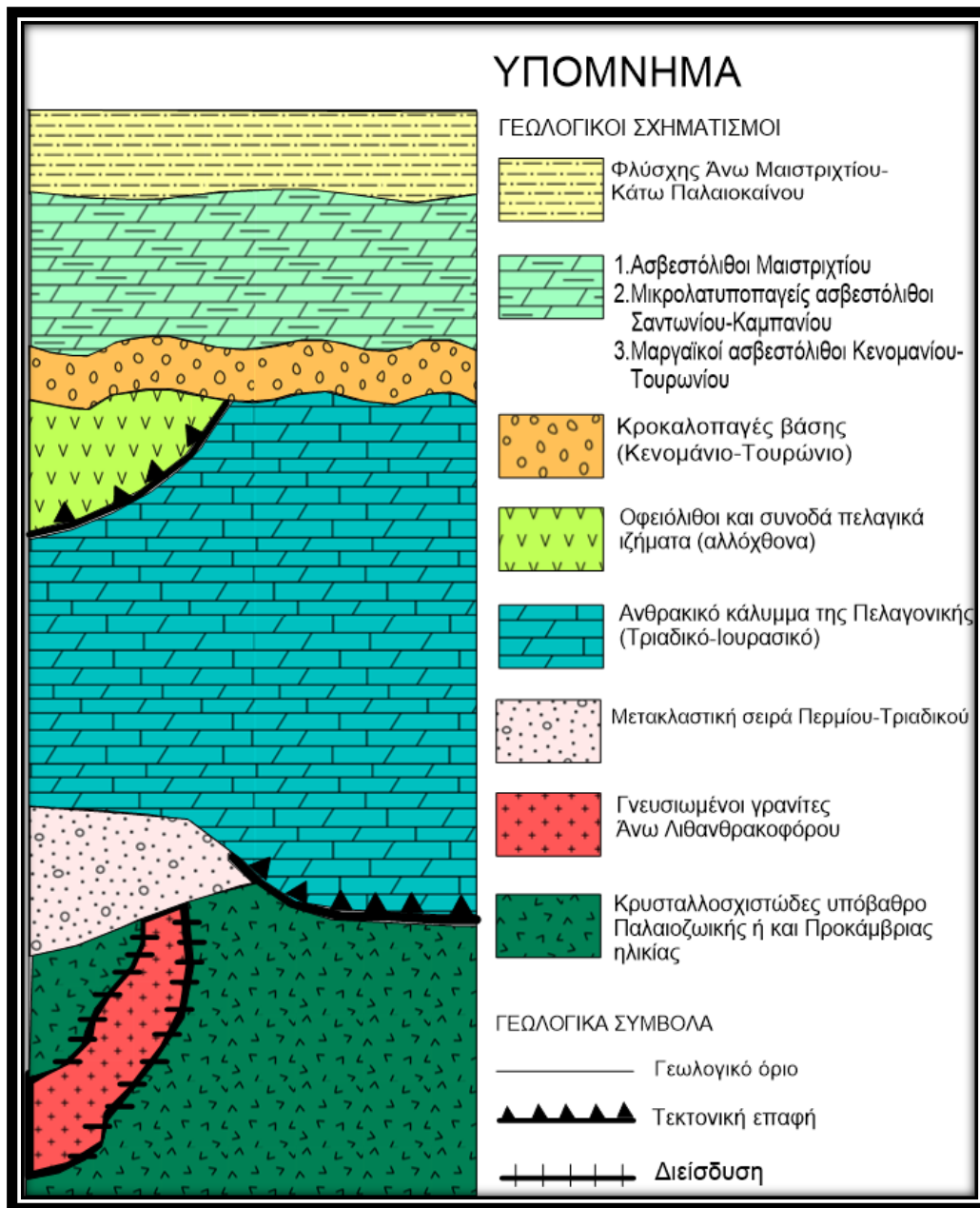
Συχνά, μέσα στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής παρεμβάλλονται πλουτωνικοί όγκοι (γνευσιωμένοι γρανίτες), που ουσιαστικά είναι μαγματικές διεισδύσεις ηλικίας Άνω Λιθανθρακοφόρου.

Στο Πέρμιο και Κάτω Τριαδικό αποτέθηκαν πάνω από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο και τους πλουτωνικούς όγκους παλιά ιζήματα, κυρίως κλαστικά και ηφαιστειακά. Οι μετακλαστικές ακολουθίες αναπτύσσονται κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου της Πελαγονικής και αποτελούν δείγματα της ιζηματογένεσης ηπειρωτικής κατωφέρειας που αναπτύχθηκε κατά την περίοδο αυτή.

Το σύνολο των ανθρακικών ιζημάτων της κύριας Αλπικής ιζηματογένεσης της Πελαγονικής (Τριαδικό-Ιουρασικό) καλείται «Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα της Πελαγονικής».

Στα δύο περιθώρια της Πελαγονικής συναντώνται οφειολιθικές μάζες, προερχόμενες από τις ωκεάνιες περιοχές της ζώνης Αξιού και της Υποπελαγονικής ζώνης, αντίστοιχα. Οι οφειολιθικές μάζες επωθήθηκαν πάνω στα ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού-Ιουρασικού στα περιθώρια της Πελαγονικής ζώνης.

Ασύμφωνα πάνω στα προϋπάρχοντα ανθρακικά πετρώματα τοποθετούνται ιζήματα λόγω της επίκλυσης της θάλασσας κατά το Μέσο-Άνω Κρητιδικό (Μουντράκης, 2010). Στη συνέχεια παρουσιάζεται η λιθοστρωματογραφική τομή (από τους νεότερους προς τους παλαιότερους σχηματισμούς) (Σχήμα 1).



Σχήμα 1: Λιθοστρωματογραφική-τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης (κατά Μουντράκη, τροποποιημένο)

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

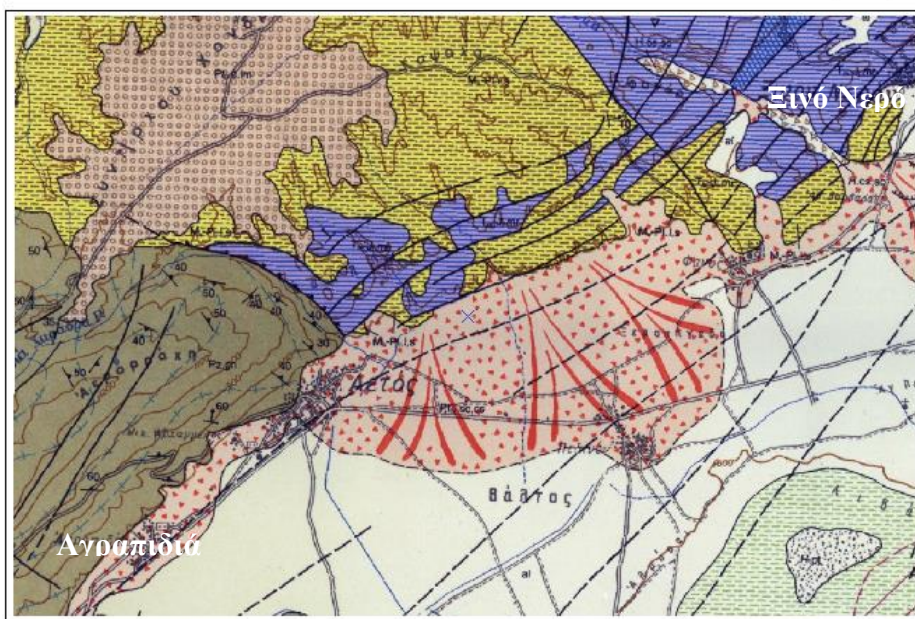
Η περιοχή έρευνας αποτελεί τμήμα της λεκάνης Χειμαρίτιδας-Πετρών, η οποία συνιστά ένα επιμέρους βύθισμα της μεγάλης Νεογενούς λεκάνης Φλώρινας-Πτολεμαΐδας. Όπως φαίνεται και από τον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (Χάρτης 1), δομείται κατά βάση από 4 ενότητες οι οποίες είναι (Αγγελίδης, 1988):

- 1. Νεογενή-Τεταρτογενή ιζήματα** ανάμεσα στα οποία διακρίνουμε:
 - Σύγχρονες ελουβιακές αποθέσεις ως υλικό αποσάθρωσης, καθώς και ποτάμιες αποθέσεις που εντοπίζονται κατά βάση στις κοίτες των ποταμών.
 - Τεταρτογενείς αποθέσεις αποτελούμενες από άμμους, αργίλους και κροκάλες, με πάχος που διαφοροποιείται από το ανατολικό προς το δυτικό περιθώριο της λεκάνης.
 - Νεογενή ιζήματα και συγκεκριμένη Πλειοκαινικά απατώνται στην περιοχή του Ξινού Νερού και πρόκειται για εναλλαγές αργιλούχων άμμων, αμμούχων και ασβεστούχων αργίλων, μαργαϊκών οριζόντων και λιγνιτών. Στην περιοχή της Αγραπιδιάς δεν εντοπίζονται επιφανειακές εκδηλώσεις Πλειοκαινικών ιζημάτων.
- 2. Ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι**, τεφροί ως τεφρόλευκοι, χωρίς εμφανή στρώση και με συχνές παρεμβολές δολομιτών. Οι σχηματισμοί αυτοί σχηματίζουν το κύριο μέρος του ορεινού διαύλου Ξινού Νερού-Βεύης. Ο έντονος κερματισμός τους, είναι η αιτία μεγάλου βαθμού καρστικοποίησης μεταξύ Ξινού Νερού και Κλειδιού.
- 3. Κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι**
Πολυπτυχωμένη σχιστολιθική σειρά με εναλλαγές αμφιβολιτικών σχιστολίθων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και λεπτινιτών. Παρατηρούνται, επίσης, διμαρμαρυγιακοί γρανατούχοι σχιστόλιθοι, ενώ συχνές είναι και οι χαλαζιτικές ενστρώσεις και οι λεπτοί ορίζοντες λεπτομερών γνευσίων.
- 4. Γνεύσιοι** σε εναλλαγή με βιοτιτικούς σχιστολίθους. Συχνή η παρουσία οφθαλμογνευσίων, βόρεια της λίμνης Ζάζαρης, όπου βρίσκεται και η περιοχή της Αγραπιδιάς.

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ- ΦΥΛΛΟ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ

1:50.000

0 1.250 2.500 5.000
Meters



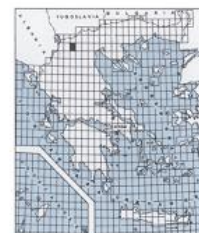
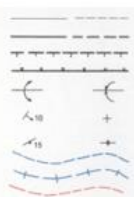
ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις		Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι-μάρμαρα
	Πρόσφατες λιμναίες αποθέσεις		Σχιστόλιθοι
	Παλαιά πλευρικά κορήματα		Κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι
	Χαλαρά κροκαλοπαγή και ερυθροί πηλοί		Γνεύσιοι
	Λιγνιτοφόρος σχηματισμός Πτολεμαΐδας		

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικό όριο — Γεωλογικό όριο πέθανό
 Ρήγμα — Ρήγμα καλυμμένο ή πέθανό
 Ρήγμα καλυμμένο, διαπιστωμένο από γεωτρήσεις με καταβύθιση βόθρας
 Ερήμωση
 Άξονας κεκλιμένου αντικλίνο — Άξονας κεκλιμένου συγκλίνο
 Διάθλιψη και κλίση στρωμάτων — Οριζόντια στρώματα
 Διαθλιψη και κλίση ορθοστάτας — Κατακόρυφη διάθλιψη ορθοστάτας
 Προσανατολισμός οριζοστάτας μεταμορφωμένων πετρωμάτων.



Χάρτης 1 : Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Πτολεμαΐδα

E. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η Δυτική Μακεδονία έχει υποστεί πολλές τεκτονικές διεργασίες που καθόρισαν την τελική μορφή της. Διακρίνονται δύο κύριες φάσεις νεοτεκτονικής παραμόρφωσης από το Α. Μειόκαινο μέχρι σήμερα (Αγγελίδης, 1988).

- Η **πρώτη φάση** συντελέστηκε κατά το Μειόκαινο-Πλειόκαινο και πρόκειται για εφελκυστική παραμόρφωση με διεύθυνση μέγιστου εφελκυσμού ΒΑ-ΝΔ. Αποτέλεσμα αυτής της τεκτονικής, ήταν η δημιουργία ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, τα οποία διαδραμάτισαν καθοριστικό ρόλο στο σχηματισμό της τεκτονικής τάφρου Φλώρινας-Πτολεμαΐδας και της λεκάνης Γρεβενών.

- Η **δεύτερη φάση** συντελέστηκε κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς με διεύθυνση μέγιστου εφελκυσμού ΒΒΔ-ΝΝΑ. Είχε ως αποτέλεσμα, την επαναδραστηριοποίηση μεγάλων υφιστάμενων ρηγμάτων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης και τον εγκάρσιο τεμαχισμό των προαναφερθέντων λεκανών. Τα ρήγματα αυτά, όχι μόνο καθορίζουν το ανάγλυφο, αλλά καθορίζουν και την κίνηση των μεταλλικών νερών.

Ειδικότερα, η λεκάνη της Χειμαρίτιδας-Πετρών, έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και τα όρια της καθορίζονται από δύο ομάδες ρηγμάτων. Βορειοδυτικά από τα ρήγματα Πετρών-Ξινού Νερού-Αετού-Νυμφαίου και νότια από το ρήγμα Χειμαρίτιδας-Αναργύρων. Οι τεκτονικές διαδικασίες που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς, δεν είναι ορατές στην επιφάνεια της λεκάνης, λόγω της κάλυψής τους από τα υλικά διάβρωσης των πετρωμάτων.

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Από υδρογεωλογική άποψη, το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, καθώς και οι πλουτωνικοί όγκοι, χαρακτηρίζονται ως αδιαπέρατοι σχηματισμοί. Οι αποσαθρωμένοι γρανίτες ωστόσο, εμφανίζουν υδροφορία. Η περατότητα των Τεταρτογενών ιζημάτων ποικίλει και εξαρτάται από τη λιθολογία-κοκκομετρία τους, με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται από αδιαπέρατα έως και περατά. Οι ασβεστόλιθοι ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού εμφανίζονται καρστικοποιημένοι και συνεπώς, παρουσιάζουν σημαντική υδροφορία (Γαβριηλίδης, Ναγκούλης, 2013).

Z1. ΑΓΡΑΠΙΔΙΑ-ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στην περιοχή της Αγραπιδιάς διαπιστώθηκε η ύπαρξη δύο κύριων αναβλύσεων με θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη μέση ετήσια. Η πρώτη είναι η υδρομαστευτική πηγή ΑΓ₁ ή «Μπάνια», όπως ονομάζεται και η δεύτερη είναι η γεώτρηση Λ₂.

Σύμφωνα με τα υδρογεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία της περιοχής έρευνας και συνεκτιμώντας την παρουσία θερμών επιφανειακών εκδηλώσεων, επιλέχθηκε στην περιοχή, η κατασκευή παραγωγικής υδρογεώτρησης. Στόχος ήταν η άνοδος θερμών νερών στην επιφάνεια. Η ανόρυξη της γεώτρησης αυτής, πραγματοποιήθηκε το 1990 και σε απόσταση 175m ΒΑ της πηγής. Το 2007 ανορύχθηκε από τη ΔΕΗ γεώτρηση σε απόσταση 35m Β της προηγούμενης, από όπου και θα παρατεθούν τα πρόσφατα δεδομένα (Ναγκούλης, 2009).

Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού

Η διέλευση του νερού μέσω των πετρωμάτων και η επαφή του με τα ορυκτά που συνθέτουν τα πετρώματα, έχουν ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό του νερού σε άλατα. Ο χρόνος παραμονής του νερού στα πετρώματα, καθορίζει τον εμπλουτισμό του σε διάφορα άλατα.

Οι παρακάτω πίνακες (Πίνακας 1 & Πίνακας 2) παραθέτουν τα αποτελέσματα των αναλύσεων στις αναβλύσεις της περιοχής. Στον Πίνακα 1 παρατίθενται τα αποτελέσματα σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις 25/11/1996 υπό την επίβλεψη του Μανασσή Μήτρακα, ενώ στον Πίνακα 2, τα αποτελέσματα προέρχονται από πιο πρόσφατες μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις 21/1/2009 από τον ίδιο ερευνητή.

Πίνακας 1: Καταγραφή χημικών αναλύσεων στην Πηγή Αγραπιδιάς στις 25/11/1996

ΔΕΙΓΜΑ: Πηγή Αγραπιδιάς					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 25/11/1996					
ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΧΡΩΜΑ(Pt/Co):	0	ΟΣΜΗ:	Καλή		
ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ(NTU):	2	ΓΕΥΣΗ:	Καλή		
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
pH:	6,95	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	19,10 °F		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1310	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	19,10 °F		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	0,86	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	0 °F		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	28	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	8,55		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	231,60	10,073	Cl ⁻	86,50	2,522
K ⁺	9,60	0,246	HCO ₃ ⁻	521,50	8,550
Ca ⁺	51,5	2,752	HS ⁻	0,00	0,000
Mg ²⁺	15,2	1,248	F ⁻	5,70	0,300
Fe ²⁺	0,26	0,009	SO ₄ ²⁻	136,80	2,851
Zn ²⁺	0,03	0,001	PO ₄ ³⁻	0,40	0,013
Mn ²⁺	0,52	0,019	NO ₃ ⁻	0,30	0,005
Li ⁺	0,19	0,027	NO ₂ ⁻	0,00	0,000
Sr ²⁺	1,10	0,026	I ⁻	0,07	0,000
NH ₄ ⁺	0,45	0,025	Br ⁻	1,20	0,015
ΣΥΝΟΛΟ		14,246	ΣΥΝΟΛΟ		14,256
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	45				
SiO ₂	54,40				
B	5,40				

Πίνακας 2: Καταγραφή χημικών αναλύσεων στη Γεώτρηση Αγραπιδιάς στις 22/07/2009

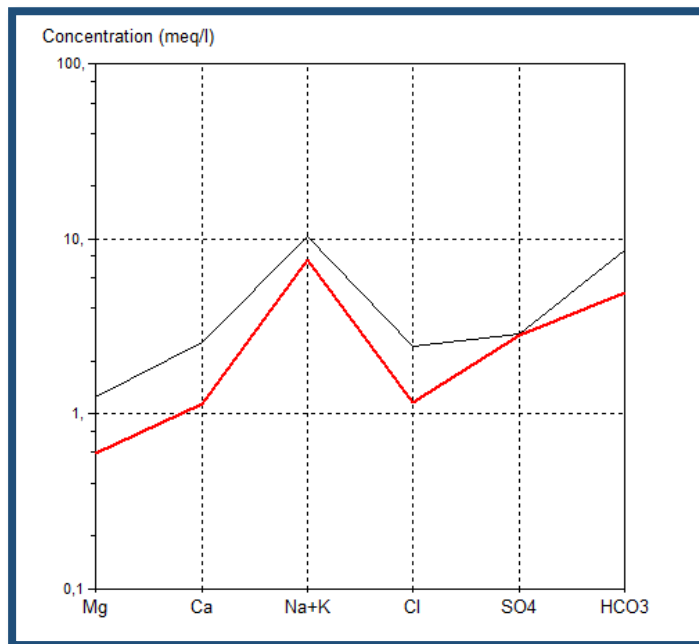
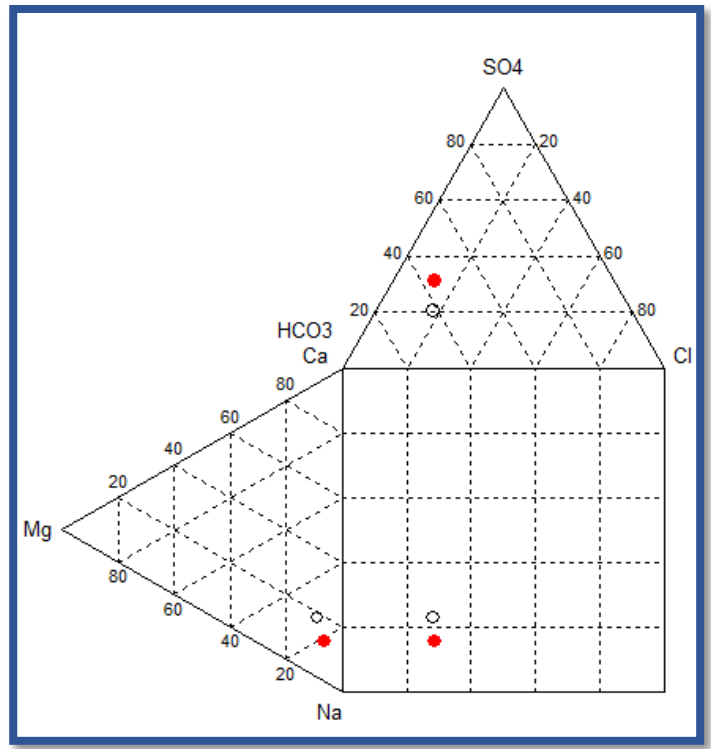
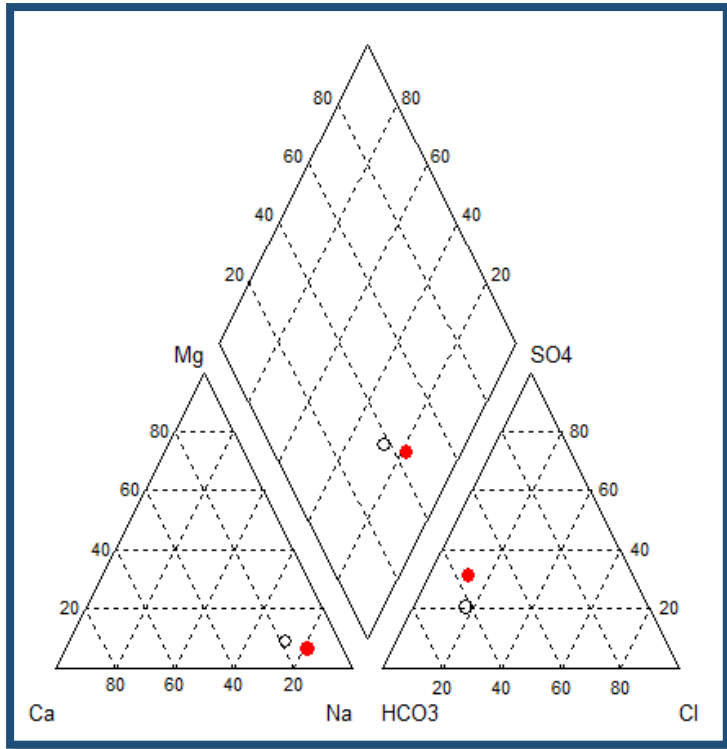
ΔΕΙΓΜΑ:Γεώτρηση-Αγραπιδιά Φλώρινας					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 22/07/2009					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	7,35	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	8,7°F		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	948	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	8,7°F		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	0,55	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	0°F		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	29	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	4,95		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	173	7,525	Cl ⁻	41	1,156
K ⁺	5	0,128	HCO ₃ ⁻	302	4,950
Ca ⁺	23,1	1,148	HS ⁻	0,00	0,000
Mg ²⁺	7,2	0,592	F ⁻	4,4	0,231
Fe ²⁺	0,39	0,014	SO ₄ ²⁻	134	2,790
Zn ²⁺	0,00	0,001	PO ₄ ³⁻	0,06	0,002
Mn ²⁺	0,38	0,014	NO ₃ ⁻	0,00	0,000
Li ⁺	0,09	0,013	NO ₂ ⁻	0,00	0,000
Sr ²⁺	0,34	0,008	I ⁻	0,031	0,000
NH ₄ ⁺	0,18	0,010	Br ⁻	0,76	0,010
ΣΥΝΟΛΟ		9,453	ΣΥΝΟΛΟ		9,139
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	18				
SiO ₂	34				
B	3,2				

Όπως προκύπτει από τους Πίνακες 1&2, η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται μεταξύ 28-29°C και είναι σαφώς μεγαλύτερη από τη μέση ετήσια. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε 1310 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στην πηγή «Μπάνια» και στη γεώτρηση Λ_2 948 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Η ολική περιεκτικότητα των αλάτων (TDS) κυμαίνεται μεταξύ 550 mg/l- 860 mg/l και το νερό χαρακτηρίζεται ως γλυκό.

Η προέλευση των μεταλλικών νερών της Αγραπιδιάς είναι μετεωρική. Το μέρος των κατακρημνισμάτων που κατεισδύει, λόγω της παρουσίας του γρανίτη, αποκτά υψηλή θερμοκρασία. Ο γρανίτης παρουσιάζει ιδιαίτερο γεωθερμικό ενδιαφέρον. Αυτό συμβαίνει, διότι έχει μεγαλύτερη πυκνότητα από τα ιζηματογενή πετρώματα και παρουσιάζει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις θερμοπαράγωγων στοιχείων. Έτσι, προκύπτει η υψηλότερη θερμοκρασία των νερών που κυκλοφορούν μέσα σε αυτόν. Ωστόσο, ακόμα και κάτω από αυτές τις συνθήκες, οι θερμοκρασίες που μετρήθηκαν στην περιοχή της Αγραπιδιάς, ήταν μεγαλύτερες από αυτές που αναμένονταν, εξαιτίας της αυξημένης γεωθερμικής ροής των γρανιτικών πετρωμάτων. Καθοριστικό ρόλο, βέβαια, διαδραματίζει και η ηλικία του γρανίτη. Κατά την ανοδική, όμως, πορεία του νερού προς την επιφάνεια προκαλείται μείωση της θερμοκρασίας του.

Η παρουσία των αερίων CO_2 και H_2S είναι πολύ μικρή, ώστε δεν μπορούν, στην προκειμένη περίπτωση, να αποτελέσουν κριτήριο χαρακτηρισμού, ενώ μετρήσεις της φυσικής ραδιενέργειας δείχνουν ότι χαρακτηρίζεται ως ασθενής (Τιμή ραδιενέργειας σε Bq/l:15,2 σύμφωνα με γ -φασματοσκοπική μέτρηση στις 27/1/1997 στην πηγή «Μπάνια»). Συνεπώς, το νερό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως πόσιμο. Το νερό της γεώτρησης, λόγω του μεγάλου βάθους προέλευσης, παρουσιάζει αυξημένες συγκεντρώσεις σε Fe^{2+} και Mn^{2+} . Η παροχή της γεώτρησης είναι 40 m^3/h . Η γεώτρηση αξιοποιεί υδροφόρα στρώματα κάτω από το βάθος των 108m γεγονός, που διασφαλίζει την ποιότητα του νερού άντλησης, από τυχόν ρύπανση (Ναγκούλης, 2009).

Από τα διαγράμματα (Σχήμα 2), διαπιστώνεται ότι ο χημικός τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα στοιχεία είναι **Na-HCO₃-SO₄**. Παράλληλα, παρατηρούνται μικρές διακυμάνσεις των κύριων ιόντων με την πάροδο του χρόνου. Συνεπώς, δεν μεταβάλλεται η ποιότητα του νερού.



Σχήμα 2: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην Αγραπιδιά

Σύμφωνα με τα προαναφερθέντα αποτελέσματα και το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, μεταλλικό νερό της περιοχής της Αγραπιδιάς χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Υπόθερμο** (20°C -34°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα (T.D.S): **μεσομεταλλικό** (0,2-1 g/l) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** ($R < 266,6$ Bq/l)
5. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Na-HCO₃-SO₄, Οξυανθρακικό-Νατριούχο-Θειούχο**

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή της Αγραπιδιάς μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SiT₂C₂RiE_{H-Na}**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό της γεώτρησης με βάση τις χημικές αναλύσεις πληροί τις προϋποθέσεις να χαρακτηριστεί ιαματικό και μπορεί δηλαδή να χρησιμοποιηθεί για υδροθεραπευτική αγωγή. Γενικά, τα μεσομεταλλικά νερά μπορούν να χρησιμοποιηθούν, όχι μόνο για λουτροθεραπεία, αλλά και για ποσιθεραπεία και ρινοπλύσεις. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω συσκευών που δημιουργούν υδρατμούς. Η λουτροθεραπεία συστήνεται για ρευματικές και αυτοάνοσες παθήσεις, με σύγχρονη καθοδηγούμενη φυσική άσκηση στο νερό. Η ποσιθεραπεία συστήνεται για παθήσεις του γαστρεντερικού, ενώ το νερό προσφέρεται και για στοματοπλύσεις για τον εμπλουτισμό του περιβάλλοντος της στοματικής κοιλότητας σε φθόριο (Τσαλιγόπουλος, 2009).

Αξίζει να αναφερθεί ότι, στην περιοχή της Αγραπιδιάς, εκτός από τις αναβλύσεις των υπόθερμων νερών, υπάρχουν και αργιλικά αποθέματα εδάφους, ικανά να υποστηρίξουν την παραγωγή καλλυντικού πηλού. Με τον όρο **θεραπευτικός πηλός**, εννοούμε το δείγμα εδαφικού υλικού-ιζήματος, το οποίο έρχεται σε επαφή με θερμό μεταλλικό νερό και ασκεί θεραπευτική δράση στον άνθρωπο. Οι θεραπευτικές του ιδιότητες που τον καθιστούν ουσιαστικά διαφορετικό από την κοινή ζεστή λάσπη, αποκτώνται κατά τη διάρκεια μιας αργής και σύνθετης διεργασίας που καλείται «ωρίμανση». Ο φυσικός ιαματικός πηλός έχει καταφέρει να δώσει λύση σε χρόνιες δερματοπάθειες και ρευματικά νοσήματα.

Ζ2. ΞΙΝΟ ΝΕΡΟ-ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η περιοχή του Ξινού νερού αποτελείται, κυρίως, από Τεταρτογενείς αποθέσεις και ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους. Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καλύπτουν ολόκληρο το νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής, με πάχος που ποικίλει. Η γεωμορφολογική εικόνα που παρουσιάζει η περιοχή, είναι αποτέλεσμα των τεταρτογενών, κυρίως, τεκτονικών διεργασιών με τις διευθύνσεις των ρηγμάτων στην περιοχή να είναι κυρίως ΒΔ-ΝΑ, ενώ προς το εσωτερικό της λεκάνης Χειμαρίτιδας-Πετρών συναντώνται και ρήγματα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ. Η τεκτονική της περιοχής διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην κυκλοφορία των μεταλλικών νερών, καθώς, διευκολύνεται η άνοδος ψυχρών μεταλλικών νερών, λόγω της παρουσίας διαφόρων διευθύνσεων ρηγμάτων. Άλλωστε, η ενεργός τεκτονική είναι αυτή που συνετέλεσε και στη διαλυτοποίηση και καρστικοποίηση των ασβεστόλιθων.

Οι πηγές του Ξινού νερού εμφανίζονται, τόσο περιφερειακά, όσο και μέσα στον ίδιο τον οικισμό, καθώς και στα βόρεια και ΒΔ υψώματα της περιοχής. Οι μετρήσεις που παρατίθενται, προέρχονται από τη γεώτρηση ΓΠ, η οποία βρίσκεται 800m περίπου ΝΔ του οικισμού Ξινού Νερού και 85m ΝΔ των πηγών (Γαβριηλίδης, Ναγκούλης, 2013).

Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού

Ακολουθούν οι Πίνακες 3&4 με τα αποτελέσματα των αναλύσεων στις αναβλύσεις της περιοχής. Στον Πίνακα 3 παρατίθενται τα αποτελέσματα, σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις 19/08/1999 υπό την επίβλεψη του ΙΓΜΕ, ενώ στον Πίνακα 4 τα αποτελέσματα προέρχονται από πιο πρόσφατες μετρήσεις, που πραγματοποιήθηκαν στις 27/8/2012 από το Κέντρο Περιβάλλοντος Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας.

Πίνακας 3: Καταγραφή χημικών αναλύσεων σε γεώτρηση της περιοχής του Ξινού νερού στις 19/08/1999.

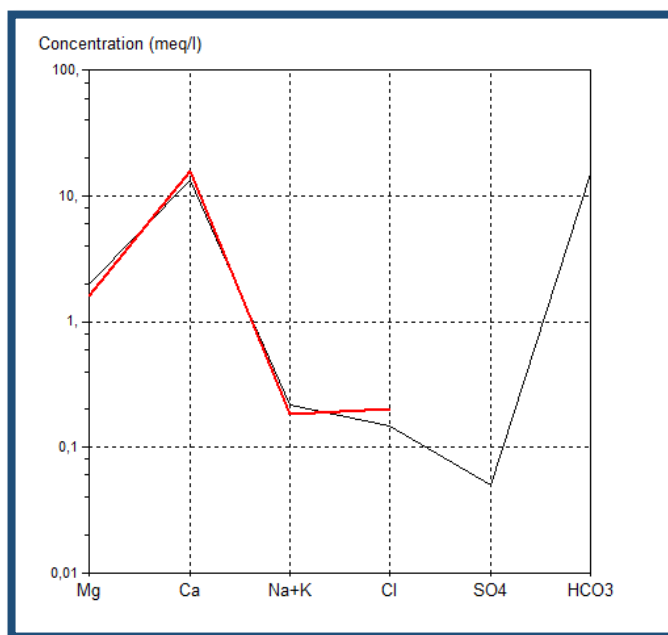
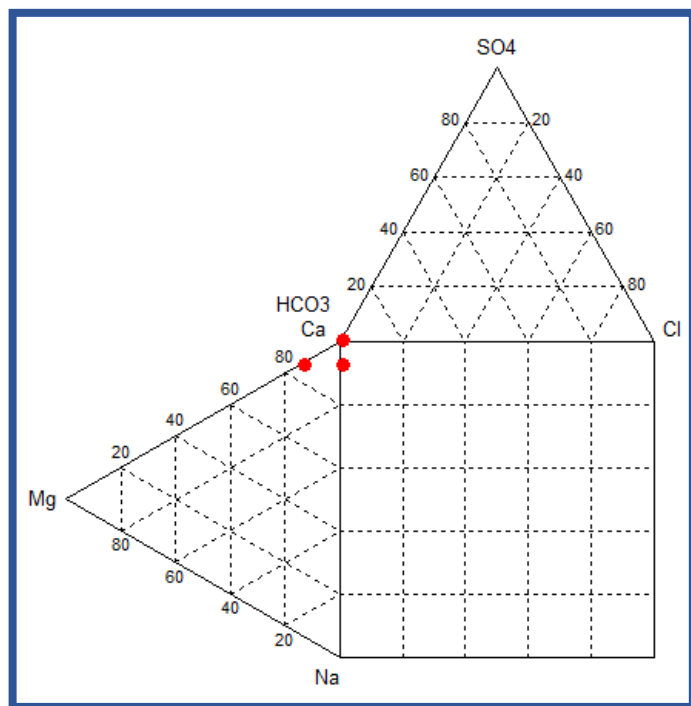
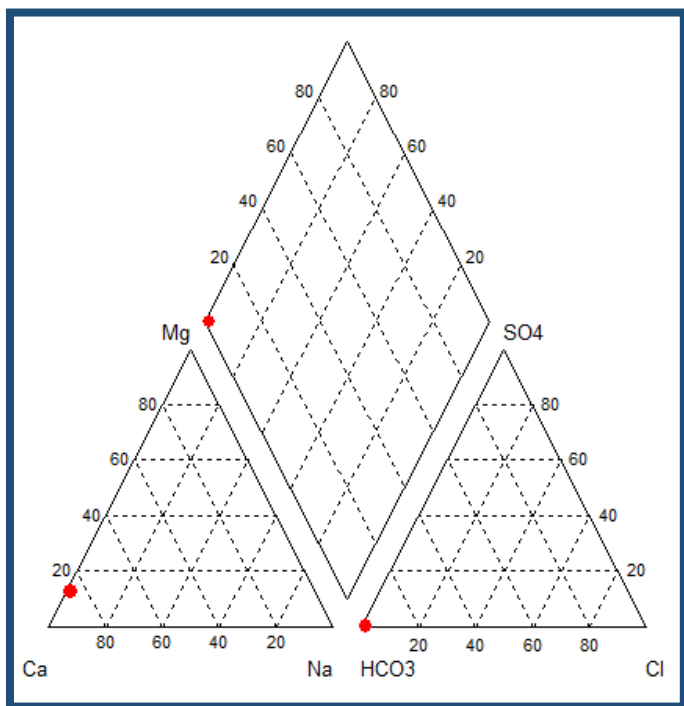
ΔΕΙΓΜΑ:Γεώτρηση –Ξινό Νερό					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 19/08/1999					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	5,80	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	77,09°F		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1250	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	75,97°F		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	0,770	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	1,12°F		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	13-16	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	15,2		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	4	0,174	Cl ⁻	5,2	0,147
K ⁺	1,6	0,041	HCO ₃ ⁻	927	15,194
Ca ⁺	269	13,423	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	24	1,974	F ⁻	0,00	0,00
Fe ²⁺	ND	ND	SO ₄ ²⁻	2,5	0,052
Zn ²⁺	ND	ND	PO ₄ ³⁻	0,00	0,00
Mn ²⁺	ND	ND	NO ₃ ⁻	2,1	0,034
Li ⁺	0,00	0,00	NO ₂ ⁻	ND	ND
Sr ²⁺	-	-	I ⁻	-	-
H ₄ ⁺	-	-	Br ⁻	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	298,60	15,612	ΣΥΝΟΛΟ	938,8	15,426
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	17,1				
B	-				

Πίνακας 4: Καταγραφή χημικών αναλύσεων σε γεώτρηση της περιοχής του Ξινού νερού στις 27/08/2012

ΔΕΙΓΜΑ:Γεώτρηση –Ξινό Νερό					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 27/08/2012					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,42	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	86,23°F		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1243	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	63,03°F		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	0,729	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	23,20°F		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	13-16	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	12,61		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	3,59	0,174	Cl ⁻	7,2	0,203
K ⁺	1,02	0,041	HCO ₃ ⁻	769,12	12,606
Ca ⁺	313,1	13,423	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	19,4	1,974	F ⁻	0,00	0,00
Fe ²⁺	40	0,00	SO ₄ ²⁻	0,00	0,00
Zn ²⁺	ND	0,00	PO ₄ ³⁻	0,00	0,00
Mn ²⁺	ND	0,00	NO ₃ ⁻	10,21	0,165
Li ⁺	0,00	0,00	NO ₂ ⁻	ND	ND
Sr ²⁺	-	-	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	-	-	Br ⁻	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ	337,11	17,402	ΣΥΝΟΛΟ	786,53	12,974
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	-				
B	-				

Η θερμοκρασία του νερού, έπειτα από πλήθος μετρήσεων, παρατηρείται ότι κυμαίνεται μεταξύ 13-16°C (Πίνακες 3&4). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι περίπου 1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και στις δύο μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στη γεώτρηση. Η ολική περιεκτικότητα των αλάτων κυμαίνεται μεταξύ 729mg/l-770mg/l και το νερό χαρακτηρίζεται ως γλυκό. Το εξεταζόμενο νερό είναι μετεωρικής προέλευσης. Η σύστασή του είναι οξυανθρακική, λόγω της κυκλοφορίας του μέσα στα ανθρακικά πετρώματα. Η προέλευση του CO_2 , το οποίο αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τον μετέπειτα μηχανισμό διάλυσης, πιθανότατα οφείλεται σε χημικές αντιδράσεις, λόγω της μεταμόρφωσης επαφής ανθρακικών πετρωμάτων από μάγματα, οι οποίες οδηγούν σε παράλληλη έκλυση του. Οι ραδιολογικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν τον Απρίλιο του 2013 από την AGROLABA.E. με γ-φασματοσκοπική μέθοδο και χρησιμοποιώντας ως παράμετρο το ^{222}Rn υπέδειξαν την τιμή $2,9 \pm 0,5 \text{Bq/l}$. Η τιμή αυτή χαρακτηρίζει το νερό ως κατάλληλο προς πόση. Οι τιμές του Ph καθιστούν το νερό όξινο. Η περιεκτικότητα σε Ca^{2+} περί τα 300mg/l, οφείλεται στην ανθρακική προέλευση των πετρωμάτων. Οι συγκεντρώσεις σε Na^{2+} και K^{+} είναι μικρές. Οι δείκτες ρύπανσης NH_4^{+} και NO_3^{-} δεν ανιχνεύονται, οπότε οι πηγές ρύπανσης στην περιοχή είναι από ανύπαρκτες ως μηδαμινές. Η παροχή εκμετάλλευσης της γεώτρησης ανέρχεται σε 40m³/h (Γαβριηλίδης, Ναγκούλης, 2013).

