



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΔΕΣΠΟΙΝΑ Σ. ΧΡΟΝΙΔΟΥ

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ
ΛΟΥΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ ΚΑΙ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ ΤΟΥ
ΔΗΜΟΥ ΣΙΝΤΙΚΗΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2020



[λευκή σελίδα]



ΔΕΣΠΟΙΝΑ Σ. ΧΡΟΝΙΔΟΥ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ:5500

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΛΟΥΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ ΚΑΙ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΣΙΝΤΙΚΗΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

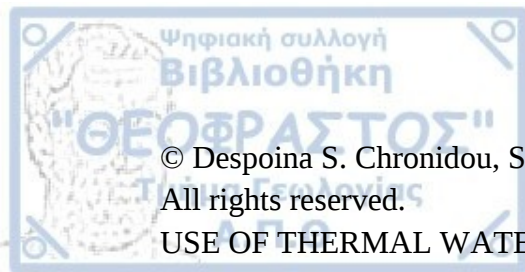
Επιβλέπουσα

Δρ. Μαρία Παπαχρήστου
ΕΔΙΠ Τμήματος Γεωλογίας

.....

© Δέσποινα Σ. Χρονίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2019 Με
επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΙΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΛΟΥΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑΣ
ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ ΚΑΙ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΣΙΝΤΙΚΗΣ – Πτυχιακή
εργασία



© Despoina S. Chronidou, School of Geology, Dept. of Geology, 2019

All rights reserved.

USE OF THERMAL WATERS AT THE BALNEOTHERAPY FACILITIES OF
SIDIROKASTRO AND AGKISTRO (MUNICIPALITY OF SINTIKI) – *Bachelor
Thesis*

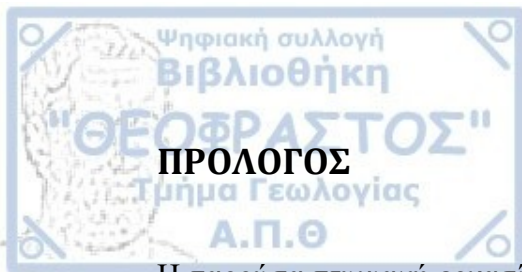
Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται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

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



Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΛΟΥΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	12
3.1: Λεκάνη των Σερρών.....	12
3.2: Γεωθερμικό πεδίο Σιδηροκάστρου	- 15 -
3.2.2: Τεκτονικά στοιχεία	- 19 -
3.2.3: Υδρογεωλογικά στοιχεία	- 19 -
3.2.4: Γεωθερμία	- 21 -
3.2.5: Γεωθερμική έρευνα.....	- 22 -
3.2.6: Υδροχημεία των θερμών νερών Σιδηροκάστρου.....	- 36 -
3.2.7 : Οριοθέτηση γεωθερμικού πεδίου Σιδηροκάστρου	- 44 -
3.3: Γεωθερμικό πεδίο Αγκίστρου	- 47 -
3.3.1: Γεωλογικά στοιχεία	- 47 -
3.3.2: Τεκτονικά στοιχεία	- 48 -
3.3.3: Υδρογεωλογικά στοιχεία.....	- 49 -
3.3.4: Γεωθερμία	- 50 -
3.3.5: Γεωθερμική έρευνα.....	- 51 -
3.3.6: Υδροχημεία των θερμών νερών Αγκίστρου	- 54 -
3.3.7: Οριοθέτηση γεωθερμικού πεδίου Αγκίστρου	- 57 -
Κεφάλαιο 4: Αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών στα πεδία Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου ..	- 59 -
4.1: Αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών στο πεδίο Σιδηροκάστρου	- 59 -
4.1.1: Εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας στην περιοχή Σιδηροκάστρου	- 59 -
4.2: Αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών στο πεδίο Αγκίστρου	- 70 -
Κεφάλαιο 5: Συμπεράσματα / Προτάσεις.....	- 81 -
Βιβλιογραφία	- 86 -



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, με θέμα «Αξιοποίηση των θερμών νερών στις μονάδες λουτροθεραπείας Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου του Δήμου Σιντικής» εκπονήθηκε στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.

Στόχος της εργασίας ήταν η διερεύνηση του τρόπου και των συνθηκών χρήσης των γεωθερμικών ρευστών στις μονάδες λουτροθεραπείας Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου του Νομού Σερρών και η εξαγωγή κάποιων αρχικών συμπερασμάτων για τις περαιτέρω δυνατότητες ορθολογικής και ολοκληρωμένης αξιοποίησής τους.

Για το λόγο αυτό, πέρα της εκτεταμένης βιβλιογραφικής έρευνας, πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στις περιοχές των γεωθερμικών πεδίων Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου για τη συγκέντρωση στοιχείων και πληροφοριών, βάση των οποίων συμπληρώθηκε ερωτηματολόγιο σχετικό με τη λειτουργία των μονάδων και τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών.

Η εκπόνηση και συγγραφή της παρούσας διατριβής, έγινε υπό την επίβλεψη της Δρ. Μαρίας Παπαχρήστου, διδάσκουσα του μαθήματος «Γεωθερμία» και ΕΔΙΠ του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ., την οποία θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά για την καθοδήγηση, το αμείωτο ενδιαφέρον και τις εύστοχες υποδείξεις της.

Επίσης, οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες στον πρώην Διευθυντή των Ιαματικών Λουτρών Σιδηροκάστρου κ. Δημήτριο Καπουκρανίδη, στον Περιβαλλοντολόγο κ. Γεώργιο Καρβούνη, στον υπεύθυνο των ερευνητικών εργασιών στα ιαματικά λουτρά Αγκίστρου κ. Γρηγόριο Κωνσταντινίδη και στον Σύλλογο Δήμων Ιαματικών Πηγών Ελλάδος για την παροχή πολύ χρήσιμων στοιχείων σχετικά με τις συγκεκριμένες μονάδες λουτροθεραπείας και τις έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στα δύο γεωθερμικά πεδία.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά στην αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών στις Μονάδες Λουτροθεραπείας Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου του Δήμου Σιντικής (Νομός Σερρών).

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει κάποια συστηματική μελέτη για την αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας στα λουτροθεραπευτικά κέντρα της Ελλάδας, βασικός στόχος της εργασίας ήταν να συγκεντρωθούν και να παρουσιαστούν αξιόπιστα δεδομένα για δύο περιπτώσεις τέτοιων εγκαταστάσεων στη Βόρεια Ελλάδα, οι οποίες μάλιστα έχουν μεγάλη επισκεψιμότητα και λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στο πλαίσιο αυτό, συντάχθηκε ερωτηματολόγιο σχετικό με τη λειτουργία των λουτροθεραπευτικών μονάδων και τη χρήση των γεωθερμικών ρευστών, το οποίο συμπληρώθηκε σύμφωνα με τις πληροφορίες που προέκυψαν από επισκέψεις και μετρήσεις στις δύο περιοχές και τα στοιχεία που ήταν διαθέσιμα από τους υπεύθυνους των εγκαταστάσεων.

Με βάση όσα δεδομένα ήταν δυνατόν να συλλεχθούν, έγινε μία πρώτη προσπάθεια εκτίμησης των δυνατοτήτων για καλύτερη και πιο ολοκληρωμένη αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών στις συγκεκριμένες εγκαταστάσεις, από γεωθερμική βέβαια άποψη.

Η εργασία περιλαμβάνει σύντομη αναφορά σε βασικές γεωθερμικές έννοιες και μία μικρή ιστορική αναδρομή της λουτροθεραπείας, με έμφαση στον ελληνικό χώρο. Επίσης, παρουσιάζονται στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος (Λεκάνη Σερρών), ιδιαίτερα όσων συνδέονται με την ανάπτυξη γεωθερμικής ανωμαλίας και τη δημιουργία πολλών γεωθερμικών συστημάτων/πεδίων χαμηλής θερμοκρασίας μέσα στη λεκάνη. Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά τα γεωθερμικά πεδία Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου με βάση τα δεδομένα των μέχρι σήμερα ερευνών. Ακολούθως, η εργασία εστιάζει στην αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών στις δύο παραπάνω περιοχές, με έμφαση βέβαια στη λουτροθεραπεία. Παρατίθενται και αναλύονται τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν, και, τέλος, παρουσιάζονται συμπεράσματα και προτάσεις.



ABSTRACT

The present thesis discusses the use of thermal waters at the balneology facilities of the 'Sidirokastro' and 'Agkistro' geothermal fields (Municipality of Sintiki, Prefecture of Serres).

The study area is located in the northern part of Serres Basin, a region where geothermal research has revealed the existence of several significant low temperature geothermal systems/fields. The basic geologic characteristics of the basin, as well as a detailed description of the Sidirokastro and Agkistro fields are thoroughly presented. The thesis also includes an introduction on basic geothermal terms and a brief historic overview of the thermal waters' use for therapeutic purposes, emphasizing in Greece. In the frame of this thesis, a short questionnaire on general and technical information for the operation of the balneotherapy centers and the use of geothermal fluids was prepared. Some of the required data was gathered by in situ visits and observations, whereas certain information was provided by the technical and managerial personnel of the facilities.

There is no systematic study on the use of geothermal waters in the balneotherapy and spa centers of Greece; therefore, the main aim of the thesis was to present reliable and valid data from two such facilities. Moreover, an attempt was made to evaluate the utilization of geothermal fluids in the examined resorts and investigate new possibilities for more rational and sustainable exploitation.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος «Γεωθερμία» αναφέρεται στον εφαρμοσμένο επιστημονικό κλάδο που ασχολείται με τη συνολική έρευνα για τον εντοπισμό, τη μελέτη και την αξιοποίηση των γεωθερμικών πεδίων, συμπεριλαμβανομένων των μελετών για την κατανομή της θερμοκρασίας στο υπέδαφος, τη γήινη θερμική ροή, τα υδροχημικά χαρακτηριστικά των γεωθερμικών ρευστών και την επίδραση των γεωλογικών-τεκτονικών συνθηκών που επικρατούν σε μία περιοχή στην κυκλοφορία των υπόγειων θερμών ρευστών (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).

Η «γεωθερμική ενέργεια» ορίζεται ως η θερμότητα του εσωτερικού της Γης. Πρόκειται για ανανεώσιμη και περιβαλλοντικά ήπια πηγή ενέργειας (Α.Π.Ε.) που βρίσκεται αποθηκευμένη στο υπέδαφος. Οι τεράστιες ποσότητες της γήινης θερμικής ενέργειας δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον άνθρωπο παρά μόνο όταν βρίσκονται σε προσβάσιμα, με τη σημερινή τεχνολογία, βάθη (συνήθως μέχρι 3-5 Km). Στις περιοχές αυτές, λόγω γεωλογικών και τεκτονικών συνθηκών, παρατηρούνται θετικές γεωθερμικές ανωμαλίες, συσσώρευση θερμικής ενέργειας σε μικρά σχετικά βάθη, μεγαλύτερες από τη μέση τιμή γεωθερμικές βαθμίδες ($>30^{\circ}\text{C/Km}$) και ιδιαίτερα αυξημένες θερμοκρασίες, καθιστώντας την εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας οικονομικά συμφέρουσα (Φυτίκας και Ανδρίτσος, 2004).

Η Ελλάδα λόγω της ιδιαίτερης γεωτεκτονικής θέσης της διαθέτει αξιόλογο γεωθερμικό δυναμικό. Η ύπαρξη του ενεργού ηφαιστειακού τόξου του Νότιου Αιγαίου που έχει δημιουργηθεί λόγω της σύγκλισης των τεκτονικών πλακών Αιγαίου και Αφρικανικής νότια της Κρήτης, σε συνδυασμό με την οπισθοτόξια εφελκυστική τεκτονική και τη δημιουργία κατάλληλων γεωτεκτονικών δομών, αποτελούν τους κύριους παράγοντες της ανάπτυξης πολυάριθμων γεωθερμικών συστημάτων και πεδίων τόσο στην ηπειρωτική χώρα (κυρίως Βόρεια και Κεντρική Ελλάδα) όσο και σε πολλά νησιά του Αιγαίου (Μήλος, Νίσυρος, Ικαρία, Σάμος κλπ) όπως φαίνεται στην Εικόνα 1. Στη Μήλο και τη Νίσυρο υπάρχουν δύο βεβαιωμένα γεωθερμικά πεδία υψηλής ενθαλπίας (εθνικού ενδιαφέροντος) με θερμοκρασίες ρευστών που ξεπερνούν κατά πολύ τους 150°C . Τα περισσότερα γεωθερμικά πεδία που έχουν εντοπιστεί μέχρι σήμερα στην Ελλάδα είναι τοπικού ενδιαφέροντος με θερμοκρασίες έως 90°C .



Εικόνα 1: Βεβαιωμένα Γεωθερμικά Πεδία της Ελλάδας (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

Οι χρήσεις των γεωθερμικών ρευστών εξαρτώνται κυρίως από την θερμοκρασία τους και χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- Αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας (θερμοκρασίες $< 25-30^{\circ}\text{C}$) με τη βοήθεια γεωθερμικών αντλιών θερμότητας
- Άμεσες χρήσεις (θερμοκρασίες από $25-30^{\circ}\text{C}$ μέχρι 90°C) και
- Ηλεκτρικές χρήσεις (θερμοκρασίες $> 90-100^{\circ}\text{C}$).

Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια αξιοποιείται κυρίως για θέρμανση και δροσισμό κτιρίων και παροχή ζεστού νερού χρήσης. Στην κατηγορία των άμεσων χρήσεων ανήκουν οι περισσότερες εφαρμογές της γεωθερμίας: θέρμανση χώρων, βιομηχανική χρήση, ξήρανση, αφαλάτωση, ιχθυοκαλλιέργειες, υδατοκαλλιέργειες (όπως η παραγωγή σπινουλίνας), λουτροθεραπεία κλπ. Η παραγωγή ηλεκτρικής ισχύος από γεωθερμικά ρευστά μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη εφαρμογή διάφορων

τεχνολογιών (απευθείας χρήση ξηρού ατμού, δυαδικός κύκλος κλπ.) ανάλογα με τη θερμοκρασία και τις ιδιότητες των ρευστών. Στην Εικόνα 2 απεικονίζονται οι βασικοί τρόποι αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας με βάση τη θερμοκρασία.