Στην περίπτωση του Ξινού Νερού, για την παρουσίαση των χημικών αναλύσεων, χρησιμοποιούνται τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller (Σχήμα 3), τα οποία αναπαριστούν μόνο τις τιμές που καταγράφηκαν στις 19/08/1999, καθώς στις 27/08/2012 η τιμή του SO_4^{2-} , που είναι απαραίτητη για την κατασκευή των διαγραμμάτων, δεν ήταν ανιχνεύσιμη. Από τα διαγράμματα, διαπιστώνεται ο υπόξινος οξυανθρακούχος ασβεστούχος τύπος νερού.



Σχήμα 3: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στο Ξινό Νερό.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής του Ξινού Νερού χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Ψυχρό** (<20°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα (T.D.S): **μεσομεταλλικό** (0,2-1 g/l) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** (R<266,6 Bq/l)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Ca-HCO₃** , **υπόξινο οξυανθρακούχο ασβεστούχο**

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή του Ξινού Νερού μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SiT₁C₂R₁E_H-ca**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Με βάση τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του και τη διαχρονική σταθερότητα του, το νερό της γεώτρησης ΓΠ στον οικισμό του Ξινού Νερού πληροί τις προϋποθέσεις αναγνώρισης του, ως ιαματικό. Βάσει της χημικής του σύστασης είναι πόσιμο και κατατάσσεται στην κατηγορία των «Ψυχρών Οξυανθρακικών» νερών. Είναι επιτραπέζιο νερό, κατάλληλο για ποσιθεραπεία. Η χαρακτηριστική υπόξινη γεύση του νερού οφείλεται στις σχετικά χαμηλές τιμές του pH (5,7 ως 6,7). Επειδή, δεν περιέχει μαγνήσιο και ασβέστιο ενδείκνυται για τις οστεοπορωτικές αλλοιώσεις των οστών λόγω γήρατος. Συγχρόνως, μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση δυσπεπτικών καταστάσεων και χρόνιων φλεγμονών των κατώτερων ουροφόρων οδών (www.thermalspings.gr).

3.2 Κιβωτός Γρεβενών

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η ιαματική πηγή Κιβωτού Γρεβενών ανήκει στο Δήμο Γρεβενών, της Περιφερειακής Ενότητας Γρεβενών, περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας. Βρίσκεται περίπου 5 Km από την ομώνυμη Κοινότητα και 500 m από τα διοικητικά όρια των νομών Γρεβενών και Κοζάνης. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο πληθυσμός του οικισμού ανέρχεται σε 417 μόνιμους κατοίκους.

B. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για τη μελέτη των κλιματικών συνθηκών της περιοχής Κιβωτού Γρεβενών αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Ε.Μ.Υ. στην Κοζάνη, με το υψόμετρο του βαρόμετρου να είναι τοποθετημένο στα 626m. Τα δεδομένα που αξιοποιήθηκαν, αφορούν τη χρονική περίοδο 1955-2010.

Το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων για τη χρονική περίοδο 1955-2010 είναι 472,9 mm. Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης χρονικής περιόδου, βροχερότερο ήταν το έτος 1972 με 754,9 mm ύψους βροχής, ενώ το πλέον άνυδρο το 1996 με 231,8 mm.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής για τη χρονική περίοδο 1955-2010, ανέρχεται σε 13,02°C. Κατά την περίοδο αυτή, θερμότερο έτος ήταν το 1994 με θερμοκρασία 14,48°C και ψυχρότερα τα έτη 1959 και 1991 με θερμοκρασία 12°C.

Το κλίμα της περιοχής, σύμφωνα με την κλιματική κατάταξη του Köppen ανήκει στην κατηγορία C, δηλαδή στα θερμά εύκρατα και βροχερά κλίματα με ήπιους χειμώνες. Συγκεκριμένα, ανήκει στην υποκατηγορία Cfa και επομένως, χαρακτηρίζεται ως υγρό υποτροπικό (Βουδούρης Κ., 2014).

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή της Κιβωτού εντάσσεται γεωτεκτονικά στην Υποπελαγονική ζώνη και συγκεκριμένα στη Μεσοελληνική αύλακα. Εκτείνεται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα προς την περιοχή Γρεβενών-Καλαμπάκας και βυθίζεται νοτιότερα κάτω από τις προσχώσεις της Θεσσαλικής πεδιάδας.

Στη Μεσοελληνική αύλακα αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια του Ολιγοκαίνου-Μειοκαίνου, μεταλλικά μολασσικού τύπου ιζήματα, τα οποία αποτελούν υλικό ιζηματογένεσης των αναδυόμενων οροσειρών της Πίνδου και της Πελαγονικής. Η

μολασσική ιζηματογένεση λαμβάνει χώρα κοντά στο επίπεδο της θάλασσας, με αποτέλεσμα να αποτίθενται στην αύλακα άλλοτε θαλάσσια, άλλοτε λιμναία και άλλοτε χερσαία ποταμοχειμμάρια ιζήματα σε συνεχείς εναλλαγές (Μουντράκης, 2010).

Η λιθοστρωματογραφία των επιμέρους σειρών από τις παλαιότερες προς τις νεότερες είναι (Μουντράκης, 2010):

- Σειρά Κρανιάς, ηλικίας Άνω Μειοκαίνου και πάχους 200m. Περιλαμβάνει τα πρώτα μολασσικά ιζήματα, τα οποία επικάθονται στο αλπικό υπόβαθρο, κυρίως στους οφειολίθους.
- Σειρά Επταχωρίου, ηλικίας Ολιγοκαίνου και συνολικό πάχος περί τα 600m. Πρόκειται για την πρώτη αναμφισβήτητη μολασσική σειρά, δομημένη από αλεπάλληλα στρώματα μαργών-ιλυολίθων.
- Σειρά Πενταλόφου-Μετεώρων, ηλικίας Ανώτερου Ολιγοκαίνου-Ακουιτανίου και συνολικού πάχους 3000m. Πρόκειται για παχιά σειρά κροκαλοπαγών και ψαμμιτών.
- Σειρά Τσοτυλίου, η οποία χρονικά τοποθετείται στο Άνω Ακουιτάνιο-Βουρδιγάλιο και έχει πάχος περίπου 600m. Είναι μια νέα σειρά από ψαμμίτες και ιλυολίθους σε πυκνές εναλλαγές που επικάθεται πάνω στα κροκαλοπαγή.
- Σειρά Όντρια, όπου η απόθεση έγινε από το Βουρδιγάλιο μέχρι το Άνω Μειόκαινο

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή των μεταλλικών πηγών Κιβωτού Γρεβενών δομείται από χαρακτηριστικούς σχηματισμούς της Μεσοελληνικής αύλακας, ενώ κατά θέσεις καλύπτεται από σύγχρονες προσχώσεις.

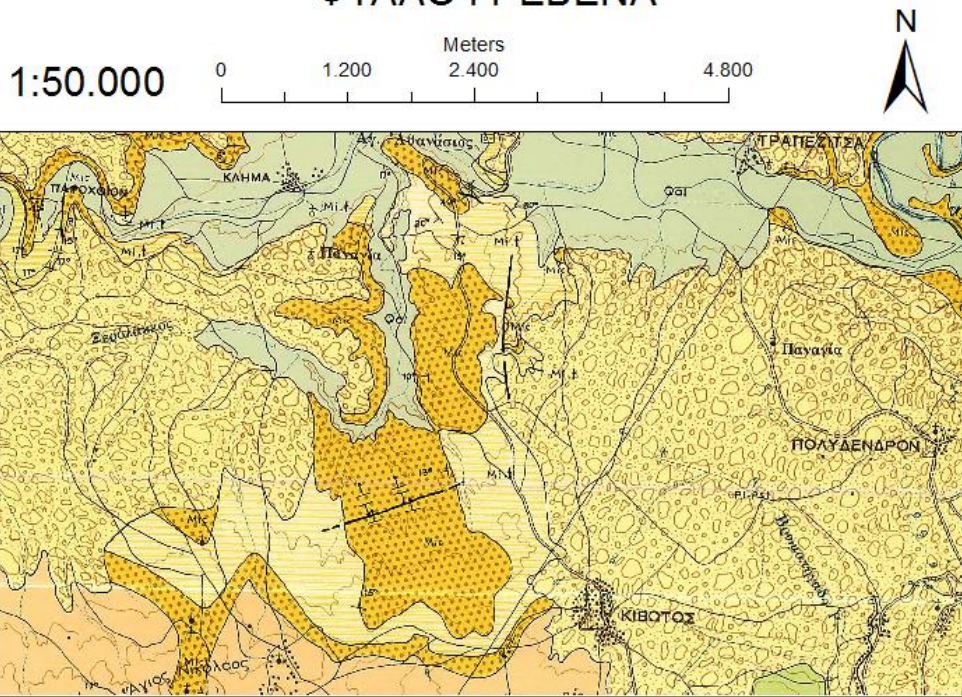
Η **Σειρά Τσοτυλίου** και η **Σειρά Όντριας** αποτελούν τους αντιπροσωπευτικούς σχηματισμούς των μολασσικών ιζημάτων. Η πετρολογική περιγραφή, καθώς και η στρωματογραφική διάταξη των ανωτέρω σειρών έχει ως εξής (Βαλσαμάρας, Γαβριηλίδης, 1988).

- 1) **Ασβεστόλιθος**: Ο ασβεστόλιθος της περιοχής είναι λεπτόκοκκος, ολοκρυσταλλικός και έχει λευκότεφο χρώμα. Στις περισσότερες θέσεις επαφής

με τον αργιλοψαμμιτικό σχηματισμό βρίσκεται σε συμφωνία, εκτός από το ανατολικό του όριο, όπου η επαφή είναι τεκτονική και εμφανίζεται μολονίτης.

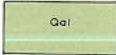




- 2) **Ανωτέρα σειρά κροκαλοπαγών και ψαμμιτών:** Εμφανίζεται βορειότερα, πάνω από τον ασβεστόλιθο και σε συμφωνία με αυτόν. Πρόκειται για πολυγενή κροκαλοπαγή και τεφροκύανες συνεκτικές μάργες που εναλλάσσονται με λεπτόκοκκους μαργαϊκούς ψαμμίτες. Συναντάται, επίσης και μια ψαμμιτική σειρά.
- 3) **Σχηματισμοί Τσοτυλίου:** Πρόκειται για κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, μάργες, κλαστικούς ασβεστόλιθους κ.ά., που εμφανίζονται με τη μορφή σφηνών ή και πλευρικών μεταβάσεων. Το πάχος του σχηματισμού ποικίλει, με το μέγιστο να είναι περί τα 2200m.
- 4) **Αποθέσεις ποτάμιες και λιμναίες σε αναβαθμίδες:** Περιλαμβάνουν χαλαρά κροκαλοπαγή, κυανές ως υποπράσινες αργίλους, άμμους και χαλαρούς ψαμμίτες με κόκκους ποικίλου μεγέθους, καθώς και κροκαλοπαγή και ερυθρές αργίλους στα υψηλότερα τμήματα αυτών.
- 5) **Αλλουβιακές αποθέσεις**

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ- ΦΥΛΛΟ ΓΡΕΒΕΝΑ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Αλλουβιακές αποθέσεις		Ασβεστόλιθοι
	Αποθέσεις ποτάμιες και λιμναίες σε αναβαθμίδες		
	Σχηματισμοί Τσοβυλίου		
	Ανωτέρα σειρά κροκαλοπαγών και ψαμμιτών		

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικών όριον δρατόν	_____
Γεωλογικών όριον πιθανόν	- - - - -
Ρήγμα δρατόν	_____
Ρήγμα πιθανόν	- - - - -



Χάρτης 2: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Γρεβενά

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Από την τεκτονική ανάλυση προέκυψαν τα εξής (Βαλσαμάρας, Γαβριηλίδης, 2008):

- Δύο κύρια είδη ασυνεχειών στον ασβεστόλιθο: α) με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και β) με διεύθυνση Β-Ν
- Τέσσερα συστήματα ασυνεχειών στο κροκαλοπαγές: δύο κύρια με διευθύνσεις Β-Ν και Δ.ΒΔ-Α.ΝΑ, καθώς και δύο υποσύνολα με διευθύνσεις Β.ΒΑ-Ν.ΝΔ και Β.ΒΔ-Ν.ΝΑ.

Στην περιοχή όπου συναντάται η πηγή, καταγράφονται δύο μεταπτωτικά ρήγματα, εκ των οποίων το πρώτο (κανονικό) έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ (παράλληλα με την κοίτη του ποταμού Προμόριτσα) και το δεύτερο διεύθυνση Β-Ν. Το πρώτο ρήγμα, όπως φαίνεται και από τη γεωλογική τομή, συμβάλλει στην άνοδο των ρευστών στην επιφάνεια.

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί στην ευρύτερη περιοχή της πηγής Κιβωτού διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες με βάση την υδραυλική τους αγωγιμότητα (k) (Βουδούρης, 2014):

- Αδιαπέρατοι σχηματισμοί ($k < 10^{-8} \text{m/s}$)

Οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή είναι η ενότητα των Μειοκαινικών ψαμμιτών, αργιλικών σχιστολίθων, αργίλων και μαργών. Αποτελεί το στεγανό υπόβαθρο των υπερκείμενων στρωμάτων, καθώς και του υδροφόρου συστήματος, ελέγχοντας έτσι τη ροή του υπόγειου νερού.

- Υδροπερατοί σχηματισμοί ($k > 10^{-6} \text{m/s}$)

Υδροπερατοί σχηματισμοί είναι οι αδρομερείς αποθέσεις (άμμοι, χάλικες) κατά μήκος του ποταμού Προμόριτσα και οι σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, που αποτελούνται από αργιλοαμμούχα υλικά με διάσπαρτες λατύπες. Ως υδροπερατοί σχηματισμοί θεωρούνται και οι ασβεστόλιθοι, οι οποίοι συναντώνται με τη μορφή σφηνών μέσα στα κροκαλοπαγή της σειράς. Η τροφοδοσία τους επιτυγχάνεται μέσω της απευθείας κατείσδυσης των κατακρημνισμάτων και παίζουν τον ρόλο του ταμιευτήρα των ψυχρο-μεταλλικών νερών.

- Ημιπερατοί σχηματισμοί ($k = 10^{-8} - 10^{-6} \text{m/s}$)

Οι ημιπερατοί σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή είναι τα κροκαλοπαγή. Στους σχηματισμούς αυτούς η υδροπερατότητα είναι πολύ χαμηλή ($k=10^{-8}-10^{-6}$ m/s) παρουσιάζοντας σημαντική διακύμανση, ανάλογα με τη λιθολογική σύστασή τους.

Z. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Παρακάτω παρατίθενται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του ιαματικού φυσικού πόρου. Τα στοιχεία αφορούν, σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2012, τόσο κατά την υγρή, όσο και κατά την ξηρή περίοδο. Το πρώτο δείγμα ελήφθη στις 21/06/2012 και το δεύτερο στις 30/11/2012. Η δειγματοληψία του δείγματος πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του Α. Γούναρη.

Η θερμοκρασία του νερού ανάμεσα στις δύο περιόδους παρουσιάζει μια μικρή διακύμανση της τάξης των 2°C (12-14 °C) (Πίνακες 6&7). Στις 30/11/2012 η ηλεκτρική αγωγιμότητα, σύμφωνα με τη μέτρηση πεδίου είναι 850μS/cm και στις 21/06/2012 η τιμή είναι 845μS/cm, παρουσιάζοντας πρακτικά μηδενική απόκλιση. Τα αιωρούμενα στερεά στο δείγμα βρέθηκαν σε πολύ μικρές ποσότητες, με τιμές μικρότερες από 5mg/l γι' αυτό και δεν ήταν δυνατό να καθοριστούν με ακρίβεια. Οι μετρήσεις για τον υπολογισμό της ραδιενέργειας που πραγματοποιήθηκαν και στις δύο περιόδους, έδωσαν τιμή μικρότερη των 10Bq.

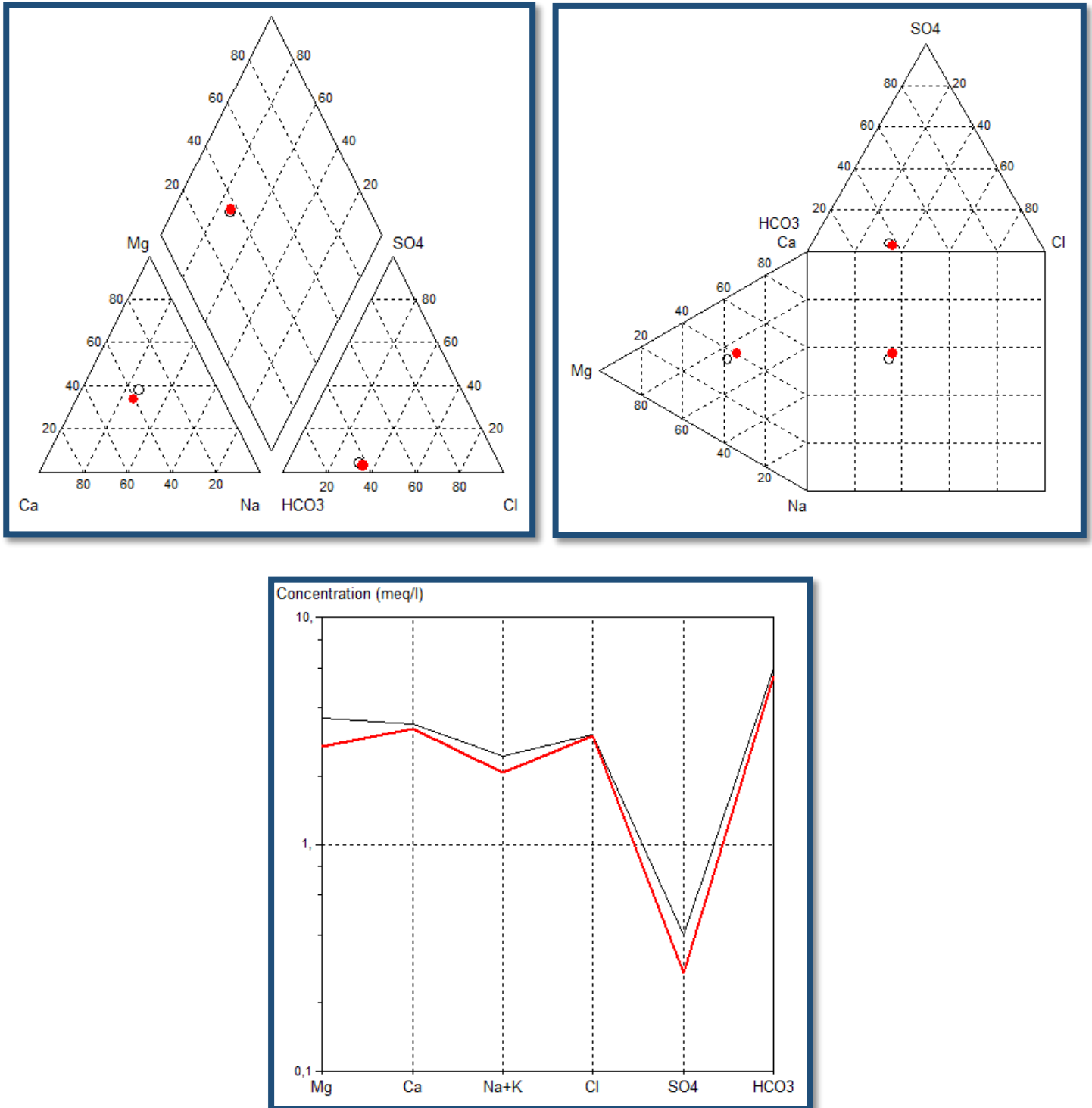
Πίνακας 5: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της περιοχής της πηγής Κιβωτού στις 30/11/2012

ΔΕΙΓΜΑ: Πηγή Κιβωτού Γρεβενών					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 30/11/2012					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	7,4	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	300		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	850	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	14	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	275		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	47	2,044	Cl ⁻	107	3,018
K ⁺	1,4	0,035	HCO ₃ ⁻	335	5,491
Ca ⁺	65	3,243	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	33	2,715	F ⁻	0,2	0,011
Fe ²⁺	0,03	0,001	SO ₄ ²⁻	13	0,270
Zn ²⁺	0,01	0,0003	PO ₄ ³⁻	-	
Mn ²⁺	0,00	0,00	NO ₃ ⁻	1,2	0,019
Li ⁺	-	-	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	-	-	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	0,17	0,009	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		8,0473	ΣΥΝΟΛΟ		10,732
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	264				
SiO ₂	-				
B	-				

Πίνακας 6: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της περιοχής της πηγής Κιβωτού στις 21/06/2012

ΔΕΙΓΜΑ: Πηγή Κιβωτού Γρεβενών					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 21/06/2012					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,4	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	350		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	845	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	12	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	300		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	56	2,435	Cl ⁻	108	3,046
K ⁺	0,6	0,01	HCO ₃ ⁻	367	6,015
Ca ⁺	68	3,393	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	44	3,619	F ⁻	0,01	-
Fe ²⁺	0,07	0,002	SO ₄ ²⁻	19	0,395
Zn ²⁺	0,02	-	PO ₄ ³⁻	-	-
Mn ²⁺	0,01	-	NO ₃ ⁻	0,9	0,014
Li ⁺	-	-	NO ₂ ⁻	0,00	0,00
Sr ²⁺	-	-	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	0,00	0,00	Br ⁻	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ		9,733	ΣΥΝΟΛΟ		9,679
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	287				
SiO ₂	-				
B	-				

Στα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Shoeller που παρατίθενται στη συνέχεια (Σχήμα 5), διαπιστώνεται ότι ο χημικός τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα στοιχεία είναι **Ca-Mg-Na-HCO₃-Cl** και **Mg-Ca-Na-HCO₃-Cl** για την υγρή και την ξηρή περίοδο αντίστοιχα.



Σχήμα 4: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην Κιβωτό.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της πηγής Κιβωτού Γρεβενών χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Ψυχρό** (<20°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα (T.D.S): **ολιγομεταλλικό** (<5 g/l) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** (R<266,6 Bq/l).
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Ca-Mg-Na-HCO3-C** και **Mg-Ca-Na-HCO3-C** για τις δύο περιόδους.

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή της Κιβωτού μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SI T1 C1 R1 E H-Ca**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο ψυχρός φυσικός ιαματικός πόρος της περιοχής Κιβωτού Γρεβενών ενδείκνυται για δερματοπάθειες όπως ακμή και συνέπειες εγκαυμάτων, λόγω των θεικών που περιέχει. Επιπλέον μπορεί να συμβάλει στην αντιμετώπιση αναπνευστικών παθήσεων, όπως είναι οι χρόνιες φλεγμονές των αναπνευστικών οδών. Η δράση των θεικών είναι επίσης αναλγητική και μυοχαλαρωτική σε περιπτώσεις ρευματοπαθειών.

4. Πηγές Κεντρικής Μακεδονίας

4.1 Λουτράκι Αριδαίας

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Στο Λουτράκι νομού Πέλλας, 13 χλμ. δυτικά της Αριδαίας, συναντώνται οι μεταλλικές πηγές Λουτρά Λουτρακίου ή Λουτρά Πόζαρ. Η λουτρόπολη απέχει 3 χιλιόμετρα από το Λουτράκι και βρίσκεται στην κοιλάδα του ρέματος του Αγίου Νικολάου. Το παλαιότερο όνομα του ρέματος ήταν «Τόπλιτσα», που σημαίνει στα σλάβικα, σε ελεύθερη μετάφραση: «Θερμοπόταμος». Η κοιλάδα ακολουθεί τις διακλαδώσεις του ποταμού, με πολλούς τεχνητούς καταρράκτες (μέρος των αντιπλημμυρικών έργων, κομψά εντεταγμένων στο περιβάλλον), έντονη βλάστηση και βραχώδεις, απόκρημνες πλαγιές εκατέρωθεν.

B. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

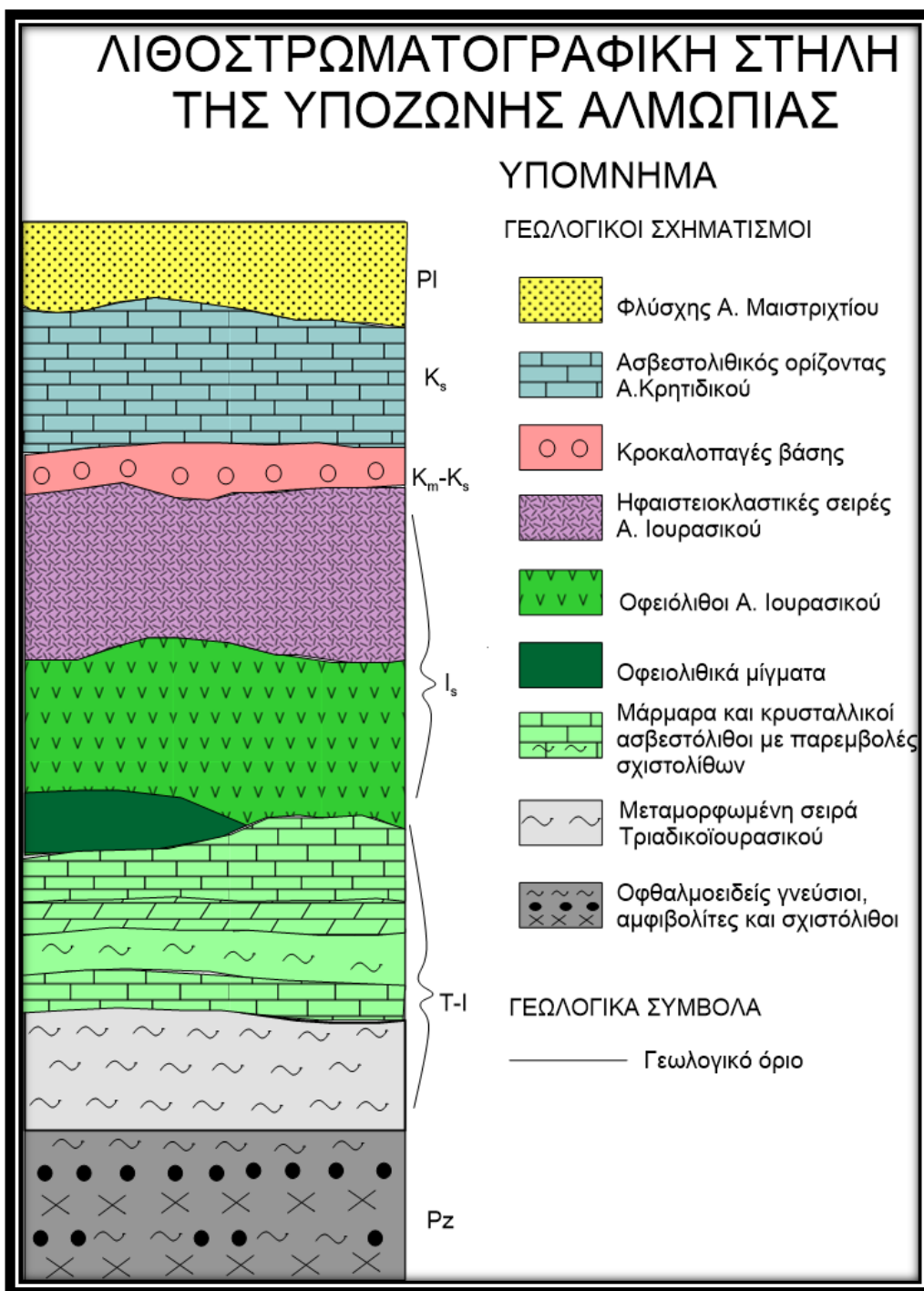
Στη θέση των Λουτρών Πόζαρ, δεν έχει εγκατασταθεί κάποιος μετεωρολογικός κλωβός. Οπότε δεν μπορεί να καθοριστεί με ακρίβεια το κλιματικό καθεστώς της περιοχής. Ωστόσο μπορεί να δοθεί μια μικρή εκτίμηση, βασιζόμενη σε μελέτες που πραγματοποιήθηκαν παλαιότερα από την εταιρεία «Υδροέρευνα». Σύμφωνα με αυτές το ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων κυμαίνεται περί τα 700-750mm (Αγγελίδης, 1998).

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή των ιαματικών πηγών Λουτρακίου Αριδαίας, βρίσκεται στο όριο των γεωτεκτονικών ζωνών Αλμωπίας και Πελαγονικής. Η γεωλογία της Πελαγονικής ζώνης, έχει ήδη αναφερθεί παραπάνω. Η υποζώνη Αλμωπίας χαρακτηρίζεται από συνεχείς επαναλήψεις των πετρωμάτων της, λόγω της λεπιοειδούς τεκτονικής. Τα Αλμωπικά λέπια, κατά την τελική πτύχωση, επωθήθηκαν ή εφιπτεύτηκαν πάνω στην Πελαγονική ζώνη. Η επώθηση λαμβάνει χώρα, άλλοτε στα στρώματα ηλικίας Άνω Κρητιδικού και άλλοτε πάνω στα μάρμαρα ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού. Οι βασικοί σχηματισμοί της ζώνης από τους παλαιότερους στους νεότερους περιγράφονται ως εξής (Μουντράκης, 2010):

- Μια σειρά παλαιοζωικής ηλικίας αποτελούμενη από ισχυρά μεταμορφωμένα πετρώματα (κυρίως οφθαλμοειδείς γνεύσιοι, αμφιβολίτες και σχιστόλιθοι).

- Μια σειρά επίσης, μεταμορφωμένων πετρωμάτων που χαρακτηρίζεται από εναλλαγές ασβεστιτικών, σερικιτικών και χλωριτικών σχιστολίθων, φυλλιτών, μαρμάρων και σιπολινών ηλικίας Τριαδικής ως Ιουρασικής. Η σειρά αυτή εμφανίζεται και στις βόρειες ενότητες των λουτρών Πόζαρ.
- Ακολουθεί στρώμα μεταμορφωμένων ανθρακικών πετρωμάτων, μαρμάρων και κρυσταλλικών ασβεστολίθων με παρεμβολές σχιστολίθων. Μαζί με την προηγούμενη σειρά αποτελούν τμήματα της ιζηματογένεσης Τριαδικού-Ιουρασικού.
- Τεκτονικά τοποθετημένη πάνω στον προηγούμενο ορίζοντα βρίσκεται μια σειρά οφειολιθικών μιγμάτων ηλικίας Άνω Ιουρασικού.
- Ακολουθεί ο σπουδαιότερος σχηματισμός της ζώνης Αλμωπίας, που είναι οι οφειόλιθοι. Η τεκτονική τους τοποθέτηση έλαβε χώρα κατά το Άνω Ιουρασικό.
- Πάνω από τους οφειόλιθους βρίσκονται ορισμένες ιζηματογενείς, ηφαιστειοϊζηματογενείς και κλαστικές σειρές που ηλικιακά τοποθετούνται στο Άνω Ιουρασικό.
- Στη συνέχεια κατά την επίκλυση που συντελέστηκε κατά το Μέσο-Άνω Κρητιδικό αποτέθηκε το κροκαλοπαγές βάσης. Πρόκειται για μεγάλου πάχους σειρά κλαστικών ιζημάτων, κροκαλοπαγών, λατυποπαγών και ψαμμιτών που εναλλάσσονται με ασβεστόλιθους. Αυτός ο επικλυσιογενής σχηματισμός εμφανίζεται στη βόρεια ενότητα των λουτρών Πόζαρ.
- Ακολουθεί απόθεση τυπικού ασβεστολιθικού ορίζοντα ηλικίας Άνω Κρητιδικού (Σενώνιο).
- Τέλος, αποτίθεται ο τελευταίος αλπικός σχηματισμός, ο φλύσχης Άνω Μαιστριχτίου αποτελούμενος από ψαμμίτες, ψαμμιτικούς ασβεστολίθους, ασβεστοσχιστολίθους και κροκαλοπαγή.



Σχήμα 5 : Λιθοστρωματογραφική-τεκτονική στήλη της Πελαγονικής ζώνης (κατά Μουντράκη, τροποποιημένο)

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η ενότητα των λουτρών Πόζαρ, εμφανίζεται ως επωθημένο λέπι πάνω στη Δυτική Πελαγονική ζώνη. Στο χώρο των εγκαταστάσεων του λουτροθεραπευτηρίου

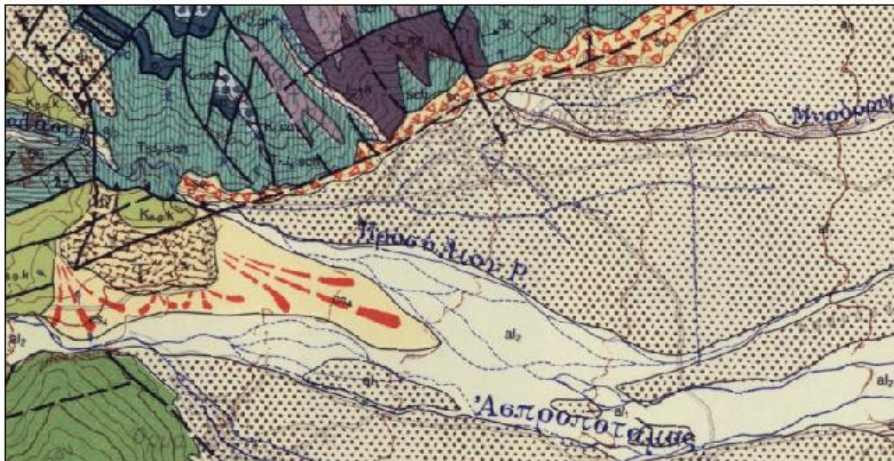
επικρατούν οι φυλλίτες της Αλμωπίας τεφρού ως μελανότεφρου χρώματος. Οι σχηματισμοί που συναντώνται είναι (Αγγελίδης, 2004):

1. **Οφειολιθικά κροκαλοπαγή ηλικίας Κατώτερου Κρητιδικού.** Στη βάση τους είναι σερπεντινικά λατυπο-κροκαλοπαγή. Προς τα ανώτερα τμήματα εξελίσσονται σε κροκαλοπαγή, με συνδετικό υλικό σερπεντινικό-ασβεστιτικό και με συμμετοχή ασβεστολιθικών κροκαλών. Το πάχος τους κυμαίνεται μεταξύ 0-300m.
2. **Οφειόλιθοι ηλικίας Άνω Ιουρασικού-Κατώτερου Κρητιδικού.** Εμφανίζονται ως φακοειδείς παρεμβολές τεκτονιτών μέσα στους πρασινίτες-μεταβασίτες. Το κατώτερο τμήμα των υπερβασικών αυτών εμφανίσεων, αποτελείται κυρίως από σερπεντινωμένους χαρτσβουργίτες. Προς τα ανώτερα τμήματα εμφανίζονται δουνίτες με υφή ψευδικροκαλοπαγούς, με παρουσία άφθονου σερπεντίνη που μοιάζει με συνδετικό υλικό. Το πάχος των οφειολίθων κυμαίνεται μεταξύ 0-250m.
3. **Μεταμορφωμένη και πολυπτυχωμένη πελαγική σειρά ηλικίας Τριαδικού-Ιουρασικού,** που συνδέεται άμεσα με τους οφειολίθους της ζώνης. Έχει σημαντικό πάχος, που είναι δύσκολο να υπολογιστεί με ακρίβεια λόγω έντονης πτύχωσης και τεκτονικής. Διακρίνονται δύο τμήματα χωρίς σαφές όριο μεταξύ τους. Το πρώτο περιλαμβάνει πρασινίτες και μεταβασίτες. Οι πρασινίτες αποτελούνται από χλωριτικούς, επιδοτιτικούς και ακτινολιθικούς σχιστολίθους με διεισδύσεις μετασπηλιτών και πλαγιογρανιτών. Προς τα ανώτερα στρώματα συναντώνται παρεμβολές σερπεντινωμένων υπερβασικών πετρωμάτων. Το δεύτερο τμήμα περιλαμβάνει μεταϊζήματα και γνευσιοσχιστολίθους, τα οποία ακολουθούν προς τα κάτω, χωρίς σαφές όριο με το πρώτο τμήμα.

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ ΦΥΛΛΟ ΑΡΝΙΣΣΑ

1:40.000

0 750 1.500 3.000 Meters



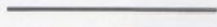

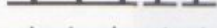



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις		Σερπεντίνιτες
	Πρόσφατα χαλίκια		Ασβεστόλιθοι Κερασιάς
	Κορήματα	ΕΝΟΤΗΤΑ ΛΟΥΤΡΩΝ ΠΟΖΑΡ	
	Φλύσχης		Οφιολιθικά κροκαλοπαγή
	Τραβερίνες		Οφιόλιθοι
	Κρυσταλλικοί Ασβεστόλιθοι		Πρασινίτες-Μεταβάσιτες Μεταϊζήματα-γενεσιοσχιστόλιθοι

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικό όριο	
Γεωλογικό όριο πιθανό	
Ρήγμα	
Ρήγμα πιθανό	
Επίπτωση και πιθανή προέκτασή της.	
Επώθηση και πιθανή προέκτασή της.	



Χάρτης 3: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Αρνίσσα

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Κύρια τεκτονική δομή στην περιοχή των λουτρών Πόζαρ αποτελεί η εφίπλευση της υποζώνης Αλμωπίας στην Πελαγονική ζώνη με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Οι πηγές βρίσκονται στο ΒΔ άκρο της λεκάνης Αλμωπίας σε απόσταση 25km από την Αριδαία και κατανέμονται με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, σχεδόν παράλληλη με τη διεύθυνση της εφίπλευσης της Αλμωπίας προς την Πελαγονική.

Στην περιοχή συναντώνται δύο ακόμα ρήγματα. Το πρώτο έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ανήκει στην ομάδα παράλληλων ρηγμάτων της νότιας κλιτύς της οροσειράς της Κρέσνας. Το ρήγμα αυτό στη θέση των πηγών τέμνεται με ένα μικρότερο ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης που τέμνει τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Το ίδιο ρήγμα διασταυρώνεται και με το μεγάλο ρήγμα Κάτω Λουτρακίου ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, το οποίο οριοθετεί την οροσειρά του Βόρα. Πιθανή θεωρείται και η παρουσία ρηγμάτων μικρού μήκους κάτω από τις προσχωματικές αποθέσεις (Αγγελίδης, 1998).

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στην περιοχή του Λουτρακίου Αριδαίας, δεν εμφανίζονται πορώδεις σχηματισμοί. Κυριαρχούν μεταμορφωμένοι σχηματισμοί που αναπτύσσουν δευτερογενές πορώδες, το οποίο οφείλεται στη δράση της τεκτονικής και καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι. Τα πετρώματα που εμφανίζονται διακρίνονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με την υδροπερατότητά τους:

1. Στα υδροπερατά

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι και οι τραβερτίνες. Το πάχος των τραβερτινών είναι μικρό, με αποτέλεσμα να συμβάλλουν, μόνο, στη διήθηση του νερού προς τους υποκείμενους σχηματισμούς.

2. Στα ημιπερατά

Πετρώματα της κατηγορίας αυτής είναι ο φλύσχης, οι σχιστόλιθοι και οι φυλλίτες, τα οποία λόγω της παρουσίας ασυνεχειών παρουσιάζουν δευτερογενές πορώδες. Βέβαια αυτό ελατώνεται σημαντικά με το βάθος και πρακτικά μηδενίζεται στα 50-70m. (Αγγελίδης, 1998)

Z. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Παρακάτω (Πίνακας 8) παρατίθενται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά της κεντρικής πηγής σε μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το 1987 και το 2009 (Γαβριηλίδης, 2009).

Όπως προκύπτει από τους Πίνακες 8 & 9, η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται μεταξύ 35-37,5°C και είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος που καταγράφηκε στις αντίστοιχες ημερομηνίες. Η θερμοκρασία των θερμών πηγών, σαφώς επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του νερού του ποταμού, αφού οι περισσότερες από αυτές αναβλύζουν στην κοίτη του. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε 1100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και στις δύο περιόδους. Η ολική περιεκτικότητα των αλάτων (TDS) υπολογίστηκε στα 660mg/l στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το 2009 και το νερό χαρακτηρίζεται ως γλυκό.

Πραγματοποιήθηκαν, επίσης, μετρήσεις της φυσικής ραδιενέργειας, όπου τα δοκίμια μετρήθηκαν σε συστήματα α-φασματοσκοπίας με ανιχνευτές πυριτίου, όπου οι συγκεντρώσεις των μετρούμενων ραδιονουκλιδίων είναι: U-238=95,9 \pm 6,8, U-234=84,8 \pm 6 και Ra-226=373 \pm 19, τιμές είναι μέσα στα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης και καθαριστούν την ακτινοβολία ασθενή. Η παροχή της κύριας πηγής είναι στα 500m³/h.

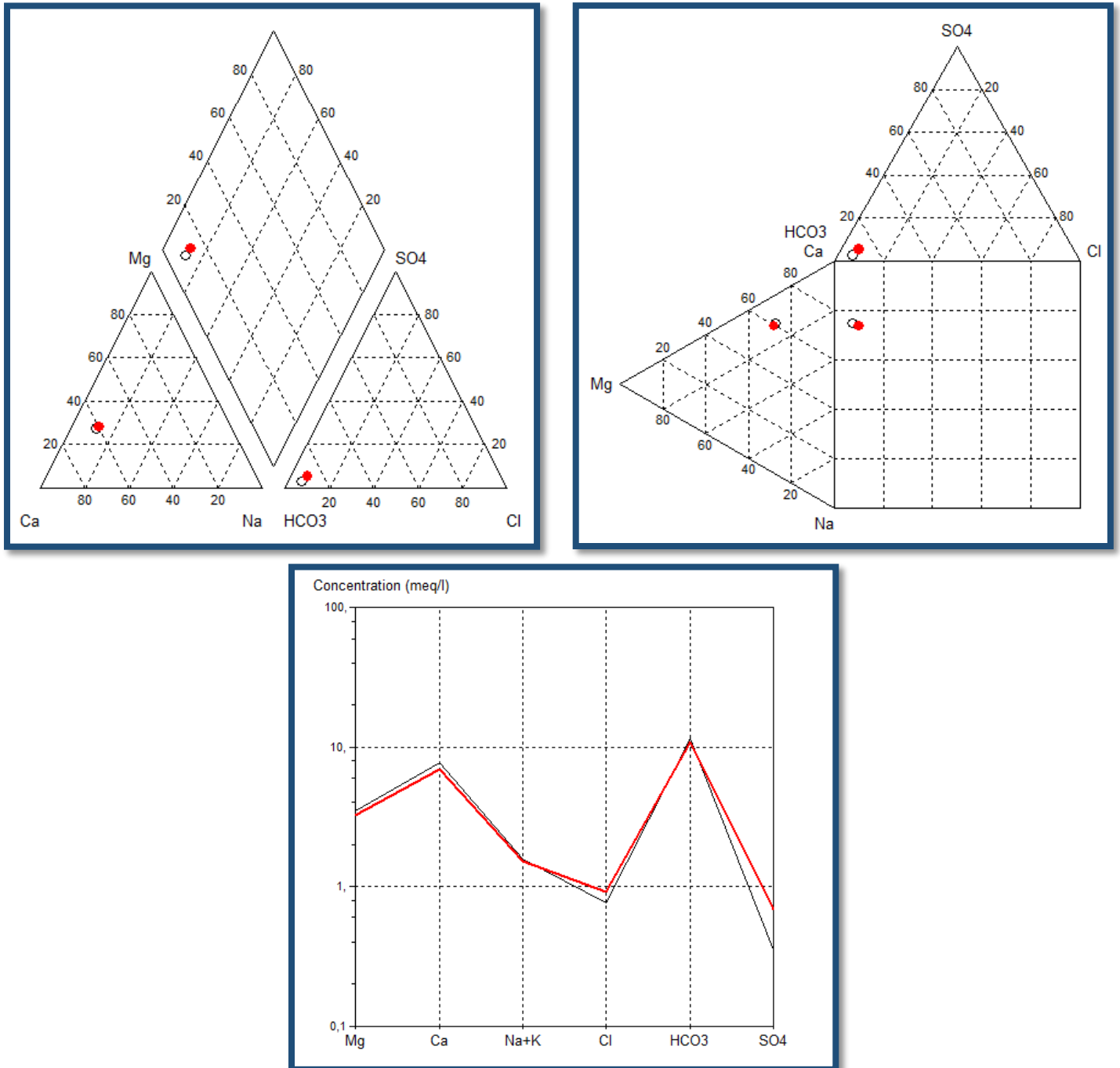
Πίνακας 7: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της περιοχής της πηγής Λουτρακίου το 1987

ΔΕΙΓΜΑ: Πηγή Λουτρακίου					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 1987					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,42	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1100	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	35	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	-		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	32,002	1,392	Cl ⁻	32,368	0,913
K ⁺	5,200	0,133	HCO ₃ ⁻	664,987	10,900
Ca ⁺	137,995	6,886	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	39,576	3,256	F ⁻	0,317	0,0167
Fe ²⁺	-	-	SO ₄ ²⁻	32,995	0,687
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	0,221	0,007
Mn ²⁺	0,02747	0,001	NO ₃ ⁻	0,930	0,015
Li ⁺	0,031	0,031	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	-	0,011	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	-	-	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		11,71	ΣΥΝΟΛΟ		12,538
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	289,850				
SiO ₂	-				
B	-				

Πίνακας 8: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της περιοχής της πηγής Λουτρακίου στις 20/01/2009

ΔΕΙΓΜΑ: Πηγή Λουτρακίου					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 20/01/2009					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
pH:	6,5	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	56°F		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1120	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	56°F		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	0,66	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	0°F		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	37,5	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	11,5		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	33,4	1,452	Cl ⁻	27	0,761
K ⁺	4,7	0,120	HCO ₃ ⁻	702	11,506
Ca ⁺	155	7,734	HS ⁻	-	
Mg ²⁺	42,3	3,48	F ⁻	0,36	0,02
Fe ²⁺	-	-	SO ₄ ²⁻	17	0,354
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	0,4	0,0126
Mn ²⁺	-	-	NO ₃ ⁻	-	-
Li ⁺	0,2	0,2	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	0,28	0,006	I ⁻	0,013	0,0001
NH ₄ ⁺	-	-	Br ⁻	0,32	0,004
ΣΥΝΟΛΟ		12,992	ΣΥΝΟΛΟ		13,0117
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	210				
SiO ₂	20,5				
B	4,2				

Στα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Shoeller που παρατίθενται στη συνέχεια, (Σχήμα 7), διαπιστώνεται ότι ο χημικός τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα στοιχεία είναι **Ca-Mg-HCO₃**. Οι διακυμάνσεις των κύριων ιόντων με την πάροδο του χρόνου είναι πολύ μικρές και συνεπώς, δεν μεταβάλλεται η ποιότητα του νερού.



Σχήμα 6: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στο Λουτράκι.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής του Λουτρακίου Αριδαίας χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Ομοιόθερμο** (34-38°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα (T.D.S): **μεσομεταλλικό** (0,2-1 g/l) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** ($R < 266,6$ Bq/l)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Ca-Mg-HCO₃**

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή της Αριδαίας μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SI T₃ C₂ R₁ E_H-Ca**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των πηγών στην περιοχή Λουτρακίου Αριδαίας ανακηρύχθηκαν ιαματικές με το υπ' αριθμ. 7/21-8-20 (άρθρο 86) Προεδρικό Διάταγμα. Ο φυσικός πόρος είναι ελεύθερος μικροβιακού φορτίου και περιέχει ελάχιστη φυσική ραδιενέργεια. Το νερό ενδείκνυται για λουτροθεραπεία με τη μέθοδο της ελεγχόμενης και καθοδηγούμενης υδροκινησιοθεραπείας για παθήσεις του μυοσκελετικού συστήματος. Επίσης, Η περιεκτικότητα του νερού της συγκεκριμένης πηγής σε όξινα ανθρακικά, ασβέστιο, μαγνήσιο και η συγκέντρωση ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα, θα μπορούσε να το καταστήσει κατάλληλο για ποσιθεραπεία, σε παθήσεις του γαστρεντερικού και του ουροποιητικού συστήματος. Ωστόσο, στις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν το 2009 από το τμήμα Χημικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής σχολής του ΑΠΘ, ανιχνεύτηκε μεγάλη περιεκτικότητα σε αρσενικό (345 μg/l). Έτσι καθίσταται αδύνατη η ποσιθεραπεία (Τσαλιγόπουλος, 2009).

Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή των λουτρών Πόζαρ αποτελεί περιοχή χαμηλού γεωθερμικού πεδίου, που πιθανώς οφείλεται σε φθίνουσα μαγματική δράση. Η γεωθερμική βαθμίδα, με βάση τα δεδομένα που προέκυψαν θεωρήθηκε ίση με $0,3^{\circ}\text{C}/\text{m}$. Κύριες οδοί διέλευσης του υπόγειου νερού, με βάση την υδρολιθολογία της περιοχής, είναι τα ρήγματα και οι διακλάσεις των πετρωμάτων.

Γενικά η έκταση και η θέση του γεωθερμικού πεδίου, καθορίζεται από τη θέση, την έκταση και το βάθος των ηφαιστιτών. Η κίνηση του υπόγειου νερού, καθορίζεται κυρίως από την ομάδα παράλληλων ρηγμάτων της Κρέσνας (ΒΔ-ΝΑ), χωρίς βέβαια να απορρίπτονται και οι άλλες ασυνέχειες.

Η έντονη καρστικοποίηση του ανθρακικού θερμού υδροφορέα που αναπτύσσεται κάτω από τα αλμωπικά λέπια, είναι κυρίως υπεύθυνη για τις μεγάλες παροχές θερμού νερού στην περιοχή.

Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ $150-180^{\circ}\text{C}$ (Παπαδόπουλος, 1982).

4.2 Πηγή Αγίου Νικολάου Ανθεμίων

Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Ο δήμος Ανθεμίων ήταν δήμος του νομού Ημαθίας. Με την εφαρμογή του σχεδίου Καλλικράτης εντάχθηκε στον νέο Δήμο Νάουσας. Πρόκειται για πηγή ανεκμετάλλευτη και δεν υπάρχει κάποια υδροθεραπευτική εγκατάσταση προς το παρόν στην περιοχή. Μορφολογικά, η περιοχή χαρακτηρίζεται από πεδινή ως λοφώδη, με ομαλό ανάγλυφο και κλίσεις 3-20%. Δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες μορφολογικές εξάρσεις. Το μέγιστο υψόμετρο είναι 354m και εντοπίζεται στην κορυφή του Προφήτη Ηλία. Η περιοχή αποτελεί τμήμα της ευρύτερης πεδιάδας Θεσσαλονίκης-Γιαννιτών.

Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως εύκρατο βροχερό. Σύμφωνα με τα δεδομένα από το μετεωρολογικό σταθμό της Έδεσσας για την περίοδο 1975-1996, η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι $14,8^{\circ}\text{C}$, με θερμότερο μήνα τον Ιούλιο και ψυχρότερο τον Ιανουάριο. Το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων στην περιοχή ανέρχεται σε 540mm, με τις μέγιστες τιμές να σημειώνονται φθινόπωρο και άνοιξη και τις

ελάχιστες χειμώνα και καλοκαίρι. Ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος και βροχερότερος ο Οκτώβριος, με μέσα ύψη βροχής 18,2mm και 77,2mm αντίστοιχα. Στην περιοχή επικρατούν βόρειοι άνεμοι, χαμηλής, κυρίως, έντασης (Αγγελόπουλος, 2009).

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή έρευνας, γεωτεκτονικά ανήκει και αυτή στην υποζώνη Αλμωπίας, τα χαρακτηριστικά της οποίας προαναφέρθηκαν στα πλαίσια μελέτης της πηγής Λουτρακίου Αριδαίας.

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην περιοχή των πηγών εμφανίζονται οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι της Πελαγονικής, οι σχηματισμοί της Αλμωπίας, καθώς και οι Πλειοκαινικές και Τεταρτογενείς αποθέσεις. Οι σχηματισμοί που εμφανίζονται από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι εξής (Χάρτης 5):

1. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΑΛΜΩΠΙΑΣ

Από τους παλαιότερους προς τους νεότερους οι σχηματισμοί που εμφανίζονται είναι οι εξής:

Ιουρασικό-Κρητιδικό

- Σερπεντίνες

Η παρουσία τους είναι εμφανής στο δυτικό τμήμα της περιοχής. Συνδέονται με τα μάρμαρα, αλλά και τους πελαγονικούς σχιστόλιθους της περιοχής, ενώ παρουσιάζουν και εμφανείς ρωγμώσεις.

- Γάββροι και δολερίτες

Εμφανίζονται στο δυτικό τμήμα της περιοχής. Πρόκειται για πράσινους γάββρους και δολερίτες που συνδέονται με τις οφιολιθικές ακολουθίες.

Τριαδικό-Κρητιδικό

- Μάρμαρα

Εμφανίζονται στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής, με πάχος όχι μεγαλύτερο των 100μέτρων.

- Σχιστόλιθοι

Εμφανίζονται στο δυτικό τμήμα της περιοχής, πάνω από τα μάρμαρα και έχουν ιζηματογενή πρόελευση.

Κρητιδικό

- Ενότητα Στενήμαχου

1) Λατυποπαγή και ερυθροί σχιστόλιθοι

Εμφανίζονται νοτιοδυτικά των λουτρών και σε μεγάλη απόσταση από αυτά. Πρόκειται για σχιστώδη σχηματισμό, που παρουσιάζεται κατά βάση με τη μορφή κόκκινων σχιστολίθων.

2) Φλύσξης Στενημάχου

Πρόκειται για λεπτές πλάκες ασβεστολίθων με παρεμβολές λεπτόκοκκων ψαμμιτών και αργίλων που βρίσκονται νοτιοδυτικά των λουτρών και σε μεγάλη απόσταση από αυτά.

- Σειρά Άνω Γραμματικού

1) Λατυποπαγή και ασβεστόλιθοι

Και αυτοί οι σχηματισμοί βρίσκονται νοτιοδυτικά της πηγής και σε μεγάλη απόσταση από αυτή. Εμφανίζονται ανακατεμένοι με τον φλύσχη λόγω τεκτονικών μετατοπίσεων.

2) Φλύσξης

Πρόκειται για ασβεστολίθους με σχιστώδεις μάργες και λεπτούς ψαμμιτικούς ορίζοντες. Ομοίως βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από την πηγή.

- Φλυσχοειδή

Εμφανίζονται στο νοτιοδυτικό άκρο της περιοχής και περιλαμβάνουν στρώσεις ασβεστολίθων με μάργες και λεπτούς ψαμμιτικούς ορίζοντες ή ασβεστολιθικά λατυποπαγή.

- Ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι

Βρίσκονται σχετικά κοντά στην πηγή, στο δυτικό τμήμα της περιοχής.

2. ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ

Κρητιδικό

- Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι

Ανήκουν στα ανθρακικά καλύμματα της Πελαγονικής και βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από την πηγή.

Πλειοκαινικές αποθέσεις

- Τραχει-ανδρσιτικά λατυποπαγή

Εμφανίζονται σε μικρή απόσταση από την πηγή, με το συνδεδετικό υλικό τους να αποτελείται από τεφρίτες, με γωνιώδεις ογκόλιθους από λάβες διαφόρων διαστάσεων.

Τεταρτογενές

- Παλιές αποθέσεις κροκαλοπαγών

Βρίσκονται δυτικά της πηγής και σε μικρή απόσταση από αυτή. Σχηματίζουν αναβαθμίδες η βάση των οποίων αποτελείται από μεταφερόμενο ηφαιστειακό υλικό.

- Τραβερτίνες

Σε μικρή απόσταση από την πηγή, εμφανίζονται ασβεστιτικές αποθέσεις τραβερτινών σε αναβαθμίδες

- Παλαιά αναβαθμίδα

Ουσιαστικά αποτελείται από άμμους με λεπτές παρεμβολές χαλικιών, λατυπών και κατά τόπους αργιλικό κάλυμμα, που εμφανίζονται στην περιοχή των πηγών (Πλειστόκαινο).

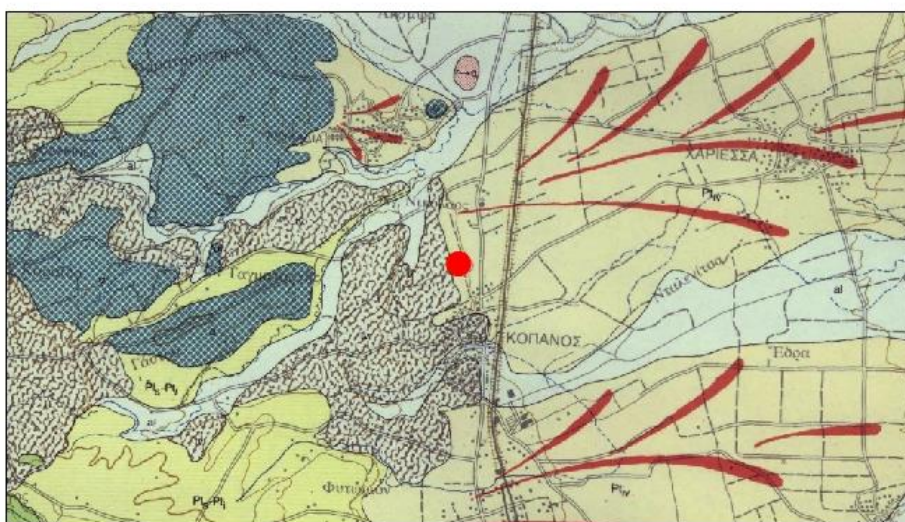
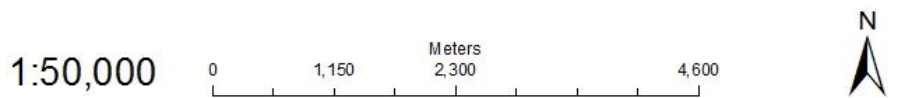
- Κώνοι κορημάτων και χαμηλές αναβαθμίδες

Επίσης σχηματισμός της περιοχής των πηγών, αποτελούμενος από λατύπες, άμμους και πηλούς με ελαφρά σύνδεση από ασβεστιτικό υλικό (Πλειστόκαινο).

- Σύγχρονες προσχώσεις

Καλύπτουν τη θέση των πηγών και το μεγαλύτερο τμήμα της πεδινής περιοχής. Αποτελούνται από άμμους και αργίλους με κατά τόπους διάσπαρτους χάλικες (Ολόκαινο).

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ- ΦΥΛΛΟ ΒΕΡΟΙΑ




ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Σύγχρονες προσχώσεις		Λατυποπαγή και ασβεστόλιθοι
	Κώνιοι και χαμηλές αναβαθμίδες		Άστρωτοι πλακώδεις ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι
	Τραβερίνες		Φλύσχης Στενήμαχου
	Παλιές αποθέσεις κροκαλοπαγών		Λατυποπαγή και ερυθροί σχιστόλιθοι
	Τραχει-ανδεσπικά λατυποπαγή		Οφιολιθική σειρά, σερπεντίνες
	Φλύσχης και Φλυσχοειδείς σχηματισμοί		Γάββροι και δολερίτες

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικό όριο	—
Ρήγμα	—
Ρήγμα πιθανό	- - -
Έκωθιση	▲

 Θέση πηγής



Χάρτης 4: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Βέροια (Περιοχή Αγ. Νικολάου)

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Κύριο τεκτονικό στοιχείο, όπως και στην περίπτωση των λουτρών Πόζαρ, αποτελεί η εφίπλευση της υποζώνης Αλπωπίας στην Πελαγονική ζώνη. Η τεκτονική της περιοχής της πηγής Ανθεμίων, αντιπροσωπεύεται από ανάστροφα ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, κυρίως, στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής.

Δυτικά της πηγής, εντοπίζεται ένα σύστημα ρηγμάτων με επικρατούσες διευθύνσεις ΑΒΑ-ΔΝΔ και ΝΔ-ΒΑ. Παρατηρείται, επίσης, επώθηση των μαρμάρων πάνω στους οφειόλιθους βορειοδυτικά της πηγής. Παράλληλα, πλήθος μικροτεκτονικών δομών χαρακτηρίζουν την περιοχή (Αγγελόπουλος, 2009). Τα μετεωρικά νερά κατεισδύουν μέσω των ρηγμάτων του υποβάθρου σε αρκετά μεγάλο βάθος, όπου αυξάνεται μέχρι κάποιο βαθμό η θερμοκρασία τους, ενώ ταυτόχρονα εμπλουτίζονται και με διάφορα ιόντα. Στη συνέχεια αρχίζει η ανοδική πορεία του νερού, διαμέσου των ασβεστολίθων με μικρή ταχύτητα, διαλύοντας ιόντα και από τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Κατόπιν, σε βάθος 80-120 μέτρων ο υδροφόρος αναμειγνύεται με χαμηλότερης θερμοκρασίας νερά. Η πηγή Αγίου Νικολάου Ανθεμίων εκδηλώνεται εντός των πλειστοκαινικών, προσχωματικών αποθέσεων.

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Ανάλογα με τις κατά τόπους λιθολογικές διαφορές, εμφανίζονται και διαφορές στις συνθήκες υδροφορίας. Έτσι οι σχηματισμοί της περιοχής παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τεταρτογενείς αποθέσεις: πρόκειται για ενστρώσεις από άμμους, χαλίκια και αργίλους με πάχος 0-30m. Ο σχηματισμός αυτός παρουσιάζει αυξημένη περατότητα. Ωστόσο, δεν εμφανίζει σημαντική υδροφορία, εξαιτίας του μικρού του πάχους.
- Ηφαιστειο-ιζηματογενείς σχηματισμοί: αποτελούνται από ηφαιστειακούς τόφφους, μέσα στους οποίους εμφανίζονται ενστρώσεις άμμων, κροκαλών, χαλικιών και ηφαιστειακών λίθων (30-150m). Η σειρά αυτή είναι πολύ σημαντική από άποψη υδροφορίας, καθώς σε αυτή εμφανίζονται επάλληλοι υδροφορείς, οι οποίοι επικοινωνούν υδραυλικά.
- Ασβεστόλιθοι και μάρμαρα: λόγω της καρστικοποίησης τους, τροφοδοτούν πλευρικά τα υδροφόρα στρώματα των ηφαιστειο-ιζηματογενών σχηματισμών,

καθώς και τα στρώματα των τεταρτογενών αποθέσεων με τα οποία έρχονται σε επαφή.

- Αποθέσεις φλύσχη και μεταμορφωμένα πετρώματα: Δεν παρουσιάζουν σημαντική υδροφορία (Αγγελόπουλος 2009)

Z. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στην περιοχή έρευνας, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες από γεώτρηση, καθώς και από την πηγή. Παρακάτω (Πίνακες 10&11) παρατίθενται τα αποτελέσματα των αναλύσεων από την περιοχή της Πηγής Αγίου Νικολάου Ανθεμίων (Αγγελόπουλος, 2009).

Σύμφωνα με τους Πίνακες 10 & 11, η θερμοκρασία του νερού δεν παρουσιάζει ουσιαστική διαφορά μεταξύ γεώτρησης και πηγής. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε 610μS/cm στην πηγή και 310μS/cm στη γεώτρηση.

Σε όλα τα ιόντα, εκτός των ιόντων μαγνησίου, καλίου και νατρίου, είναι εμφανείς οι διαφορές των συγκεντρώσεων μεταξύ πηγής και γεώτρησης, με το νερό της πηγής να εμφανίζει αυξημένες συγκεντρώσεις. Η περιεκτικότητα σε οξυανθρακικά είναι αυξημένη και στις δύο περιπτώσεις, γεγονός που αποδίδεται στη δίοδο του νερού μέσα από ασβεστολιθικούς σχηματισμούς. Σχετικά με τη ραδιενέργεια των νερών, πραγματοποιήθηκαν δυο μετρήσεις μέσα στο 2009 από την ΕΕΑΕ (Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας), στις 20/01/2009 και 22/06/2009, στο νερό της γεώτρησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν πολύ μικρές τιμές. Η παροχή της γεώτρησης είναι στα 52m³/h, ενώ της πηγής στα 15m³/h.

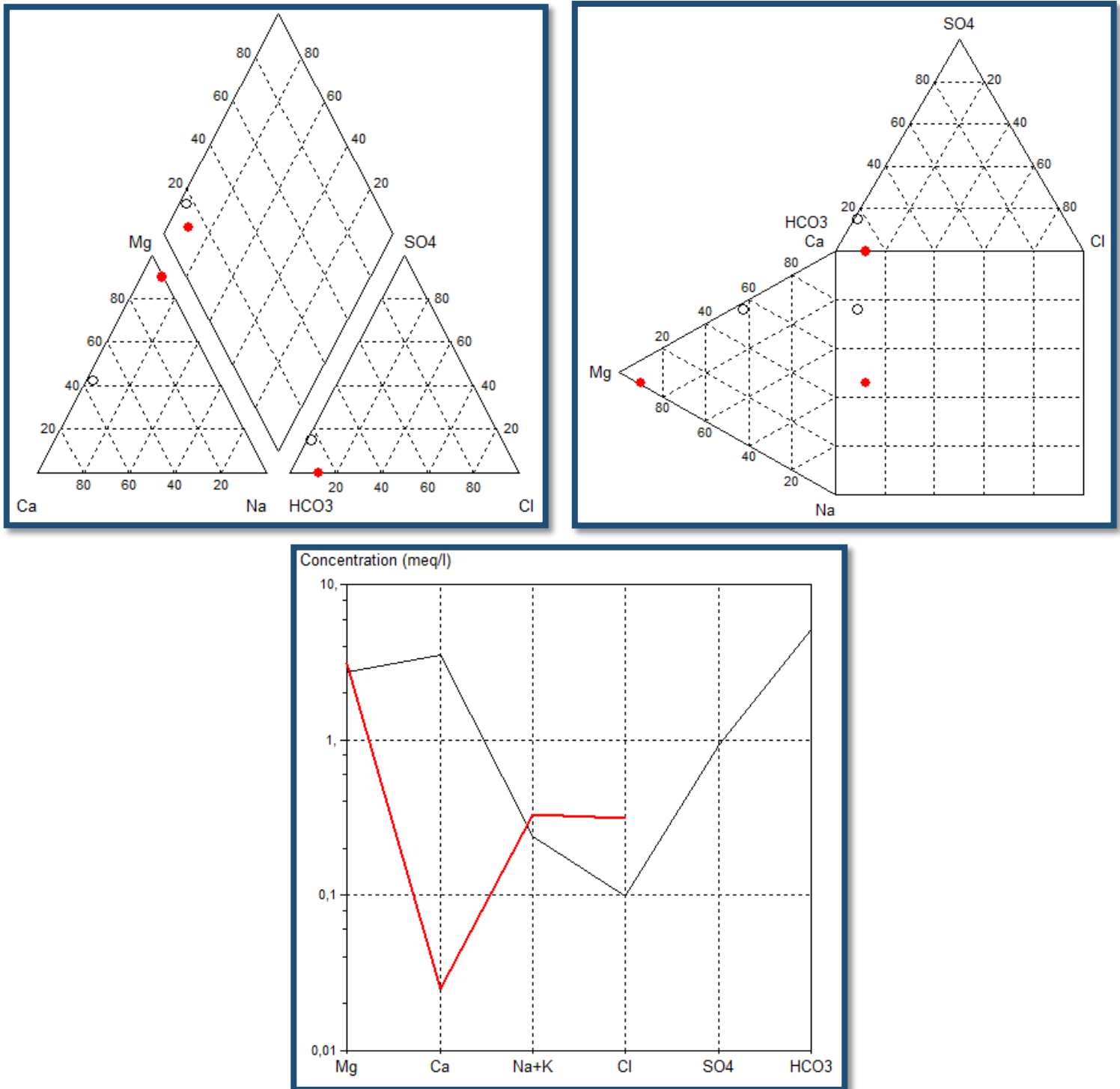
Πίνακας 9 : Καταγραφή χημικών αναλύσεων της γεώτρησης Αγίου Νικολάου Ανθεμίων το έτος 2009

ΔΕΙΓΜΑ: Γεώτρηση(αυτόματης ροής) Αγίου Νικολάου Ανθεμίων					
ΕΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 2009					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	9,4	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	310	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	17	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	-		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	7,10	0,309	Cl ⁻	11,20	0,316
K ⁺	0,80	0,020	HCO ₃ ⁻	140,00	2,294
Ca ⁺	0,50	0,025	HS ⁻	0,30	0,009
Mg ²⁺	37,70	3,101	F ⁻	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,05	0,001	SO ₄ ²⁻	0,00	0,00
Zn ²⁺	0,01	-	PO ₄ ³⁻	0,00	0,00
Mn ²⁺	0,02	-	NO ₃ ⁻	0,00	0,00
Li ⁺	0,02	0,020	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	0,00	0,00	I ⁻	0,02	-
NH ₄ ⁺	0,17	0,010	Br ⁻	0,46	0,006
ΣΥΝΟΛΟ		3,486	ΣΥΝΟΛΟ		2,625
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	0				
SiO ₂	0				
B	-				

Πίνακας 10: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Αγίου Νικολάου Ανθεμίων το έτος 2003

ΔΕΙΓΜΑ: Πηγή Αγίου Νικολάου Ανθεμίων					
ΕΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 2003					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	9,4	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	610	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	16	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	-		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	4,10	0,178	Cl ⁻	3,50	0,098
K ⁺	2,30	0,059	HCO ₃ ⁻	317,00	5,196
Ca ⁺	70,50	3,518	HS ⁻	0,00	0,00
Mg ²⁺	33,10	2,723	F ⁻	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,00	0,00	SO ₄ ²⁻	44,70	0,930
Zn ²⁺	0,00	0,00	PO ₄ ³⁻	0,00	0,00
Mn ²⁺	0,00	0,00	NO ₃ ⁻	18,60	0,300
Li ⁺	0,01	0,01	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	0,05	0,001	I ⁻	0,00	0,00
NH ₄ ⁺	0,15	0,008	Br ⁻	0,00	0,00
ΣΥΝΟΛΟ		6,497	ΣΥΝΟΛΟ		6,524
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	0				
SiO ₂	0				
B	-				

Ακολουθούν τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Shoeller (Σχήμα 8). Από αυτά διαπιστώνεται ότι ο χημικός τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα στοιχεία είναι Mg-HCO₃-CO₃ για τη γεώτρηση και Ca-Mg-HCO₃ για την πηγή.



Σχήμα 7: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Αγίου Νικολάου Ανθεμίων

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής χαρακτηρίζεται:

1. **Ψυχρό** (<20°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** ($R < 266,6 \text{ Bq/l}$)
3. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Mg-HCO₃** για τη γεώτρηση και **Ca-Mg-HCO₃** για την πηγή.

Η έλλειψη στοιχείων σχετικά με το στερεό υπόλειμμα (T.D.S.) καθιστά μη εφικτή την κατάταξη του νερού με βάση την αλατότητα και την μεταλλικότητα του.

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή του Αγ. Νικολάου μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SiTiC1RiE_{H-M}**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο φυσικός πόρος της πηγής Αγίου Νικολάου Ανθεμίων χαρακτηρίζεται ως ιαματικός καθώς καλύπτει τα αντίστοιχα κριτήρια που επιτρέπουν το χαρακτηρισμό του. Προσφέρεται κατ' αρχάς για υδροθεραπεία με τη μέθοδο της ποσιθεραπείας σε παθήσεις του γαστρεντερικού συστήματος λόγω της αυξημένης περιεκτικότητας του σε οξυανθρακικά. Η περιεκτικότητα σε θειικά, το καθιστά κατάλληλο για λουτροθεραπεία, με θετική επίδραση στο καλυπτήριο σύστημα. Η πιο θετική επίδραση έχει παρατηρηθεί σε περιπτώσεις ψωρίασης, σμηγματοροϊκής δερματίτιδας, ατοπικής δερματίτιδας και στην ακμή. Επιπρόσθετα, η λουτροθεραπεία ενδείκνυται για ρευματικές και αυτοάνοσες παθήσεις, καθώς και για φυσική άσκηση στο νερό. Με τη μέθοδο της εισπνοθεραπείας, επιτυγχάνεται βελτίωση των συμπτωμάτων σε περιπτώσεις χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας, χωρίς φυσικά να μπορεί να αντικαταστήσει τη φαρμακευτική αγωγή. Τέλος, συνδυασμός εισπνοών και ρινοπλύσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις παθήσεων της μύτης, καθώς τα νερά που περιέχουν θειώδη ρευστοποιούν τις ρινικές εκκρίσεις. (Τσαλιγόπουλος, 2009)

4.3 Πηγή Λουτροχωρίου

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Το Λουτροχώρι είναι ένα χωριό του Δήμου Σκύδρας, της περιφερειακής ενότητας Πέλλας, στην Κεντρική Μακεδονία. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ο πληθυσμός του ανέρχεται σε 458 κατοίκους. Το Λουτροχώρι είναι ευρέως γνωστό για τις ομώνυμες ιαματικές πηγές του.

B. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για τον προσδιορισμό των κλιματικών συνθηκών της περιοχής έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Έδεσσας για την περίοδο 1975-1996 (Αγγελόπουλος, 2014). Το κλίμα της περιοχής μπορεί να χαρακτηριστεί ως εύκρατο βροχερό. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 14,8°C, με θερμότερο μήνα τον Ιούλιο και ψυχρότερο τον Ιανουάριο. Το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων ανέρχεται στα 540mm. Οι μέγιστες τιμές σημειώνονται κατά το φθινόπωρο, ενώ οι ελάχιστες τους θερινούς μήνες. Ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος και πιο βροχερός ο Οκτώβριος. Χαρακτηριστική είναι η επικράτηση των βόρειων ανέμων ασθενούς έως μέτριας έντασης.

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

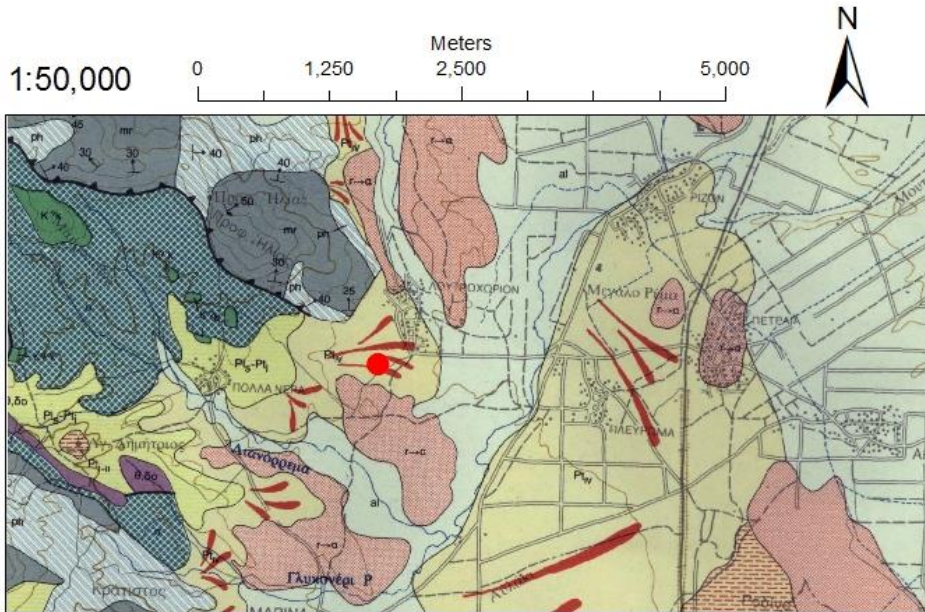
Η περιοχή έρευνας ανήκει γεωτεκτονικά στην υποζώνη Αλμωπίας. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στην ευρύτερη περιοχή είναι το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, οι αλπικοί σχηματισμοί, οι πλειοκαινικές αποθέσεις και οι τεταρτογενείς αποθέσεις.

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην περιοχή των πηγών εμφανίζονται οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι της Πελαγονικής, οι σχηματισμοί της Αλμωπίας, καθώς και οι Πλειοκαινικές και Τεταρτογενείς αποθέσεις (Χάρτης 6).