Εικόνα 2: Χρήσεις της γεωθερμίας ανάλογα με τη θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών (www.geothermaleducation.org).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΛΟΥΤΡΟΘΕΡΑΠΕΙΑ

Η ιαματική χρήση των θερμών νερών είναι γνωστή από την αρχαιότητα και αποτελεί την πιο διαχρονική μορφή αξιοποίησης της γεωθερμίας στην Ελλάδα. Η ελληνική μυθολογία είναι πλούσια σε αναφορές για το ρόλο των θερμών νερών και τη δημιουργία των θερμών πηγών. Από τις πιο γνωστές, είναι αυτή που αφορά στη δημιουργία των θερμών πηγών Θερμοπυλών από τον Ήφαιστο για τον Ηρακλή, μετά από παράκληση της θεάς Αθηνάς, είτε για τη θεραπεία του από μία θανατηφόρο ασθένεια ή για την ανάκτηση των δυνάμεών του και την ίαση των πληγών του μετά από κάθε άθλο (Αγγελίδης, 2008). Ένας άλλος μύθος, ο οποίος σχετίζεται με τις πολύ γνωστές πηγές της Αιδηψού, αναφέρει ότι ο Δευκαλίωνας και η Πύρρα πήγαν στην Αιδηψό ώστε να συμβουλευτούν την Ήρα, ως οι μόνοι επιζήσαντες μετά την εξαφάνιση του ανθρώπινου γένους από το Δία. Η συμβουλή της Ήρας για την απόκτηση πολλών παιδιών και δημιουργία νέων ανθρώπων ήταν να λουσθούν στα θερμά νερά της Αιδηψού. Έτσι, μετά από λίγο διάστημα η Πύρρα γέννησε τον Έλληνα, πατέρα όλων των ελληνικών φυλών.

Στα ιστορικά χρόνια, πολυάριθμες είναι οι αναφορές του Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.), του Πλούταρχου (45-120 μ.Χ.), του Γαληνού (129-216 μ.Χ.) και άλλων για τα ψυχρά και τα θερμά λουτρά. Οι σκληραγωγημένοι Σπαρτιάτες και Μακεδόνες λούζονταν μόνο με ψυχρό νερό, ενώ οι Αθηναίοι χρησιμοποιούσαν τόσο τα θερμά όσο και τα ψυχρά λουτρά. Σύμφωνα με τον Αγγελίδη (2008), οι εγκαταστάσεις των λουτρών, αλλά και η ίδια η λουτροθεραπεία, στην αρχαιότητα αποκαλούνταν «βαλανείον». Τα αρχαιότερα βαλανεία βρισκόταν στη Σύβαρη στα τέλη του 6^{ου} π.Χ. αιώνα, ενώ στην Αθήνα είχαν μεγάλη εξάπλωση κατά την Ελληνιστική περίοδο. Αρχικά, τα βαλανεία επισκέπτονταν μόνο οι εύποροι πολίτες, αλλά στη συνέχεια εδραιώθηκαν τα δημόσια βαλανεία. Τα «Ασκληπιεία», τα οποία λειτούργησαν και επικράτησαν αργότερα, ήταν ναοί και ταυτόχρονα θεραπευτικά κέντρα. Θεωρούνται η απαρχή της ιαματικής λουτροθεραπείας, αφού το λουτρό αποτελούσε το πρώτο στάδιο της θεραπείας ενός ασθενούς. Ο Ιπποκράτης (460-377 π.Χ.) ήταν αυτός που έθεσε τις επιστημονικές βάσεις για την ιατρική λουτροθεραπεία, καταγράφοντας τις ευεργετικές ιδιότητες του θερμού νερού, αλλά και την προτεινόμενη διάρκεια της λούσης για την εξασφάλιση των ευεργετικών ιδιοτήτων των νερών για τον οργανισμό.

Κατά τη ρωμαϊκή περίοδο τα λουτρά αναπτύχθηκαν περαιτέρω λόγω των τεχνολογικών επιτευγμάτων της εποχής, όπως η υδρομάστευση πηγών, και της μεγάλης διαθέσιμης ποσότητας νερού. Η αγάπη των Ρωμαίων για τα θερμά λουτρά είναι γνωστή, αφού συστηματοποίησαν τη χρήση τους ως θεραπευτικά μέσα και αναβάθμισαν τις κτιριακές εγκαταστάσεις. Πολύ σημαντική ήταν η συμβολή του Γαληνού (129-216 μ.Χ.) ο οποίος διαχώρισε τα νερά των πηγών από τα «κοινά λουτρά», τα ιαματικά λουτρά από αυτά που λειτουργούσαν με θαλασσίνο νερό, ενώ τα κατηγοριοποίησε ανάλογα με τη θερμοκρασία και τη χημική σύσταση του νερού (Αγγελίδης, 2008). Οι Ρωμαίοι περνούσαν στα υδροθεραπευτήρια, τις λεγόμενες «Θέρμες», πολλές ώρες της ημέρας. Οι «Θέρμες» ήταν χώροι με διάφορες δυνατότητες ενασχόλησης, όπως γυμναστήρια, θέατρα, βιβλιοθήκες κλπ.

Η παρακμή της υδροθεραπείας σηματοδοτείται από την παρακμή και την πτώση της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας και οφείλεται σε δύο κυρίως λόγους: στις θρησκευτικές πεποιθήσεις μετά την επικράτηση της χριστιανικής θρησκείας και στις τεράστιες υλικές ζημιές που προκλήθηκαν στις εγκαταστάσεις των λουτρών από εισβολές βορειοανατολικών λαών (Αγγελίδης, 2008).

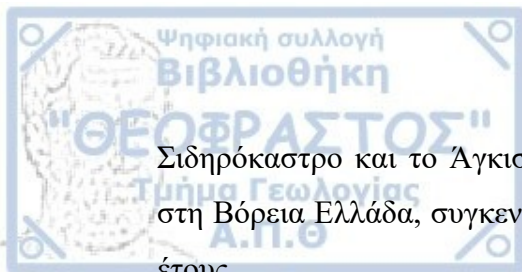
Κάποια λουτρά εξακολούθησαν να λειτουργούν κατά την περίοδο της βυζαντινής αυτοκρατορίας, σε μικρότερες όμως εγκαταστάσεις, δεδομένης της λουτροφιλίας κυρίως των Ελλήνων αλλά και άλλων ανατολικών λαών (Αγγελίδης, 2008). Τα λουτρά ήταν κυρίως δημόσια και σε αρκετές περιπτώσεις ανήκαν σε μοναστήρια ή στην Εκκλησία. Η Αγία Ελένη, ο Μέγας Κωνσταντίνος, η αυτοκράτειρα Θεοδώρα, ο Ιουστινιανός και πολλοί άλλοι βασιλείς επισκέπτονταν τις λουτροπόλεις, ενώ βυζαντινά λουτρά κατασκευάστηκαν σε αρκετές περιοχές της Βόρειας Ελλάδας, μεταξύ των οποίων και στο Άγκιστρο του Νομού Σερρών. Στο τέλος των βυζαντινών χρόνων και με την επικράτηση του Ισλάμ, τα δημόσια λουτρά έπαψαν να λειτουργούν με τη μορφή που είχαν και περιορίστηκαν σε ξηρά ατμόλουτρα και χαμάμ.

Στη Δυτική Ευρώπη από τον 5^ο μέχρι τον 13^ο αιώνα, η καθολική εκκλησία ήταν αντίθετη στη λουτροθεραπεία. Η ανασύσταση των λουτροπόλεων άρχισε από τον 13^ο αιώνα από μοναχούς. Η πραγματική όμως αναγέννηση των ιαματικών λουτρών στην Ευρώπη ξεκίνησε ουσιαστικά τον 18^ο αιώνα. Οι πρώτες χημικές αναλύσεις των ιαματικών νερών έγιναν το 1670 στη Γαλλία, ενώ επαναλήφθηκαν το 1750, όποτε έγινε η πρώτη ταξινόμηση των πηγών με βάση τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες. Με τον τρόπο αυτόν, η λουτροθεραπεία άρχισε σταδιακά να τεκμηριώνεται ως ιατρική θεραπευτική μέθοδος από την επιστημονική κοινότητα σε διάφορες χώρες της

Ευρώπης Τον 19^ο και τον 20^ο αιώνα εισάγεται η έννοια του « θερμαλισμού» και κυριαρχεί η αντίληψη του Ιπποκράτη, ότι η υγεία του ανθρώπου, σωματική και ψυχική, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη φύση. Με τον όρο «θερμαλισμός» εννοείται το σύνολο θεραπευτικών πρακτικών με βάση τη χρήση των θερμών ιαματικών νερών.

Στην Ελλάδα η αξιοποίηση των ιαματικών πηγών ξεκίνησε από την κυβέρνηση του Ιωάννη Καποδίστρια (1776-1831) όταν ανατέθηκε σε τρεις Ρώσους γιατρούς και έναν φαρμακοποιό να αναλύσουν ιαματικά νερά. Το 1835 διατυπώθηκαν οι πρώτες προσδοκίες για την αξιοποίηση των ιαματικών νερών από τον αρχιφαρμακοποιό του Όθωνα. Η Κύθνος αποτέλεσε το σημείο εκκίνησης για τον ελληνικό θερμαλισμό, με την κατασκευή των πρώτων εγκαταστάσεων λουτροθεραπείας στην Ελλάδα. Ακολούθησαν με χρονική σειρά το Λουτράκι Κορινθίας, τα Μέθανα, η Αιδηψός, η Κυλλήνη, η Υπάτη, ο Καϊάφας, το Σμόκοβο και έπειτα οι υπόλοιπες λουτροπόλεις. Το 1920 αναγνωρίστηκαν από την νομοθεσία κάποιες πηγές ως ιαματικές, ανάμεσά τους οι πηγές Λουτρακίου Πέλλας, Θέρμης Θεσσαλονίκης, Σιδηροκάστρου, Μανδρακίου κ.ά. Ο 2^{ος} Παγκόσμιος πόλεμος (1939-1945) είχε ως επακόλουθο την παρακμή των λουτρών και την απομάκρυνση από την παραδοσιακή ιαματική θεραπεία. Μετά το 1950 άρχισε ξανά η αξιοποίηση των θερμών νερών για λουτροθεραπεία με περαιτέρω επιστημονική έρευνα και τη δημιουργία νέων εγκαταστάσεων. Σύμφωνα με τον Αγγελίδη (2008), σταθμός για την λουτροθεραπεία στην Ελλάδα αποτέλεσε η ίδρυση του Χημείου του Κράτους με διευθυντή τον χημικό Δρ. Μ. Περτέση (1893 - 1976), ο οποίος μελέτησε για πρώτη φορά τις φυσικοχημικές ιδιότητες των ιαματικών πηγών που είχαν επισήμως αναγνωριστεί μέχρι το 1953, καθώς και τη ραδιενέργεια αυτών των νερών.

Από τα τέλη του 20^{ου} αιώνα και μέχρι σήμερα (21^{ος} αιώνας) η λουτροθεραπεία έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό κυρίως στην Ευρώπη αλλά και στην Ελλάδα. Κατασκευάστηκαν ή ανακαινίστηκαν πολλές κτιριακές εγκαταστάσεις με στόχο την φιλοξενία μεγάλου αριθμού επισκεπτών, ενώ συχνά περιλαμβάνονται εξωτερικές πισίνες που λειτουργούν με θερμό νερό και διάφοροι επιπρόσθετοι χώροι αναψυχής. Πέραν του συνήθως μεγάλης ηλικίας πληθυσμού που επισκέπτονται παραδοσιακά τις λουτροπόλεις, όλο και περισσότερα άτομα νεαρής ηλικίας επιλέγουν τη λουτροθεραπεία ως τρόπο χαλάρωσης και αναψυχής. Στην Ελλάδα λειτουργούν αρκετές λουτροπόλεις με σύγχρονες εγκαταστάσεις, πολυτελείς ξενοδοχειακές μονάδες και παροχή πολλαπλών υπηρεσιών ευεξίας. Οι εγκαταστάσεις στο



Σιδηρόκαστρο και το Άγκιστρο του Νομού Σερρών είναι από τις πλέον δημοφιλείς στη Βόρεια Ελλάδα, συγκεντρώνοντας πολλούς επισκέπτες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα εξεταζόμενα γεωθερμικά πεδία Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου βρίσκονται στο ΒΔ τμήμα του Νομού Σερρών και ανήκουν στη Λεκάνη των Σερρών.

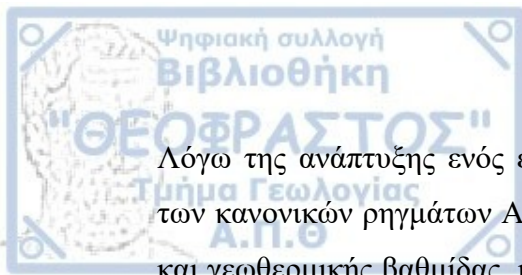
3.1: Λεκάνη των Σερρών

Η λεκάνη των Σερρών βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία και αποτελεί ένα τυπικό μετα-ορογενικό βύθισμα. Το μήκος της ανέρχεται περίπου στα 80Km και το πλάτος στα 50Km (Παπαφιλίππου-Πέννου, 2004). Η λεκάνη διαρρέεται από τον ποταμό Στρυμόνα και αποτελεί τμήμα της ευρύτερης λεκάνης απορροής του ποταμού, η οποία εκτείνεται προς τα βόρεια και εκτός της ελληνικής επικράτειας.

Τα Νεογενή ιζήματα που πλήρωσαν την λεκάνη έχουν μέγιστο πάχος που φτάνει σχεδόν τα 4Km στο κέντρο της (Kolios et al, 2007). Η λεκάνη αναπτύσσεται κατά έναν ΒΔ-ΝΑ άξονα και οριοθετείται δυτικά από την Σερβομακεδονική Μάζα και ανατολικά από τη Μάζα της Ροδόπης. Η τεκτονική γραμμή του Στρυμόνα, ηλικίας Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου, θεωρείται ως το όριο των δύο παραπάνω γεωλογικών μαζών.