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι η πηγή του Λουτροχωρίου βρίσκεται σε μικρή απόσταση από την πηγή Ανθεμίων και χαρακτηρίζονται γενικά από το ίδιο γεωλογικό πλαίσιο, με τις σύγχρονες ολοκαινικές αποθέσεις να καλύπτουν και πάλι το τμήμα της περιοχής γύρω από την πηγή του Λουτροχωρίου.

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ- ΦΥΛΛΟ ΒΕΡΟΙΑ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Σύγκρονες προσχώσεις		Φλύσχης Στενήμαχου
	Κώνιοι και χαμηλές αναβαθμίδες		Οφιολίθιοι και σερπεντίνες
	Παλιές αποθέσεις κροκαλοπαγών		Γάββρι και δολερίτες
	Τραχει-ανδεσιτικά λατυποπαγή		Σχιστόλιθοι
	Φλύσχης και φλυσχοειδείς σχηματισμοί		Μάρμαρα
	Λατυποπαγή και ασβεστόλιθοι		
	Αστρωτοι πλακώδεις ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι		

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικό όριο	—
Ρήγμα	—
Ρήγμα πιθανό	- - -
Έπιώθηση	▲
	Θέση πηγής



Χάρτης 5: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Βέροια (Περιοχή Λουτροχωρίου)

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η τεκτονική της περιοχής όπου συναντάται η πηγή αντιπροσωπεύεται, κυρίως, από λέπια με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, τόσο στο δυτικό, όσο και στο νοτιοδυτικό της τμήμα. Κατά μήκος των περισσότερων ρηγμάτων έχουν αναπτυχθεί υδατορέματα. Δυτικά της πηγής, εμφανής, είναι η επώθηση των μαρμάρων πάνω σε οφειόλιθους, όπως, ακριβώς και στην πηγή Ανθεμίων. Πλήθος μικροτεκτονικών στοιχείων, συναντάται και στην περιοχή του Λουτροχωρίου, που αντιπροσωπεύονται κυρίως, από μικροπτυχές και από ένα έντονα αναπτυγμένο σύστημα κατατμήσεων.

Τα μετεωρικά νερά κατεισδύουν σε αρκετά μεγάλο βάθος μέσω των ρηγμάτων του δυτικού περιθωρίου της λεκάνης Θεσσαλονίκης-Γιαννιτσών. Στη διαδρομή τους αυξάνουν τη θερμοκρασία τους και έτσι διαλύουν διάφορα ιόντα από τους υποκείμενους σερπεντίνες. Στη συνέχεια αρχίζουν την ανοδική τους πορεία, που προκαλείται από την πίεση των διαλυμένων αερίων, με αποτέλεσμα να διέρχονται μέσω των μαρμάρων και να εμπλουτίζονται με ανάλογα ιόντα. Στα μάρμαρα λογικά σχηματίζεται και ο αρχικός υδροφόρος της πηγής. Ο τελικός θερμομεταλλικός υδροφορέας σχηματίζεται περίπου σε βάθος 30-80 μέτρων, όπου μειώνεται και η θερμοκρασία του λόγω της ανάμιξης του με «κοινά» νερά. Η άνοδος μέσω του κύριου ρήγματος είναι ταχεία, ενώ η μετέπειτα πορεία του νερού μέσω των πλειστοκαινικών αποθέσεων είναι ιδιαίτερα αργή. Εντός αυτών των αποθέσεων εκδηλώνεται ουσιαστικά και η πηγή (Αγγελόπουλος, 2014).

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Το υδρογεωλογικό καθεστώς της περιοχής είναι ουσιαστικά το ίδιο με αυτό που προαναφέρθηκε για την πηγή Αγίου Νικολάου Ανθεμίων καθώς πρόκειται για τα ίδια υδροφόρα συστήματα αφού οι δύο πηγές βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση.

Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού πραγματοποιήθηκαν δύο δειγματοληψίες. Η πρώτη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μελέτης το 1984 από το Ι.Γ.Μ.Ε. , αφορά στο νερό της κοινοτικής γεώτρησης, ενώ η δεύτερη, έλαβε χώρα το 2013 και αφορά το νερό

της πηγής Λουτροχωρίου. Παρακάτω (Πίνακες 12&13) παρατίθενται οι πίνακες με τα αντίστοιχα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων.

Όπως προκύπτει από τους Πίνακες 12&13, η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται περί τους 21°C, χωρίς να παρουσιάζει αξιόλογες μεταβολές. Η πηγή της περιοχής είναι μία με παροχή 18m³/h, ενώ υπάρχουν και τρεις γεωτρήσεις, μια κοινοτική (απ' όπου και οι μετρήσεις του 1984) και δύο ιδιωτικές. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσιάζει απόκλιση μεταξύ των δύο σημείων και χρονολογιών, καθώς στην γεώτρηση κατά τη μελέτη του 1984 μετρήθηκε στα 1020μS/cm, ενώ στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2013 στην πηγή μετρήθηκε στα 762μS/cm. Από τις αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν προκύπτει ότι, το στερεό υπόλειμμα είναι 0,487g/l και επομένως, το νερό χαρακτηρίζεται ως γλυκό. Οι ραδιολογικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από την AGROLAB A.E. σε δείγμα που ελήφθη στις 26/04/2013 από την πηγή έδωσαν τιμή μικρότερη από 3Bq/l (μέθοδος: gamma spectrometry according to SOP-3-08). Συνεπώς, το νερό είναι κατάλληλο προς πόση. Οι τιμές του pH καθιστούν το νερό βασικό. Σύμφωνα με τους ιοντικούς λόγους (Mg²⁺/Ca²⁺) διαπιστώνεται ότι οι υδροφορείς αναπτύσσονται, κυρίως, μέσα σε ασβεστόλιθους και μάρμαρα. Η προέλευση των νερών είναι μετεωρική. Οι υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων ασβεστίου, μαγνησίου και οξυανθρακικών οφείλεται στην παρουσία ανθρακικών πετρωμάτων. Δείκτες ρύπανσης, όπως NO₃⁻, δεν ανιχνεύονται, παρά τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στην περιοχή. Οι συγκεντρώσεις τους φυσικά θα πρέπει να ελέγχονται

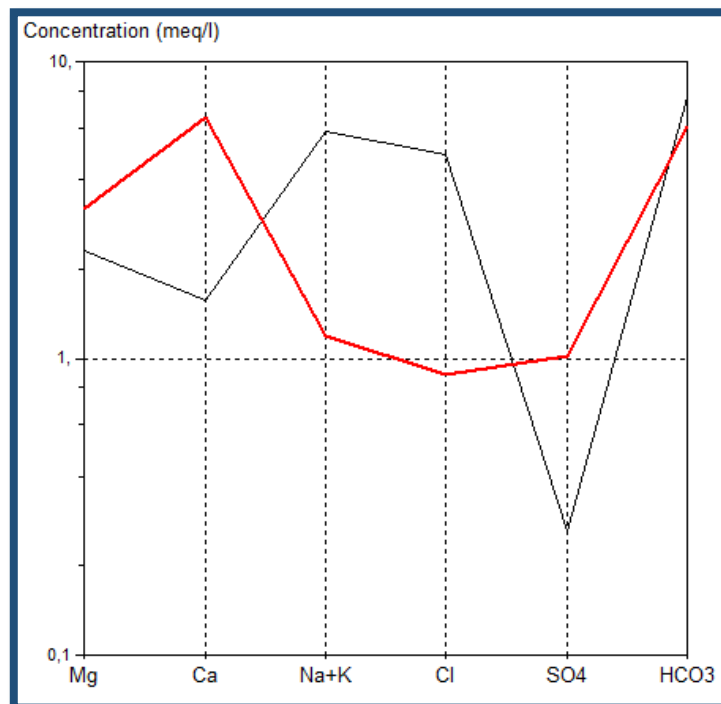
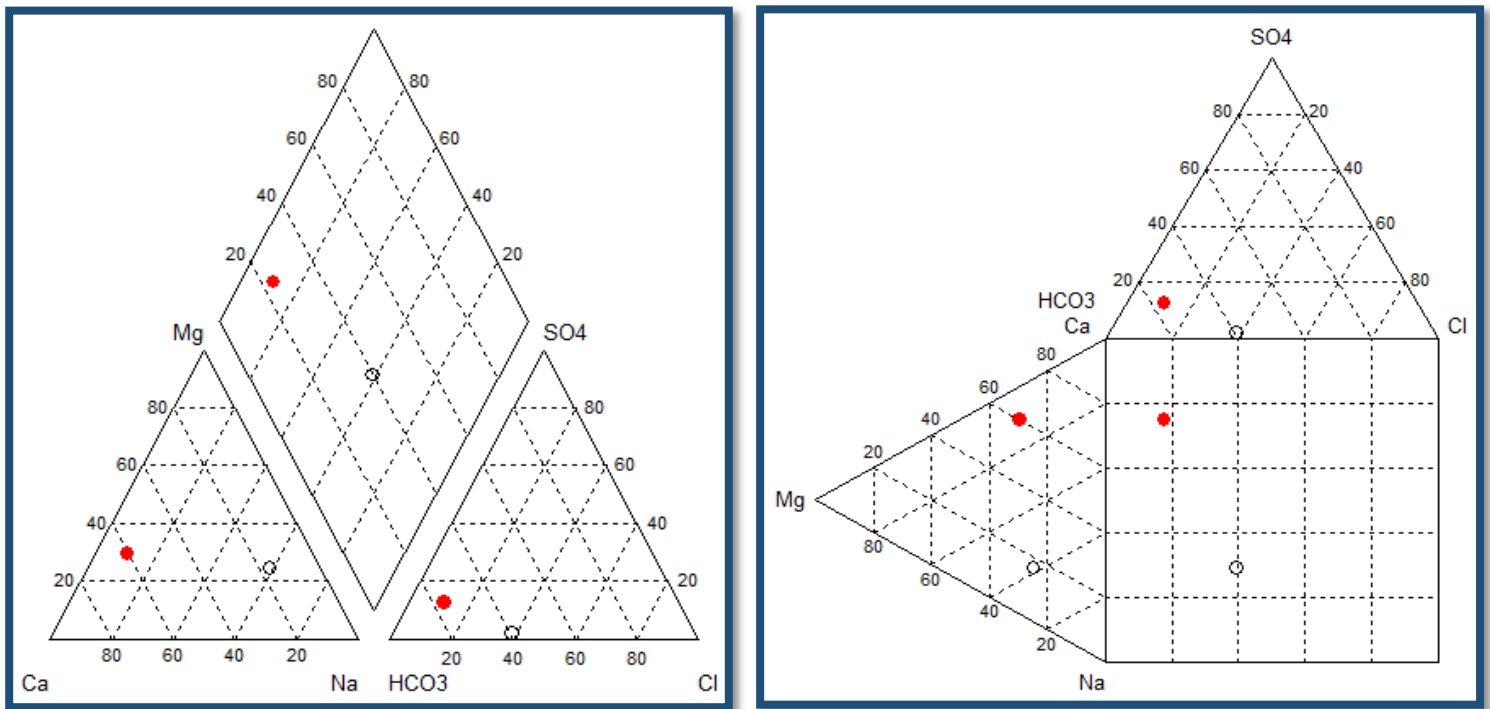
Πίνακας 11: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της γεώτρησης Λουτροχωρίου Σκύδρας το έτος 1984

ΔΕΙΓΜΑ: ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΛΟΥΤΡΟΧΩΡΙΟΥ ΣΚΥΔΡΑΣ					
ΕΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 1984					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	7,4	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1020	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	-		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	20,8	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	-		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	126,5	5,502	Cl ⁻	171,98	4,850
K ⁺	12,5	0,319	HCO ₃ ⁻	461,90	7,571
Ca ⁺	31,36	1,565	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	28,21	2,320	F ⁻	-	-
Fe ²⁺	0,04	0,001	SO ₄ ²⁻	12,48	0,259
Zn ²⁺	0,020	0,0006	PO ₄ ³⁻	-	-
Mn ²⁺	0,023	0,0008	NO ₃ ⁻	-	-
Li ⁺	-	-	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	-	-	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	-	-	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		9,708	ΣΥΝΟΛΟ		12,680
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	10,7				
B	-				

Πίνακας 12: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της γεώτρησης Λουτροχωρίου Σκύδρας στις 16/09/2013

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΛΟΥΤΡΟΧΩΡΙΟΥ ΣΚΥΔΡΑΣ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 16/09/2013					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	8,0	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	26,9		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	762	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	17,5		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	0,487	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:	9,4		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	21	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	0		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	25,3	1,100	Cl ⁻	31,2	0,880
K ⁺	3,4	0,087	HCO ₃ ⁻	368	6,031
Ca ⁺	130	6,487	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	38,7	3,183	F ⁻	0,57	0,030
Fe ²⁺	0	0	SO ₄ ²⁻	49	1,020
Zn ²⁺	0	0	PO ₄ ³⁻	-	-
Mn ²⁺	0	0	NO ₃ ⁻	0	0
Li ⁺	-	-	NO ₂ ⁻	0	0
Sr ²⁺	0,44	0,010	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	0,51	0,028	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ			ΣΥΝΟΛΟ		
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	-				
B	0,61				

Παρακάτω παρατίθενται τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller (Σχήμα 9).



Σχήμα 8: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Λουτροχωρίου Σκύδρας

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής του Λουτροχωρίου Σκύδρας χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Υπόθερμο** (20°C-34°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα (T.D.S): **μεσομεταλλικό** (0,2-1 g/l) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** ($R < 266,6$ Bq/l)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Ca-Mg-HCO₃, ασβεστούχο-μαγνησιούχο-οξυανθρακικό**.

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή Λουτροχωρίου μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SiT₂C₁RiE_H-Ca**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι ιαματικές πηγές Λουτροχωρίου, είναι ευρέως γνωστές για τις ποκίλες θεραπευτικές τους ιδιότητες. Λειτουργήσαν κατά το παρελθόν με επισκέπτες από διάφορα μέρη της Μακεδονίας, κυρίως για δερματικές παθήσεις. Το μεταλλικό νερό της πηγής Λουτροχωρίου ενδείκνυται επίσης για τις παθήσεις του πεπτικού συστήματος και παθήσεις των πνευμόνων. Τέλος, καθώς και για παθήσεις του μυοσκελετικού συστήματος υπό την μορφή λουτροθεραπείας .

4.4 Πηγές Μεταλλικού Κιλκίς

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η φυσική μεταλλική πηγή Γιάννες, βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του οικισμού Μεταλλικού Κιλκίς, το οποίο βρίσκεται 3km δυτικά της πόλης. Γιάννες είναι ουσιαστικά η ονομασία του Μεταλλικού κατά την περίοδο της Τουρκοκρατίας.

Οι κοιλάδες και οι χείμαρροι της περιοχής προσανατολίζονται παράλληλα με τις παρατάξεις των σχηματισμών του υποβάθρου. Η μορφολογία της περιοχής χαρακτηρίζεται από απότομα πρανή, κοιλάδες σχήματος V και κοίτες μεγάλων κλίσεων (Αγγελίδης, Κοντζόγλου, Δικιανίδου, 1998).

Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για την πηγή Μεταλλικού δεν υπάρχουν διαθέσιμα κλιματικά στοιχεία.

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης γεωτεκτονικά εντάσσεται στην Περιοδοπική ζώνη, στο όριο επαφής της με τη Σερβομακεδονική. Η επαφή των δύο ζωνών είναι τεκτονική και μάλιστα τα στρώματα εμφανίζονται ανεστραμμένα. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη φάση πτυχώσεων που συντελέστηκε κατά το Τριτογενές και έχει ως αποτέλεσμα η Σερβομακεδονική κρυσταλλοσχιστώδης μάζα να επιπνέει τα νεότερα Περμοτριάδικά μεταϊζήματα της Περιοδοπικής (Μουντράκης, 2010). Η Περιοδοπική ζώνη έχει πλάτος 10-20km και διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Τοποθετήθηκε από τον Kauffman (1976) ως η εσωτερικότερη των Ελληνίδων. Η διάκριση ανάμεσα στην Περιοδοπική και την υποζώνη Παιονίας δεν είναι ακόμα σαφής καθώς δεν υπάρχει κάποιο ξεκάθαρο όριο στα πετρώματα τους. Η Περιοδοπική ζώνη συγκροτείται κατά βάση από τρεις ενότητες. Από τα δυτικά προς τα ανατολικά αυτές είναι οι εξής: 1. Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά, 2. Μελισσοχώρι-Χολομώντας, 3. Άσπρη Βρύση-Χορτιάτης.

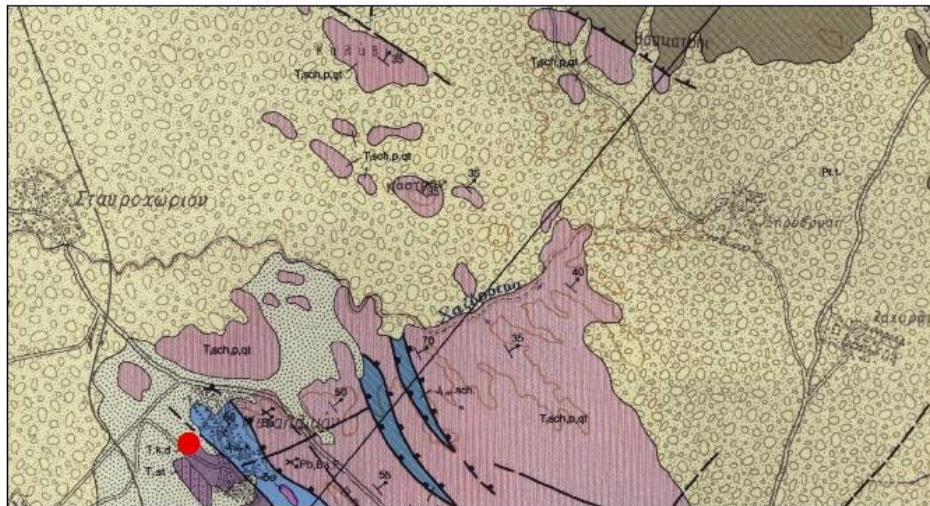
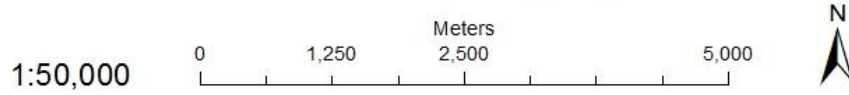
Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή καλύπτεται κυρίως από Τεταρτογενείς αποθέσεις, που προέκυψαν από την αποσάθρωση των γειτονικών πετρωμάτων. Οι σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή είναι οι ακόλουθοι (Χάρτης 7):

- Μια ανώτερη ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά ηλικίας Άνω Ηωκαίνου-Κάτω Ολιγοκαίνου σύμφωνα με τον Mercier. Αποτελείται από χαλαζιακούς πορφύρες και ιζηματογενή πετρώματα. Η σειρά αυτή είναι αποτέλεσμα όξινης ηφαιστειακής δραστηριότητας που έλαβε χώρα στην Ανατολική Παιονία.
- Μια κατώτερη ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, αποτελούμενη από μεταμορφωμένα ηφαιστειακά πετρώματα, όπου κατά τόπους παρεμβάλλονται βασικά πυριγενή πετρώματα που έχουν υποστεί μεταμόρφωση.
- Μια ιζηματογενής σειρά ηλικίας Κάτω Τριαδικού.
- Ένας φλυσχοειδής σχηματισμός Περμοτριάδικής ηλικίας, που περιλαμβάνει ψαμμιτικούς ασβεστολίθους, που σταδιακά μεταβάλλονται σε ασβεστιτικούς ψαμμίτες.








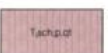

Οι πηγές συναντώνται μέσα στην Άνω Τριαδική ανθρακική σειρά και αναβλύζουν από τις διακλάσεις των ασβεστολίθων (Αγγελίδης, 2000).

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ- ΦΥΛΛΟ ΧΕΡΣΟΝ


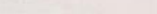

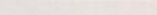







ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Ιλύς, άργιλο και άμμοι		Ασβεστόλιθοι
	Αποθέσεις στις κοίτες, σύγχρονες αναβαθμίδες		Ασβεστόλιθοι και δολομίτες
	Υλικά αποσάθρωσης		Ψαμμίτες
	Ποταμοχερσαίες αποθέσεις		Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά
	Πρώτος φλύσχης		

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικό όριο ορατό	
Γεωλογικό όριο ενδεικτικό	
Ρήγμα	
Ρήγμα ορατό και πιθανή προέκτασή του	
Επώθηση και πιθανή προέκτασή της	
Εφίπτευση	
Διεύθυνση και κλίση στρωμάτων	
Διεύθυνση και κλίση σχιστότητας	
 Θέση πηγής	



Χάρτης 6: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Χέρσον

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Από τη γεωφυσική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή δυτικά του Μεταλλικού (Παπαδόπουλος Ε.Θ.Ε., 2003) διαπιστώθηκαν δύο συστήματα ρηγμάτων. Ένα κύριο με ρήγματα διεύθυνσης Β-Ν και ένα δευτερεύον με διεύθυνση Α-Δ. Τα κανονικά ρήγματα της περιοχής, οφείλουν τη δημιουργία τους στον εφελκυσμό του Τεταρτογενούς. Τα ρήγματα αυτά συνετέλεσαν στον σχηματισμό της υπολεκάνης Χέρσου. Στα σημεία όπου αυτά διασταυρώνονται, όπου η δομή των πετρωμάτων είναι πιο ασθενής, δημιουργούνται «ζώνες ανόδου» και εκδήλωσης μεταλλικών πηγών.

Στο γεωλογικό χάρτη του ΓΜΕ-Φύλλο Χέρσον απεικονίζονται:

1. Η εφίπλευση της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς (Ηλικίας Κ. Τριαδικού) της Ενότητας Ντεβέ Κοράν-Δουμπιά, επί των ασβεστολίθων της ίδιας ενότητας (ηλικίας Μ. Ιουρασικού)
2. Το ανάστροφο ρήγμα μεταξύ των ασβεστολίθων Μ. Ιουρασικού και των Δολομιτών-Ασβεστολίθων Μ. Τριαδικού
3. Κανονικά ρήγματα επί της ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς Κ. Τριαδικού, με διευθύνσεις: ΒΔ-ΝΑ και ΑΒΑ-ΔΝΔ.

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής, εμφανίζουν τα εξής χαρακτηριστικά ως προς την περατότητά τους (Αγγελίδης, 2000):

- **Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Παλαιογενούς**

Αποτελείται κυρίως από ρυολιθικά και φυλλιτικά πετρώματα. Ο συντελεστής περατότητας για τα πετρώματα αυτά κυμαίνεται από 10^{-6} - 10^{-9} m/s, πράγμα που τα καθιστά αδιαπέρατα. Το πορώδες των ρυολιθικών πετρωμάτων κυμαίνεται μεταξύ 0,1-3,5% και των φυλλιτικών 8-30%.

- **Ανθρακική σειρά Μ. Τριαδικού- Μ. Ιουρασικού**

Το πορώδες και η περατότητα των σχηματισμών της σειράς αυτής ποικίλουν, με αποτέλεσμα να διακρίνονται αδιαπέρατοι, ημιπερατοί και εξαιρετικά περατοί σχηματισμοί. Ο συντελεστής περατότητας για τους ασβεστολίθους

και τα μάρμαρα παίρνει τιμές μεταξύ 10^{-2} - 10^{-5} m/s και το πορώδες μεταξύ 0,5-17%.

- **Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά Κ. Τριαδικού**

Η σειρά αυτή αποτελείται από ιζηματογενή πετρώματα και μεταβασίτες. Οι τιμές της περατότητας για τα αργιλικά ιζήματα τα καθιστούν πρακτικώς αδιαπέρατα (10^{-6} - 10^{-9} m/s). Το πορώδες κυμαίνεται μεταξύ 8-30%. Για τους μεταβασίτες, οι περατότητες είναι της τάξης των 10^{-5} - 10^{-8} m/s (ημιπερατά πετρώματα) και το πορώδες κυμαίνεται μεταξύ 0,05-3%

- **Σηματομορφολογικός Εξαμίλιου (Φλυσχοειδής σηματομορφολογικός Περίοδος)**

Ο συντελεστής περατότητας για τα πετρώματα που συγκροτούν τη σειρά αυτή παίρνει τιμές από 10^{-3} - 10^{-5} m/s και το πορώδες 5-30%.

Z. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο μεταλλικός υδροφορέας της περιοχής, εκφορτίζεται σε επτά πηγές, πράγμα που σημαίνει ότι η μεταλλική πηγή «Γιάννες»-Μ1 αποτελεί μέρος ενός γενικότερου συστήματος αναβλύσεων στην περιοχή. Λαμβάνοντας υπόψη τα σημεία εμφάνισης των πηγών καθώς και την γεωλογική δομή της περιοχής, δίνεται η εικόνα ενός τοξοειδούς μετώπου φυσικών αναβλύσεων στα όρια των προσχώσεων με τους ασβεστόλιθους. Παρακάτω παρατίθενται αποτελέσματα μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην πηγή Μ1 στις 27/5/1987, καθώς και στις 7/7/2000 (Πίνακες 14 & 15).

Η θερμοκρασία του νερού όπως φαίνεται από τους Πίνακες 14&15 δεν κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, καθώς στις αναγραφόμενες ημερομηνίες καταγράφηκαν τιμές μεταξύ 15-16°C. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα παρουσιάζει υψηλές τιμές, ενώ δεν παρατηρείται μεταβολή στην τιμή της ($2400\mu\text{S}/\text{cm}$ και $2450\mu\text{S}/\text{cm}$) με την πάροδο του χρόνου. Μέτρηση του στερεού υπολείμματος καταγράφηκε μόνο στη μελέτη που πραγματοποιήθηκε το 2000 και η τιμή που παρατηρήθηκε για την πηγή Μ1 είναι $1,57\text{g}/\text{l}$, τιμή που καθιστά το νερό γλυκό. Σύμφωνα με την έκθεση μέτρησης φυσικής ραδιενέργειας (Μισαηλίδη, 2000), οι υπολογισθείσες τιμές της ραδιενέργειας (με γ-φασματοσκοπική μέτρηση) κυμαίνονται σε κανονικά επίπεδα (συνολική ραδιενέργεια: $3,74\text{Bq}/\text{l}$). Η αυξημένη συγκέντρωση Na^+ , K^+ και Cl^- οφείλεται στην

παρουσία των δύο ηφαιστειοϊζηματογενών σειρών, ενώ η αυξημένη συγκέντρωση Ca^+ , Mg^{2+} και HCO_3^- οφείλεται στη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων.

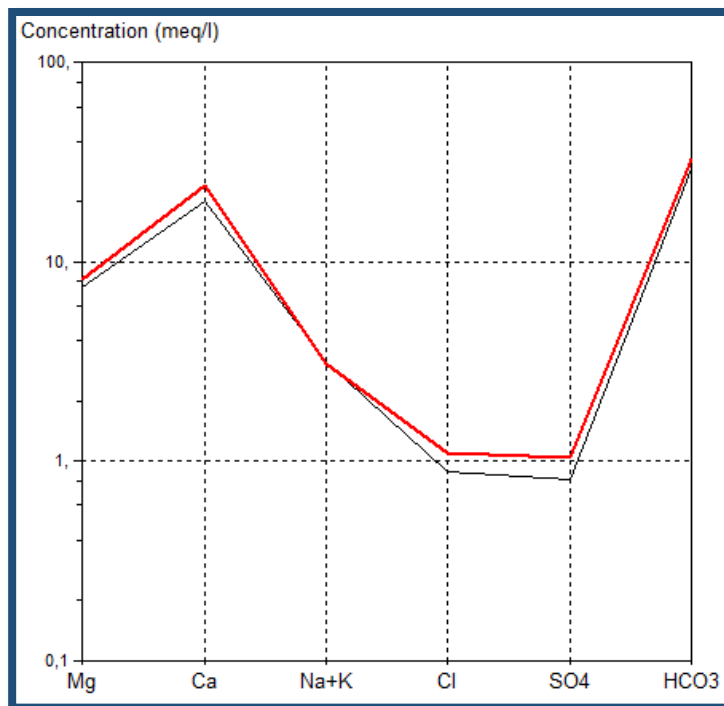
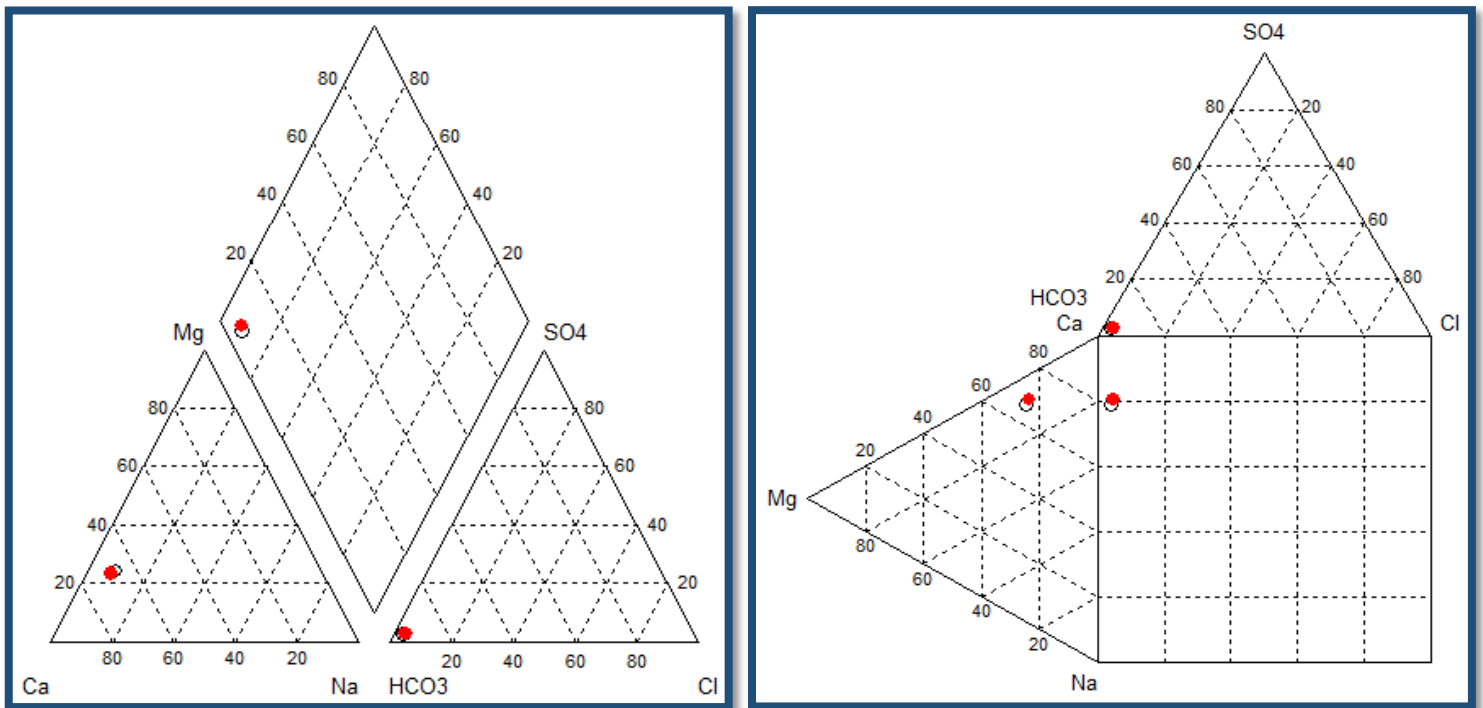
Πίνακας 13: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Γιάννες στις 25/05/1987

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΓΙΑΝΝΕΣ-M1					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 27/05/1987					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,0		ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	161,2	
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	2400		ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	161,2	
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-		ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	0,00	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	15		ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	-	
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na^+	60,0	2,609	Cl^-	38,88	1,096
K^+	19,0	0,486	HCO_3^-	2006,9	32,895
Ca^+	480,0	23,952	HS^-	-	-
Mg^{2+}	100,0	8,227	F^-	0,12	0,006
Fe^{2+}	0,0086	0,0003	SO_4^{2-}	50,0	1,041
Zn^{2+}	-	-	PO_4^{3-}	0,01	0,0003
Mn^{2+}	0,66	0,024	NO_3^-	2,39	0,038
Li^+	0,052	0,052	NO_2^-	-	-
Sr^{2+}	1,862	0,042	I^-	-	-
NH_4^+	-	-	Br^-	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		35,3923	ΣΥΝΟΛΟ		35,076
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO_2	1192				
SiO_2	21,86				
B	-				

Πίνακας 14: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Γιάννης στις 07/07/2000

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΓΙΑΝΝΗΣ-Μ1					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 07/07/2000					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,10		ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	138,9	
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	2450		ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	138,9	
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	1,57		ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	0,00	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	16,1(29/5/00)		ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	29,5	
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	62,20	2,705	Cl ⁻	31,20	0,880
K ⁺	17,20	0,439	HCO ₃ ⁻	1799,50	29,496
Ca ⁺	405,50	20,234	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	90,00	7,404	F ⁻	0,36	0,018
Fe ²⁺	0,035	0,001	SO ₄ ²⁻	38,50	0,0801
Zn ²⁺	0,045	0,001	PO ₄ ³⁻	0,05	0,001
Mn ²⁺	0,76	0,027	NO ₃ ⁻	0,80	0,012
Li ⁺	0,06	0,06	NO ₂ ⁻	0,00	0,00
Sr ²⁺	1,80	0,04	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	0,00	0,00	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		30,911			30,4871
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	1580				
SiO ₂	22,1				
B	<0,10				

Παρακάτω παρατίθενται τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller (Σχήμα 10).



Σχήμα 9: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Μεταλλικού Κιλκίς.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής Γιάννες του νομού Κιλκίς χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Ψυχρό** (<20°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα(T.D.S):**μεταλλικό**(≥1g/l) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές**(R<266,6 Bq/l)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Ca-Mg-HCO₃**, **ασβεστούχο-μαγνησιούχο-οξυανθρακικό**

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή του Μεταλλικού μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **S1T1C3R1EΗ.ca**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το ψυχρό ιαματικό νερό της περιοχής ενδείκνυται για ποσιθεραπεία. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του πόσιμου ιαματικού νερού είναι η διουρητική του δράση. Γι' αυτό και θεωρείται ευεργετικό για το ουροποιητικό και το γαστρεντερικό σύστημα.

4.5 Πηγή Σουρωτής Θεσσαλονίκης

Α.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η πηγή Βοσκίνα όπως ονομάζεται, βρίσκεται 23χλμ. ΝΑ της Θεσσαλονίκης στο Δ/Δ Σουρωτής του Δήμου Βασιλικών και 1150μ. δυτικά του οικισμού της Σουρωτής. Βόρεια της ανάβλυσης υπάρχουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις, ενώ νότια αυτής, οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις είναι περιορισμένες.

Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για την ανάλυση του κλίματος της περιοχής, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τον μετεωρολογικό σταθμό του ΕΘΙΑΓΕ, που βρίσκεται κοντά στην περιοχή έρευνας. Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν, σε μια χρονοσειρά 1978-2005, η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται στους 15,6°C, με θερμότερο μήνα τον Ιούλιο και ψυχρότερο τον Ιανουάριο. Το μέσο ύψος βροχής για το ίδιο διάστημα ανέρχεται στα 436mm, με πιο υγρό μήνα τον Νοέμβριο και πιο ξηρό τον Αύγουστο. Οι άνεμοι που κυρίως επικρατούν στην περιοχή είναι οι Βόρειοι και Βορειοδυτικοί κατά τους μήνες Σεπτέμβριο έως Μάρτιο. Σύμφωνα με την κατάταξη Köppen το κλίμα της περιοχής είναι υγρό, μεσόθερμο με ήπιους χειμώνες και ξηρό και ζεστό θέρος (Csa). (Ναγκούλης, 2009).

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή έρευνας, εντάσσεται στη λεκάνη του Ανθεμούντα. Γεωτεκτονικά, η λεκάνη του Ανθεμούντα ανήκει στην Περιοδοπική ζώνη και συγκεκριμένα στην Ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη, με το νοτιοδυτικό τμήμα να ανήκει γεωτεκτονικά στη ζώνη Αξιού, στην ενότητα Παιονίας. Τα κατώτερα τμήματα της ενότητας Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη είναι Περμοτριάδικής ηλικίας, μετακλαστικά, ηφαιστειοκλαστικά και νηριτικά ανθρακικά ιζήματα. Ο ανώτερος ορίζοντας αποτελείται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας, μέσα στα οποία παρεμβάλλονται συχνά οφειολιθικά σώματα, αλλά και μεταμορφωμένα πετρώματα όξινης μαγματικής προέλευσης. Κύριο χαρακτηριστικό της Παιονίας είναι οι οφειόλιθοι που επιβεβαιώνουν και τον ωκεάνιο χαρακτήρα της. Τα πετρώματα της υποζώνης Παιονίας είναι καλυμμένα στην πλειοψηφία τους από Νεογενή ιζήματα με μικρές μόνο εμφανίσεις Ιουρασικών ασβεστολίθων στο νότιο τμήμα της λεκάνης του Ανθεμούντα (Μουντράκης, 2010).

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι σχηματισμοί που χαρτογραφήθηκαν στην περιοχή μελέτης έχουν ως εξής (Χάρτης 8):

Τεταρτογενές

- *Ριπίδια προσχώσεων*: πρόκειται για παλαιά ριπίδια Ολοκαινικής ως Πλειστοκαινικής ηλικίας.
- *Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων*: πρόκειται για χαλίκια και κροκάλες ποικίλης προελεύσεως και συστάσεως. Εντοπίζονται στο βόρειο και πεδινό τμήμα της περιοχής.
- *Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων*: πρόκειται για δυο αναβαθμίδες που δεν μπορούν να χαρτογραφηθούν χωριστά. Ουσιαστικά είναι κροκάλες αποτελούμενες από χαλαζίτες και γενικά μεταμορφωμένα πετρώματα και λιγότερο συχνά ασβεστολιθικά.