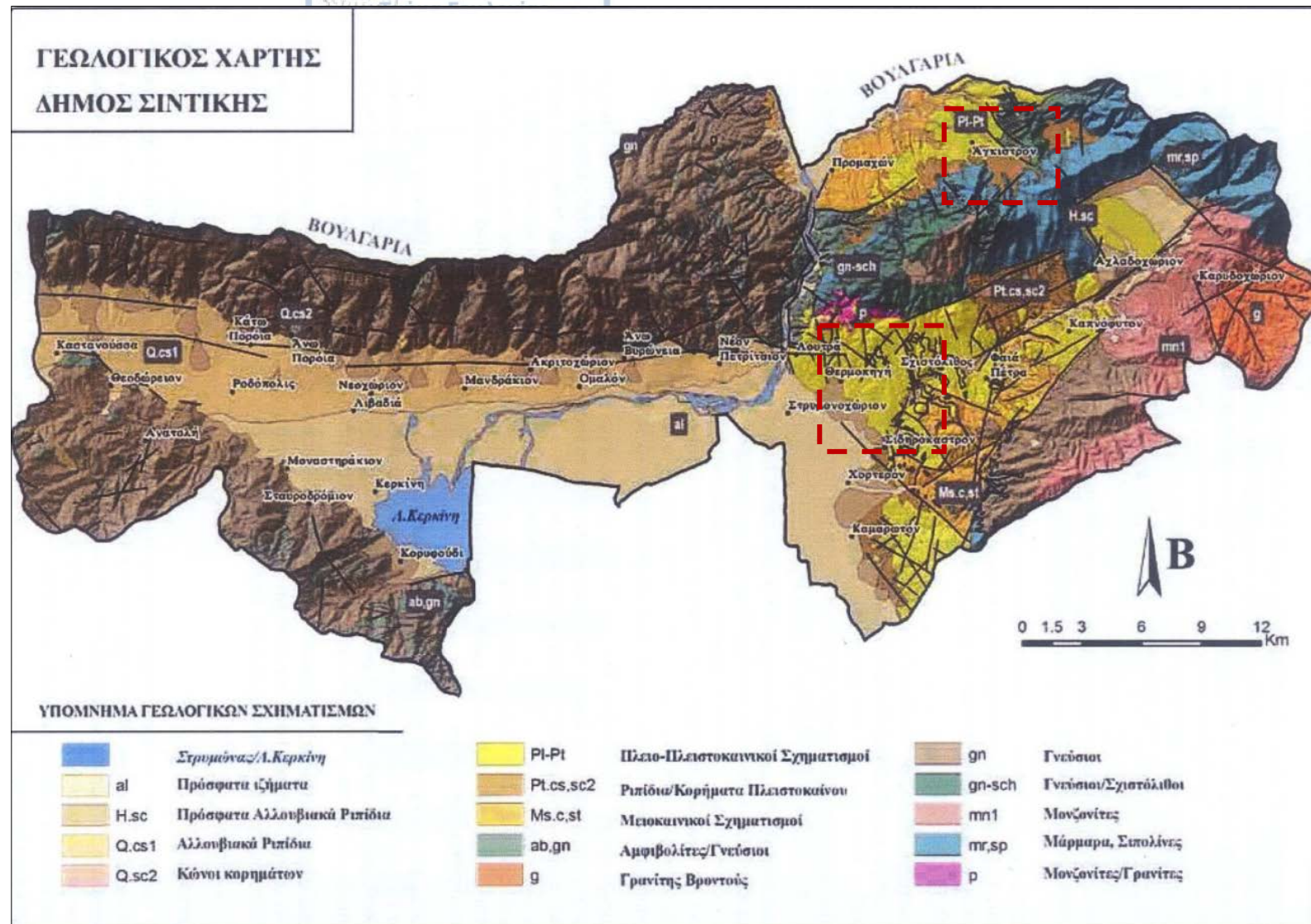
Η Μάζα της Ροδόπης αποτελείται από δύο τεκτονικές ενότητες. Η ανώτερη, αλλά παλαιότερη ενότητα, είναι η «τεκτονική ενότητα του Σιδηρόνερου» και η κατώτερη και νεότερη ενότητα είναι η «τεκτονική ενότητα του Παγγαίου» (Μουντράκης, 2010). Η Σερβομακεδονική Μάζα αποτελείται από δύο τεκτονικές ενότητες: την κατώτερη και παλαιότερη ενότητα των Κερδυλλίων και την ανώτερη και νεότερη ενότητα του Βερτίσκου. Σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010), η επαφή των δύο γεωλογικών μαζών αποκαλύπτεται μόνο σε δύο σημεία, στο χωριό Προμαχώνας (Ν. Σερρών) και ανάμεσα στα χωριά Κάτω Λακοβίκια και Παλαιοκώμη (Ν.Σερρών), όπου παρατηρείται η εφίπλευση της Σερβομακεδονικής πάνω στη Μάζα της Ροδόπης.

Στη λεκάνη των Σερρών κυριαρχούν δύο συστήματα κανονικών ρηγμάτων (Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1989). Το πρώτο έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ με συζυγή ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης και το δεύτερο έχει διεύθυνση Α-Δ με συζυγή ρήγματα Β-Ν διεύθυνσης. Νεότερο θεωρείται το σύστημα με διεύθυνση Α-Δ, ηλικίας Μέσου Πλειστοκαίνου και είναι αυτό που παραμένει ενεργό σήμερα (Kolios et al, 2007).



Λόγω της ανάπτυξης ενός εφελκυστικού πεδίου με διεύθυνση B-N και της δράσης των κανονικών ρηγμάτων Α-Δ, δημιουργήθηκαν συνθήκες αυξημένης θερμικής ροής και γεωθερμικής βαθμίδας, κυρίως στα περιθώρια της λεκάνης. Τα επιφανειακά νερά κατεισδύουν σε μεγάλο βάθος μέσω των ενεργών ρηγμάτων, με αποτέλεσμα να θερμαίνονται, να κυκλοφορούν μέσα στα περατά πετρώματα, να εμπλουτίζονται σε κάποια χημικά στοιχεία και στη συνέχεια είτε να ανέρχονται στην επιφάνεια μέσω θερμών πηγών, είτε να εγκλωβίζονται μέσα σε κατάλληλους γεωλογικούς σχηματισμούς, δημιουργώντας γεωθερμικούς ταμιευτήρες χαμηλής θερμοκρασίας.

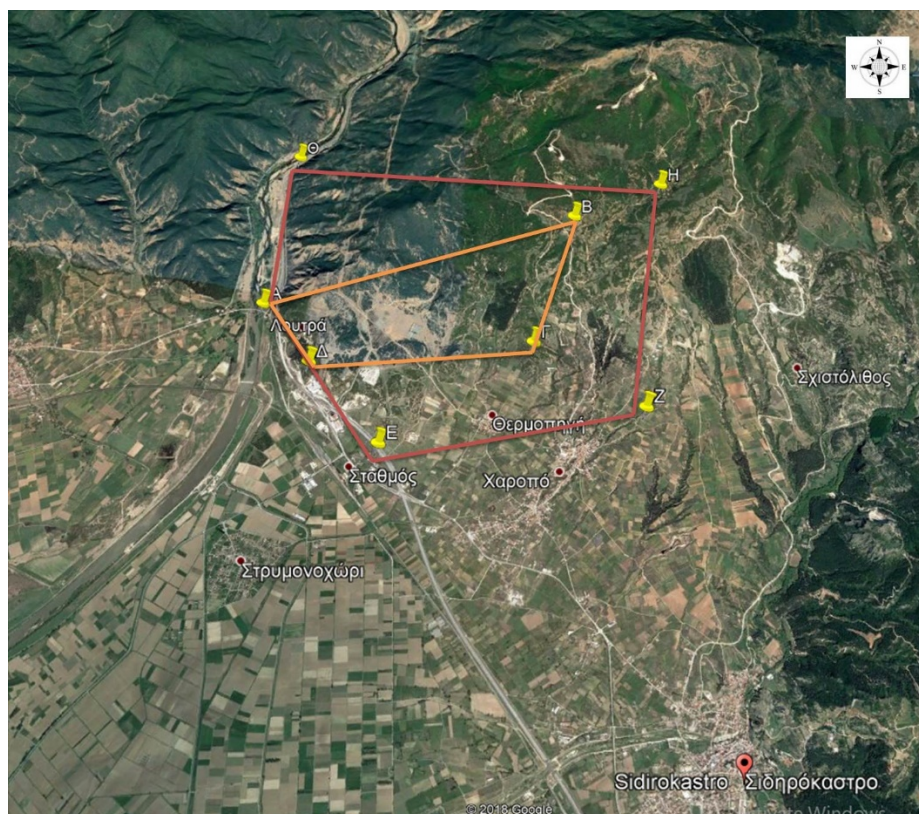
Εντός της λεκάνης των Σερρών υπάρχουν πέντε (5) βεβαιωμένα γεωθερμικά πεδία χαμηλής θερμοκρασίας: Αγκίστρου (40-48°C), Σιδηροκάστρου (40-56°C), Ηράκλειας – Λιθότοπου (40-62°C), Θερμών Νιγρίτας (40-64°C) και Ιβήρων – Αχινού (40-51°C). Στην παρούσα εργασία, το ενδιαφέρον εντοπίζεται στα πεδία Αγκίστρου και Σιδηροκάστρου, τα οποία ανήκουν στο Δήμο Σιντικής. Ο απλούστερος γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής (Δήμος Σιντικής) απεικονίζεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 3: Γεωλογικός χάρτης του Δήμου Σιντικής (Κωνσταντινίδου κ.ά., 2014). Οι περιοχές ενδιαφέροντος απεικονίζονται σε κόκκινα πλαίσια

3.2: Γεωθερμικό πεδίο Σιδηροκάστρου

Το γεωθερμικό πεδίο Σιδηροκάστρου βρίσκεται βορειοδυτικά της κωμόπολης του Σιδηροκάστρου και απέχει 30km από την πόλη των Σερρών. Εντός του πεδίου έχουν γίνει αρκετές ερευνητικές και παραγωγικές γεωτρήσεις από το ΙΓΜΕ, οι οποίες οδήγησαν στην οριοθέτηση του πεδίου (Εικόνα 4). Η θερμή πηγή Σιδηροκάστρου αναγνωρίστηκε πρόσφατα ως φυσικός ιαματικός πόρος με Υ.Α. 4992/2018 (ΦΕΚ/Β/25-4-2018).



Εικόνα 4: Όρια γεωθερμικού πεδίου Σιδηροκάστρου (κόκκινο: «πιθανό» πεδίο, πορτοκαλί: «βεβαιωμένο» πεδίο, πηγή: ΙΓΜΕ, 2007).

3.2.1: Γεωλογικά στοιχεία

Η περιοχή έρευνας γεωτεκτονικά ανήκει στη Μάζα της Ροδόπης και αναπτύσσεται κοντά στην επώθηση της Σερβομακεδονικής επί της Ροδόπης (Καρυδάκης και Καβουρίδης, 1988). Το υπόβαθρο συνίσταται από σχιστόλιθους, μάρμαρα και μαρμαρυγιακούς γνεύσιους. Τα πετρώματα αυτά φαίνεται να βυθίζονται προς τα νοτιοανατολικά

(Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1989). Οι γενέσιοι και οι σχιστόλιθοι συναντώνται κυρίως στα δυτικά, ενώ στα ανατολικά επικρατούν ασβεστολιθικοί σχιστόλιθοι και σιπολίνες, ένδειξη της ζώνης μετάβασης σε μάρμαρα. Σύμφωνα με τους Καβουρίδης και Καρυδάκης (1989), μία σειρά ανθρακικών πετρωμάτων μεγάλου πάχους διαδέχεται την παραπάνω μετάβαση.



Εικόνα 5: Η Νεογενής αργιλοσαμμιτική σειρά, πάνω στην οποία αποτέθηκαν τραβερτίνες, στην τομή που δημιουργήθηκε από το πρηνές της παλιάς σιδηροδρομικής γραμμής προς Βουλγαρία (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

Η Σερβομακεδονική Μάζα εμφανίζεται με εναλλαγές αμφιβολιτικών γενεσίων. Ακολουθεί η απόθεση Νεογενών λιμναίων και ποταμοχειμάρριων σχηματισμών, οι οποίοι αποτελούνται από κροκαλοπαγές βάσης, με συνολικό πάχος 50-100m και μία αργιλοσαμμιτική σειρά. Το κροκαλοπαγές βάσης, που είναι οξειδωμένο και πολλές φορές κατακερματισμένο, περιλαμβάνει χάλικες και κροκάλες που προέρχονται από το υπόβαθρο της περιοχής και ασβεστιτικό συγκολλητικό υλικό. Η αργιλοσαμμιτική σειρά (Εικόνα 5) συνίσταται κυρίως από εναλλαγές αργίλου και χαλαζιακής άμμου με παρεμβολές μικρολατυποπαγών. Το πάχος της αργιλοσαμμιτικής σειράς ποικίλει από μερικά μέτρα στα δυτικά έως πάνω από 300m στα ανατολικά, αποτυπώνοντας τον

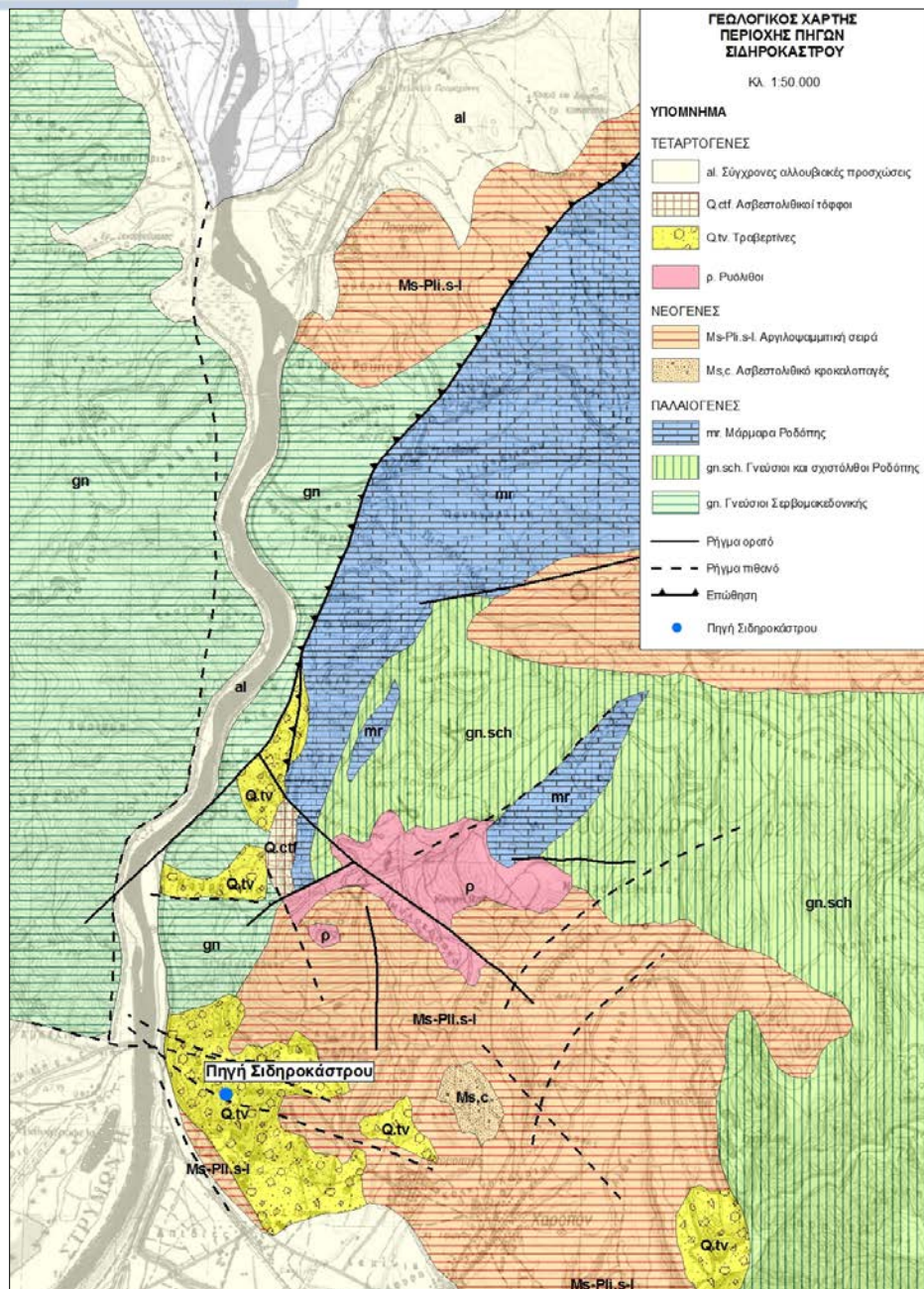
διαφορετικό ρυθμό τροφοδοσίας της λεκάνης (Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1989). Επίσης, σε ερευνητικές γεωτρήσεις του Ι.Γ.Μ.Ε. έχουν εντοπιστεί ενστρώσεις λιγνίτη κάτω από τα αργιλικά στρώματα (Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1989).

Πάνω στους Νεογενείς σχηματισμούς αποτέθηκαν Τεταρτογενή ιζήματα, τα οποία αποτελούνται από λατυποπαγή με τεμάχια μαρμάρων, τραβερτίνες και ένα μετά-Πλειοκαινικό σχηματισμό. Το λατυποπαγές εμφανίζεται κυρίως βορειοανατολικά του χωριού Θερμοπηγή όπου κυριαρχούν τα τεμάχια άστρωτων μαρμάρων, με μεγάλη εξάπλωση και μικρό πάχος, καλύπτοντας τη Νεογενή αργιλοψαμμιτική σειρά. Ο μετά-Πλειοκαινικός σχηματισμός είναι ο ρυόλιθος του ηφαιστείου Σήτσι Κάμεν, ο οποίος συνδέεται κυρίως με τα ενεργά Α-Δ διεύθυνσης ρήγματα της περιοχής (Καβουρίδης κ.ά., 2014). Βορειοδυτικά της Θερμοπηγής και σε μία έκταση 3Km² απαντώνται τραβερτίνες με πάχος από λίγα έως και 50m (Εικόνα 6). Πρόκειται για τον νεότερο ιζηματογενή σχηματισμό, ο οποίος εμφανίζεται είτε συμπαγής, είτε πορώδης ή και καρστικοποιημένος. Είναι έντονα καταπονημένος τεκτονικά και η δημιουργία του οφείλεται στην αυξημένη κυκλοφορία γεωθερμικών ρευστών μέσω των ρηγμάτων της περιοχής, και την απόθεση ανθρακικού ασβεστίου. Η θερμή πηγή Σιδηροκάστρου αναβλύζει μέσα από τους τραβερτίνες, στη θέση των Λουτρών.



Εικόνα 6: Συμπαγείς τραβερτίνες Βορειοδυτικά της Θερμοπηγής (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

Ο γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής των Λουτρών Σιδηροκάστρου και των πηγών Σιδηροκάστρου απεικονίζεται στην Εικόνα 7.



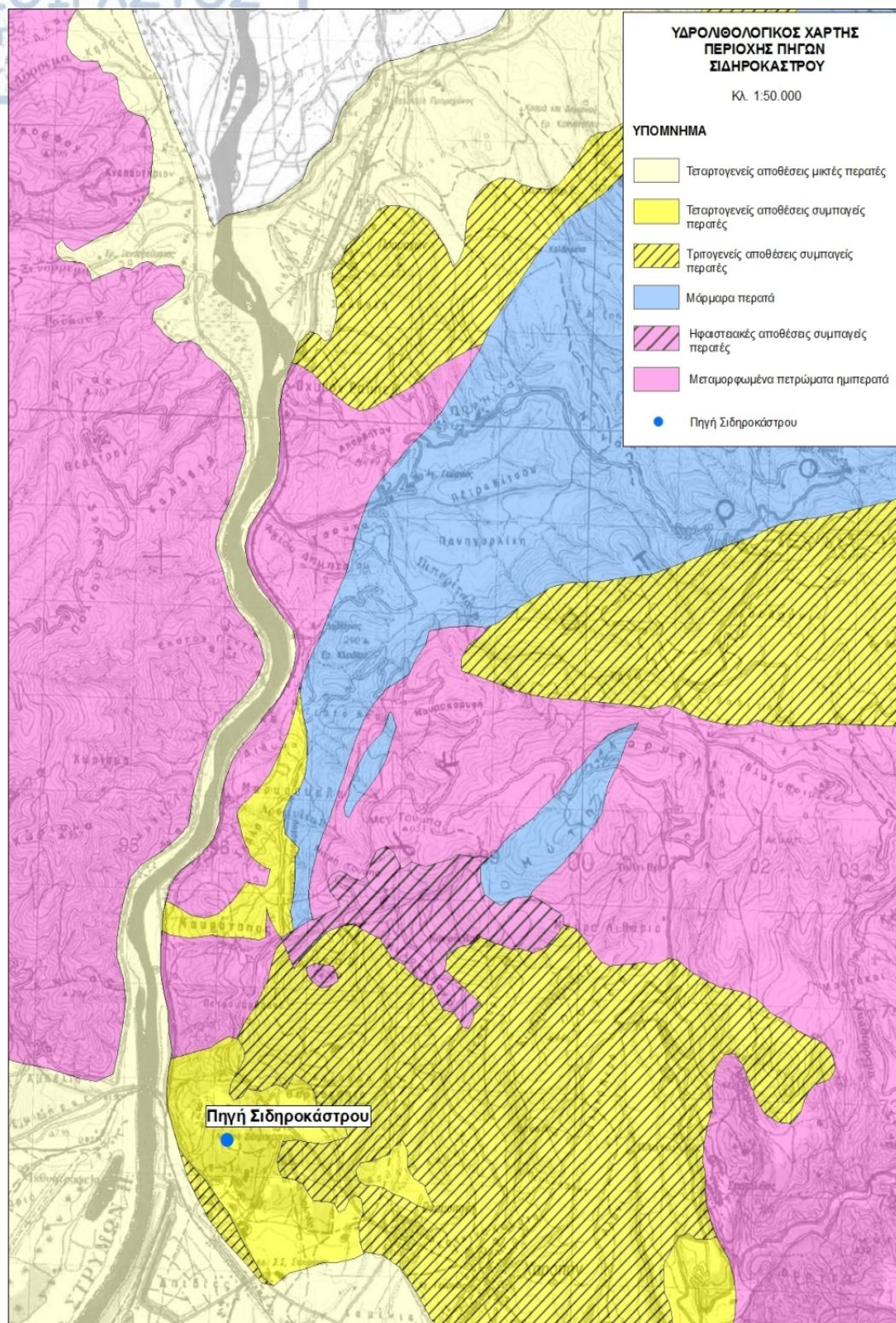
Εικόνα 7: Γεωλογικός χάρτης της περιοχής των πηγών Σιδηροκάστρου (Αγγελόπουλος, 2014).

3.2.2: Τεκτονικά στοιχεία

Στην περιοχή ενδιαφέροντος τα συστήματα ρηγμάτων που κυριαρχούν έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ΒΑ-ΝΔ και ΑΒΑ-ΔΝΔ έως Α-Δ (Kolios et al, 2007). Τα ρήγματα Α-Δ εμφανίζονται μέσα στις Πλειοκαινικές αποθέσεις, αποτελούν το νεότερο σύστημα της περιοχής που επαναδραστηριοποίησαν παλαιότερες διαρρήξεις και θεωρούνται υπεύθυνα για την κυκλοφορία θερμών ρευστών και τη δημιουργία των θερμών πηγών της περιοχής. Παρατηρείται σταδιακή βύθιση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων του υποβάθρου προς τα νοτιοανατολικά λόγω της επίδρασης των ρηγμάτων με παράταξη ΒΑ-ΝΔ (Αρβανίτης κ.ά., 2016). Οι διακλάσεις που παρατηρούνται στην περιοχή έχουν παρατάξεις σχεδόν ίδιες με τα παραπάνω δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων και οι γωνίες κλίσεις τους βρίσκονται μεταξύ των 30° και των 70° (Αγγελόπουλος, 2014).

3.2.3: Υδρογεωλογικά στοιχεία

Στην ευρύτερη περιοχή έρευνας συναντώνται διάφοροι τύποι υδροφορέων, με την υδροφορία να είναι συνάρτηση κυρίως της λιθολογίας. Σύμφωνα με τον Αγγελόπουλο (2014) υπάρχουν μικρής έκτασης ρωγμώδεις υδροφορείς μέσα στους σχιστόλιθους και τους γνεύσιους. Καρστικοί υδροφορείς απαντώνται στα καρστικοποιημένα μάρμαρα και έχουν μεγάλη έκταση και αυξημένη δυναμικότητα. Οι πορώδεις νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμοί εμφανίζουν μεγάλης έκτασης υδροφορία με μέτρια έως μεγάλη δυναμικότητα. Ο υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής απεικονίζεται στην Εικόνα 8.



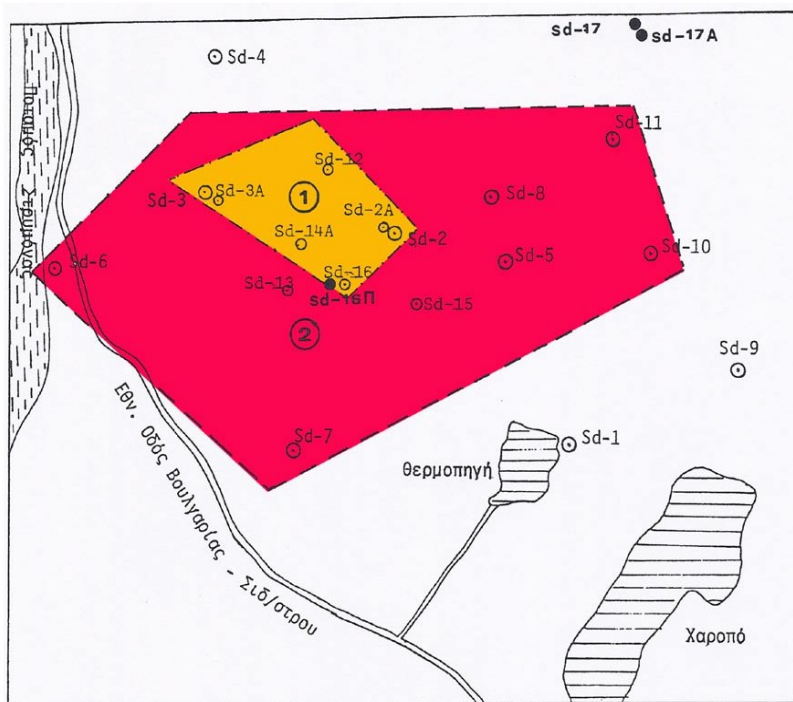
Εικόνα 8: Υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Αγγελόπουλος, 2014).

3.2.4: Γεωθερμία

Όπως προαναφέρθηκε, η δημιουργία γεωθερμικών πεδίων στην ευρύτερη λεκάνη των Σερρών συνδέεται με την εφελκυστική τεκτονική που επηρέασε την περιοχή κατά το Τριτογενές και την αυξημένη θερμική ροή που εν μέρει οφείλεται και στην παρουσία των γρανιτικών όγκων Βροντούς και Παγγαίου (Kolios et al., 2007).