Νεογενές

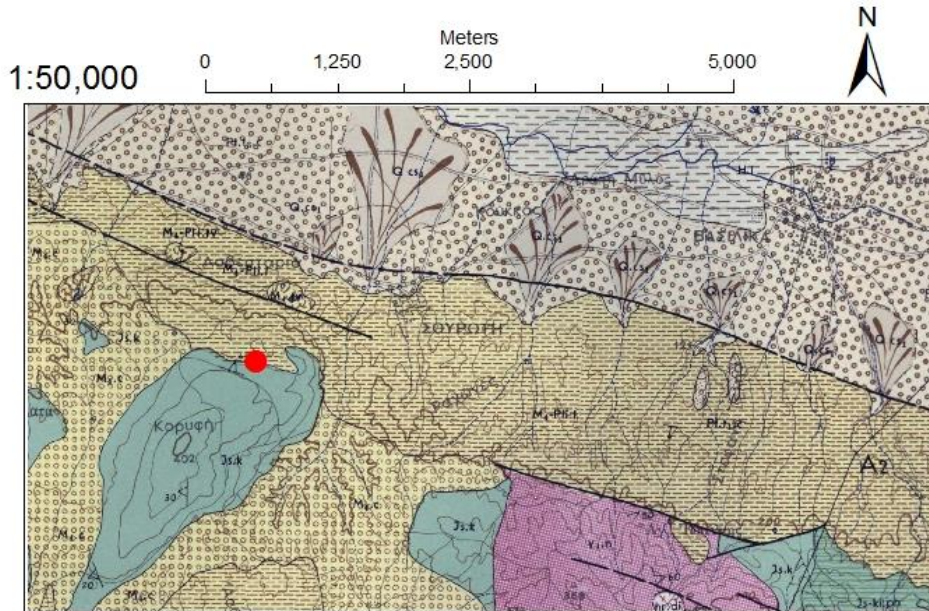
- *Σειρά ερυθρών αργίλων*: οι ερυθρές άργιλοι εμφανίζονται με φυλλάρια μαρμαρυγία και κόκκους χαλαζία. Συχνά εμφανίζονται με ενστρώσεις άμμων, μαργών, χαλαρών κροκαλοπαγών και μαργαϊκών ασβεστολίθων.
- *Τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι*: Εμφανίζονται σε μικρή έκταση και πάχος. Αποτελούν σφηνοειδείς ενστρώσεις στο σώμα των ερυθρών αργίλων και των κροκαλοπαγών.

Α. Ιουρασικό- Κ. Κρητιδικό

- *Ασβεστόλιθοι*: τεφροί ως γαλάζιοι ασβεστόλιθοι, με μεγάλο πάχος, μερικοί εξ αυτών ανακρυσταλλωμένοι. Τοπικά εμφανίζονται λεπτά στρώματα ψαμμίτη στη βάση τους. Η καρστική διάβρωση από τη δράση του νερού είναι εμφανής.

(Ναγκούλης Αθανάσιος, Σεπτέμβριος 2003)

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ-ΦΥΛΛΟ ΒΑΣΙΛΙΚΑ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Προσχώσεις κοιλάδων		Ασβεστόλιθοι
	Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων		Γρανοδιორίτης
	Ρηπίδια προσχώσεων		Κερατίτες
	Τραβερτινοειδείς ασβεστόλιθοι		
	Βασική σειρά κροκαλοπαγών		
	Σχιστόλιθοι με οριζόντες πυριτολίθων		

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικό όριο	—————
Γεωλογικό όριο, πιθανό	- - - - -
Όριο πετρογραφικών σχηματισμών. (Κατά προσέγγιση όριο των έκρηκτικών πετρωμάτων που εισόδουν στα μεταίζηματα)	—————
Ρήγμα	—————
Ρήγμα πιθανό ή καλυμμένο	- - - - -
Ρήγμα, με ένδειξη της σχετικής οριζόντιας κινήσεως	—————
Επίκρουση	—————

Θέση πηγής



Χάρτης 7: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Βασιλικά

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λεκάνη του Ανθεμούντα, όπου ανήκει η περιοχή όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα. Η λεκάνη σχηματίστηκε κατά το Ολιγόκαινο. Μετέπειτα τεκτονικά γεγονότα, ηλικίας Νεογενούς ως κάτω Τεταρτογενούς, είναι αυτά που έδωσαν στη λεκάνη τη σημερινή της μορφή. Η νεαρή ηλικία των ρηγμάτων αυτών, επιβεβαιώνεται και από τις αναβλύσεις θερμομεταλλικών πηγών στις περιοχές Σέδες, Αγίας Παρασκευής και Σουρωτής. Στους σχηματισμούς της περιοχής διαπιστώνονται δύο κύριες διευθύνσεις διαρρήξεων ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ, με μεγάλες κλίσεις (Ναγκούλης, 2013).

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι κατηγορίες των υδρολιθολογικών σχηματισμών που συναντώνται στην περιοχή έρευνας, είναι οι ακόλουθες:

- **Πετρώματα πολύ υψηλής περατότητας**: Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι, με συντελεστή κατείσδυσης που φτάνει πάνω από το 40% των κατακρημισμάτων.
- **Πετρώματα μέτριας ως μεγάλης περατότητας**: Πρόκειται για τα πλειστοκαινικά ιζήματα στο βόρειο και πεδινό τμήμα της λεκάνης. Είναι οι σχηματισμοί που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον.
- **Πετρώματα χαμηλής υδροπερατότητας (υδατοστεγανά)**: Πρόκειται για τα Νεογενή ιζήματα της περιοχής.

Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Χημικές αναλύσεις των νερών πραγματοποιήθηκαν τόσο για την πηγή Βοσκίνα όσο και σε δείγματα προερχόμενα από γεωτρήσεις. Οι αναλύσεις αυτές, έγιναν υπό την επίβλεψη του τμήματος Χημικών Μηχανικών του ΑΠΘ. Στην περιοχή βρίσκονται τέσσερις διακριτές κατηγορίες υπόγειων νερών. Η ποιότητα σαφώς είναι διαφορετική σε καθεμία από αυτές, γεγονός που οφείλεται στις διαφορετικές συνθήκες τροφοδοσίας και ανανέωσής τους. Για τον υδροφορέα ιαματικών νερών Σουρωτής έχουν γίνει αναλύσεις νερού, στην πηγή Βοσκίνα αλλά και στις γεωτρήσεις Γ1, Γ2, Γ3 και Γ5 που βρίσκονται στην περιοχή. Τα αποτελέσματα παρατίθενται παρακάτω (Πίνακες 16&17). Ο υδροφορέας του ιαματικού νερού Σουρωτής, αποτελεί μίξη νερών που προέρχονται από τα νερά των κατακρημισμάτων, που κατεισδύουν

στη λεκάνη απορροής, με ανοδικές ροές θερμομεταλλικών νερών του υφάλμυρου υδροφορέα της ζώνης Αγ. Παρασκευής (Ναγκούλης, 2009). Το pH σύμφωνα με το σύνολο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν ανέρχεται περί το 6,35 και το νερό είναι ελαφρά όξινο. Αυτό οφείλεται και στις υψηλές τιμές που παίρνει το CO₂, η προέλευση του οποίου δεν μπορεί να καθοριστεί με βεβαιότητα. Η υψηλή περιεκτικότητα σε Ca²⁺ καθώς και σε HCO₃⁻ είναι αναμενόμενη καθώς το νερό διέρχεται από ανθρακικά πετρώματα. Το νερό γενικά θεωρείται πλούσιο σε αλκάλια, όπως φαίνεται από τις συγκεντρώσεις σε Na⁺ και K⁺. Υψηλές τιμές διαπιστώνονται και στο Cl⁻, ενώ δεν ανιχνεύονται καθόλου δείκτες μόλυνσης. Η παρουσία Br⁻ στο νερό της πηγής σχετίζεται με την τροφοδοσία αυτού από τη θάλασσα. Η φυσική ραδιενέργεια της πηγής, μετρήθηκε στα 4,03Bq/l (Π. Μισαηλίδης, 2000) και κυμαίνεται σε κανονικά επίπεδα.

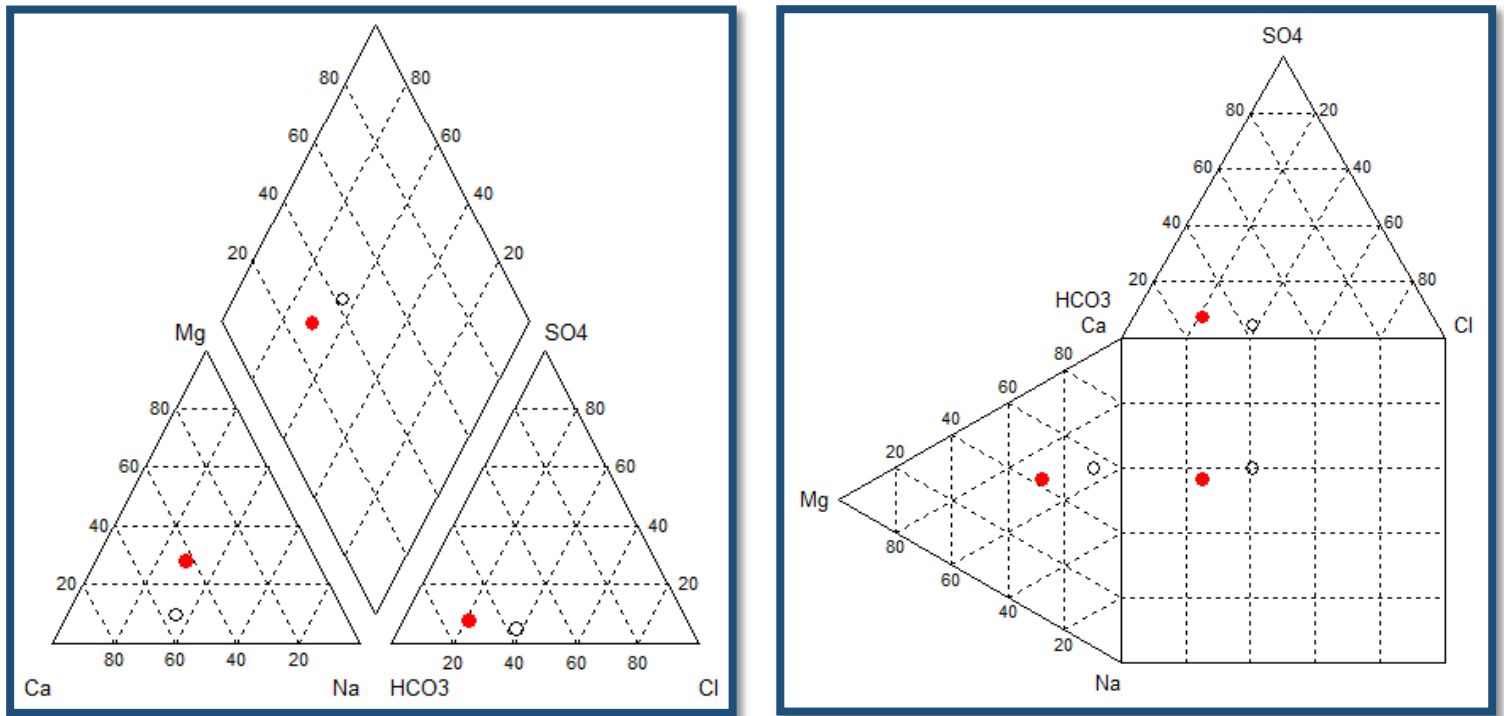
Πίνακας 15: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Σουρωτής στις 14/07/1989

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΣΟΥΡΩΤΗΣ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 14/07/1989					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,10	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	99,24		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	2490	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	99,24		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	0,00		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	18,5	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	20,41 °F		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	190,6	8,291	Cl ⁻	218,2	6,155
K ⁺	15,9	0,407	HCO ₃ ⁻	1244,4	20,396
Ca ²⁺	239,7	11,961	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	95,9	7,889	F ⁻	0,2	0,01
Fe ²⁺	0,00	0,00	SO ₄ ²⁻	104,1	2,167
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	0,00	0,00
Mn ²⁺	1,1	0,04	NO ₃ ⁻	3,5	-
Li ⁺	0,76	0,00	NO ₂ ⁻	0,00	0,00
Sr ²⁺	1,23	0,03	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	0,00	0,00	Br ⁻	0,58	0,007
ΣΥΝΟΛΟ		35,3923	ΣΥΝΟΛΟ		28,735
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	1200				
SiO ₂	90				
B	7,70				

Πίνακας 16: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Σουρωτής στις 07/07/2000

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΣΟΥΡΩΤΗΣ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 07/07/2000					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,30	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	77,30		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	2250	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	69,80		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	1,34	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	7,50		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	20	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	13,95		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	193,30	8,408	Cl ⁻	330,20	9,314
K ⁺	7,10	0,182	HCO ₃ ⁻	850,90	13,947
Ca ²⁺	263,80	13,164	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	27,70	2,279	F ⁻	0,26	0,014
Fe ²⁺		-	SO ₄ ²⁻	55,40	1,154
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	0,12	0,004
Mn ²⁺	-	-	NO ₃ ⁻	12,40	0,199
Li ⁺	-	-	NO ₂ ⁻	0,00	0,00
Sr ²⁺	0,69	0,016	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	0,00	0,00	Br ⁻	1,22	0,015
ΣΥΝΟΛΟ		35,3923	ΣΥΝΟΛΟ		24,647
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	450				
SiO ₂	18,9				
B	10,3				

Παρακάτω παρατίθενται τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller (Σχήμα 10).



Σχήμα 9: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Σουρωτής Θεσσαλονίκης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής Σουρωτής του νομού Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Ψυχρό** (20°C-34°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα (T.D.S): **μεταλλικό**($\geq 1\text{g/l}$) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** ($R < 266,6 \text{ Bq/l}$)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Ca-Na-Mg-HCO₃-Cl, ασβεστόχο-μαγνησιούχο-οξυανθρακικό**

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή της Σουρωτής μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **S1T1C3R1EΗ-cl**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο φυσικός πόρος της πηγής Σουρωτής, προσφέρεται για υδροθεραπεία με τη μέθοδο της ποσιθεραπείας σε παθήσεις του γαστρεντερικού συστήματος, νεφρολιθιάσεων και σιδηροπενικής αναιμίας. Συχνή είναι και η χρήση του και με την μέθοδο της λουτροθεραπείας σε περιπτώσεις ήπιων περιφερικών αποφρακτικών αγγειοπαθειών και ήπιας αρτηριακής υπέρτασης (thermalsprings.gr).

4.6 Πηγή Αγ. Παρασκευής Κασσάνδρας

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η πηγή Αγίας Παρασκευής είναι μια παράκτια πηγή και αναβλύζει στη βάση της κρημνώδους ακτής της νότιας Κασσάνδρας προς το Αιγαίο. Η πηγή υδρομαστεύεται σε φυσικό έγκοιλο ανοιχτής στοάς του καρστικοποιημένου ασβεστολίθου, απ' όπου το νερό μεταφέρεται στο χώρο των εγκαταστάσεων των λουτρών (Ναγκούλης, Γαβριηλίδης, 2014).

Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για το προσδιορισμό των κλιματικών χαρακτηριστικών της περιοχής, χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τον μετεωρολογικό σταθμό Κασσανδρείας. Γενικά η περιοχή παρουσιάζει μέσο ετήσιο βροχομετρικό δείκτη, της τάξης των 570mm. Η μέγιστη τιμή παρουσιάζεται το Δεκέμβριο και η ελάχιστη κατά τους θερινούς μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται στους 16,23°C σύμφωνα με δεδομένα της τελευταίας εικοσαετίας. Ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος, ενώ θερμότερη είναι η περίοδος Ιουλίου-Αυγούστου. Οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι ασθενείς, διέυθυνσης Β-ΒΔ ή ΒΑ. Σύμφωνα με την κατάταξη Köppen, το κλίμα υπάγεται στην κατηγορία Csa, με υγρό μεσόθερμο κλίμα, ξηρή περίοδο το καλοκαίρι και με τη θερμοκρασία του θερμότερου μήνα να υπερβαίνει τους 22°C.

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η Κασσάνδρα από γεωτεκτονική άποψη, δομείται από τους σχηματισμούς της υποζώνης Παιονίας. Πρόκειται κυρίως για μεταμορφωμένα αλπικά ωκεάνια ιζήματα, οφειολίθους και ανθρακικά ιζήματα Μεσοζωικής ηλικίας, που στην πλειοψηφία τους καλύπτονται από ένα παχύ στρώμα Νεογενών και Τεταρογενών ιζημάτων. Συνήθως, τα ιζήματα αυτά είναι χαλαρά, χωρίς να έχουν υποστεί διαγένεση.

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Όπως φαίνεται και από το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (Φύλλο Χερσόνησος της Κασσάδρας) η περιοχή αποτελείται από ιζήματα με το υπόβαθρο να καταλαμβάνει περιορισμένη έκταση όπου αυτό εμφανίζεται. Από λιθοστρωματογραφική άποψη, η περιοχή δομείται από τους παρακάτω σχηματισμούς από τον παλαιότερο προς το νεότερο (Συρίδης Γ., 1990):

- **Σχηματισμός Αντωνίου (Μειόκαινο)**: Αποτελείται από εναλλαγές χαλαρών κροκαλοπαγών και λευκότεφρων άμμων.
- **Σχηματισμός Τρίγλιας(Άνω Μειόκαινο)**: Αποτελείται από ερυθροστρώματα οξειδωτικού χερσαίου περιβάλλοντος απόθεσης και υπέρκειται του σχηματισμού Αντωνίου.

- **Σχηματισμός Τριλόφου (Ανώτερο Μειόκαινο)**: Απολιθωματοφόρα ιζήματα με λεπτές παράλληλες στρώσεις.
- **Σχηματισμός Γωνιάς (Πλειόκαινο)**: Πρόκειται για εναλλαγές ψαμμιτών αργίλων, κροκαλοπαγών, μαργών και μαζωδών ασβεστολίθων.
- **Σχηματισμός Μουδανίων (Άνω Πλειόκαινο- Κ. ως Μ. Πλειστόκαινο)**: Χερσοποτάμια ερυθροστρώματα με εναλλαγές φακών κροκαλοπαγών, άμμων, ψαμμιτών και αργίλων.

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα ιζήματα Τεταρτογενούς και Νεογενούς ηλικίας, από τα οποία δομείται η περιοχή, εμφανίζονται ιδιαίτερα τεκτονισμένα. Η πλειοψηφία των ρηγμάτων, εντοπίζεται παράλληλα και κατά μήκος των ακτών και οι διευθύνσεις τους είναι ΒΔ-ΝΑ, ΒΑ-ΝΔ και Β-Ν. Γενικά η Κασσάνδρα θεωρείται ένα πρόσφατο τεκτονικό κέρασ με ρηξιγενείς ακτές. Στην τελευταία περίοδο τεκτονικής δραστηριότητας (Κάτω-Μέσο Πλειστόκαινο) θεωρείται ότι οφείλεται η δημιουργία των θερμών πηγών (Θέρμη, Ελαιοχώρια, Αγία Παρασκευή) στην περιοχή (Ναγκούλης Αθανάσιος, Γαβριηλίδης Γεώργιος, 2014). Σύμφωνα με τον Ψιλοβίκο, η δράση των θερμών πηγών αρχικά ήταν ιδιαίτερα έντονη, με απόθεση τραβερτινών και ασβεστιτικών τόφφων, ενώ με την πάροδο του χρόνου περιορίστηκε σημαντικά. Στην περιοχή των πηγών, η τεκτονική δομή καθορίζεται από την παρουσία τριών ρηγμάτων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, τα οποία εντοπίζονται στην επαφή του Ιουρασικού ασβεστολίθου με τα Νεογενή ιζήματα βόρεια των λουτρών.

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στην ευρύτερη περιοχή οι κατηγορίες των σχηματισμών από υδρολιθολογική άποψη είναι οι εξής:

- **Περατοί σχηματισμοί:**
 - Οι τεταρτογενείς αποθέσεις χαλίκων και άμμων, καθώς και οι ασβεστόλιθοι του Νεογενούς, παρουσιάζουν σημαντικό υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Η μεγαλύτερη υδροφορία εμφανίζεται στα στρώματα Πλειστοκαινικής- Ολοκαινικής ηλικίας (άμμοι και χαλίκια)
 - Οι Κατω-Μειοκαινικές καστανοκίτρινες άμμοι εμφανίζουν υδροφορία μέτριας δυναμικότητας.
 - Τα οφειολιθικά πετρώματα θεωρούνται περατά μόνο σε ζώνες διάρρηξης.
 - Οι Κρητιδικοί και Ανω-Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι εμφανίζουν υδροφορία πολύ μεγάλης δυναμικότητας.
- **Ημιπερατοί σχηματισμοί:**
 - Οι εναλλαγές μαργών με αργίλους και κροκαλοπαγή Νεογενούς ηλικίας συνθέτουν ένα ανομοιογενές σύστημα όπου οι υδραυλικές παράμετροι ποικίλουν αισθητά.

-Τα Ηωκαινικά κροκαλοπαγή με ενστρώσεις χονδρόκοκκων ψαμμιτών στο ΝΔ άκρο της χερσονήσου, παρουσιάζουν επίσης ημιπερατά χαρακτηριστικά.

- **Αδιαπέρατοι σχηματισμοί:**

-Σ' αυτή την κατηγορία ανήκουν οι μαρμαρυγιούχες μάργες του Ηωκαίνου.

Z. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στα πλαίσια της μελέτης του ιαματικού φυσικού πόρου στην περιοχή της Αγίας Παρασκευής (Ναγκούλης- Γαβριηλίδης,2014), πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες νερού τον Μάιο και τον Σεπτέμβριο του 2012, καθώς και τον Νοέμβριο του 2013. Αντίστοιχες μελέτες είχαν πραγματοποιηθεί και παλαιότερα, από το 1989 μέχρι σήμερα. Ενδεικτικά παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στις 10/11/1989 και στις 4/11/2013 (Πίνακες 18 & 19).

Το νερό της πηγής παρουσιάζει σαφώς αυξημένες συγκεντρώσεις σε Na^+ και Cl^- . Οι τιμές αυτές, σε συνδιασμό και με την αυξημένη ποσότητα σε TDS υποδηλώνουν θαλάσσια προέλευση του νερού. Άλλωστε η πολύ υψηλή τιμή της αγωγιμότητας επιβεβαιώνει την ύπερξη μεγάλης ποσότητας αλάτων. Υψηλή είναι και η περιεκτικότητα σε Ca^{2+} , Mg^{2+} και HCO_3^- λόγω της διέλευσης μέσα από ανθρακικά πετρώματα με την παρουσία τόσο μαγνησίτη, όσο και δολομίτη. Τα θειικά ιόντα οφείλουν την εμφάνιση τους στην αποσύνθεση μεταλλικών θειούχων σε ρηξιγενείς ζώνες. Η έκλυση CO_2 πιθανότατα οφείλεται στη μεταμόρφωση επαφής ανθρακικών πετρωμάτων με μάγματα. Η εμφάνιση του βορίου σχετίζεται με ορυκτά που το περιέχουν ή με ηφαιστειακή δραστηριότητα. Όσο αφορά ραδιενεργές μετρήσεις, πραγματοποιήθηκε σχετική ανάλυση από το ΑΠΘ το 2012, όπου προσδιορίστηκαν $\text{Ra}_{226}=0,65 \text{ Bq/l}$, $\text{U}_{234}=0,35\text{Bq/l}$ και $\text{U}_{238}=0,79 \text{ Bq/l}$, τιμές που καθιστούν το νερό της πηγής ως νερό ασθενούς ραδιενέργειας. Συνοπτικά το νερό της Αγίας Παρασκευής έχει θαλάσσια προέλευση και διέρχεται μέσα από τεκτονισμένα ανθρακικά πετρώματα.

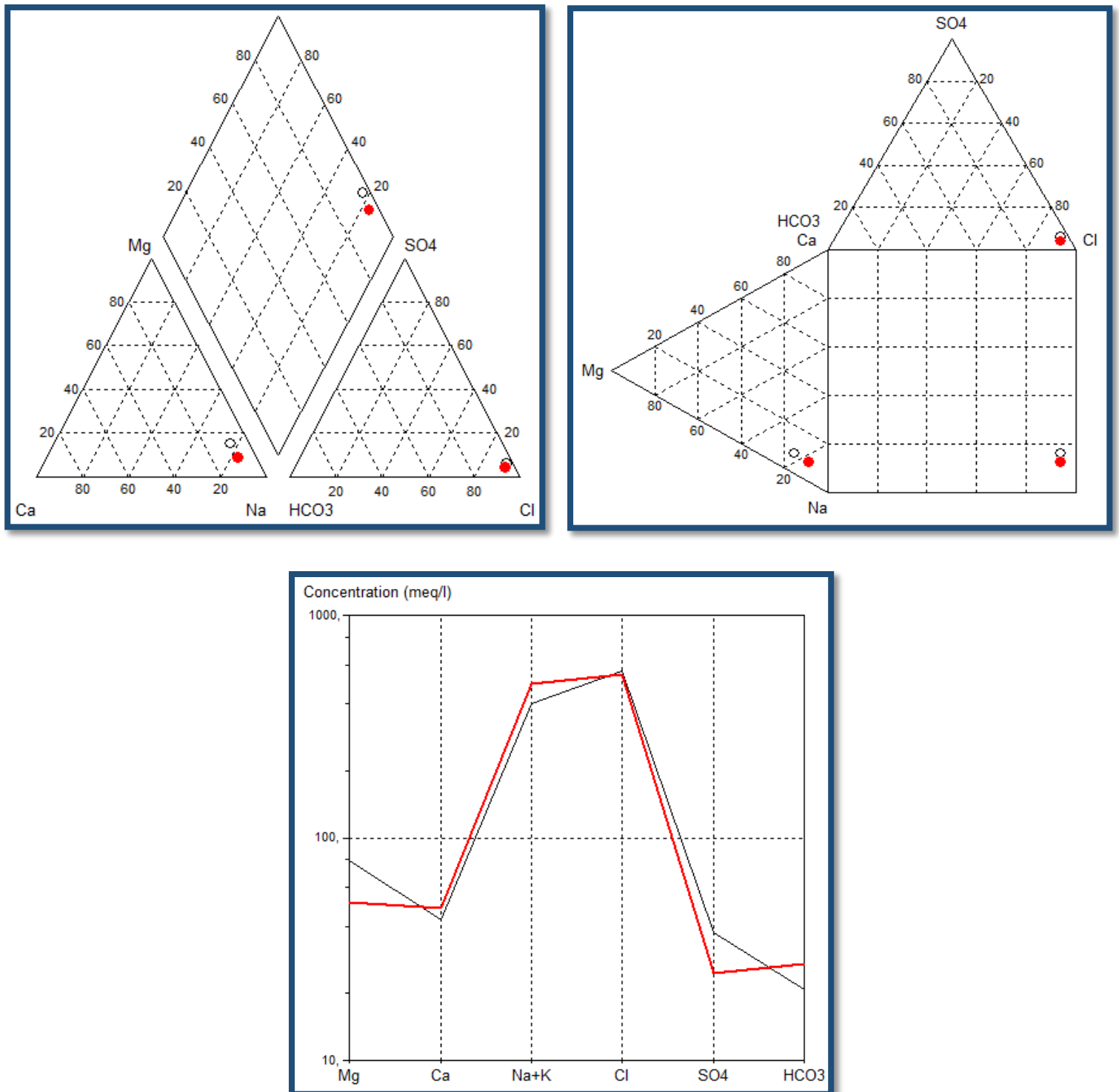
Πίνακας 17: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Αγ. Παρασκευής στις 10/11/1989

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΣΣΑΝΔΡΑΣ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 10/11/1989					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,50		ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	396,21	
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	45000		ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	135,98	
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	34,343		ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	360,23	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	~35		ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	27,21	
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	11189,4	486,707	Cl ⁻	19236,4	542,589
K ⁺	295,9	7,568	HCO ₃ ⁻	1659,2	27,196
Ca ²⁺	965,9	48,199	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	621,3	51,115	F ⁻	2,5	0,132
Fe ²⁺	0,24	0,008	SO ₄ ²⁻	1180	24,569
Zn ²⁺	0,05	0,002	PO ₄ ³⁻	-	-
Mn ²⁺	0,13	0,004	NO ₃ ⁻	-	-
Li ⁺	4,9	4,9	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	15,8	0,361	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	1,7	0,094	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		598,958	ΣΥΝΟΛΟ		594,486
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	40,1				
B	55,3				

Πίνακας 18: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Αγ. Παρασκευής στις 04/11/2013

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ ΚΑΣΣΑΝΔΡΑΣ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 04/11/2013					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,20	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	608,69		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	53500	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	104,00		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	33,602	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	504,69		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	34,2	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	20,81		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	8970,0	390,169	Cl ⁻	19904,3	561,428
K ⁺	394,0	10,076	HCO ₃ ⁻	1269,0	20,801
Ca ²⁺	862,0	43,014	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	959,0	78,898	F ⁻	2,8	0,147
Fe ²⁺	0,5	0,018	SO ₄ ²⁻	1800,0	37,478
Zn ²⁺	0,87	0,027	PO ₄ ³⁻	<0,05	-
Mn ²⁺	0,105	0,004	NO ₃ ⁻	-	-
Li ⁺	3,4	3,4	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	14,3	0,326	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	7,6	0,421	Br ⁻	50,0	0,626
ΣΥΝΟΛΟ		526,353	ΣΥΝΟΛΟ		620,48
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	410				
SiO ₂	32				
B	36				

Παρακάτω παρατίθενται τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller (Σχήμα 11).



Σχήμα 10: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Αγ. Παρασκευής Θεσσαλονίκης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής Αγ. Παρασκευής του νομού Χαλκιδικής χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Υπόθερμο ως Ομοιόθερμο** (20°C-34°C, 34°C-38°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα (T.D.S): **αλατούχο** (>10g/l)
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές**(R<266,6 Bq/l)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Na-Cl, Νατριούχο, Χλωριούχο**

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή της Αγ. Παρασκευής μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SiT₂₋₃C₄RiE_{Cl-Na}**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το ιαματικό νερό της Αγ. Παρασκευής ενδείκνυται τόσο για οστεϊκές όσο και για δερματικές παθήσεις. Στα πλαίσια της θεραπευτικής του χρήσης για παθήσεις οστών και αρθρώσεων-μυών, προτείνεται σε ασθενείς με ρευματοειδή αρθρίτιδα, αγγλωτική σπονδυλοαρθρίτιδα, δισκοπάθεια, μυτίτιδα-μυαλγία, τενοντίτιδα, παλαιά κατάγματα, αυχενικό σύνδρομο. Μεταξύ των δερματικών παθήσεων στις οποίες προτείνεται, ανήκουν οι εξής: σμηγματορροϊκή δερματίτιδα, ψωρίαση, ακμή, εκζεματοειδή. Θετικά αποτελέσματα φαίνεται να έχει και σε ουρολογικές και γυναικολογικές παθήσεις (thermalsprings.gr).

Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην ευρύτερη περιοχή της Αγ. Παρασκευής στην Κασσάνδρα Χαλκιδικής υπάρχει ένα γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας. Η θερμοκρασία προέλευσης των γεωθερμικών ρευστών εκτιμάται στους 180°C, ενώ το βάθος του ταμιευτήρα στα 3,5km.

Οι ασβεστόλιθοι του Ιουρασικού εμφανίζονται χωρίς προσμίξεις άλλων ορυκτών και καθίστανται ευαίσθητοι στη διαλυτοποίηση.Σ' αυτούς εμφανίζονται

μεγάλα έγκοιλα λόγω καρστικής διάβρωσης, όπου συγκεντρώνονται μεγάλες ποσότητες νερού. Τα νερά αυτά που κατά βάση είναι αλμυρά, οδηγούνται μέσω των ρωγμών σε μεγαλύτερα βάθη όπου και θερμαίνονται λόγω της αυξημένης θερμικής ροής. Ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διέυθυνσης διευκολύνουν την ανοδική πορεία των θερμών πλέον νερών. Στη διασταύρωση των ρηγμάτων αυτών με τα ρήγματα Β-Ν διέυθυνσης εκδηλώνονται φυσικές πηγαίες αναβλύσεις θερμού νερού. (Ναγκούλης, Γαβριηλίδης, 2014)

4.7 Πηγή Σιδηροκάστρου Σερρών

Α. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Οι πηγές Σιδηροκάστρου βρίσκονται στο νομό Σερρών, στα ανατολικά της κοιλάδας του Στρυμόνα, στην Ανατολική Μακεδονία. Ανήκουν στο Δήμο Σιντικής και απέχουν 8km από τον οικισμό του Σιδηροκάστρου. Η ευρύτερη περιοχή αναπτύσσεται στις νότιες-νοτιοδυτικές παρυφές του όρους Άγκιστρον, στο σημείο εξόδου του Στρυμόνα στην πεδιάδα των Σερρών. Το ανάγλυφο της περιοχής είναι σε γενικές γραμμές ομαλό και εμφανίζονται μικρές κλίσεις.

Β. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα δεδομένα για τον προσδιορισμό των κλιματικών στοιχείων της περιοχής, ελήφθησαν από τον βροχομετρικό σταθμό Σιδηροκάστρου για το διάστημα 1965-2003. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15,2°C με ψυχρότερο μήνα τον Ιανουάριο (3,8°C) και θερμότερο τον Ιούλιο (26,1°C). Το μέγιστο ύψος βροχόπτωσης σημειώνεται τον Νοέμβριο, ενώ το μέσο ύψος βροχής είναι στα 447,4mm. Οι επικρατέστεροι άνεμοι στην περιοχή είναι οι νότιοι. Ο τύπος του κλίματος κατά Köppen χαρακτηρίζεται ως Csa, δηλαδή μεσογειακό, με ήπιους χειμώνες και θερμό, ξηρό καλοκαίρι (Αγγελόπουλος, 2014).

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή γεωτεκτονικά ανήκει στα όρια της μάζας της Ροδόπης με τη Σερβομακεδονική ζώνη, και συγκεκριμένα στο όριο της επίπλευσης της

Σερβομακεδονικής επί της Ροδόπης. Οι σχηματισμοί που επικρατούν είναι το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της μάζας της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής μάζας. Το κρυσταλλοσχιστώδες της Ροδόπης χρονολογείται από το Προκάμβριο ως το Μεσοζωικό και το πάχος του κυμαίνεται από 10-20km. Η Σερβομακεδονική μάζα έχει υποστεί επανειλημμένες τεκτονικές επιδράσεις.

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Για την περιοχή δεν έχει εκδοθεί προς το παρόν κάποιος χάρτης από το ΓΓΜΕ. Οι σχηματισμοί που εμφανίζονται από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι εξής (Αγγελόπουλος, 2014):

- **Κρυσταλλικό υπόβαθρο**
 1. Γνεύσιοι Σερβομακεδονικής: Εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα της περιοχής, ΒΔ των πηγών και σε μικρή απόσταση από αυτές. Πρόκειται για γνεύσιους με παρεμβολές αμφιβολιτών και σχιστολίθων.
 2. Γνεύσιοι και σχιστόλιθοι Ροδόπης: Εμφανίζονται στο ΒΑ και ανατολικό τμήμα της περιοχής σε μεγάλη απόσταση από την περιοχή των πηγών. Πρόκειται για γνεύσιους, οφθαλμογνεύσιους και σχιστολίθους με παρεμβολές αμφιβολιτών.
 3. Μάρμαρα Ροδόπης: Εμφανίζονται βόρεια και βορειοανατολικά της περιοχής σε απόσταση από τις πηγές και περιλαμβάνουν φτωχής ή μέτρια στρώσης λευκά ή γκριζωπά μάρμαρα.
- **Νεογενείς αποθέσεις**
 1. Ασβεστολιθικό κροκαλοπαγές: Κροκαλοπαγές βάσης που εμφανίζεται ανατολικά των πηγών και σε μεγάλη απόσταση από αυτές. Περιλαμβάνει συν τοις άλλοις και αποθέσεις μικτών θειούχων που συνδέονται με την κυκλοφορία θερμών νερών.
 2. Αργιλοσαμμιτική σειρά: Καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της ευρύτερης περιοχής στα βόρεια και ανατολικά των πηγών και σε μικρή απόσταση από αυτές. Πρόκειται για λιμναίες και ποταμοχειμμάριες αποθέσεις με πάχος που κυμαίνεται από λίγα μέτρα ως πάνω από 350μ.
- **Τεταρτογενείς αποθέσεις**

1. Ρυόλιθοι: Εμφανίζονται 1800μ. Β-ΒΑ των πηγών και πρόκειται για ηφαιστειίτες ρυολιθικής σύστασης που προέρχονται από τη δράση του ηφαιστείου Σήτσι-Κάμεν.
2. Τραβερτίνης: Είναι το πέτρωμα αυτό που καλύπτει όλο το τμήμα του χώρου των πηγών. Εμφανίζεται συμπαγής ή πορώδεις, καρστικοποιημένος ή έντονα ρηγματωμένος με πάχος που φτάνει μέχρι και τα 50μ. Προέρχονται από την έντονη κυκλοφορία και απόθεση ανθρακικού ασβεστίου από γεωθερμικά ρευστά.
3. Ασβεστολιθικοί τόφφοι: Εμφανίζονται βόρεια των πηγών όπου καταλαμβάνουν μικρή έκταση και απέχουν 2000μ. από τις πηγές.
4. Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις: Καλύπτουν το μεγαλύτερο τμήμα δυτικά των πηγών αλλά εμφανίζονται και στο βόρειο τμήμα της ευρύτερης περιοχής μακριά από τις πηγές.

E. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η Σερβομακεδονική ζώνη έχει υποστεί επανειλημμένες τεκτονικές επιδράσεις κατά την προαλπική και αλπική περίοδο. Στην περιοχή έρευνας εντοπίζεται ένα κύριο σύστημα ρηγμάτων, με διεύθυνση Α-Δ, ένα δεύτερο με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ένα τρίτο ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, κάθετο στο προηγούμενο. Η εμφάνιση ρηγμάτων Α-Δ διεύθυνσης μέσα στα πλειοκαινικά ιζήματα, όπως εμφανίζονται και στα παλαιοζωικά στρώματα επιβεβαιώνουν ότι οι διαρρήξεις των Ερκύνιων πτυχώσεων επαναδραστηριοποιήθηκαν από το Πλειόκαινο και μετά. Ο ρόλος των ρηγμάτων αυτών λειτούργησε καθοριστικά στην κυκλοφορία των νερών σε μεγάλα βάθη καθώς και στη ανάβλυση των πηγών (Αγγελόπουλος 2014).

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες που εμφανίζονται σε κάθε σχηματισμό αναπτύσσονται αναλυτικά παρακάτω (Κνιθάκης, 1986):

- Οι αλλουβιακές προσχώσεις θεωρούνται υδροπερατές, εξαιτίας της αδρομερής σύστασής τους. Ωστόσο, στην περιοχή έρευνας το πάχος των προσχώσεων είναι μικρό και δεν εμφανίζουν ικανοποιητική υδροφορία.

- Τα **κροκαλοπαγή** παρουσιάζουν μεγάλη υδροπερατότητα. Μάλιστα αναβλύζουν καρστικές πηγές από την επιφάνειά τους. Ωστόσο, καθώς βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τις μελετούμενες πηγές δε σχετίζονται με αυτές.

- Τα **μάρμαρα** της περιοχής εμφανίζουν έντονο δίκτυο ασυνεχειών και καρστικών κοιλοτήτων και παρουσιάζουν μεγάλο συντελεστή κατείσδυσης. Βρίσκονται σε μικρή απόσταση από την θερμή πηγή στην περιοχή του Αγκίστρου και είναι πιθανό, έστω και έμμεσα να συνδέεται με την τροφοδοσία της.