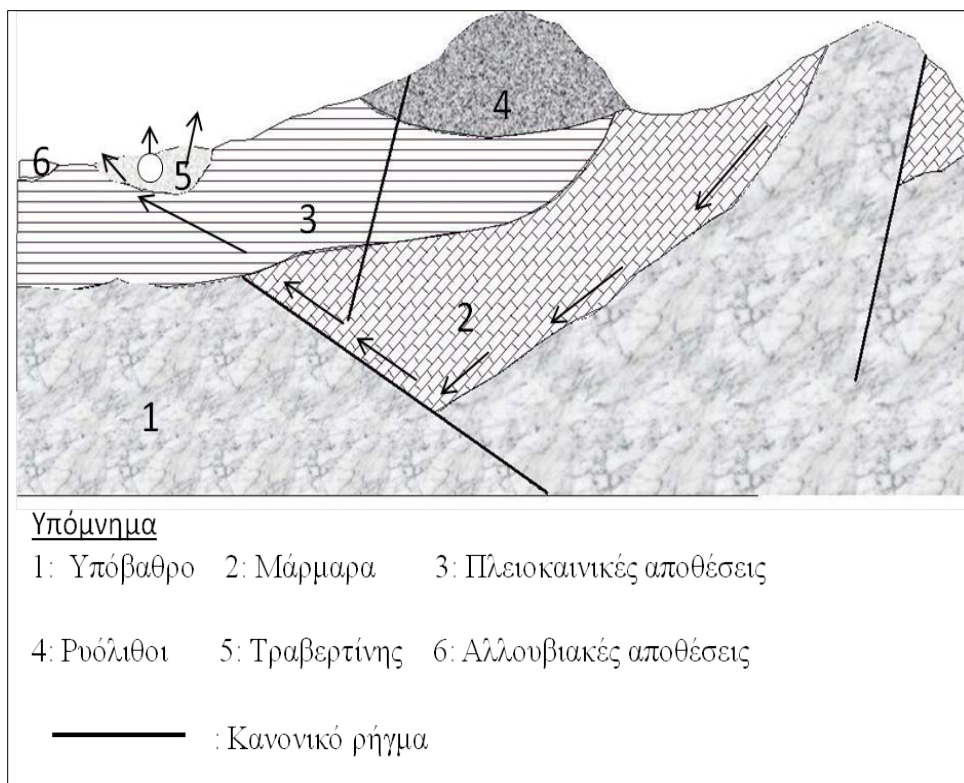
Στην περιοχή του Σιδηροκάστρου έχουν εντοπιστεί δύο γεωθερμικοί ταμιευτήρες (Καρυδάκης και Καβουρίδης, 1989):

- Ο αβαθής ταμιευτήρας, εντός του τραβερτίνη σε βάθος 20-50m στην Αγία Βαρβάρα Θερμοπηγής. Έχει έκταση 1Km², πάχος έως 50m και έχει θερμοκρασίες ρευστών από 40 έως 65°C.
- Ο βαθύς ταμιευτήρας, εντοπίστηκε στο κροκαλοπαγές βάσης και σε βάθος 250-400m, βόρεια-βορειοδυτικά του χωριού Θερμοπηγή. Εκτείνεται σε μία περιοχή περίπου 10Km² και οι θερμοκρασίες των ρευστών που φιλοξενεί κυμαίνονται από 40 έως 75°C (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Γεωθερμικό πεδίο Σιδηροκάστρου. 1 (κίτρινο χρώμα): αβαθής ταμιευτήρας, 2 (κόκκινο χρώμα): βαθύς ταμιευτήρας (Καρυδάκης κ.ά., 2001).

Η αργιλοψαμμιτική σειρά λειτουργεί ως στεγανό κάλυμμα των δύο γεωθερμικών ταμιευτήρων. Ο ρηχός ταμιευτήρας εκφορτίζεται στη θέση των Λουτρών Σιδηροκάστρου, μέσα στους τραβερτίνες, δημιουργώντας την ομώνυμη θερμή πηγή, της οποίας ο μηχανισμός λειτουργίας παρουσιάζεται στην Εικόνα 10.



Εικόνα 10: Μηχανισμός λειτουργίας της πηγής Σιδηροκάστρου (Αγγελόπουλος, 2014).

3.2.5: Γεωθερμική έρευνα

Η γεωθερμική έρευνα στην περιοχή ξεκίνησε το 1979 από το Ι.Γ.Μ.Ε., σε μία προσπάθεια πρώτης αναγνώρισης των γεωθερμικών χαρακτηριστικών της ευρύτερης λεκάνης. Περιελάμβανε δειγματοληψίες και θερμομετρήσεις από υπάρχοντα σημεία νερού (πηγές, υδρογεωτρήσεις) και μελέτη των γεωλογικών, τεκτονικών και άλλων στοιχείων της περιοχής.

Ακολούθησε συστηματική γεωτρητική έρευνα με την διεξαγωγή δύο ερευνητικών προγραμμάτων από το Ι.Γ.Μ.Ε., κατά τις περιόδους 1983-1986 και 1997-2000. Στο

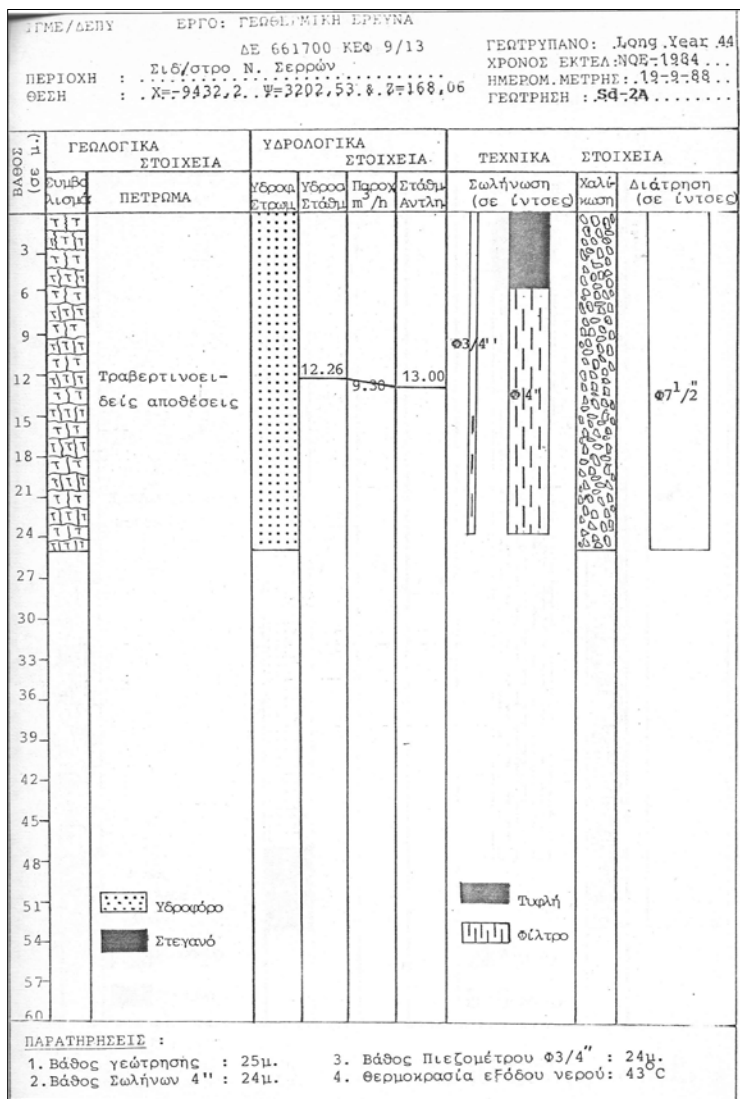
πλαίσιο του πρώτου προγράμματος έγιναν (19) γεωθερμικές γεωτρήσεις σε μία έκταση 10Km², από τις οποίες (16) ήταν ερευνητικές και (3) παραγωγικές.

Τα στοιχεία των παραπάνω γεωτρήσεων συνοψίζονται στον Πίνακα 1, ενώ αναλυτικά παρουσιάζονται στο παράρτημα.

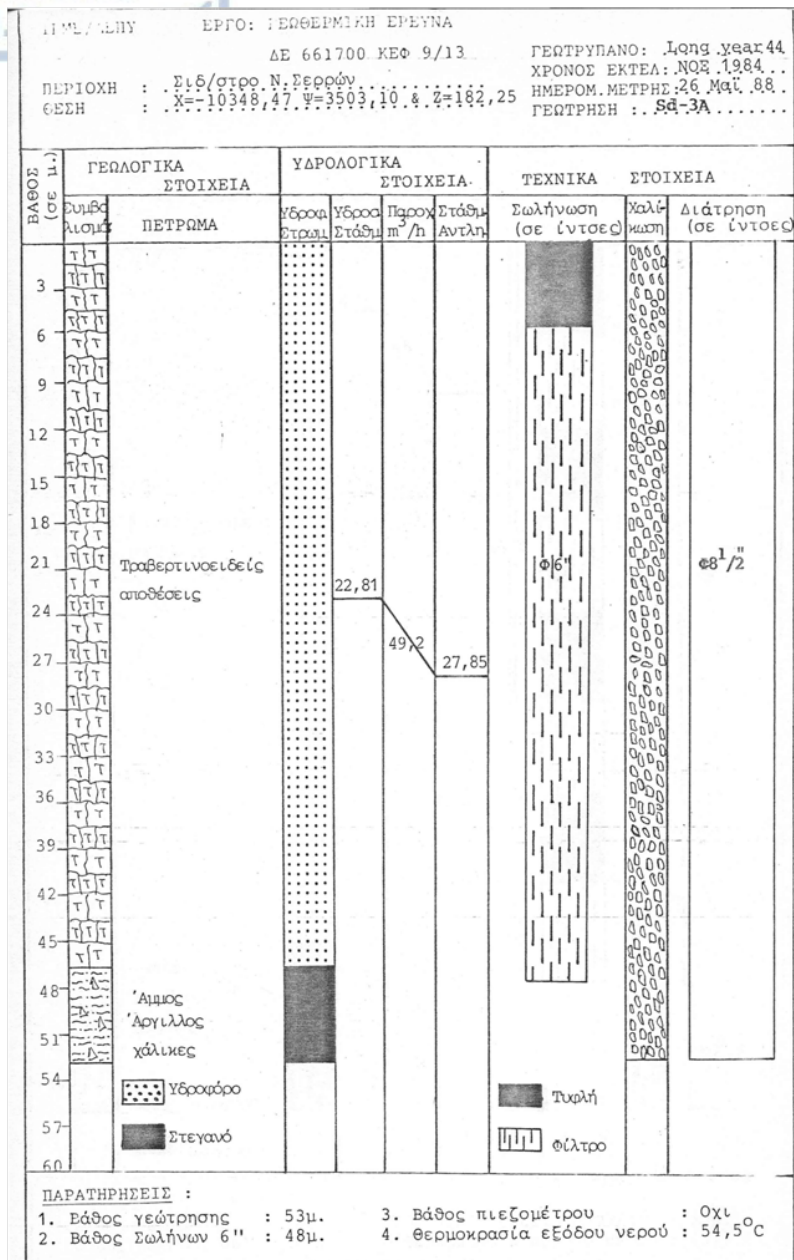
Πίνακας 1: Ερευνητικές και παραγωγικές γεωτρήσεις του ερευνητικού προγράμματος 1983-1986 (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

Γεώτρηση	Βάθος σωλήνωσης (m)	T (°C) στην κεφαλή	T (°C) σε βάθος
Sd-1	426	-	39
Sd-2	402	-	57
Sd-3	372	-	53
Sd-4	159	-	33
Sd-5	339	-	49
Sd-6	379	-	41
Sd-7	475	-	48
Sd-8	271	-	53
Sd-9	364	-	35
Sd-10	308	-	40
Sd-11	200	-	49
Sd-12	108	-	42
Sd-13	73	-	20-25 (στα 20-50m)
Sd-14	54	-	43
Sd-15	81	-	20-25 (στα 20-50m)
Sd-16	101	-	40
Sd-2A	24	43	-
Sd-3A	48	54,5	-
Sd-14A	48	43,5	-

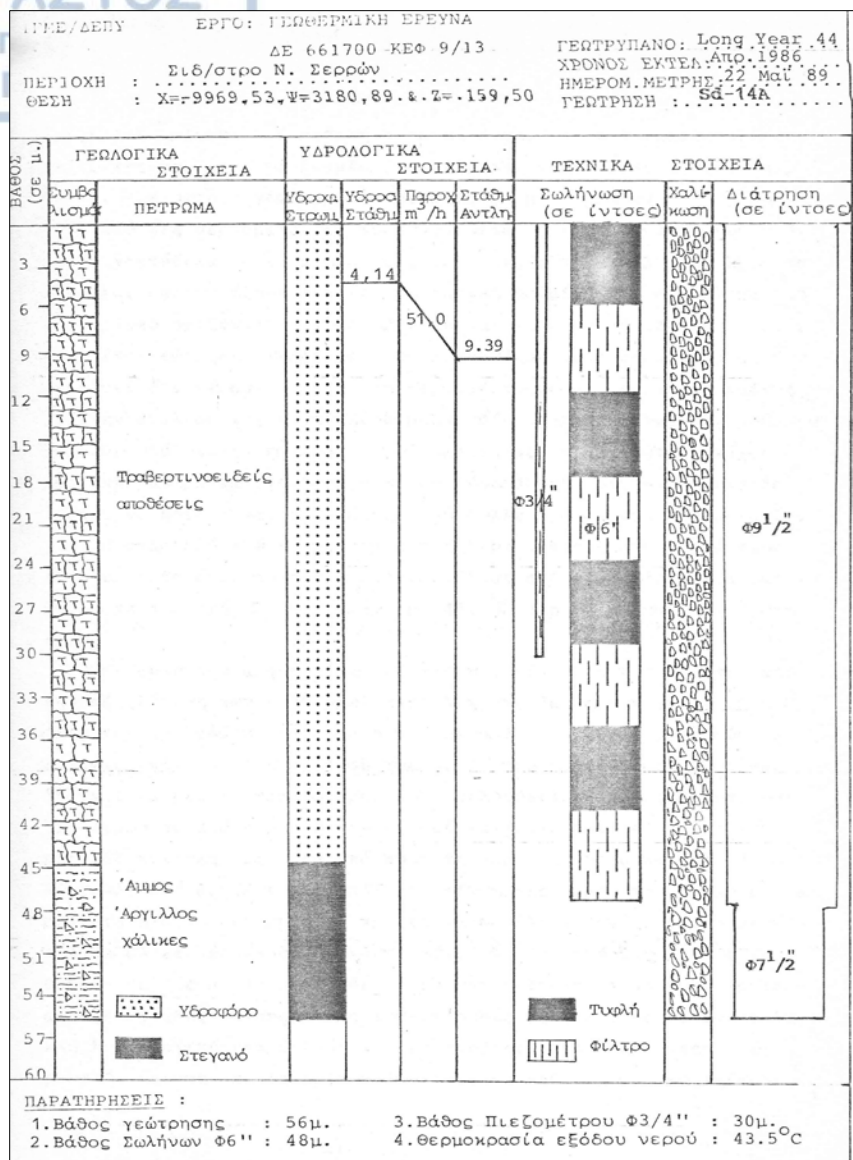
Το μέγιστο βάθος των γεωτρήσεων έφτασε μέχρι τα 478m. (Sd-7), ενώ οι θερμοκρασίες κυμαίνονται από 20 έως 25°C σε βάθη 20-50m στις γεωτρήσεις Sd-13 και Sd-15, μέχρι 57°C στην γεώτρηση Sd-2 στα 402m. Η μεγαλύτερη γεωθερμική βαθμίδα μετρήθηκε στη γεώτρηση Sd-11. Στις Εικόνες 11,12,13 παρουσιάζονται οι τομές των παραγωγικών γεωτρήσεων Sd-2A, Sd-3A και Sd-14A, όπου φαίνεται η λιθολογική στήλη κάθε γεώτρησης, καθώς και τα υδρολογικά και τα τεχνικά στοιχεία τους.