- Οι **γνευσιοσχιστόλιθοι** είναι γενικά μη υδροπερατοί σχηματισμοί.

Z. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Μετρήσεις σχετικές με το φυσικοχημικό χαρακτήρα των πηγών, έχουν πραγματοποιηθεί στα πλαίσια της Υδρογεωλογικής έρευνας του Στρυμόνα υπό την επίβλεψη του Κνιθάκη Μαν. και συνεργείου εργοδηγών (Αθήνα, 1986). Ωστόσο έχουν εκπονηθεί και νεότερες μελέτες στα πλαίσια της υδρογεωλογικής έρευνας που συντάχθηκε από τον Χ. Αγγελόπουλο το 2014. Παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα των μετρήσεων που καταγράφηκαν στις 25/05/1982 και στις 18/01/2014 (Πίνακες 20 & 21).

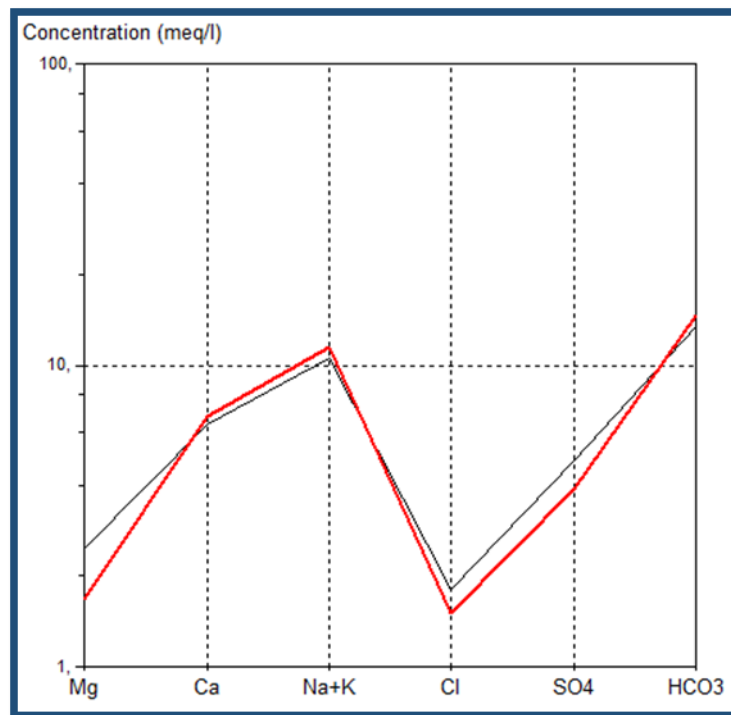
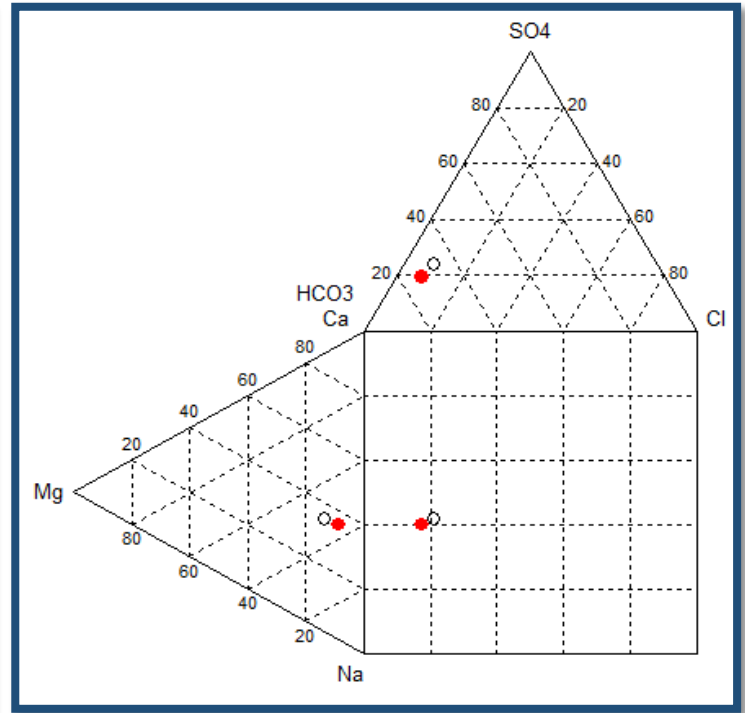
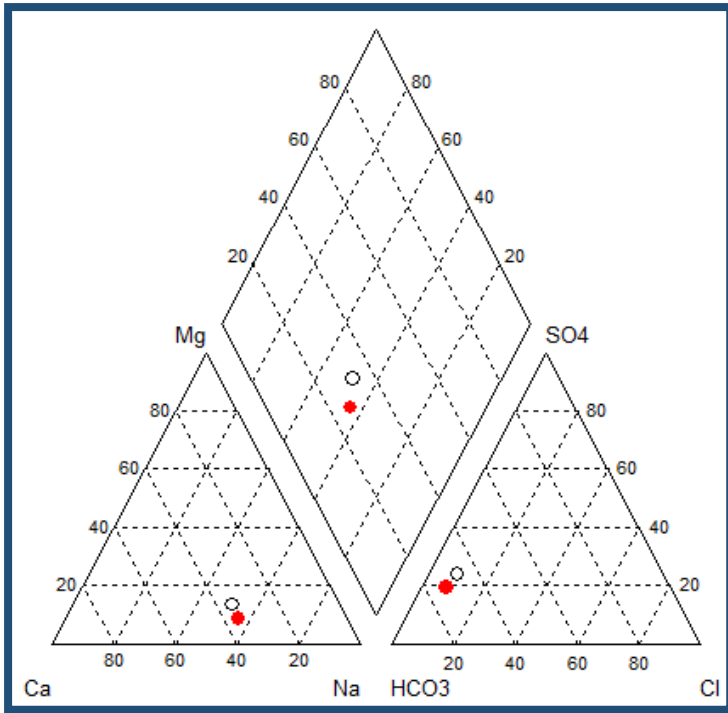
Η θερμοκρασία του νερού καταγράφηκε πάνω από τους 40°C και στις δύο διαθέσιμες μετρήσεις. Σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού παρατηρείται ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται σε HCO_3^- , SO_4^{2-} και Na^+ . Τα αυξημένα θειικά πιθανώς δικαιολογούνται από την παρουσία μεταλλοφορίας μεικτών θειούχων στην περιοχή. Τα νερά κατά την άνοδο τους πιθανώς διέρχονται μέσα από τα θειούχα κοιτάσματα και να εμπλουτίζονται με τα αντίστοιχα ιόντα. Μέτρηση του CO_2 στα 310mg/l κατατάσσει το νερό στα μετρίως ανθρακούχα. Η μέση σταθμισμένη τιμή ραδιενέργειας ραδονίου παρουσιάζει μέση τιμή 47,6Bq/l, γεγονός που χαρακτηρίζει το νερό ως ασθενώς ραδιενεργό. Η προέλευση του νερού είναι μετεωρική. Παρακάτω παρατίθενται τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller (Σχήμα 12).

Πίνακας 19: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Σιδηροκάστρου στις 25/05/1982

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ Δ. ΣΙΝΤΙΚΗΣ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 25/05/1982					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	7,3		ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-	
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1900		ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-	
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-		ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	43		ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	-	
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	241,5	10,504	Cl ⁻	53,25	1,501
K ⁺	39,88	1,019	HCO ₃ ⁻	886,94	14,538
Ca ²⁺	134,66	6,719	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	20,42	1,679	F ⁻	-	-
Fe ²⁺	0,04	0,001	SO ₄ ²⁻	186,83	3,890
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	-	-
Mn ²⁺	-	-	NO ₃ ⁻	-	-
Li ⁺	0,84	0,84	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	-		I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	-		Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		20,762	ΣΥΝΟΛΟ		19,929
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	70				
B	3,60				

Πίνακας 20: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Σιδηροκάστρου στις 18/01/2014

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ Δ. ΣΙΝΤΙΚΗΣ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 18/01/2014					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,7		ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	44,3	
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1770		ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	44,3	
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	1,22		ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	0	
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	44,3		ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	13,5	
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	216	9,395	Cl ⁻	64	1,805
K ⁺	44	1,125	HCO ₃ ⁻	824	13,506
Ca ²⁺	128	6,387	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	30	2,468	F ⁻	3,8	0,200
Fe ²⁺	-	-	SO ₄ ²⁻	232	4,830
Zn ²⁺	0,77	0,023	PO ₄ ³⁻	0,06	0,002
Mn ²⁺	-	-	NO ₃ ⁻	-	-
Li ⁺	0,44	0,44	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	0,83	0,018	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	-	-	Br ⁻	0,95	
ΣΥΝΟΛΟ		19,856	ΣΥΝΟΛΟ		20,343
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	308				
SiO ₂	77				
B	2,4				



Σχήμα 11: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Σιδηροκάστρου Σερρών.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής Σιδηροκάστρου του νομού Σερρών χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Υπέρθερμο** (>38°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα(T.D.S): **Μεταλλικό** (>1g/l) ως προς τη μεταλλικότητά του και οριακά **υφάλμυρο** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές**(R<266,6 Bq/l)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Na-Ca-HCO₃-SO₄, Οξυανθρακούχο-Νατριοασβεστούχο**

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή Σιδηροκάστρου μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SI₄T₄C₂R₁E_H-Na**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο ιαματικός φυσικός πόρος της περιοχής Σιδηροκάστρου ενδείκνυται για λουτροθεραπεία για παθήσεις του μυοσκελετικού συστήματος, καθώς και ρευματικών και αυτοάνοσων νοσημάτων. Επίσης ενδείκνυται και για ποσιθεραπεία για παθήσεις του γαστρεντερικού, ουροποιητικού και καρδιαγγειακού συστήματος, ενώ δυνατές είναι και οι στοματοπλύσεις για πρόληψη οδοντικών προβλημάτων. Αντιθέτως, λόγω της παρουσίας ελεύθερου CO₂ στο νερό θα πρέπει να αποφεύγεται από ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια και ασθενείς που έχουν υποστεί πρόσφατα έμφραγμα. Ομοίως θα πρέπει να αποφεύγεται από άτομα που εμφανίζουν αναπνευστικά προβλήματα (Τσαλιγόπουλος Μ., 2013).

Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η πηγή θερμότητας για τα περισσότερα γεωθερμικά συστήματα είναι το μάγμα (Bjornsson και Stefansson-1987, Κατσιφαράκης-1987). Το ψυχρό νερό κατεισδύει σε βαθύτερα στρώματα και θερμαίνεται με αγωγή, ερχόμενο σε επαφή με κάποιο μαγματικό όγκο. Με αυτή τη διαδικασία θερμαίνονται και τα νερά στην περίπτωση των Λουτρών Σιδηροκάστρου. Το βάθος στο οποίο το γεωθερμικό ρευστό αποκτά τη

μέγιστη θερμοκρασία του κατά την καθοδική του κίνηση προς το γεωθερμικό ταμιευτήρα έχει υπολογιστεί στα 2170 μέτρα (Νομικού Π., 2002).

Κατά την πορεία του προς το γεωθερμικό ταμιευτήρα το νερό εμπλουτίζεται σε ιόντα και SiO₂, καθώς και σε αέρια CO₂, H₂S, και HCl, που προέρχονται πιθανόν από διαδικασίες μαγματισμού ή βιογενείς. Η έξοδος στην επιφάνεια του θερμού, πλέον, νερού γίνεται μέσω ρηγμάτων. Κατά την εκροή του στην επιφάνεια, λόγω της μεταβολή των συνθηκών πίεσεως και θερμοκρασίας του οξυανθρακικού γεωθερμικού ρευστού, όντας κορεσμένο σε CaCO₃, αποθέτει μεγάλες ποσότητες αυτού υπό τη μορφή τραβερτίνη.

4.8 Πηγή Λαγκαδά Θεσσαλονίκης

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Τα ιαματικά λουτρά Λαγκαδά βρίσκονται στην κοιλάδα της Μυγδονίας και σε απόσταση 2χλμ περίπου ανατολικά της πόλης του Λαγκαδά. Τα θερμομεταλλικά νερά που τροφοδοτούν τις εγκαταστάσεις των λουτρών βρίσκονται νότια του οικισμού Λαγκαδά. Η λεκάνη της Μυγδονίας αποτελεί το κυριότερο γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό της περιοχής και αποτελείται από δύο υπολεκάνες, του Λαγκαδά με τη λίμνη Κορώνεια στα δυτικά και της Βόλβης με την ομώνυμη λίμνη στα ανατολικά (Ψιλοβίκος, 1977).

B. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα κλιματικά στοιχεία που είναι διαθέσιμα, προέρχονται από το μετεωρολογικό σταθμό Λαγκαδά. Η διακύμανση των βροχοπτώσεων ετησίως (σύμφωνα με τα δεδομένα της εικοσαετίας 1970-1990), παρουσιάζει δύο μέγιστα, τους μήνες Νοέμβριο και Απρίλιο-Μάιο και ελάχιστη τιμή τον Σεπτέμβριο. Η μέση τιμή της βροχόπτωσης για το διάστημα 1950-1989 υπολογίστηκε στα 584,9mm. Σύμφωνα με στοιχεία της περιόδου 1970-1990, η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα είναι στους 15°C (Μπαλαφούτης, 1977), ενώ σε νεότερες δημοσιεύσεις, καταγράφηκε μέση θερμοκρασία στους 13,55°C (Βατσέρης, 1992). Η θερμότερη περίοδος είναι αυτή του Ιουλίου-Αυγούστου, ενώ ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος. Βάσει των προαναφερθέντων στοιχείων, το κλίμα της περιοχής κατατάσσεται στον ενδιάμεσο τύπο μεταξύ μεσογειακού και ηπειρωτικού.

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το υπόβαθρο της λεκάνης Μυγδονίας αποτελείται από Προαλπικής και Αλπικής ηλικίας μεταμορφωμένα πετρώματα, κυρίως της Σερβομακεδονικής μάζας. Εξαιρείται το δυτικό τμήμα της υπολεκάνης Λαγκαδά, που ανήκει στην Περιοδοπική Ζώνη. Η γεωλογική δομή της περιοχής αποτελείται από ασθενώς μεταμορφωμένα ιζήματα Περμοτριάδικής ηλικίας, ημιμεταμορφωμένο φλύσχη και σχιστοκερατολιθική διάπλαση Ιουρασικής ηλικίας. Τα πετρώματα της Περιοδοπικής οριοθετούν την νοτιοδυτική πλευρά της υπολεκάνης Λαγκαδά και μαζί με την Σερβομακεδονική αποτελούν το υπόβαθρο πάνω στο οποίο αποτέθηκαν τα νεότερα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα (Γαβριηλίδης, Ναγκούλης, 2013).

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

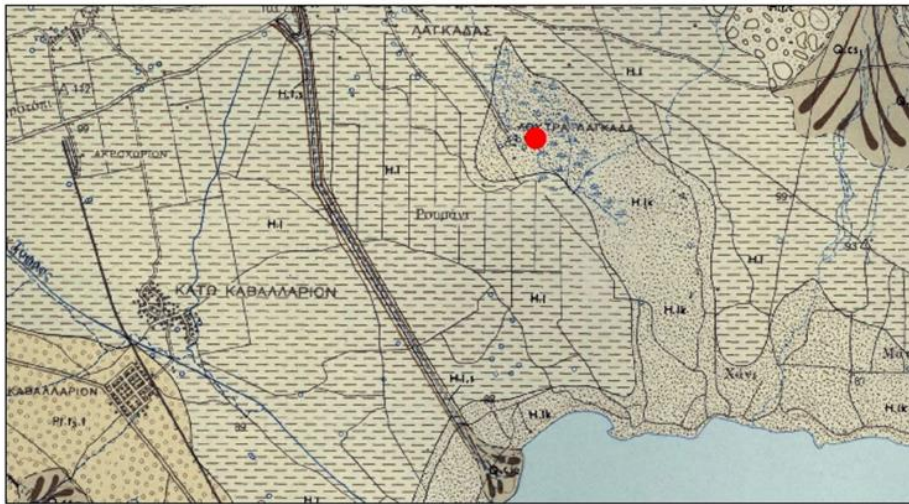
Το βύθισμα της Μυγδονίας, όπου ανήκει η περιοχή, έχει πληρωθεί από εναλλαγές στρωμάτων και ενστρώσεων κροκαλοπαγών, αργιλούχων άμμων και ιλύος. Το υπόβαθρο διαφοροποιείται, ανάλογα με τη θέση, τόσο σε βάθος όσο και στη σύσταση του γεωλογικού σχηματισμού.

Τα πετρώματα του υποβάθρου συνίστανται από διμαρμαρυγιακούς γνευσίους, αμφιβολίτες, το γρανίτη Αρναίας, φυλλίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους, χαλαζίτες και τα μάρμαρα της Περιοδοπικής ζώνης. Σύμφωνα με τον Γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (Χάρτης 9) στην περιοχή των Λουτρών Λαγκαδά το υπόβαθρο εντοπίζεται σε μικρό βάθος, αν και το αναμενόμενο θα ήταν να εμφανιζόταν σε βάθος μερικών εκατοντάδων μέτρων, καθώς βρίσκεται στο κέντρο του βυθίσματος. Σύμφωνα με τα στοιχεία των γεωτρήσεων, στο χώρο των λουτρών έχουν διατηρηθεί ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι της Περιοδοπικής σε βάθος 80 μέτρων (Γαβριηλίδης, Ναγκούλης, 2013).

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ- ΦΥΛΛΟ ΘΕΡΜΗ

1:50,000

0 1,250 2,500 5,000
Meters



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

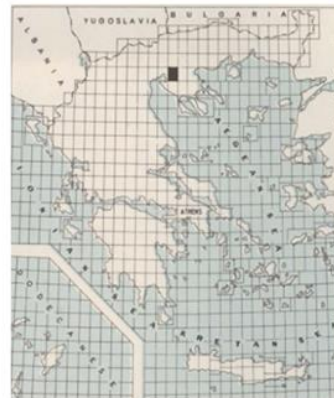
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

- | | | | |
|--|------------------------------|--|------------------------|
| | Λιμναία ιζημάτα | | Ρηπίδια προσχώσεων |
| | Προσχώσεις κοιλάδων | | Χαλαζίτες Εξαμιλίου |
| | Αποθέσεις στις κοίτες | | Διμαρμαρυγικοί γνεύσια |
| | Χαλίκια | | |
| | Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων | | |

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικό όριο	—————
Γεωλογικό όριο, κλινο ή κλιμαμένο	- - - - -
Όριο περιγραφικών σχηματισμών. (Κατά προτίμηση όριο των έσφογγιτών περματιών που εφόσον από μετωπίσματα)	—————
Ρήγμα κλινο ή κλιμαμένο	- - - - -
Επίκεντρο	▲

Θέση πηγής



Χάρτης 8: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Θέρμη

E. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λεκάνη Μυγδονίας ανήκει στον ευρύτερο χώρο του βόρειου Αιγαίου. Η περιοχή αυτή παρουσιάζει έντονη νεοτεκτονική, σεισμική δραστηριότητα και επηρεάζεται από τις επεκτατικές κινήσεις της τάφρου του Β. Αιγαίου που άρχισαν από το Παλαιογενές - Μειόκαινο και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Τεκτονικά βυθίσματα ή κέρατα σχετίζονται με τη ρηξιγενή δράση, με επικρατέστερη διεύθυνση ρηγμάτων τα ΒΔ-ΝΑ και με μικρότερη συχνότητα τα Α-Δ, ΒΑ-ΝΔ, Β-Ν. Η μορφή που παρουσιάζει το βύθισμα οφείλεται στο συνδυασμό δύο κατευθύνσεων ρηγμάτων: Τα ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης που είναι αριστερόστροφα και προκαλούν οριζόντιες μετατοπίσεις και τα ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ που είναι κανονικά. Αποτέλεσμα δε των τελευταίων είναι η καταβύθιση της λεκάνης και η εμφάνιση των θερμών πηγών. (Mercier et.al.1979).

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Οι σχηματισμοί της περιοχής από υδρογεωλογική άποψη χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- **Σε αυτά όπου η κυκλοφορία του νερού οφείλεται στο δευτερογενές πορώδες.** Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι σχηματισμοί της λοφώδους ζώνης και του υποβάθρου της λεκάνης. Πρόκειται για μεταμορφωμένα, ημιμεταμορφωμένα και γνευσιακά πετρώματα.

- **Στους κοκκώδεις σχηματισμούς του χαμηλού προσχωσιγενούς τμήματος.** Πρόκειται για τα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα όπου η υδροφορία εντοπίζεται στα αδρομερέστερα μέλη.

Τα υπόγεια νερά ρέουν με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ προς τη λίμνη Κορώνεια. Θεωρείται ότι υπό κανονικές συνθήκες ροής, τα υπόγεια νερά ρέουν από την υπολεκάνη Λαγκαδά προς την υπολεκάνη της Βόλβης, απ' όπου εκβάλλουν στον Στρυμονικό κόλπο. Στο χαμηλό τμήμα της υπολεκάνης Λαγκαδά κυριαρχούν δύο προσχωσιγενή υδροφόρα συστήματα που διαχωρίζονται από ένα αργιλικό στρώμα. Το επιφανειακό βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με την λίμνη Κορώνεια και το πάχος του κυμαίνεται μεταξύ 40-60μέτρα. Το βαθύ υδροφόρο σύστημα αναπτύσσεται σε βάθη 60-250 μέτρα (Γαβρηλίδης, Ναγκούλης 2013).

Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Χημικές αναλύσεις έχουν πραγματοποιηθεί στις γεωτρήσεις της περιοχής των λουτρών με σκοπό να μελετηθούν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού. Νοτιοδυτικά των λουτρών και σε απόσταση χιλίων μέτρων βρίσκεται η γεώτρηση Γ1 που κατασκευάστηκε από το Ι.Γ.Μ.Ε. το 1984, στην οποία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στις 11 Φεβρουαρίου του 1988, με τα αποτελέσματα να παρατίθενται στον Πίνακα 22 (Τις χημικές αναλύσεις πραγματοποίησε το Ι.Γ.Μ.Ε.). Νεότερες μελέτες πραγματοποιήθηκαν το 2012 από την AGROLAB σε δείγματα νερού από τη γεώτρηση Λ1 που βρίσκεται εντός των εγκαταστάσεων των λουτρών Λαγκαδά (Πίνακας 23).

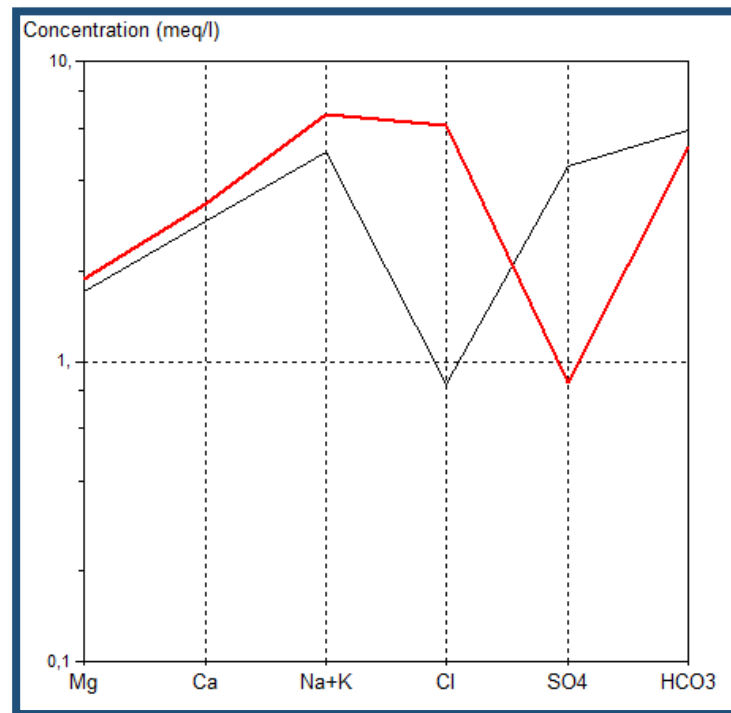
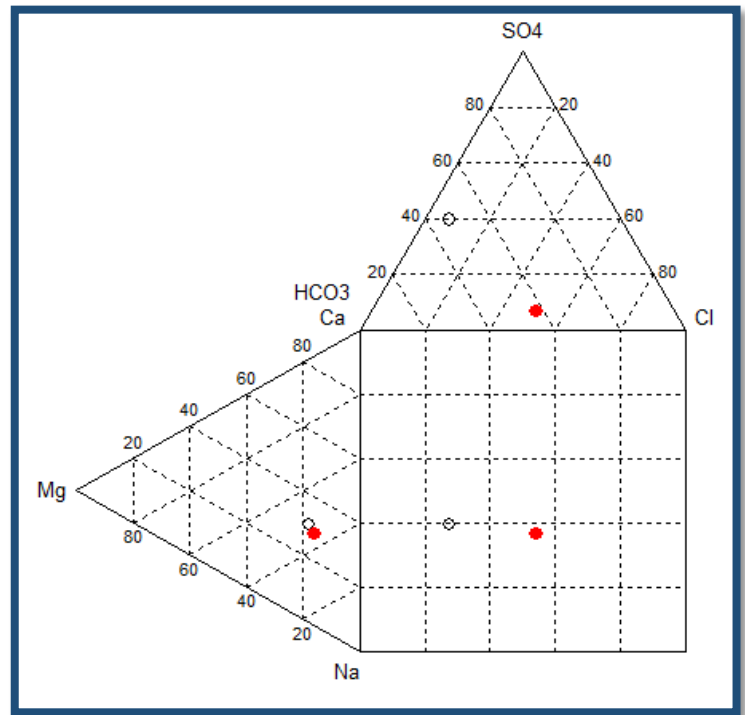
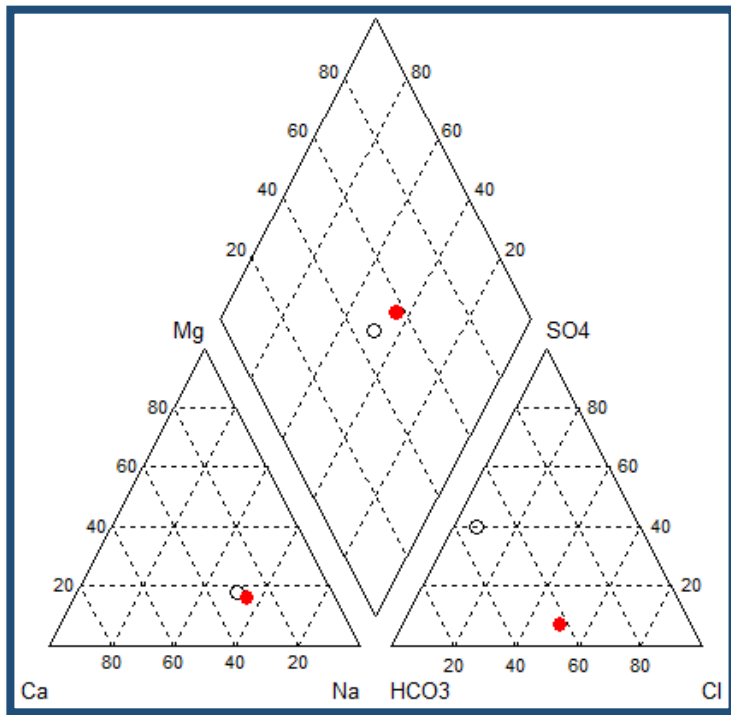
Όπως φαίνεται από τις μελέτες που υλοποιήθηκαν, το νερό έχει μετεωρική προέλευση ($Na/Cl >> 0,85$). Οι αυξημένες συγκεντρώσεις σε Ca^{2+} προέρχονται από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων. Επίσης η πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε HCO_3^{-} υποδηλώνει διάλυση ανθρακικών αλάτων. Αυξημένες είναι και οι συγκεντρώσεις του Na^+ λόγω της διάλυσης και της ιοντικής ανταλλαγής ασβεστίτη-δολομίτη και αργιλικών ορυκτών. Η μεγάλη περιεκτικότητα σε SO_4^{2-} οφείλεται σε θειικά ορυκτά που μετέχουν στη σύσταση των ιζηματογενών πετρωμάτων. Η εμφάνιση ανιόντων φθορίου είναι μικρή και πιθανότατα αποδίδεται στην υδρόλυση ορυκτών που περιέχονται στα γρανιτικά πετρώματα όπως είναι ο απατίτης, η κεροσίλβη, ο βιοτίτης ή ο φθορίτης. Στις μετρήσεις του 1988 παρατηρήθηκαν επίσης υψηλές ποσότητες σε νιτρικά που είναι πιθανό να οφείλεται σε χρήση λιπασμάτων. Στα νέα δείγματα δεν ανιχνεύθηκε κάτι αντίστοιχο, πράγμα που δείχνει ότι η χρήση τους περιορίστηκε. Η ραδιενέργεια προσδιορίστηκε σε μικρά επίπεδα σύμφωνα με μετρήσεις ραδονίου $Ra_{222} = 9 \pm 1 Bq/l$ σύμφωνα με μελέτες του ΙΓΜΕ για το διάστημα 2006-2008. Παρακάτω παρατίθενται και τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller (Σχήμα 13).

Πίνακας 21: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Λαγκαδά στις 11/02/1988

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΛΑΓΚΑΔΑ Δ. ΛΑΓΚΑΔΑ-ΓΕΩΤΡΗΣΗ Γ1					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 11/02/1988					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	7,2	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1180	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	36,6	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	-		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	149,44	6,5	Cl ⁻	218,40	6,16
K ⁺	7,03	0,18	HCO ₃ ⁻	317,24	5,2
Ca ²⁺	67,33	3,36	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	22,85	1,88	F ⁻	60,80	3,2
Fe ²⁺	21,50	0,77	SO ₄ ²⁻	40,82	0,85
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	-	-
Mn ²⁺	-	-	NO ₃ ⁻	313,77	5,06
Li ⁺	0,13	0,13	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	33,73	0,77	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	0,90	0,05	Br ⁻	55,93	0,7
ΣΥΝΟΛΟ		13,64	ΣΥΝΟΛΟ		21,17
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	-				
B	-				

Πίνακας 22: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Λαγκαδά στις 12/03/2012

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΛΑΓΚΑΔΑ Δ. ΛΑΓΚΑΔΑ-ΓΕΩΤΡΗΣΗ Λ1					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 12/03/2012					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	7,50	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	23,29		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	826	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	23,29		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	0,7	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	0,00		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	39	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	5,94		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	113	4,92	Cl ⁻	29,8	0,84
K ⁺	3,3	0,08	HCO ₃ ⁻	362	5,93
Ca ²⁺	58,9	2,94	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	20,9	1,72	F ⁻	4,6	0,24
Fe ²⁺	-	-	SO ₄ ²⁻	215	4,48
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	-	-
Mn ²⁺	-	-	NO ₃ ⁻	11,4	0,04
Li ⁺	0,1	0,1	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	0,77	0,02	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	-	-	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		9,78	ΣΥΝΟΛΟ		11,53
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	1,6				
B	0,55				



Σχήμα 12: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Λαγκαδά Θεσσαλονίκης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής Λαγκαδά του νομού Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Ομοιόθερμο**(34°C-38°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα(T.D.S): **Μεσομεταλλικό** (0,2-1g/l) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** (R<266,6 Bq/l)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Na-Ca-HCO₃-SO₄**, **Μικτό-Οξυανθρακούχο** όπως προκύπτει από τη μελέτη του 2012.

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή Λαγκαδά μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SI_{T3}CI_{R1}E_{H-S}**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο φυσικό πόρος των λουτρών Λαγκαδά ενδείκνυται για λουτροθεραπεία και ποσιθεραπεία. Η ποσιθεραπεία αφορά παθήσεις του γαστρεντερικού και ουροποιητικού συστήματος, ενώ η λουτροθεραπεία αφορά παθήσεις του μυοσκελετικού, στα πλαίσια της καθοδηγούμενης άσκησης, αλλά ενδείκνυται και για δερματικές παθήσεις. Δεν υπάρχουν αντενδείξεις για τη χρήση του φυσικού πόρου (Τσαλιγόπουλος, 2013).

Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η έκταση του γεωθερμικού πεδίου στην περιοχή των Λουτρών Λαγκαδά είναι 6 km² με τη γεωθερμική βαθμίδα να εμφανίζεται αυξημένη, με τιμή που αγγίζει τους 8°C/100 m. Η περιοχή που εμφανίζει γεωθερμικό ενδιαφέρον οριοθετείται μεταξύ της περιοχής 1,5 km νότια του Λαγκαδά ως το ΒΔ τμήμα της λίμνης Κορώνειας. Τοποθετείται σ' έναν άξονα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ο οποίος θεωρείται ότι ταυτίζεται με τη διεύθυνση των κύριων ρηγμάτων που δημιούργησαν το βύθισμα. Εκατέρωθεν του άξονα αυτού αρχίζει μία πτώση των θερμοκρασιών, όπου στο δυτικό τμήμα του εμφανίζεται απότομη απότομη, ενώ στο ανατολικό εξελίσσεται πιο ομαλά.

Πιστεύεται ότι ο κύριος μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας στην περιοχή είναι η ύπαρξη των βαθιών κάθετων ή σχεδόν κάθετων ρηγμάτων που δημιουργούν διόδους όπου το μετεωρικό νερό κατεβαίνει βαθύτερα, θερμαίνεται και λόγω του μικρότερου ειδικού του βάρους ανέρχεται στην επιφάνεια. Η θερμοκρασία του νερού προέλευσης είναι 81°C και το βάθος της υδροθερμικής εστίας είναι 1,5km (Γαβριηλίδης, Ναγκούλης, 2013).

4.9 Πηγή Νέας Απολλωνίας

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Τα λουτρά Νέας Απολλωνίας βρίσκονται στη νότια παραλίμνια περιοχή του δυτικού τμήματος της Βόλβης. Η θέση τους εντοπίζεται 40 χιλιόμετρα ανατολικά της Θεσσαλονίκης και 5 χιλιόμετρα βορειοδυτικά της Νέας Απολλωνίας. Ο προς αναγνώριση φυσικός πόρος αφορά τη γεώτρηση ΑΠ-1 στην περιοχή των λουτρών, που κατασκευάστηκε το Δεκέμβριο του 1996 (Γαβριηλίδης, 2009).

B. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η μελέτη του κλίματος βασίστηκε στα στοιχεία του Μετεωρολογικού σταθμού Νέας Απολλωνίας, ο οποίος ωστόσο λειτούργησε για περιορισμένο χρονικό διάστημα (1963-1968). Σύμφωνα με τα στοιχεία που ελήφθησαν για το διάστημα αυτό, το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχών σημειώνεται την άνοιξη, ενώ το κύριο μέγιστο τον μήνα Δεκέμβριο. Οι μέγιστες θερμοκρασίες σημειώνονται τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο, ενώ οι ελάχιστες τον Ιανουάριο. Το κλίμα της περιοχής, σύμφωνα με τον E. de Martone, λαμβάνοντας υπόψη το δείκτη ξηρότητας και το ετήσιο βροχομετρικό ύψος, χαρακτηρίζεται «Μεσογειακό» ως «Ελαφρά Ημιυγρό» (Γαβριηλίδης, 2009).

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή έρευνας γεωτεκτονικά ανήκει στη Σερβομακεδονική ζώνη. Η Σερβομακεδονική μάζα αποτελείται αποκλειστικά από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα. Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της Σερβομακεδονικής διαίρουνται σε δυο μεγάλες ενότητες. Η κατώτερη είναι η ενότητα των Κερδυλλίων και η ανώτερη, η ενότητα του Βερτίσκου (Μουντράκης, 2010).

• Ενότητα Κερδυλλίων

Η ενότητα αυτή καταλαμβάνει την ανατολική Χαλκιδική και εκτείνεται μεταξύ των εκβολών του Στρυμόνα και του Στρατωνίου. Τα πετρώματα, από τα οποία δομείται, συνιστούν τους βαθύτερους ορίζοντες της Σερβομακεδονικής. Τα πετρώματα αυτά είναι μιγματιτικοί-βιοτιτικοί γενέσιοι, γρανατούχοι διμαρμαρυγικοί γενέσιοι, αμφιβολίτες, αμφιβολιτωμένοι εκλογίτες και μάρμαρα.

• Ενότητα Βερτίσκου

Βρίσκεται δυτικά της ενότητας Κερδυλλίων και κατέχει τον κορμό της Χαλκιδικής. Συγκροτείται από μιγματιτικούς-οφθαλμοειδείς ορθογενέσιους, μαρμαρυγικούς σχιστόλιθους και λεπτά στρώματα μαρμάρων. Στους ανώτερους ορίζοντες κυριαρχούν πετρώματα που προέκυψαν από μεταμόρφωση βασικών πυριγενών πετρωμάτων.

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο χώρος των λουτρών δομείται από μέλη της Μυγδονιακής ομάδας ιζημάτων. Η ηλικία τους τοποθετείται μεταξύ Μέσου ως Άνω Πλειστοκαίνου και τοποθετούνται ασύμφωνα πάνω στα Προμυγδονιακής ηλικίας ιζήματα. Οι αποθέσεις δύναται να διακριθούν σε δύο ενότητες:

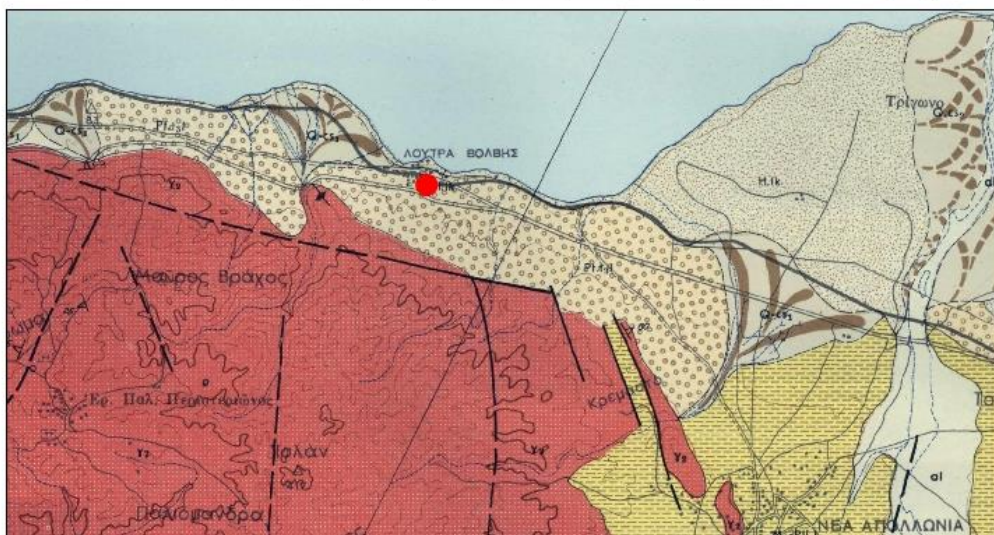
- Η κατώτερη ενότητα, περιλαμβάνει κροκάλες και άμμους με κεκλιμένη στρώση, με το μέγεθος των κροκαλών να μειώνεται προς τα ανώτερα στρώματα και τη στρώση να γίνεται πιο οριζόντια.
- Η ανώτερη ενότητα αποτελείται από λεπτόκοκκα υλικά, με λεπτή οριζόντια στρώση.

Κατά μήκος της ακτής της λίμνης, εμφανίζονται επίσης κάποια χημικά ιζήματα (τραβερτινοειδείς σχηματισμοί). Η εμφάνισή τους σχετίζεται με προγενέστερη δράση των θερμών πηγών και πιθανότατα συνέβη στο Ανώτερο Πλειστόκαινο. Στις Ολοκαινικές αποθέσεις της περιοχής ανήκουν ποταμοχειμάρριοι αμμούχοι άργιλοι, άμμοι και χαλίκια, λιμναία ιζήματα αμμούχων ιλύων, αργίλων και αργιλούχων άμμων (περιλίμνια περιοχή) και αποθέσεις κοιλάδων (μεσολίμνια περιοχή). Τέλος, στις εξόδους των ρεμάτων εμφανίζονται ριπιδοειδείς αποθέσεις (Γαβριηλίδης, 2009).

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ- ΦΥΛΛΟ ΖΑΓΚΛΙΒΕΡΙ

1:50,000

0 1,250 2,500 5,000
Meters



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Αλλουβιακές αποθέσεις		Σειρά ερυθρών αργίλων
	Λιμναία ιζήματα		Διμαρμαρυγικός και βιοτιτικός γρανίτης
	Κατώτερο σύστημα αναβαθμιδών		Σχιστόλιθοι
	Ρητίδια προσχώσεων		

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικό όριο	
Γεωλογικό όριο, πιθανό	
*Όριο πετρογραφικών σχηματισμών. (Κατά προσέγγιση όριο των εκρηγνυμένων πετρωμάτων που εισόδουν στα μεταζώνια)	
Ρήγμα	
Ρήγμα πιθανό ή καλυμμένο	
Έκλιση	

Θέση πηγής



Χάρτης 9: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Ζαγκλιβέρι

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή μελέτης, από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα, υφίσταται τη δράση έντονων εφελκυστικών δυνάμεων, με αποτέλεσμα το σχηματισμό κανονικών ρηγμάτων, με μικρή συνήθως διεύθυνση ολίσθησης. Στη συνέχεια περιγράφονται τα ρήγματα, τα οποία σχετίζονται με την παρουσία των θερμών και μεταλλικών νερών.

(Γαβριηλίδης, 2009):

• **Ενεργό ρήγμα λουτρών Βόλβης.** Η διεύθυνση του ρήγματος είναι Α-Δ ως ΑΝΑ-ΔΒΔ. Αποτελεί τη συνέχεια προς τα ανατολικά του ρήγματος Γερακαρούς-Νικομιδηνού- Στίβου- Περιστερώνα, που είναι και το σημαντικότερο ρήγμα της ευρύτερης περιοχής. Επιφανειακά η κλίση του εμφανίζεται μεγάλη, με σταδιακή μείωση σε μεγαλύτερα βάθη (ως 36°). Το μήκος του ρήγματος είναι περίπου στα 10χλμ.

• **Ρήγματα ΒΑ-ΝΑ διεύθυνσης.** Πρόκειται για δύο ρήγματα μικρού επιφανειακού ίχνους. Στη θέση όπου ανάβλυζε η θερμή πηγή των λουτρών της Νέας Απολλωνίας, τα ρήγματα αυτά διασταυρώνονται με παράλληλο κλάδο του κύριου ρήγματος. Η δράση τους είναι πρόσφατη, δεδομένου ότι τέμνουν σύγχρονα ιζήματα τραβερτίνη.

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Σύμφωνα με μελέτη του Υπουργείου Γεωργίας (Βαφειάδης, 1990), τα ιζήματα της πεδινής περιοχής νότια της Βόλβης, συνίστανται κυρίως από άμμους με μικρό ποσοστό χαλικιών (ενεργό πορώδες 13%). Το μέσο πάχος των υδροφορέων, μέχρι το βάθος των 200m είναι στα 30m. Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών αναλύεται ως εξής (Γαβριηλίδης, 2009):

- Οι χαλαρές αδρομερείς αποθέσεις είναι υδροπερατοί σχηματισμοί παρά τις μικρού πάχους, αδιαπέρατες αργιλικές ενστρώσεις που περιέχονται σ' αυτές.
- Οι άμμοι, κυρίως οι μεσόκκοκες είναι αρκετά υδροπερατές σε αντίθεση με τις ενστρώσεις λεπτόκοκκων άμμων, των οποίων η υδροπερατότητα είναι πολύ μικρή.
- Οι φακοί αδρομερών υλικών εμφανίζουν πολύ υψηλή υδροπερατότητα.
- Οι ορίζοντες αμμούχου ιλύος και αργιλοϊλύος χαρακτηρίζονται ως υδατοστεγανοί σχηματισμοί.

Z. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Για τον χαρακτηρισμό του ιαματικού πόρου, πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις τα αποτελέσματα των οποίων παρατίθενται στους παρακάτω Πίνακες (Πίνακες 24&25). Στον Πίνακα 24, πρόκειται για χημικές αναλύσεις που υλοποιήθηκαν το 1984 στα πλαίσια μελέτης (υπό την επίβλεψη των Γ. Δημόπουλου, Δ. Μουντράκη, Μ. Μήτρακα, Ζ. Αγγελίδη) και στον Πίνακα 25, πρόκειται για πιο πρόσφατες αναλύσεις που διενεργήθηκαν υπό την εποπτεία του Α.Π.Θ. κατά το έτος 2009.

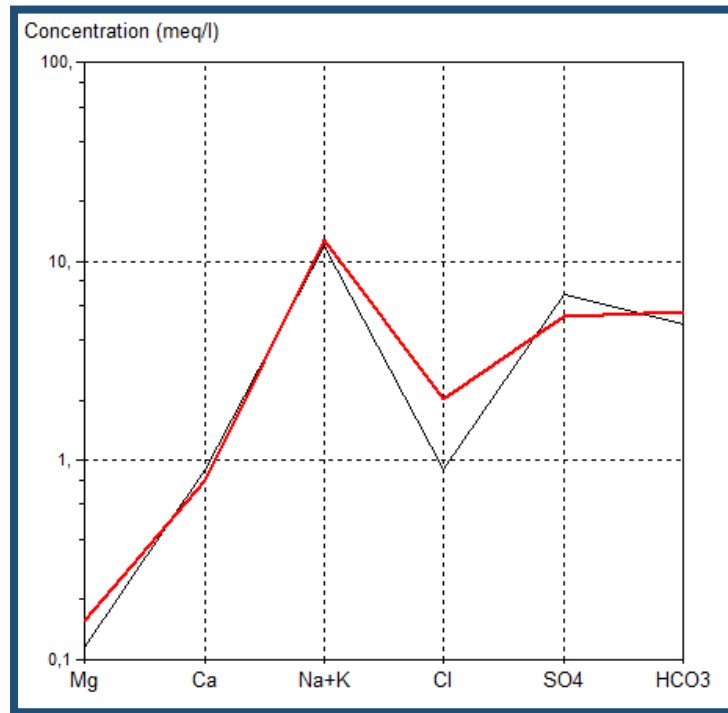
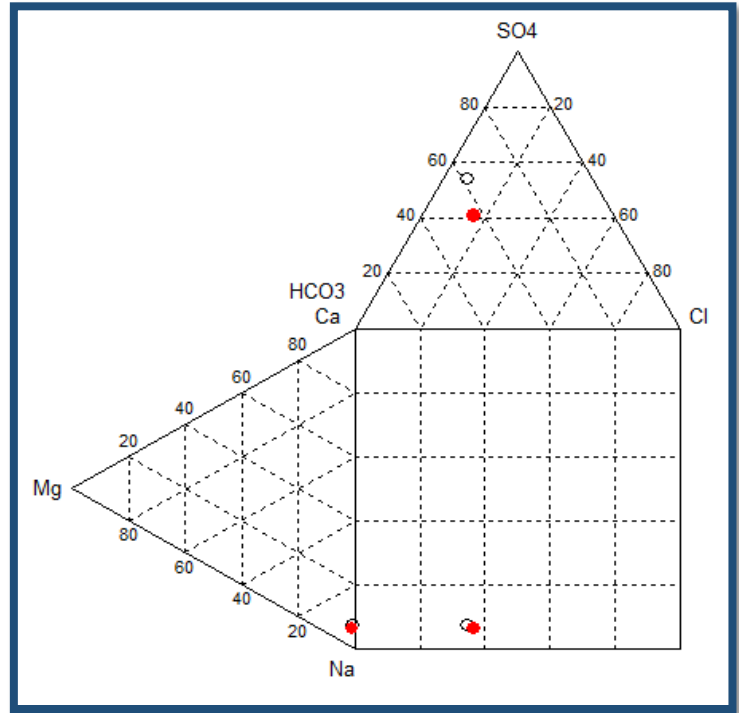
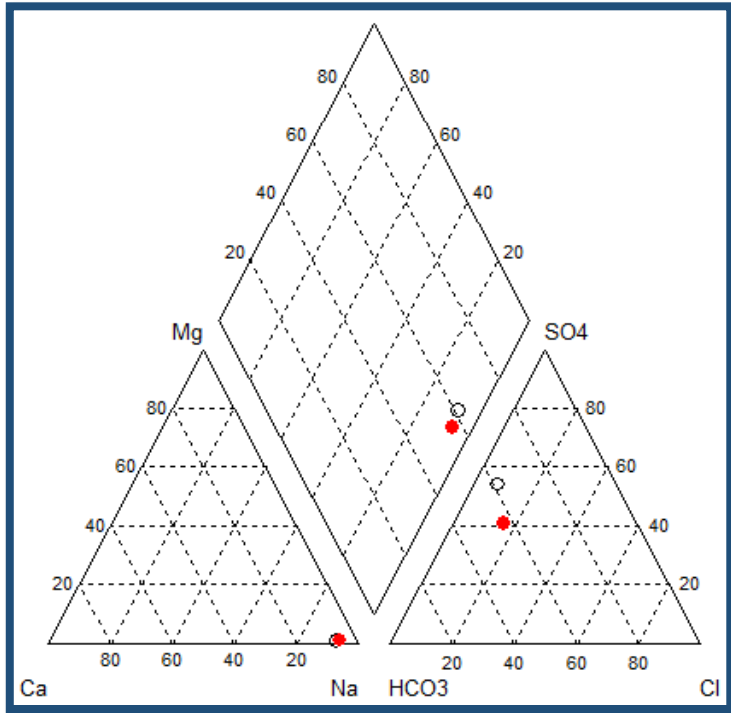
Η προέλευση του νερού είναι μετεωρική. Η θερμοκρασία στη θέση άντλησης ανέρχεται στους 55°C, θερμοκρασία που παραμένει σταθερή από το 1996, με διακυμάνσεις της τάξης του 1-2°C. Τα στοιχεία ποσοτικής υπεροχής είναι τα Na⁺, SO₄²⁻ και HCO₃⁻. Η παρουσία θειούχων στο νερό είναι υπεύθυνη για την χαρακτηριστική υδροθειούχα οσμή. Επισημαίνεται επίσης ότι η περιεκτικότητα του νερού σε As στα 0,2mg/l τη στιγμή που η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή είναι στα 0,1mg/l, περιορίζει τη χρήση του μόνο για λουτροθεραπεία. Στα πλαίσια της μελέτης του ιαματικού πόρου, πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του Δρ. Κ. Κεχαγιά (Τμήμα ελέγχου ραδιενέργειας περιβάλλοντος) Α-φασματοσκοπική ανάλυση για τον προσδιορισμό των ισοτόπων ουρανίου. Οι τιμές που ανιχνεύθηκαν ήταν: ²³⁸U=0,42±0,15 mBq/l και ²³⁴U=0,64±0,18mBq/l, τιμές που καθιστούν το νερό ασθενώς ραδιενεργό. Παρακάτω παρατίθενται τα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller (Σχήμα 14).

Πίνακας 23: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Νέας Απολλωνίας στις 12/07/1984

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΝΕΑΣ ΑΠΟΛΛΩΝΙΑΣ-ΠΗΓΗ ΛΟΥΤΡΩΝ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 12/07/1984					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	7,70	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1540	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	-	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	-		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	50°C	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	-		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	292	12,701	Cl ⁻	71,9	2,028
K ⁺	7,3	0,179	HCO ₃ ⁻	339	5,556
Ca ²⁺	16,7	0,798	HS ⁻	-	-
Mg ²⁺	1,9	0,156	F ⁻	9,8	0,515
Fe ²⁺	0,00	0,00	SO ₄ ²⁻	254,77	5,304
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	-	-
Mn ²⁺	-	-	NO ₃ ⁻	-	-
Li ⁺	0,11	0,11	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	0,94	0,02	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	-	-	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		13,964	ΣΥΝΟΛΟ		13,403
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	-				
SiO ₂	38				
B	-				

Πίνακας 24: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Νέας Απολλωνίας στις 19/01/2009

ΔΕΙΓΜΑ: ΠΗΓΗ ΝΕΑΣ ΑΠΟΛΛΩΝΙΑΣ-ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΑΠ1					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 19/01/2009					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	7,50	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	5,05		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	1425	ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	5,05		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):	0,815	ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ(°F):	0,00		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	55°C	ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):	4,81		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	272	11,832	Cl ⁻	32	0,903
K ⁺	7,3	0,187	HCO ₃ ⁻	293	4,802
Ca ²⁺	17,9	0,893	HS ⁻	1,2	0,036
Mg ²⁺	1,4	0,115	F ⁻	11,3	0,595
Fe ²⁺	0,16	0,005	SO ₄ ²⁻	325	6,767
Zn ²⁺	-	-	PO ₄ ³⁻	0,03	0,001
Mn ²⁺	-	-	NO ₃ ⁻	-	-
Li ⁺	0,11	0,016	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	0,4	0,009	I ⁻	0,037	0,0003
NH ₄ ⁺	0,18	0,010	Br ⁻	0,72	0,009
ΣΥΝΟΛΟ		13,062	ΣΥΝΟΛΟ		13,077
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	15				
SiO ₂	39				
B	1,2				



Σχήμα 13: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Νέας Απολλωνίας Θεσσαλονίκης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής Νέας Απολλωνίας του νομού Θεσσαλονίκης χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Υπέρθερμο** (>38°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Με βάση το στερεό του υπόλειμμα (T.D.S): **Μεσομεταλλικό** (0,2-1g/l)) ως προς τη μεταλλικότητά του και **γλυκό** ως προς την αλατότητα.
3. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** (R<266,6 Bq/l)
4. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Na -SO₄-HCO₃, Θεικό-Νατριούχο.**

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή Ν. Απολλωνίας μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **S₁T₄C₂R₁E_S-H**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Ο φυσικός πόρος της περιοχής Νέας Απολλωνίας προσφέρεται για λουτροθεραπείες σε περιπτώσεις ρευματικών και αυτοάνοσων νοσημάτων. Επίσης, με τη μέθοδο της εισπνοοθεραπείας, ενδείκνυται για βελτίωση των συμπτωμάτων σε περιπτώσεις ήπιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας αλλά και σε περιπτώσεις αλλεργικού άσθματος. Συνδυασμός εισπνοών και ρινοπλύσεων λειτουργεί ευεργετικά σε περιπτώσεις παθήσεων της μύτης (Τσαλιγόπουλος, 2009- thermalsprings.gr).

Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην περιοχή των λουτρών Νέας Απολλωνίας έχει πιστοποιηθεί η ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου χαμηλής ενθαλπίας με επιφανειακές εκδηλώσεις θερμών και ψυχρών ολιγομεταλλικών νερών. Η ανάβλυση των πηγών γίνεται κατά μήκος της παράκτιας τεκτονικής γραμμής διεύθυνσης Α-Δ. Η γραμμή αυτή διασταυρώνεται με ρήγμα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, που έχει προκαλέσει μετάπτωση 5μέτρων, στη βάση της οποίας ανάβλυζε η κύρια πηγή τροφοδοσίας των λουτρών μέχρι το 1994.

Η γεωθερμική ροή στην περιοχή εκδηλώνεται μέσω δύο, υδραυλικά ανεξάρτητων υδροθερμικών συστημάτων. Το ανώτερο τυγχάνει εκμετάλλευσης μέσω γεωτρήσεων, ενώ το κατώτερο βρίσκεται υπό πίεση και παρουσιάζει αρτεσιανισμό.

Στο γεωθερμικό πεδίο έχουν καταγραφεί θερμοκρασίες μέχρι 58°C και χαμηλή αγωγιμότητα γεωθερμικού ρευστού. Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχουν ιδιωτικές γεωτρήσεις εκμετάλλευσης των θερμών νερών για τη θέρμανση θερμοκηπίων. Οι θερμοκρασίες των γεωτρήσεων αυτών κυμαίνονται μεταξύ 40-47°C (Γαβριηλίδης 2009).

4.10 Θερμά Νιγρίτας

A. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Ο οικισμός των Θερμών, με τις ομώνυμες ιαματικές πηγές, βρίσκεται στη Μακεδονία, στο νομό Σερρών, σε απόσταση 5 χιλιομέτρων από τη Νιγρίτα και 22 χιλιομέτρων από τις Σέρρες. Τα όρια του ιαματικού φυσικού πόρου καλύπτουν μια έκταση 17 στρεμμάτων περίπου. Τα Θερμά Νιγρίτας πήραν το όνομά τους από τις περίφημες θερμές πηγές, οι ιαματικές ιδιότητες των οποίων έδωσαν από την αρχαιότητα φήμη στην περιοχή. Μορφολογικά, η περιοχή έρευνας παρουσιάζει ήπιες κλίσεις. Τα δύο κύρια ρέματα (Μεγάλο ρέμα και Λαγάτρης) γενικής διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ, που αναπτύσσονται στην περιοχή, ακολουθούν τις τεκτονικές γραμμές. Μεταξύ των κοιλάδων των δυο ρεμάτων αναπτύσσονται εδαφικά εξάρματα, που συγκροτούνται από μαργαϊκά υλικά, Νεογενούς ηλικίας.

B. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από κλίμα ηπειρωτικό. Σύμφωνα με στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού Σερρών, η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 14,5°C-15,5°C, με θερμότερο μήνα τον Ιούλιο και ψυχρότερο τον Ιανουάριο. Συχνά, εμφανίζονται φαινόμενα παγετού. Το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων κυμαίνεται μεταξύ 600mm-1000mm. Η επικρατούσα διεύθυνση ανέμων, κατά τους χειμερινούς μήνες, είναι η Βόρεια-Βορειοδυτική. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, επικρατούν Νότιοι-Νοτιοδυτικοί άνεμοι. Σύμφωνα με την κατάταξη του Köppen, το κλίμα χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό με ήπιους χειμώνες και ξηρό, θερμό καλοκαίρι (Csa) (Αγγελόπουλος, 2008).

Γ. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή έρευνας γεωτεκτονικά ανήκει στη Σερβομακεδονική ζώνη, τα γενικό γεωλογικό πλαίσιο της οποίας περιγράφηκε στα πλαίσια μελέτης της πηγής Νέας Απολλωνίας.

Δ. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

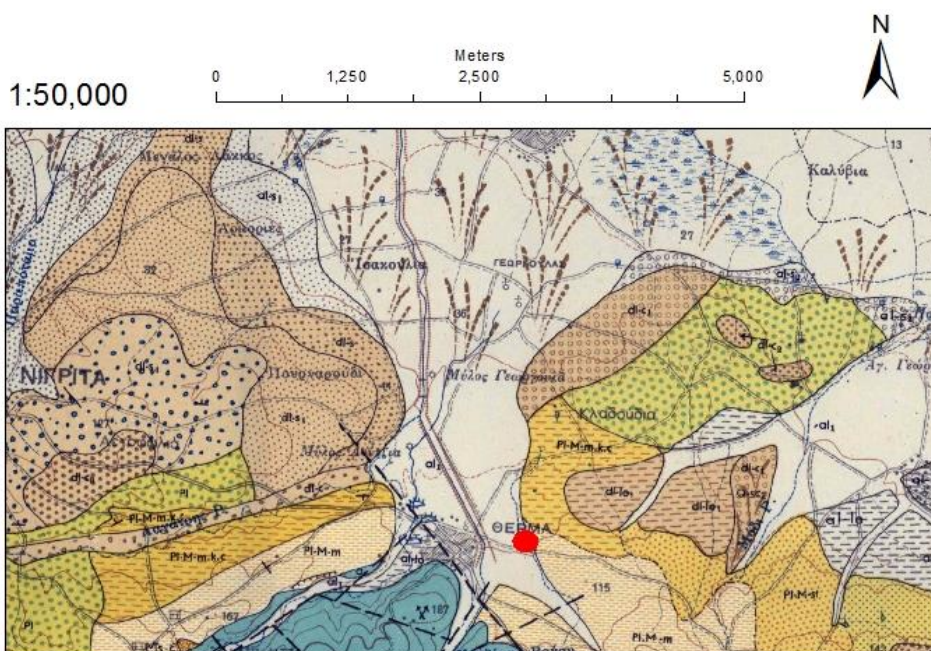
Το τεκτονικό βύθισμα του ποταμού Στρυμόνα, έχει δημιουργηθεί μεταξύ των γεωτεκτονικών ζωνών της Ροδόπης (ανατολικά) και της Σερβομακεδονικής (δυτικά). Το βύθισμα έχει πληρωθεί με Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα. Στην περιοχή απαντώνται ουσιαστικά δύο συστήματα πετρωμάτων, τα πετρώματα του υποβάθρου και οι μεταλλικές ιζηματογενείς αποθέσεις.

Το υπόβαθρο της λεκάνης αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα Παλαιοζωικής ηλικίας, ενώ οι εμφανίσεις της περιοχής αποτελούνται εξ' ολοκλήρου από ιζήματα Νεογενούς και Τεταρτογενούς ηλικίας. Οι συχνές εναλλαγές των ιζημάτων όπως απεικονίζονται και στον Χάρτη 11 σχετίζονται με τις γεωμορφολογικές διεργασίες που συντελέστηκαν στην περιοχή (Αγγελόπουλος Χ., 2008)

Ε. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η λεκάνη του Στρυμόνα σχηματίστηκε εξαιτίας της τεκτονικής δράσης, που ακολούθησε τις αλπικές πτυχώσεις. Στα ιζήματα της λεκάνης του Στρυμόνα κυριαρχούν δύο διευθύνσεις ρηγμάτων. Η πρώτη (ΒΔ-ΝΑ) αντιπροσωπεύει την κύρια διεύθυνση της περιοχής κατά μήκος της λεκάνης του Στρυμόνα. Η δεύτερη (ΒΑ-ΝΔ) είναι κάθετη στην προηγούμενη και αντιπροσωπεύει τις περιφερειακές υπολεκάνες, στο ανατολικό περιθώριο της κύριας. Γενικά, η λεκάνη του Στρυμόνα αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα, που σε συνδυασμό με την πρόσφατη Νεοτεκτονική δράση, ευνοεί την κυκλοφορία και άνοδο γεωθερμικών ρευστών προς την επιφάνεια. Ως εκ τούτου, εντοπίζονται γεωθερμικά πεδία, τόσο στην περιοχή της λίμνης Κερκίνης, στα δυτικά της λεκάνης, όσο και στην περιοχή της Νιγρίτας, στο νότιο τμήμα της (Χριστόδουλος Αγγελόπουλος, 2008).

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ ΙΓΜΕ- ΦΥΛΟ ΣΙΤΟΧΩΡΙΟΝ



ΥΠΟΜΝΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

	Ιζήματα βρωμολιμένης-προσχώσεις κοιλάδων		Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων
	Ιζήματα λιμνοθάλασσας-πλευρικά κορήματα		Άμμοι με Ostreidae
	Κατώτατο σύστημα αναβαθμίδων		Ανώτατο σύστημα αναβαθμίδων
	Ριπίδια προσχώσεων		Στρώματα Τερπνής
	Ανώτατο σύστημα αναβαθμίδων		Άμμοι και ψαμμίτες
	Μεσαίο σύστημα αναβαθμίδων		Μάργες και Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι

ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΥΜΒΟΛΑ

Γεωλογικών όριον όρατόν	_____	Ρήγμα πιθανόν	-----
*Όριον φάσεων	-----	*Επώθησις όρατή	-----
Ρήγμα όρατόν	-----	*Επώθησις πιθανή	-----
Ρήγμα κεκαλυμμένον	-----		
	Θέση πηγής		



Χάρτης 10: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ-Φύλλο Σιτοχώριον

ΣΤ. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στην περιοχή εντοπίζονται οι εξής τύποι υδροφορέων:

- Καρστικοί υδροφορείς (μάρμαρα)
- Υδροφορείς ρωγμώδων πετρωμάτων (περιδοτίτες, γνευσιοσχιστόλιθοι)
- Κοκκώδεις υδροφορείς (τριτογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις).

Οι κοκκώδεις υδροφορείς διακρίνονται σε ελεύθερους και σε υπό πίεση. Οι ελεύθεροι εντοπίζονται στους πορώδεις σχηματισμούς και αποτελούνται από ιζηματογενή πετρώματα και αποθέσεις Τριτογενούς ηλικίας. Οι υπό πίεση υδροφορείς αποτελούνται από ιζηματογενείς ακολουθίες, ηλικίας Τριτογενούς ή και παλαιότερης.

Στην περιοχή, εκτός από τους ψυχρούς υδροφορείς, αναπτύσσεται και ένας θερμός υδροφορέας σε βάθος 90-300m που συνδέεται με την περιοχή διασταύρωσης των ρηγμάτων Μεγάλου ρέματος (ΔΝΔ-ΑΒΑ διεύθυνσης) και ενός Β-Ν διεύθυνσης, που εκτείνεται περιφερειακά της ευρύτερης περιοχής. Σε μικρότερα βάθη, η ανάμιξη του υδροφορέα αυτού με τους υπόλοιπους δημιουργεί μια ψυχρή μεταλλική υδροφορία (Αγγελόπουλος Χ., 2008).

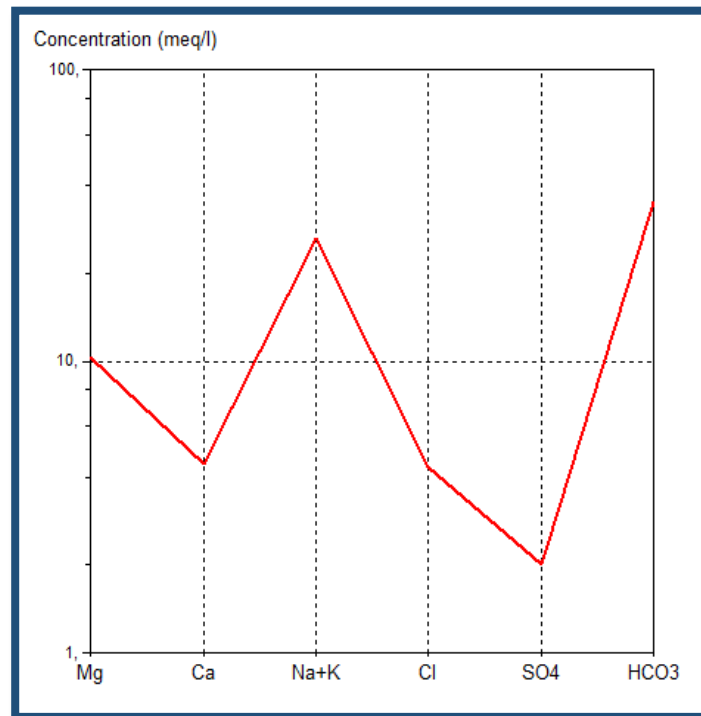
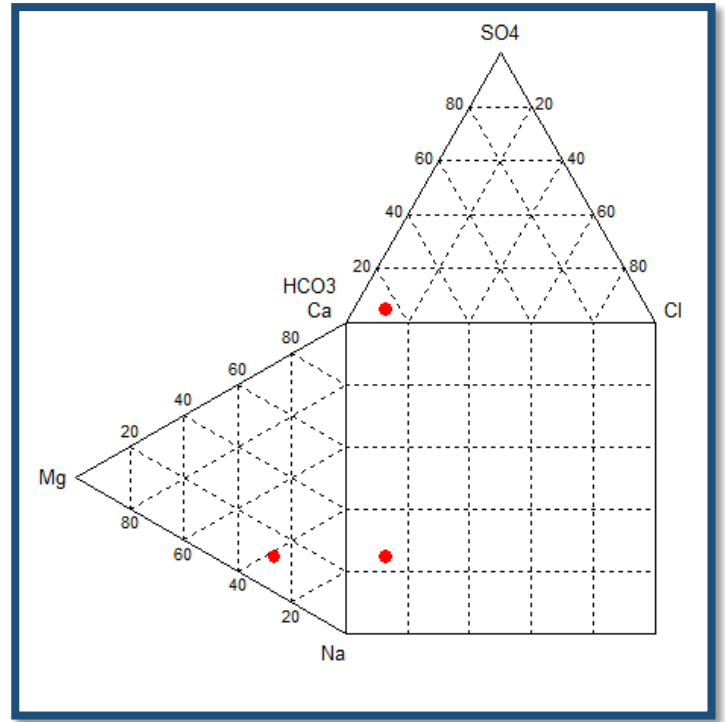
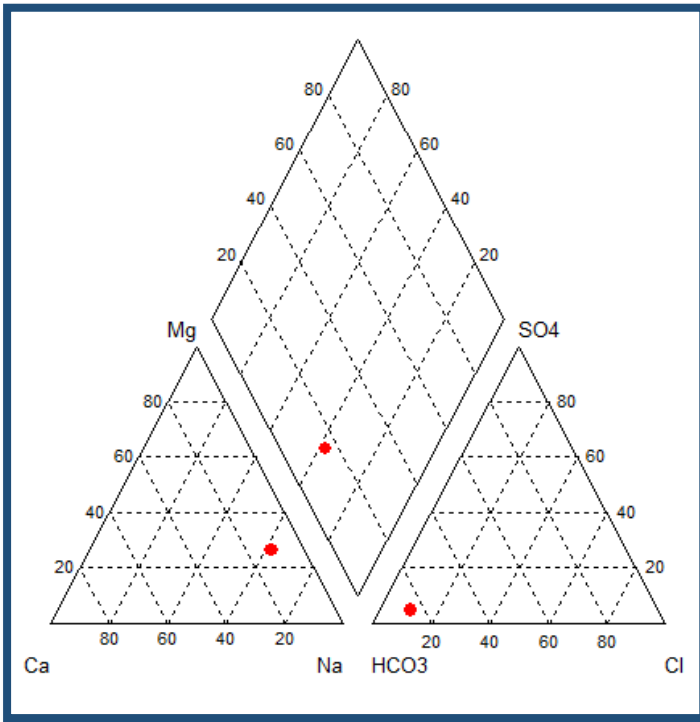
Ζ. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Παρακάτω (Πίνακας 26) παρατίθενται τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των νερών με βάση τη χημική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε το 1989. Από τον Πίνακα, διαπιστώνεται ότι η θερμοκρασία του νερού είναι πολύ υψηλή στην περιοχή των Λουτρών, καθώς μετρήθηκε στους 53°C. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε 3220 μS/cm. Η παροχή της κύριας πηγής είναι στα 5m³/h. Πρόκειται για νερό ασθενώς ραδιενεργό. Τα στοιχεία ποσοτικής υπεροχής είναι τα Na⁺ και HCO₃⁻.

Στα υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Shoeller που παρατίθενται στη συνέχεια, Σχήμα 15), διαπιστώνεται ότι ο χημικός τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα στοιχεία είναι **Na-HCO₃-Mg** (νατριούχα, οξυανθραξούχα, μαγνησιούχα).

Πίνακας 25: Καταγραφή χημικών αναλύσεων της πηγής Θερμών Νιγρίτας το έτος 1989

ΔΕΙΓΜΑ: Πηγή Λουτρών-Θερμά Νιγρίτας					
ΕΤΟΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ: 1989					
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ρΗ:	6,6		ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:		
ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ(μS/cm):	3220		ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:		
ΣΤΕΡΕΟ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑ(g/l):			ΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ:		
ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ(°C):	53		ΑΛΚΑΛΙΚΟΤΗΤΑ(M):		
ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ					
ΚΑΤΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l	ΑΝΙΟΝΤΑ	mg/l	meq/l
Na ⁺	550	23,91	Cl ⁻	152,65	4,300
K ⁺	100	2,56	HCO ₃ ⁻	2141,10	35,100
Ca ⁺	88,75	4,44	HS ⁻	0,00	-
Mg ²⁺	125	10,29	F ⁻	1,727	0,091
Fe ²⁺	0,05	0,002	SO ₄ ²⁻	96,06	2,000
Zn ²⁺	0,00	-	PO ₄ ³⁻	0,34	0,011
Mn ²⁺	0,04	0,002	NO ₃ ⁻	3,124	0,050
Li ⁺	1,15	0,167	NO ₂ ⁻	-	-
Sr ²⁺	0,06	0,013	I ⁻	-	-
NH ₄ ⁺	0,00	-	Br ⁻	-	-
ΣΥΝΟΛΟ		24,630	ΣΥΝΟΛΟ		24,960
ΧΩΡΙΣ ΦΟΡΤΙΟ	mg/l				
CO ₂	436,00				
SiO ₂	96,64				
B	-				



Σχήμα 14: Υδροχημικά διαγράμματα Piper, Durov και Schoeller για τον καθορισμό του χημικού τύπου του νερού στην περιοχή Θερμών Νιγρίτας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα και με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων, το μεταλλικό νερό της περιοχής Θερμών Νιγρίτας χαρακτηρίζεται ανά κριτήριο ως εξής:

1. **Υπέρθερμο** (>38°C) με βάση τη θερμοκρασία του.
2. Ανάλογα με τη ραδιενέργεια ως **Ασθενές** ($R < 266,6$ Bq/l).
3. Τύπος του νερού με βάση τα υπερέχοντα χημικά στοιχεία: **Na-HCO₃-Mg**.

Η έλλειψη στοιχείων σχετικά με το στερεό υπόλειμμα (T.D.S.) καθιστά μη εφικτή την κατάταξη του νερού με βάση την αλατότητα και την μεταλλικότητα του.

Λαμβάνοντας υπόψη το προτεινόμενο σύστημα ταξινόμησης που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 1.3 το ιαματικό νερό στην περιοχή των Θερμών Νιγρίτας μπορεί να συμβολιστεί ως εξής: **SiT₄C₄RiE_H-Na**

ΙΑΜΑΤΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το ιαματικό νερό των λουτρών στην περιοχή Θερμών Νιγρίτας ενδείκνυται για λουτροθεραπεία για αρθρίτιδες, ρευματοπάθειες, δερματοπάθειες, γυναικολογικές παθήσεις καθώς και ποσιθεραπεία για νοσήματα του γαστρεντερικού συστήματος.

Η. ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Τα θερμομεταλλικά νερά των Θερμών Νιγρίτας, είναι γεωθερμικά νερά μέσω των έως χαμηλών θερμοκρασιών. Προέρχονται κυρίως από μετεωρικά νερά, τα οποία κυκλοφορούν μέσα σε αλκαλικά, μαγματικά ή μεταμορφωμένα πετρώματα (Νομικού, 2002). Το γεωθερμικό πεδίο της περιοχής των Θερμών Νιγρίτας, εκτείνεται σε μια έκταση που ξεπερνά τα 15km². Η γεωθερμική ανωμαλία της περιοχής είναι αποτέλεσμα γεωτεκτονικών διεργασιών που συντελέστηκαν για μεγάλο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα σε βάθος 150-1000 μέτρων να φιλοξενείται ένας ταμιευτήρας θερμών ρευστών, με θερμοκρασίες 40-80°C.

5. Ειδική Αναφορά στο φυσικό πόρο του Δ.Δ. Αμάραντου Δήμου Κόνιτσας

5.1 Γενικά χαρακτηριστικά περιοχής

Ο ιαματικός φυσικός πόρος της περιοχής του Αμάραντου αν και βρίσκεται εκτός της μελετούμενης περιοχής, παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα που τον καθιστά άξιο αναφοράς. Σε αντίθεση με τους προαναφερθέντες ιαματικούς πόρους, στην περίπτωση του Αμάραντου συναντάται ανάβλυση θερμού αέρα και υδρατμών. Τέτοιου είδους ανάβλυση δεν εμφανίζεται σε άλλο σημείο στην Ελληνική Επικράτεια.

Το **κλίμα** των Ιωαννίνων σύμφωνα με την κατάταξη Köppen ανήκει στον τύπο Cfa. Στην περιοχή του Αμαράντου η μόνη ουσιαστική διαφορά είναι στη θερμοκρασία, με τη μέση θερμοκρασία του θερμότερου μήνα, να σημειώνει τιμές κάτω από 22°C. Έτσι το κλίμα στην περιοχή του Αμάραντου ανήκει στον τύπο Cfb κατά Köppen.

Τα ατμόλουτρα της περιοχής βρίσκονται 5χλμ. από τον Αμάραντο και 6χλμ. από τα ελληνοαλβανικά σύνορα. Η **γεωλογία** της ευρύτερης περιοχής καθορίζεται από τη συμμετοχή της Ιονίου ζώνης, που καλύπτει και το μεγαλύτερο τμήμα της Ηπείρου, αλλά και από την επωθημένη πάνω σε αυτήν, ζώνη Ωλονού-Πίνδου. Η περιβάλλουσα περιοχή των λουτρών Αμαράντου γεωλογικά περιλαμβάνεται στο χώρο της ζώνης Πίνδου.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συμμετέχουν στη δομή της περιβάλλουσας περιοχής των αμιδών Αμαράντου, από τους νεότερους στους παλαιότερους, είναι:

1. Κορήματα και ποτάμιες αποθέσεις του Τεταρτογενούς.
2. Ο Φλύσχης της Ιονίου ζώνης, Ηωκαινικής-Ολιγοκαινικής ηλικίας.
Στην περιοχή του Αμάραντου Κόνιτσας συναντώνται τα βαθύτερα μέλη του σχηματισμού, αποτελούμενα από εναλλαγές λεπτόκοκκων ως αδρόκοκκων ψαμιτών και αργιλούχων μαργών.
3. Οι ασβεστόλιθοι του Ιονίου, ηλικίας Παλαιοκαίνου-Ηωκαίνου.
4. Ο Φλύσχης της Πίνδου (Άνω Ηώκαινο), ο οποίος στην περιοχή εμφανίζεται έντονα πτυχωμένος και επωθημένος πάνω στη ζώνη Ιονίου.
5. Οι Α. Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι της Πίνδου

6. Οι οφιόλιθοι της Υποπελαγονικής, των οποίων η ηλικία προσδιορίζεται στο Ανώτερο Ιουρασικό.
7. Οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι της Υποπελαγονικής, επίσης Α. Ιουρασικής ηλικίας.