Εικόνα 11: Τομή της παραγωγικής γεώτρησης Sd-2A (Καρυδάκης και Καβουρίδης, 1988).

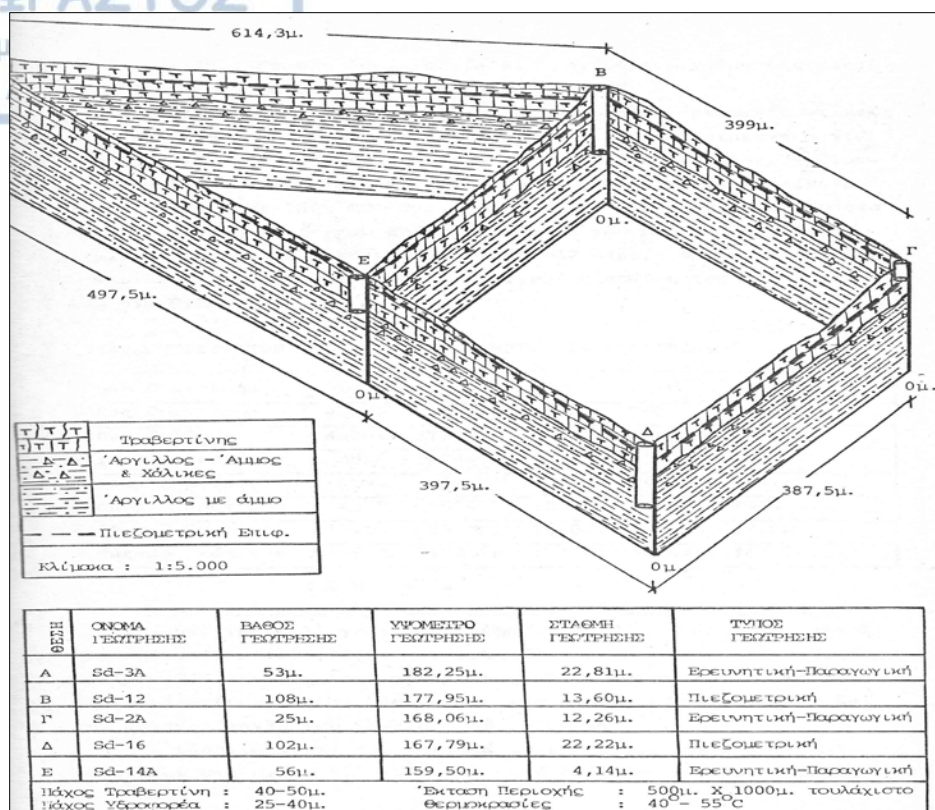


Εικόνα 12: Τομή της παραγωγικής γεώτρησης Sd-3A (Καρυδάκης και Καβουρίδης, 1988)



Εικόνα 13: Τομή της παραγωγικής γεώτρησης Sd-14A (Καρυδάκης και Καβουρίδης, 1988).

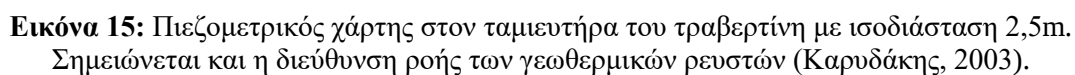
Με βάση τα δεδομένα των γεωτρήσεων, έγινε τρισδιάστατη απεικόνιση του αβαθή ταμιευτήρα του τραβερτίνης στη θέση «Αγία Βαρβάρα» Θερμοπηγής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 14.

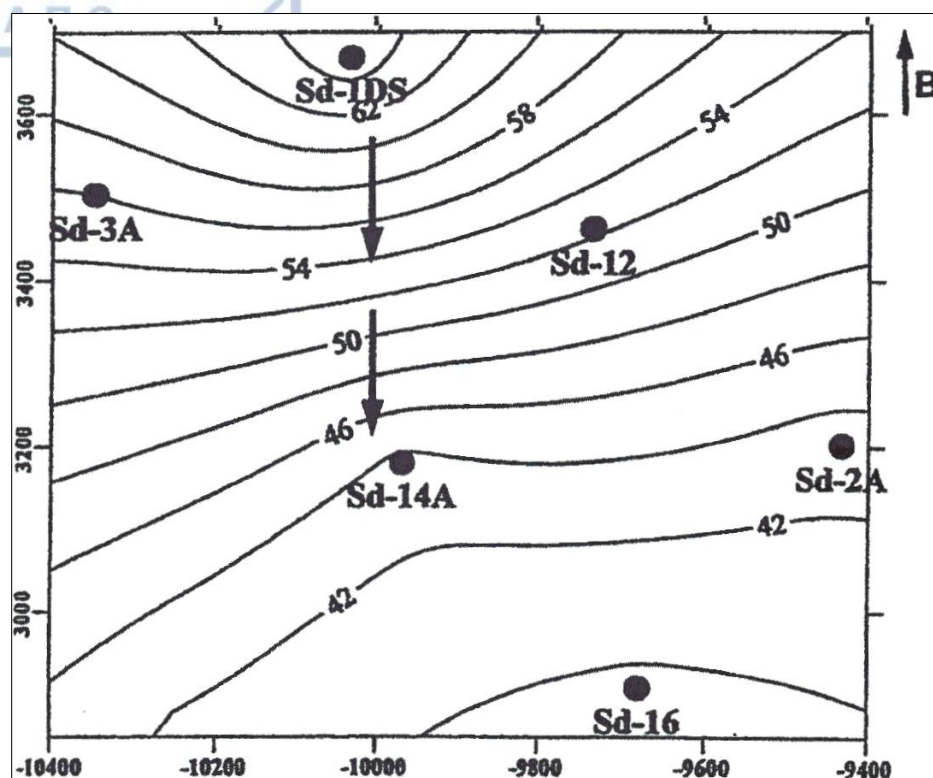


Εικόνα 14: Τρισδιάστατη απεικόνιση του αβαθούς γεωθερμικού ταμειυτήρα του τραβερίτινη στη θέση «Αγία Βαρβάρα» (Καρυδάκης και Καβουρίδης, 1988).

Με βάση τις θερμοκρασίες και τις στάθμες που μετρήθηκαν στις γεωτρήσεις (Πίνακας 2), κατασκευάστηκε ο πιεζομετρικός χάρτης και ο χάρτης ισόθερμων καμπυλών για τον ταμειυτήρα του τραβερίτινη, οι οποίοι παρουσιάζονται στις Εικόνες 15 και 16.

*Με βάση το πάχος και τη θερμοκρασία των ρευστών στον ταμιευτήρα έγινε διόρθωση της στάθμης στους 20 °C και ακολούθως αναγωγή στο υψόμετρο 0m.





Εικόνα 16: Χάρτης ισόθερμων καμπυλών στον ταμιευτήρα που αναπτύσσεται μέσα σε τραβερτίνη με ένδειξη της διεύθυνσης ροής των γεωθερμικών ρευστών (Καρυδάκης, 2003).

Όπως φαίνεται και στους παραπάνω χάρτες, η ζώνη τροφοδοσίας του συγκεκριμένου γεωθερμικού ταμιευτήρα είναι από το βορρά, με τη ζώνη εκφόρτισης να εντοπίζεται νότια, όπου παρατηρείται μικρότερη υδραυλική κλίση και χαμηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με το βόρειο τμήμα. Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του τραβερτίνη κοντά στη γεώτρηση Sd-3A (Πίνακας 3) έχουν ως εξής:

Πίνακας 3: Υδραυλικά χαρακτηριστικά του ρηχού ταμιευτήρα του τραβερτίνη στην περιοχή της γεώτρησης Sd-3A (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

Υδραυλικές παράμετροι	Τιμή
Μεταβιβαστικότητα(T)	$1,9 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}.$
Αποθηκευτικότητα(S)	3×10^{-2}
Συντελεστής αποθήκευσης(s')	$1,33 \times 10^{-4} \text{ kg/m}^3 \cdot \text{Pa}$
Διαπερατότητα(k)	$4,2 \times 10^{-12} \text{ m}^2$ (ή 4,2 darcy)
k*D, D: πάχος ταμιευτήρα	$9,7 \times 10^{-11} \text{ m}^3$

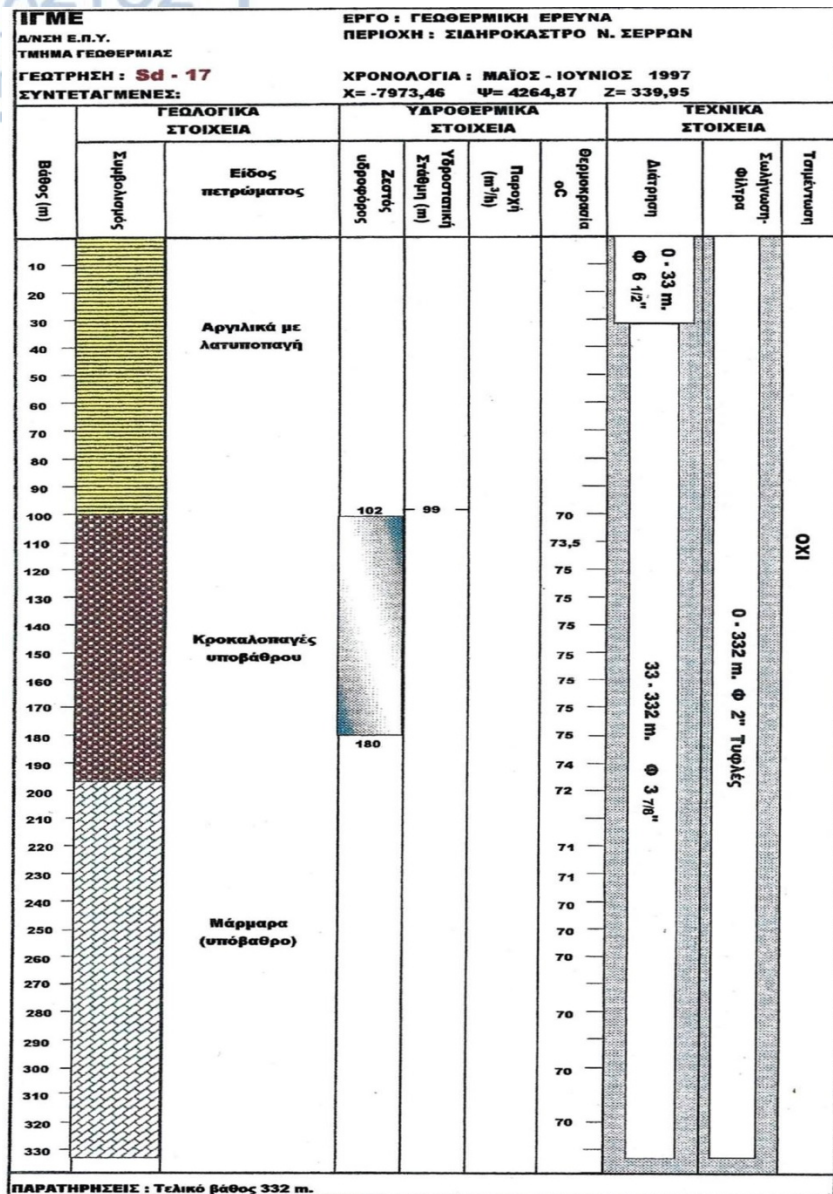
Βορειοδυτικά του χωριού Θερμοπηγή εντοπίστηκε ο βαθύτερος (250-350m) γεωθερμικός ταμιευτήρας που αναπτύσσεται μέσα στο κροκαλοπαγές βάσης, το οποίο αποτέθηκε πάνω στο υπόβαθρο της περιοχής και καλύπτεται από την αργιλοσαμμιτική σειρά. Η έκταση του υπολογίστηκε στα 10Km², και οι θερμοκρασίες των ρευστών κυμαίνονται από 40 έως 75°C. Κατά την περίοδο 1983-1986 δεν πραγματοποιήθηκε περαιτέρω μελέτη των χαρακτηριστικών του βαθύτερου ταμιευτήρα.

Το δεύτερο ερευνητικό πρόγραμμα ξεκίνησε το Μάιο του 1997 και ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2000, με την ανόρυξη δύο ερευνητικών γεωτρήσεων (Sd-17, Sd-17A) και μίας παραγωγικής (Sd-16A) (Πίνακας 4, Εικόνα 20).