Τα **ρήγματα** που οριοθετούν την επαφή των Α. Κρητιδικών ασβεστολίθων με τον φλύσχη της Πίνδου παρουσιάζουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ ως ΒΔ-ΝΑ. Τα σημαντικότερα από αυτά είναι:

1. Το ρήγμα που καθορίζει το ανατολικό όριο φλύσχη- ασβεστολίθου.
2. Ένα ρήγμα γενικής διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ σε μικρή απόσταση από το πρώτο και με μεγαλύτερο μήκος από αυτό.

Ο έντονος τεκτονισμός και η καρστικοποίηση των Ανωκρητιδικών ασβεστολίθων δημιουργούν τις οδούς κυκλοφορίας και ανάβλυσης των θερμών ατμών.

Από **υδρογεωλογική** άποψη στην περιοχή, συναντώνται:

1. Υδροπερατοί σχηματισμοί δευτερογενούς πορώδους (Ανθρακικά πετρώματα)
2. Ημιπερατοί σχηματισμοί δευτερογενούς πορώδους (Πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος της Υποπελαγονικής)
3. Αδιαπέρατοι σχηματισμοί (Φλύσχη, μάργες, σχιστόλιθοι και εβαπορίτες)

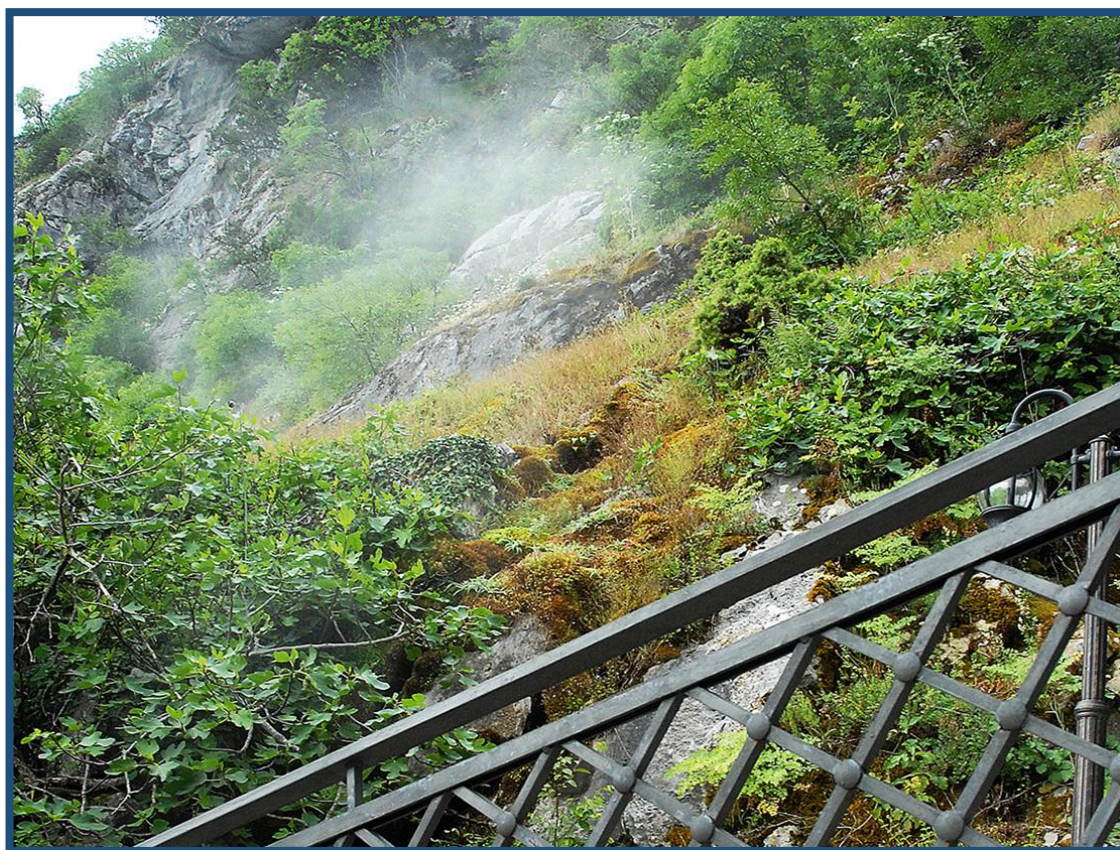
(Πουλτσίδης Μ, 2014)

5.2 Χαρακτηριστικά ιαματικού πόρου

Η περίπτωση του Αμάραντου είναι η μοναδική περίπτωση ανάβλυσης θερμού αέρα στην Ελληνική Επικράτεια. Αναφέρονται τουλάχιστον 15 σημεία ανάβλυσης στην περιοχή, με συνολική παροχή όλων των αγωγών στα 11500m³/h περίπου. Η μέση θερμοκρασία που παρουσιάζουν οι υδρατμοί είναι 34°C, ενώ η μέγιστη που έχει καταγραφεί είναι 38,5°C, γεγονός που κατατάσσει την πηγή του Αμάραντου στην κατηγορία των **μεσόθερμων** πηγών. Το pH κυμαίνεται από 5,4 ως 8,16. Με βάση τις μετρήσεις της φυσικής ραδιενέργειας που πραγματοποιήθηκαν το 2013 υπό την εποπτεία του προϊστάμενου του τμήματος ραδιενέργειας περιβάλλοντος Δρ. Κ. Ποτηριάδη, οι τιμές εμφανίζονται φυσιολογικές και άρα η ραδιενέργεια του φυσικού πόρου ως ασθενής. Ο υδροχημικός τύπος του με βάση τα στοιχεία ποσοτικής υπερχείας, χαρακτηρίζεται ως **Ca-HCO₃**.

Η εμφάνιση στην ευρύτερη περιοχή και άλλων αξιόλογων θερμομεταλλικών πηγών, συνηγορεί στην ύπαρξη ενός **τοπικού γεωθερμικού πεδίου** που αναπτύσσεται στην ευρύτερη περιοχή της Κόνιτσας. Κύριος ταμιευτήρας των θερμών υδροφοριών του πεδίου αυτού θεωρείται πως είναι οι Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι του Ιονίου. Έτσι, ο ψυχρός αέρας με θερμοκρασία περιβάλλοντος εισέρχεται και κυκλοφορεί μέσα στους ασβεστόλιθους, μέσω των καρστικών αγωγών και των τεκτονικών διαρρήξεων. Στην πορεία του αυτή θερμαίνεται και εμπλουτίζεται με διάφορα ιχνοστοιχεία, μέχρι να εξέλθει, σε ύψομετρο 1245μ. υπό την μορφή ατμίδων (Πουλτσίδης Μ, 2014).

Οι θεραπευτικές ενδείξεις του ιαματικού πόρου αφορούν παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος, παθήσεις του κυκλοφορικού, νευραλγίες, ρευματοπάθειες, αρθροπάθειες (thermalsprings.gr).



Εικόνα 3: Ανάβλυση υδρατμών στην περιοχή Αμάραντου Κόνιτσας
(<http://www.konitsathermal.gr>)

6. Στατιστική επεξεργασία- Συνοπτικά διαγράμματα και πίνακες

6.1 Συγκεντρωτικό Διάγραμμα Piper

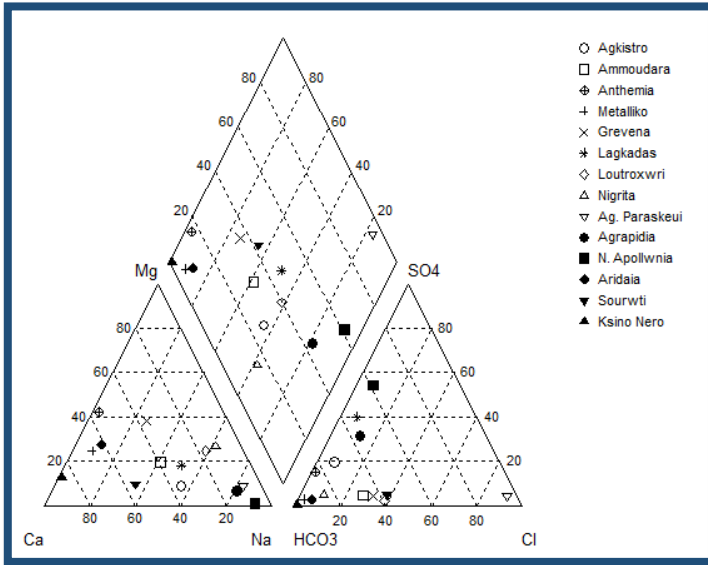
Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε τη μελέτη των ιαματικών πηγών της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας. Παρατέθηκαν βασικές πληροφορίες για την κάθε περιοχή με εστίαση στις χημικές αναλύσεις, που έχουν υλοποιηθεί και αποτέλεσαν τη βάση για την ταξινόμηση του κάθε φυσικού ιαματικού πόρου.

Παρακάτω (Σχήμα 16) παρατίθεται ένα **συγκεντρωτικό διάγραμμα Piper** με όλες τις ιαματικές πηγές που αναφέρθηκαν. Η πλειοψηφία των πηγών προβάλλεται στο κάτω κομμάτι του ρόμβου του διαγράμματος, γεγονός που δικαιολογείται από την υψηλή συγκέντρωση του HCO_3^- σε αυτές. Άλλωστε αποτελεί το επικρατέστερο ανιόν στα υπόγεια γλυκά νερά. Αναμενόμενη και η προβολή της πηγής Αγίας Παρασκευής στη δεξιά γωνία του ρόμβου, καθώς πρόκειται για υφάλμυρο νερό με υψηλή συγκέντρωση σε Na^+ και Cl^- .

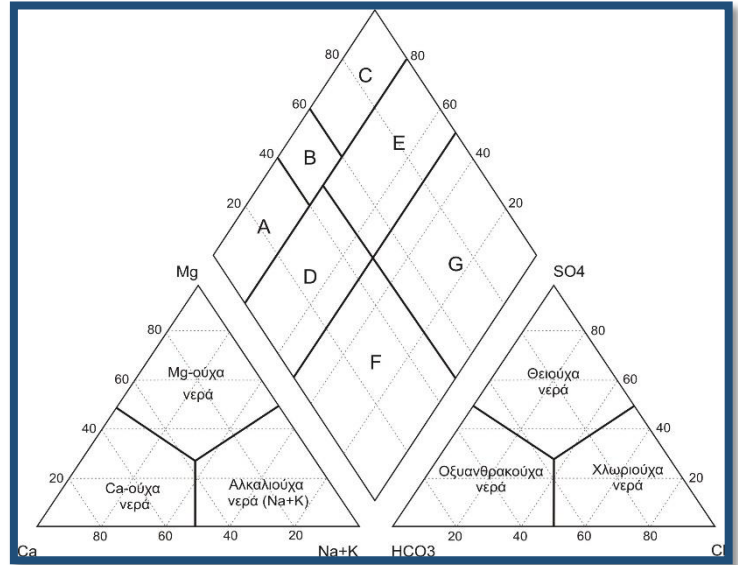
Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ο διαχωρισμός του διαγράμματος Piper κατά Langguth (1966) σε 7 κλάσεις ως εξής :

- **Κλάση A:** Κανονικό νερό αλκαλικών γαιών (Ca, Mg) με επικράτηση των οξυανθρακικών (HCO_3^-).
- **Κλάση B:** Κανονικό νερό αλκαλικών γαιών (Ca, Mg) με επικράτηση οξυανθρακικών και SO_4^{2-} ή Cl^-
- **Κλάση C:** Κανονικό νερό αλκαλικών γαιών (Ca, Mg) με επικράτηση SO_4^{2-} ή Cl^- .
- **Κλάση D:** Νερό αλκαλικών γαιών (Ca, Mg) με αυξημένες συγκεντρώσεις αλκαλίων (Na, K) και επικράτηση των ιόντων HCO_3^- .
- **Κλάση E:** Νερό αλκαλικών γαιών (Ca, Mg) με αυξημένες συγκεντρώσεις Na, K και επικράτηση SO_4^{2-} και Cl^- .
- **Κλάση F:** Αλκαλιούχο (Na, K) νερό με επικράτηση των HCO_3^- .
- **Κλάση G:** Αλκαλιούχο (Na, K) νερό με επικράτηση SO_4^{2-} ή Cl^- .

Στο Σχήμα 17 φαίνεται η αντίστοιχη περιοχή πάνω στο διάγραμμα που καταλαμβάνει η κάθε κλάση.



Σχήμα 15: Συγκεντρωτικό διάγραμμα Piper με όλες τις πηγές.



Σχήμα 16: Διαχωρισμός του διαγράμματος Piper κατά Langguth.

Σύμφωνα με την κατάταξη των Langguth (1966) και συγκρίνοντας τα διαγράμματα (Σχήματα 16&17) προκύπτει κατάταξη των μελετηθέντων πηγών ανά κλάση ως εξής:

Κλάση A: Ανθέμια, Ξινό νερό, Μεταλλικό, Αριδαία

Κλάση D: Κιβωτός, Λαγκαδάς, Σουρωτή

Κλάση F: Λουτροχώρι, Άγκιστρο, Νιγρίτα, Αγραπιδιά

Κλάση G: Αγ. Παρασκευή, Νέα Απολλωνία

6.2 Γενικά στατιστικά στοιχεία- συνοπτικά διαγράμματα

- Στην παρούσα εργασία, προτάθηκε ένα σύστημα ταξινόμησης, βασισμένο στα κύρια χαρακτηριστικά κάθε πηγής. Στόχος ήταν ο καθορισμός ενός «κωδικού ονόματος» που να ταυτοποιεί άμεσα την κάθε πηγή, αλλά και η δυνατότητα άμεσης σύγκρισης των δειγμάτων μεταξύ τους. Στον Πίνακα 27 παρατίθενται συγκεντρωμένες οι τιμές για τη θερμοκρασία, το pH, αλλά και τα κύρια ιόντα για κάθε πηγή. Είναι επίσης σημειωμένες με χρωματική επισήμανση

και οι τιμές των υπερέχοντων ιόντων για κάθε πηγή. Τα στοιχεία αυτά είναι που χρησιμοποιήθηκαν ουσιαστικά για την κατάταξη τύπου STCRE, όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 1.3.

Πίνακας 26: Το σύνολο των μελετηθέντων πηγών με τα βασικά τους στοιχεία.

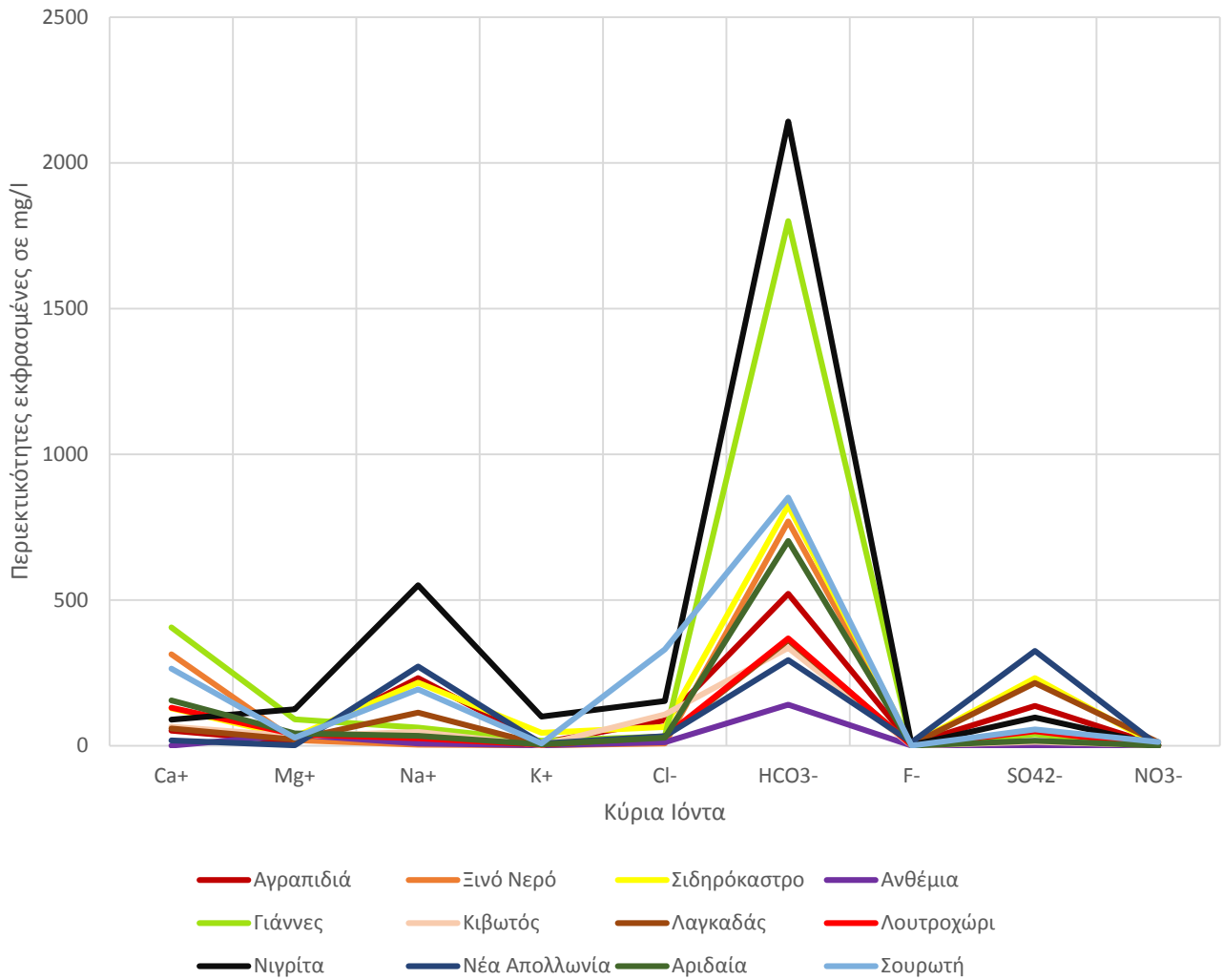
ΠΗΓΗ	pH	T(°C)	Ca ⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	F ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻
Αγραπιδιά	6,95	28	51,5	15,2	231,6	9,6	86,5	521,5	5,7	136,8	0,3
Ξινό Νερό	6,42	15	313,1	19,4	3,59	1,02	7,2	769,12	0	0	10,21
Αμμουδάρα	7,2	22	76,1	22,9	92,4	1,26	94,4	395	0,5	21	3
Σιδηρόκαστρο	6,7	44,3	128	30	216	44	64	824	3,8	232	-
Ανθέμια	9,4	17	0,5	37,7	7,1	0,8	11,2	140	0	0	0
Γιάννες	6,1	16	405,5	90	62,2	17,2	31,2	1799,5	0,36	38,5	0,8
Κιβωτός	7,4	14	65	33	47	1,4	107	335	0,2	13	1,2
Λαγκαδάς	7,5	39	58,9	20,9	113	3,3	29,8	362	4,6	215	11,4
Λουτροχώρι	8	21	130	38,7	25,3	3,4	31,2	368	0,57	49	0
Νιγρίτα	6,6	53	88,75	125	550	100	152,65	2141,1	1,727	96,06	3,124
Αγ. Παρασκευή	6,2	34,2	862	959	8970	394	19904,3	1269	2,8	1800	-
Νέα Απολλωνία	7,5	55	17,9	1,4	272	7,3	32	293	11,3	325	-
Αριδαία	6,5	37,5	155	42,3	33,4	4,7	27	702	0,36	17	-
Σουρωτή	6,3	20	263,8	27,7	193,3	7,1	330,2	850,9	0,26	55,4	12,4

- Στα γραμμικά διαγράμματα που ακολουθούν είναι εμφανής η διακύμανση των κύριων ιόντων για κάθε πηγή. Η πηγή της Αγίας Παρασκευής (Σχήμα 18) είναι η μόνη με υφάλμυρο νερό σε αντίθεση με τις υπόλοιπες πηγές που μελετήθηκαν. Έτσι εξηγείται και η ιδιαίτερα μεγάλη συγκέντρωση σε Na⁺ και Cl⁻.



Σχήμα 17: Γραμμικό διάγραμμα κύριων ιόντων για την πηγή Αγ. Παρασκευής.

Γραμμικό διάγραμμα διακύμανσης κύριων ιόντων για κάθε ιαματικό πόρο



Σχήμα 18: Γραμμικό διάγραμμα κύριων ιόντων για τις μελετηθέντες πηγές.

- Το σύνολο των δειγμάτων που μελετήθηκαν αφορούσαν υγρούς ιαματικούς πόρους, με εξαίρεση τον φυσικό ιαματικό πόρο της περιοχής Αμάραντου, που αφορούσε αέριες αναβλύσεις. Από άποψη θερμοκρασιών τα δείγματα ήταν από ψυχρά ως υπέρθερμα. Καταγράφηκαν πέντε ψυχρές πηγές, δύο υπόθερμες, μία υπόθερμη ως ομοιόθερμη, τρεις ομοιόθερμες συμπεριλαμβανομένης και της πηγής του Αμάραντου και τρεις υπέρθερμες πηγές. Οι τιμές της φυσικής ραδιενέργειας που καταγράφηκαν ήταν στο σύνολο τους ασθενείς. Οι τιμές του pH που καταγράφηκαν ήταν από όξινες ως αλκαλικές, ενώ πολλές φορές καταγράφηκαν μικρές διακυμάνσεις ακόμα και στον ίδιο ιαματικό πόρο, ανάλογα με τις χρονολογίες ή τις περιόδους (υγρή-ξηρή) που καταγράφηκαν οι μετρήσεις.

Πίνακας 27: Κατάταξη των πηγών σύμφωνα με το προτεινόμενο σύστημα

ΑΑ	ΠΗΓΗ	Ταξινόμηση STCRE
1	Ξινό Νερό	S ₁ T ₁ C ₂ R ₁ E _{H-Ca}
2	Ανθέμια	S ₁ T ₁ C ₁ R ₁ E _{H-M}
3	Μεταλλικό	S ₁ T ₁ C ₃ R ₁ E _{H-Ca}
4	Κιβωτός	S ₁ T ₁ C ₁ R ₁ E _{H-Cl}
5	Σουρωτή	S ₁ T ₁ C ₃ R ₁ E _{H-Cl}
6	Αγραπιδιά	S ₁ T ₂ C ₂ R ₁ E _{H-Na}
7	Λουτροχώρι	S ₁ T ₂ C ₁ R ₁ E _{H-Ca}
8	Αγ. Παρασκευή	S ₁ T ₂₋₃ C ₄ R ₁ E _{Cl-Na}
9	Λαγκαδάς	S ₁ T ₃ C ₁ R ₁ E _{H-S}
10	Αριδαία	S ₁ T ₃ C ₂ R ₁ E _{H-Ca}
11	Αμάραντος	S _g T ₃ C ₁ R ₁ E _{H-Ca}
12	Νιγρίτα	S ₁ T ₄ C ₄ R ₁ E _{H-Na}
13	Σιδηρόκαστρο	S ₁ T ₄ C ₂ R ₁ E _{H-S}
14	Ν. Απολλωνία	S ₁ T ₄ C ₂ R ₁ E _{S-H}

Στον Πίνακα 28 φαίνεται με χρωματική επισήμανση η ταξινόμηση των πηγών με βάση τη θερμοκρασία τους αλλά και με βάση το προτεινόμενο σύστημα STCRE (βλ. Κεφάλαιο 1.3)

- Ακολουθεί πίνακας συσχέτισης, μέσω του προγράμματος στατιστικής επεξεργασίας SPSS.

Πίνακας 28: Πίνακας συσχέτισης των κύριων ιόντων

Correlation Matrix										
		Ca	Mg	Na	K	Cl	HCO ₃	F	SO ₄	NO ₃
Ca	Pearson Correlation	1	,870**	,848**	,824**	,858**	,478	-,190	,796**	,010
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,000	,084	,515	,001	,974
Mg	Pearson Correlation	,870**	1	,993**	,984**	,992**	,351	-,005	,961**	-,206
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,000	,000	,218	,986	,000	,480
Na	Pearson Correlation	,848**	,993**	1	,978**	,998**	,276	,072	,981**	-,188
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,000	,339	,807	,000	,519
K	Pearson Correlation	,824**	,984**	,978**	1	,967**	,428	,055	,955**	-,211
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000		,000	,127	,852	,000	,469
Cl	Pearson Correlation	,858**	,992**	,998**	,967**	1	,247	,042	,976**	-,181
	Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000		,394	,886	,000	,536
HCO ₃	Pearson Correlation	,478	,351	,276	,428	,247	1	-,196	,216	-,007
	Sig. (2-tailed)	,084	,218	,339	,127	,394		,502	,457	,982
F	Pearson Correlation	-,190	-,005	,072	,055	,042	-,196	1	,242	-,169
	Sig. (2-tailed)	,515	,986	,807	,852	,886	,502		,405	,563
SO ₄	Pearson Correlation	,796**	,961**	,981**	,955**	,976**	,216	,242	1	-,195
	Sig. (2-tailed)	,001	,000	,000	,000	,000	,457	,405		,504
NO ₃	Pearson Correlation	,010	-,206	-,188	-,211	-,181	-,007	-,169	-,195	1
	Sig. (2-tailed)	,974	,480	,519	,469	,536	,982	,563	,504	

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Όπως είναι φανερό από τον πίνακα τα ιόντα HCO₃⁻, F⁻ και NO₃⁻ δεν παρουσιάζουν καμία συσχέτιση τόσο μεταξύ τους όσο και με τα υπόλοιπα ιόντα, γεγονός που αποδεικνύεται τόσο από το συντελεστή συσχέτισης, όσο και από τις υψηλές τιμές που εμφανίζει το επίπεδο σημαντικότητας. Από τα υπόλοιπα ιόντα είναι εμφανής και η πολύ υψηλή συσχέτιση που παρουσιάζει το Na με το Cl, καθώς η τιμή του συντελεστή είναι πολύ κοντά στη μονάδα (0,998). Γενικά όλα τα ιόντα πλην των τριών που προαναφέρθηκαν παρουσιάζουν στην πλειονότητα τους υψηλές τιμές συσχέτισης (>0,8).

7. Συμπεράσματα

Αντικείμενο της μεταπτυχιακής διατριβής αποτέλεσε η μελέτη των ιαματικών πηγών της Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας, καθώς και η μετέπειτα ταξινόμησή τους με βάση φυσικοχημικά δεδομένα. Στόχος ήταν η υλοποίηση μιας συγκεντρωτικής μελέτης των ιαματικών πόρων της περιοχής, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα σύγκρισης και συσχέτισης των βασικών χαρακτηριστικών τους. Επιπρόσθετα προτάθηκε ένα σύστημα κατηγοριοποίησης των πηγών, με βάση τις βασικές παραμέτρους τους, ώστε να παρέχεται η δυνατότητα άμεσου προσδιορισμού των στοιχείων τους μέσω ενός συμβόλου-ταυτότητας. Συνοψίζοντας:

- Μελετήθηκαν δεκατέσσερις φυσικοί ιαματικοί πόροι, εκ των οποίων τρεις ανήκουν στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας (Αγραπιδιά, Ξινό Νερό, Κιβωτός) και δέκα στην περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας (Αγ. Νικολάου, Σιδηροκάστρου, Μεταλλικού, Λαγκαδά, Λουτροχωρίου, Νιγρίτας, Αγ. Παρασκευής, Ν. Απολλωνίας, Λουτρακίου Αριδαίας και Σουρωτής). Ο δέκατος τέταρτος ιαματικός πόρος, τοποθετείται στον Ν. Ιωαννίνων, στην Ήπειρο, ωστόσο αναφέρθηκε λόγω της ιδιαιτερότητας που παρουσιάζει, καθώς είναι ο μοναδικός πόρος σε αέρια μορφή.
- Για κάθε ιαματική πηγή επισημάνθηκε η γεωγραφική τοποθέτηση της περιοχής όπου βρίσκεται, καθώς και τα βασικά γεωλογικά και κλιματικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής όπου υπάγεται. Η περιοχή όπου περιλαμβάνονται οι μελετούμενες πηγές, ουσιαστικά καλύπτεται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς μεταξύ των ζωνών Πελαγονικής και Σερβομακεδονικής. Από κλιματική άποψη η περιοχή χαρακτηρίζεται γενικά ως εύκρατη, μεσογειακή με ήπιους χειμώνες.
- Παρουσιάστηκαν πίνακες με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά καθώς και τις τιμές των βασικών ιόντων για κάθε ιαματικό πόρο. Τα δεδομένα αφορούσαν δύο μετρήσεις σε διαστήματα αρκετών ετών (όπου κατέστη δυνατό) ώστε να μελετάται η χημική σταθερότητα κάθε πόρου. Τα ανιόντα HCO_3^- υπερέχουν στην πλειονότητα των μελετηθέντων πηγών έναντι των υπόλοιπων ιόντων.
- Από άποψη θερμοκρασίας καταγράφηκαν πέντε ψυχρές πηγές (Ξινό Νερό, Ανθέμια, Μεταλλικό, Κιβωτός και Σουρωτή), δύο υπόθερμες (Αγραπιδιά, Λουτροχώρι), μια υπόθερμη ως ομοιόθερμη (Αγ. Παρασκευή), τρεις

ομοιόθερμες (Λαγκαδάς, Λουτράκι Αριδαίας, Αμάραντος) και τρεις υπέρθερμες (Νιγρίτα, Σιδηρόκαστρο και Ν. Απολλωνία).

- Από τις προαναφερθείσες μετρήσεις προέκυψε με τη βοήθεια του προγράμματος Aquachem, η κατασκευή υδροχημικών διαγραμμάτων Piper, Durov και Schoeller. Σύμφωνα με την κατάταξη Langguth πάνω στο διάγραμμα Piper οι πηγές που μελετήθηκαν ανήκουν στις κλάσεις **A** (Κανονικό νερό αλκαλικών γαιών (Ca, Mg) με επικράτηση των οξυανθρακικών (HCO_3^-)), **D** (Νερό αλκαλικών γαιών (Ca, Mg) με αυξημένες συγκεντρώσεις αλκαλίων (Na, K) και επικράτηση των ιόντων HCO_3^-), **F** (Αλκαλιούχο (Na, K) νερό με επικράτηση των HCO_3^-) και **G** (Αλκαλιούχο (Na, K) νερό με επικράτηση SO_4^{2-} ή Cl^-).
- Με βάση το ΦΕΚ που δημοσιεύτηκε στις 6/11/2014 για τα κριτήρια χαρακτηρισμού των ιαματικών φυσικών πόρων και λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία που παρατέθηκαν για κάθε ιαματική πηγή, ακολούθησε η ταξινόμηση της κάθε πηγής.
- Οι υδροχημικοί τύποι των δειγμάτων παρουσιάζουν ποικιλομορφία, ωστόσο ως προς τη μεταλλικότητα η πλειονότητα των πηγών χαρακτηρίζονται ως μεσομεταλλικές. Με εξαίρεση την πηγή Αγ. Παρασκευής της οποίας το νερό είναι αλατούχο, οι υπόλοιπες πηγές έχουν γλυκό νερό.
- Τέλος, υπολογίστηκε ο πίνακας συσχέτισης με τη βοήθεια του προγράμματος στατιστικής επεξεργασίας SPSS, ώστε να διαπιστωθεί η εξάρτηση των βασικών ιόντων-παραμέτρων των δειγμάτων νερού μεταξύ τους. Πολύ υψηλή συσχέτιση, παρουσιάζουν μεταξύ τους τα ιόντα Na-K (0.98), Na-Mg (0.99), Mg-Cl (0.99), Mg-K (0.98), K-Cl (0.97). Τα ιόντα HCO_3^- , F^- και NO_3^- δεν παρουσιάζουν καμία συσχέτιση ούτε μεταξύ τους αλλά ούτε και με τα υπόλοιπα ιόντα.

Βιβλιογραφία

Αγγελίδης Ζ. (Θεσσαλονίκη, 1988): Μελέτη των θερμομεταλλικών νερών στη λεκάνη Χειμαρίτιδας- Πετρών Δυτικής Μακεδονίας από γεωλογική και υδροχημική άποψη

Αγγελίδης Ζ., Κόντζογλου Ι., Δικανίδου Δ., (1998): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την ανάδειξη και προστασία των ιαματικών πηγών Μεταλλικού Κιλκίς, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Αγγελίδης Ζ., (1998): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την ανάδειξη και προστασία του ιαματικού υδροφορέα των πηγών Λουτρακίου Πέλλας

Αγγελίδης Ζ., (2000): Μελέτη αναγνώρισης ιαματικού νερού Γιάννες Κιλκίς ως φυσικό μεταλλικό νερό

Αγγελίδης Ζ., (Θεσσαλονίκη, 2004): Υδρογεωλογική μελέτη για την ανάδειξη του ιαματικού υδροφορέα των πηγών Λουτρακίου Αριδέας

Αγγελίδης Ζ. . (Θεσσαλονίκη, 1987): Υδρογεωλογική μελέτη για την αξιοποίηση των ψυχρομεταλλικών ιαματικών νερών Ξινού Νερού Φλώρινας

Αγγελόπουλος Χ., (2014): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη πηγής Σιδηροκάστρου Δήμου Σιντικής Ν. Σερρών, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Αγγελόπουλος Χ., (2014):Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη της πηγής Λουτροχωρίου Σκύδρας, Νομού Πέλλας, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Αγγελόπουλος Χ., (4/12/2009): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση της ψυχρής ολιγομεταλλικής πηγής Αγίου Νικολάου Ανθεμίων ως ιαματικής, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Αγγελόπουλος Χ., (2008): Υδρογεωλογική μελέτη αναγνώρισης φυσικού πόρου ως ιαματικού των πηγών Θερμών Δήμου Νιγρίτας Σερρών

Βαλσαμάρας Δ., Γαβριηλίδης Γεώργιος (1988): Υδρογεωλογική αναγνώριση των ψυχρών ολιγομεταλλικών πηγών νομού Γρεβενών

Βουδούρης Κ., (Θεσσαλονίκη 2014): Υδρογεωλογική μελέτη της πηγής Κιβωτού Γρεβενών

Βουδούρης Κ., (Θεσσαλονίκη 2009): Υδρογεωλογία περιβάλλοντος, υπόγεια νερά και περιβάλλον, Εκδόσεις Τζιόλα

Γαβριηλίδης Γ., Ναγκούλης Αθ., (Θεσσαλονίκη, 2014): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση ως ιαματικής, της πηγής Αγ. Παρασκευής Κασσάνδρας Χαλκιδικής, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Γαβριηλίδης Γ., Ναγκούλης Αθ., (Θεσσαλονίκη, 2013): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση ως ιαματικού, του ψυχρού νερού της γεώτρησης Πόδρο στο Ξινό Νερό του Δήμου Αμύνταιου, ΠΕ Φλώρινας

Γαβριηλίδης Γ., (2004): Μελέτη εκτίμησης των ποσοτικών χαρακτηριστικών του μεταλλικού υδροφορέα Γιάννες Κιλκίς, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Γαβριηλίδης Γ., (14/10/2009): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση της θερμής πηγής υδροθεραπευτηρίου Λουτρακίου Αριδαίας ως ιαματικής

Γαβριηλίδης Γ., (14/10/2009): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση του θερμού νερού των λουτρών Νέας Απολλωνίας ως ιαματικού, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Δημητρόπουλος Δ., (Αθήνα 1985): Έκθεση υδρογεωλογικής αναγνώρισης, της πηγής επιτραπέζιου νερού Σουρωτής Θεσσαλονίκης, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Δημόπουλος Γ., Μουντράκης Δ., Μήτρακας Μ., Αγγελίδης Ζ., (Θεσσαλονίκη 1986): Υδρογεωλογική μελέτη της περιοχής των θερμών λουτρών της κοινότητας Νέας Απολλωνίας, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Κνιθάκης Μ., (Αθήνα 1986): Έκθεση υπό των υδρογεωλογικών συνθηκών της θερμής πηγής Αγκίστρου Σερρών, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Μουντράκης Δ., Θεσσαλονίκη, (2010): Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας, University Studio Press

Ναγκούλης Αθ. (Θεσσαλονίκη 2009): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση του νερού «Σουρωτή»-γεώτρηση Γ1- , της Σουρωτής Δήμου Βασιλικών Νομού Θεσσαλονίκης, ως ιαματικού, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Ναγκούλης Αθ., (Θεσσαλονίκη 2003): Μελέτη αναγνώρισης της πηγής Βόσκινα ως ιαματικής, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Ναγκούλης Αθ., (Θεσσαλονίκη 2009): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση ως ιαματικού, του νερού της γεώτρησης ΑΓ1 Αγραπιδιάς-Λιμνοχωρίου του Δήμου Αετού Φλώρινας

Νομικού Π., (2002): Συμβολή της ποσοτικής μελέτης των θερμομεταλλικών νερών στη γεωθερμική κατάσταση του ελληνικού χώρου, Phd, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τόμος Α+Β,

Παπαγεωργίου Μ., (2011): Η γεωγραφία και χωροταξία του θερμαλιστικού τουρισμού στην Ελλάδα

Πουλτσίδης Μ., (Ιούλιος 2014): Υδρογεωλογική-γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση του φυσικού πόρου του Δ.Δ. Αμαράντου, του Δήμου Κόνιτσας ως ιαματικού, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Σπυρίδης Α., Κουταλού Β., Λιόνης Μ., Λαβογιάννης Μ. : Έλεγχος χημικής ποιότητας αρδευτικών υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) σε κλίμακα λεκανών απορροής ποταμών Μακεδονίας-Θράκης και Θεσσαλίας-Λεκάνη Καστοριάς, υδρογεωλογικά στοιχεία, ΑΠΘ

Τσαλιγόπουλος Μ., (10/12/2013): Υγειονομική έκθεση για την πιστοποίηση των ιαματικών ιδιοτήτων των ελληνικών φυσικών πόρων, Πηγή Σιδηροκάστρου, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Τσαλιγόπουλος Μ., (12/09/2009): Υγειονομική έκθεση για την πιστοποίηση των θεραπευτικών ιδιοτήτων των ελληνικών φυσικών πόρων, Πηγή Νέας Απολλωνίας, Σύνδεσμος Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδας

Τσαλιγόπουλος Μ., (19/07/2009): Υγειονομική έκθεση για την προστασία των θεραπευτικών ιδιοτήτων των ελληνικών φυσικών πόρων, πηγή Αγίου Νικολάου Ανθεμίων

Τσαλιγόπουλος Μ., (19/08/2009): Υγειονομική έκθεση για την προστασία των θεραπευτικών ιδιοτήτων των ελληνικών φυσικών πόρων, πηγή Αγραπιδιάς Αετού

Τσαλιγόπουλος Μ., (21/08/2009): Υγειονομική έκθεση για την προστασία των θεραπευτικών ιδιοτήτων των ελληνικών φυσικών πόρων, πηγή Λουτρακίου Αριδαίας

Zaporozec Alexander (March-April 1972): Graphical Interpretation of water quality data