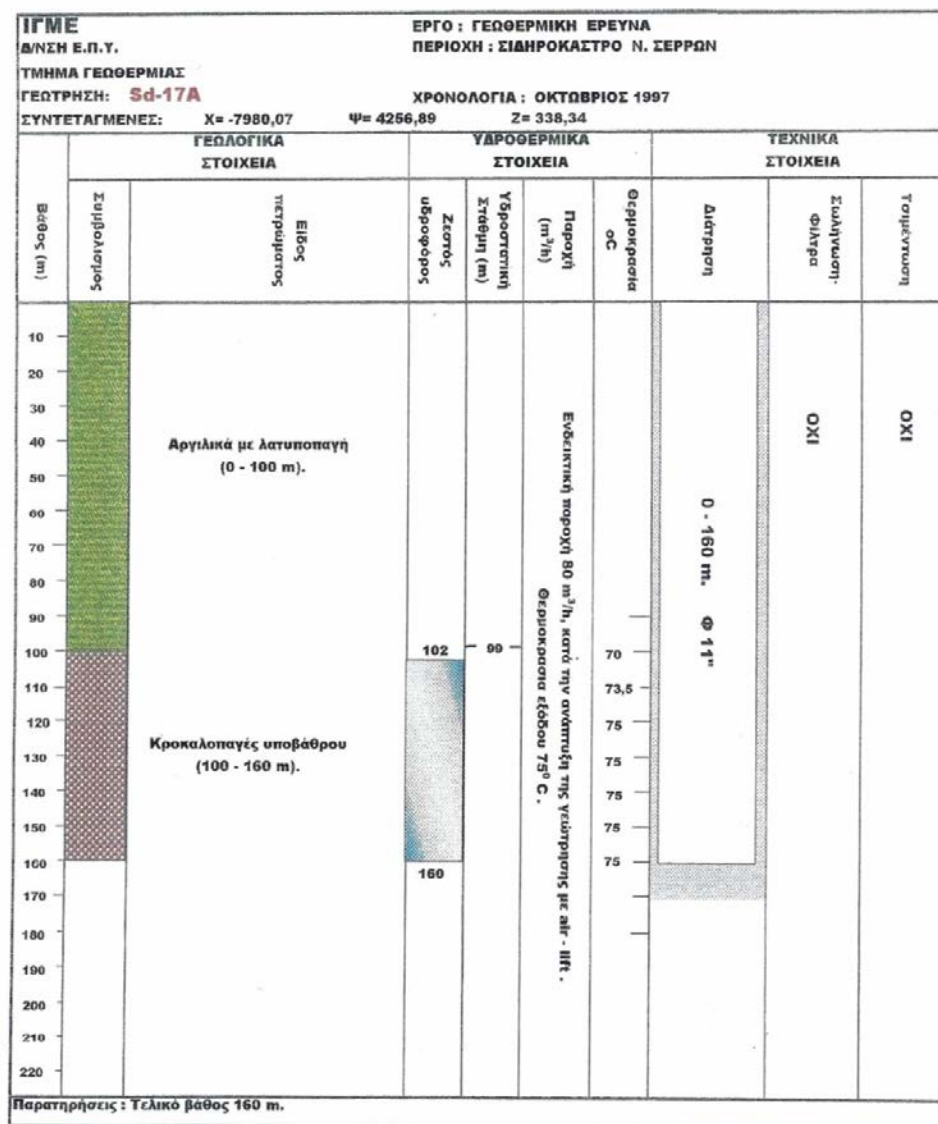
Πίνακας 4: Στοιχεία γεωτρήσεων του ερευνητικού προγράμματος 1997-2000 (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

Γεώτρηση	Βάθος σωλήνωσης (m)	T (°C) στην κεφαλή	T (°C) σε βάθος
Sd-17	332	-	75 (στα 120-180m) 70 (στα 240-332m)
Sd-17A	160	75	75 (στα 120-160m)
Sd-16A	48	40	40,2 (στα 30-45m)

Όπως φαίνεται από τον παραπάνω πίνακα, τα βάθη των γεωτρήσεων αυτών κυμαίνονται από 48 έως 332m και εστιάζουν κυρίως στον ταμιευτήρα του κροκαλοπαγούς βάσης, με εξαίρεση την παραγωγική γεώτρηση Sd-16A η οποία έφτασε μόνο μέχρι τον τραβερτίνη. Στις Εικόνες 17 και 18 παρατίθενται οι τομές των ερευνητικών γεωτρήσεων Sd-17 και Sd-17A.

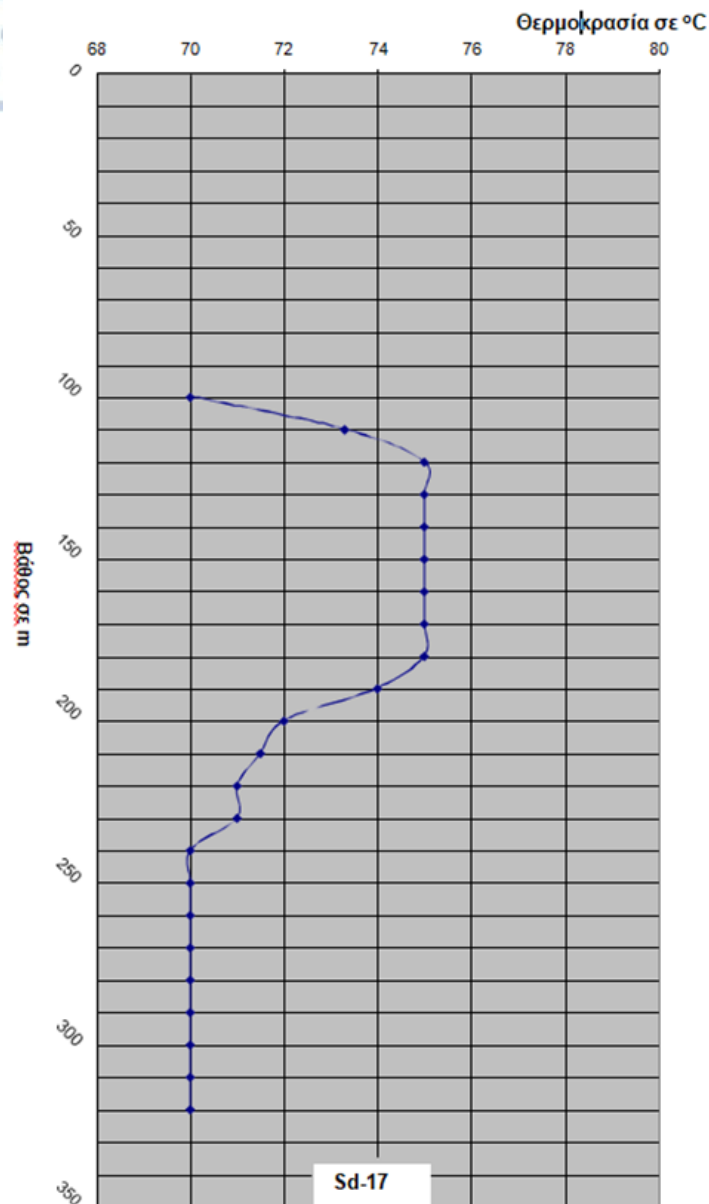


Εικόνα 17: Τομή της ερευνητικής γεώτρησης Sd-17 του δεύτερου ερευνητικού προγράμματος κατά την περίοδο 1997-2000 (Καρυδάκης κ.ά., 2001).



Εικόνα 18: Τομή της ερευνητικής γεώτρησης Sd-17A του δεύτερου ερευνητικού προγράμματος κατά την περίοδο 1997-2000 (Καρυδάκης κ.ά., 2001).

Στις παραπάνω γεωτρήσεις μετρήθηκαν θερμοκρασίες μέχρι 75°C, ενώ με την αύξηση του βάθους (κάτω από τα 180m) παρατηρήθηκε σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας, έως τους 70°C (Εικόνα 19).



Εικόνα 19: Μεταβολή της θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το βάθος στην ερευνητική γεώτρηση Sd-17 (Καρυδάκης κ.ά., 2001).

Σύμφωνα με τους Αρβανίτη κ.ά. (2016), η αναστροφή της θερμοκρασίας στο εσωτερικό της γεώτρησης ίσως υποδηλώνει πλευρική τροφοδοσία με ψυχρότερα νερά λόγω της ύπαρξης κάποιου ρήγματος. Πιθανότατα το ρήγμα με διεύθυνση Α-Δ που τροφοδοτεί τον αβαθή υδροφορέα του βόρειου τμήματος του γεωθερμικού πεδίου να τροφοδοτεί επίσης και τον βαθύ υδροφορέα του ίδιου τμήματος.

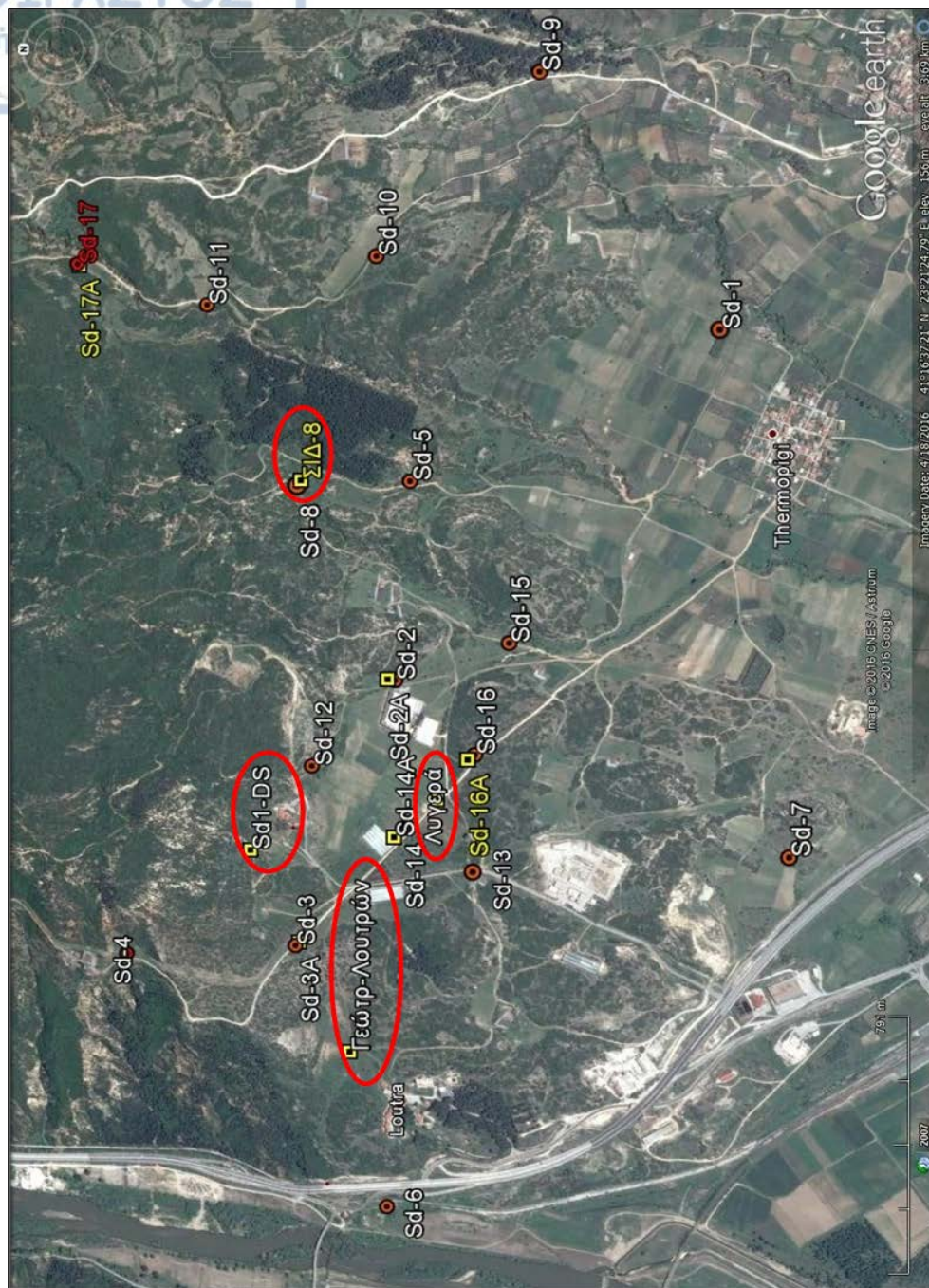
Με βάση τα αποτελέσματα του δεύτερου ερευνητικού προγράμματος, το γεωθερμικό πεδίο επεκτάθηκε προς τα ΒΑ. Η μέγιστη θερμοκρασία ανέρχεται στους 75°C σε βάθος περίπου 120-160m. Το νότιο τμήμα του γεωθερμικού πεδίου οριοθετείται από τον ρηχό υδροφορέα του τραβερτίνης, με σταθερή θερμοκρασία σε όλο το πάχος του, η οποία είναι 40,2°C στα 30-45m.

Εκτός από τις γεωτρήσεις που κατασκευάστηκαν από το ΙΓΜΕ στο πλαίσιο των δύο παραπάνω ερευνητικών προγραμμάτων ανορύχθηκαν και τέσσερις γεωτρήσεις («Sd1-DS», «Γεώτρηση Λουτρών», «Γεώτρηση Λυγερά» και «ΣΙΔ-8») από τον Δήμο Σιντικής και από ιδιώτες (Εικόνα 20). Η «Γεώτρηση Λουτρών» είναι αυτή που τροφοδοτεί τη μονάδα λουτροθεραπείας του Σιδηροκάστρου. Τα στοιχεία αυτών των γεωτρήσεων παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Στοιχεία των γεωτρήσεων που ανορύχθηκαν από ιδιώτες και από τον Δήμο (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

<u>Ονομασία Γεώτρησης</u>	<u>Θέση</u>	<u>Βάθος(m.)</u>	<u>Γεωλογικός σηματισμός</u>	<u>Παροχή (m³/h)</u>	<u>Θερμοκρασία αντλούμενου νερού (°C)</u>
Sd1-DS (δεν λειτουργεί σήμερα)	Περιοχή «Αγίας Βαρβάρας»	50	Τραβερτίνης	-	65
Γεώτρηση Λουτρών		80m. Αντλία μέχρι 30m.	-	Παροχή εκμετάλλευσης: 9 m ³ /h 17 m ³ /h*	44,2
Γεώτρηση Λυγερά	ΒΔ παραγωγικής γεώτρησης SD-16A	50	Τραβερτίνης (0-40m) Αργιλο-ψαμμιτική σειρά (40-50m.)	-	37-45
ΣΙΔ-8	Κοντά στην ερευνητική γεώτρηση SD-8	-	-	Αρτεσιανισμός με παροχή περίπου 4m ³ /h	45,6

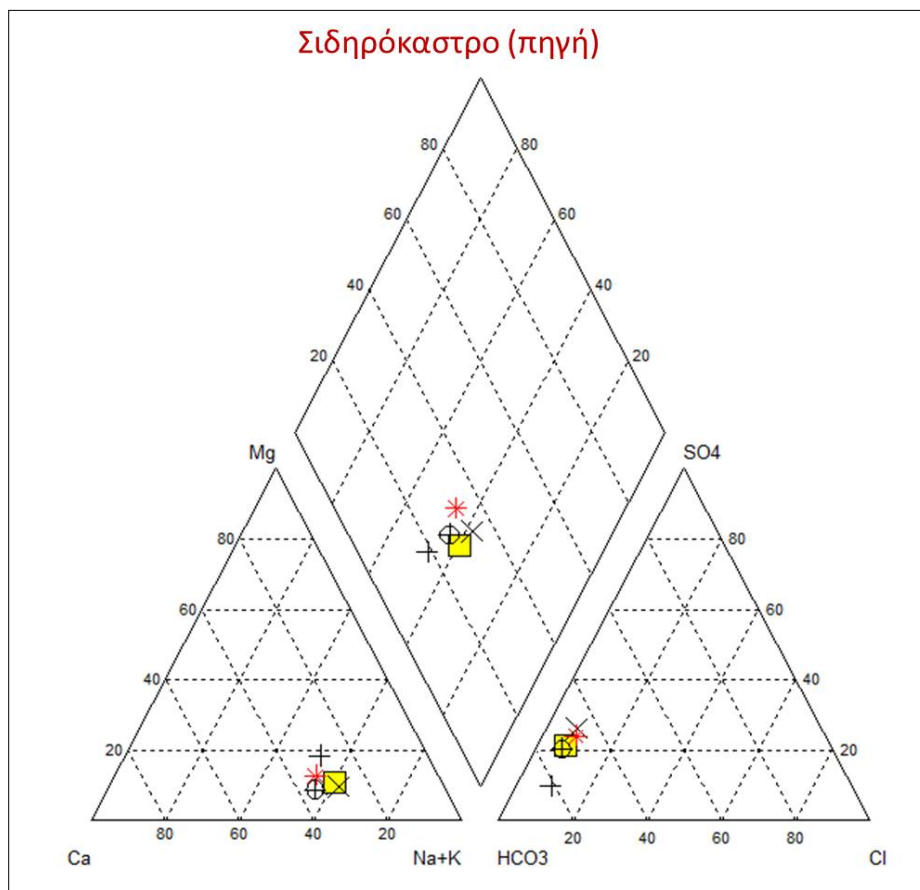
*17m³/h σύμφωνα με το ΦΕΚ Β' /1400/25.04.2018 και Αγγελόπουλος (2014).



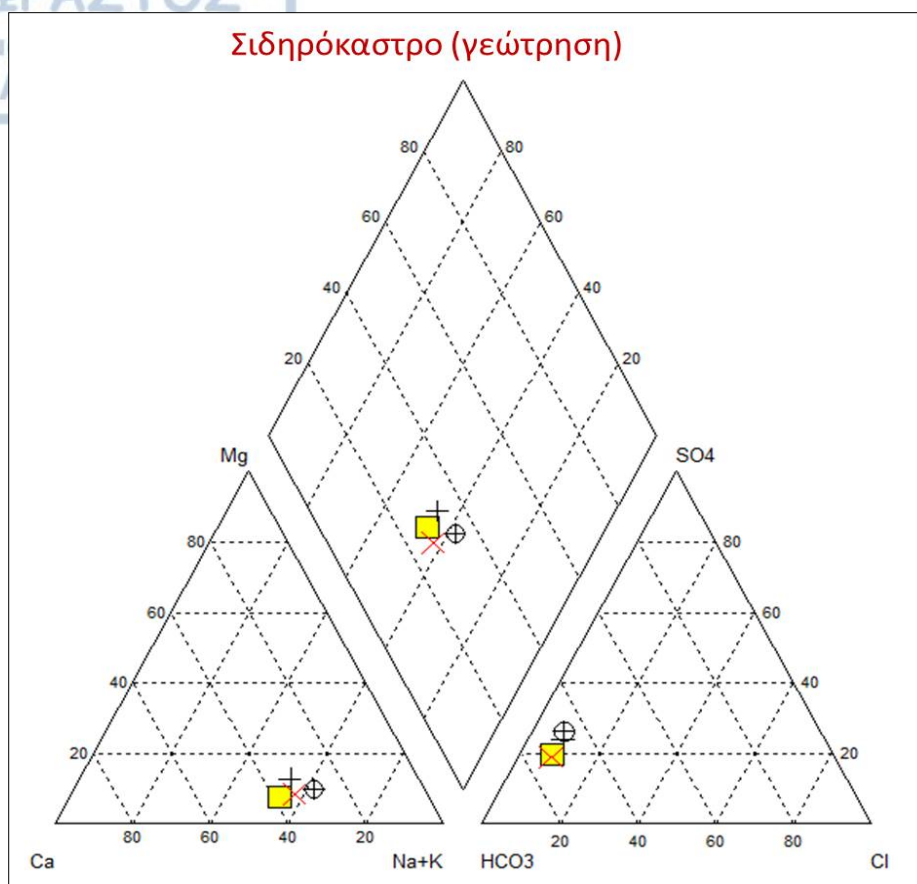
Εικόνα 20: Απεικόνιση όλων των γεωτρήσεων που ανορύχθηκαν από το ΙΓΜΕ, ιδιώτες και τον Δήμο Σιντικής. Σε κύκλο είναι οι γεωτρήσεις από ιδιώτες και από τον Δήμο (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

3.2.6: Υδροχημεία των θερμών νερών Σιδηροκάστρου

Η ταξινόμηση των θερμών νερών στην περιοχή των Λουτρών Σιδηροκάστρου, έγινε με βάση τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν από διάφορους φορείς κατά την περίοδο 1987-2017 στην πηγή και τη γεώτρηση που τροφοδοτεί τα Λουτρά, και τη χρήση του τριγωνικού υδροχημικού διαγράμματος Piper (Εικόνες 21 και 22).



Εικόνα 21: Τριγωνικό υδροχημικό διάγραμμα Piper για την πηγή Σιδηροκάστρου.



Εικόνα 22: Τριγωνικό υδροχημικό διάγραμμα Piper για την γεώτρηση που τροφοδοτεί τα Λουτρά Σιδηρόκαστρου.

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα τόσο το θερμό νερό της πηγής όσο και της γεώτρησης προβάλλονται στην ίδια περιοχή του υδροχημικού διαγράμματος και άρα ανήκουν στον ίδιο τύπο: οριακά Ανθρακικά-Κάλιο-Νατριούχα.

Η διακύμανση των τιμών των φυσικοχημικών παραμέτρων με βάση τις παραπάνω χημικές αναλύσεις παρουσιάζεται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6: Φυσικοχημικές παράμετροι του νερού της πηγής και της γεώτρησης των Λουτρών.

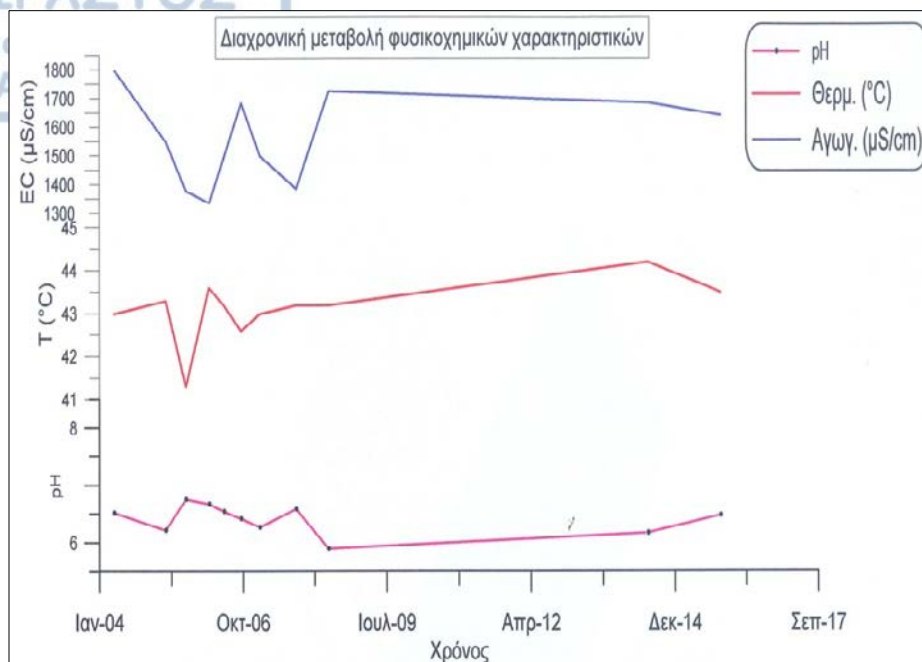
<u>Φυσικοχημική παράμετρος</u>	Θερμοκρασία(T), (°C)	pH	Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων(T.D.S.), (mg/L)	Ηλεκτρική αγωγιμότητα, (μS/cm)
<u>Τιμή</u>	43,2 - 44,3	6 – 7,7	1090 - 1450	1595 - 1770

Σημειώνεται ότι οι τιμές της θερμοκρασίας και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αφορούν μόνο στη «Γεώτρηση Λουτρών». Η μέση τιμή του pH είναι 6,7, που σημαίνει ότι το γεωθερμικό νερό είναι ελαφρώς όξινο, ίσως λόγω της περιεκτικότητας των νερών σε διαλυμένο CO₂ (Αρβανίτης κ.ά., 2001).

Από την εφαρμογή των ιοντικών λόγων Na⁺/K⁺ (4,82 και 5,78 για την γεώτρηση και την πηγή αντίστοιχα) και Cl⁻/CO₃⁻+HCO₃⁻ (0,07 και 0,065 για την γεώτρηση και την πηγή αντίστοιχα) προκύπτει ότι το νερό είναι μετεωρικό και δεν υπάρχει διείσδυση αλμυρού νερού, όπως άλλωστε ήταν αναμενόμενο λόγω της μακρινής απόστασης των γεωτρήσεων από τη θάλασσα.

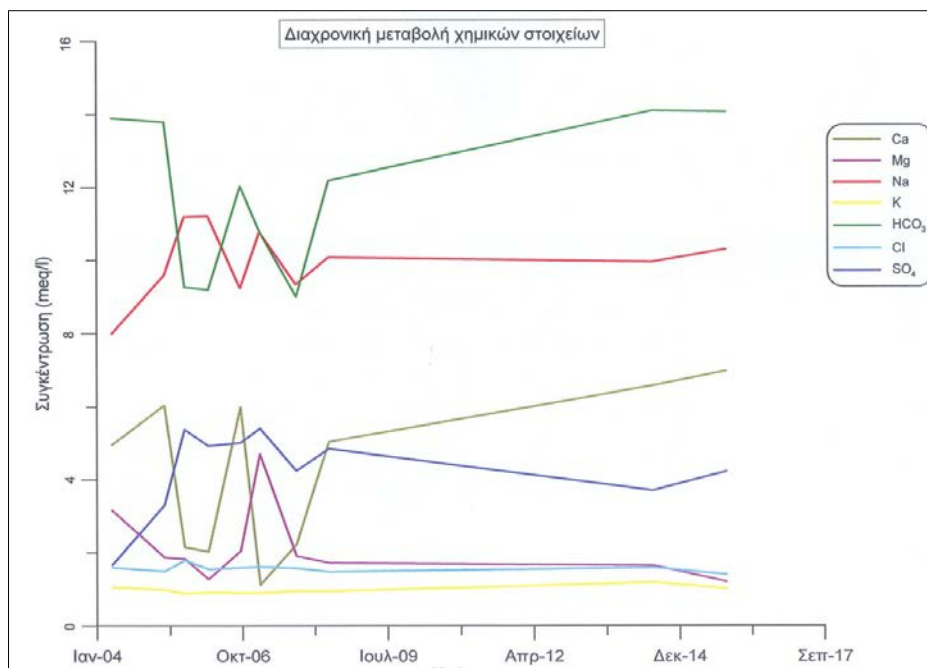
Το νερό της βροχής κατεισδύει σε βάθος μέσω των βαθιών ρηγμάτων της περιοχής, θερμαίνεται, και, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του, αποκτά μεγάλη διαλυτική ικανότητα και μικρότερη πυκνότητα, με αποτέλεσμα να έχει την τάση να ανέβει προς την επιφάνεια. Έτσι, διαλύει ορισμένα ορυκτά των σχηματισμών του υποβάθρου (κυρίως των γνευσίων και των σχιστολίθων) εμπλουτίζοντας την περιεκτικότητά του σε ιόντα Na⁺ και K⁺. Συνεχίζοντας προς την επιφάνεια, συναντάει τα μεγάλου πάχους ανθρακικά πετρώματα και το κροκαλοπαγές βάσης, οπότε εμπλουτίζεται σε ιόντα Ca²⁺ και Mg²⁺. Φτάνοντας σε μικρότερα βάθη, μειώνεται η υδροστατική πίεση, διαφεύγει μία ποσότητα CO₂ με αποτέλεσμα να μειώνεται η μερική πίεση του CO₂, και η διαλυτική ικανότητα του ρευστού, οπότε παρατηρείται απόθεση CaCO₃ και δημιουργία τραβερτίνης (Αρβανίτης κ.ά., 2001).

Η μεταβολή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ρευστών της γεώτρησης που τροφοδοτεί τα Λουτρά από τον Ιανουάριο 2004 έως τον Σεπτέμβριο 2017, παρουσιάζεται στην Εικόνα 23. Κατά το διάστημα αυτό διαπιστώνεται σχετική σταθερότητα στην τιμή του pH, ενώ η θερμοκρασία, μετά από πτώση περίπου 2°C το 2005, σταθεροποιήθηκε από το 2006 και μετά στους 43-44°C. Η τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας σταθεροποιήθηκε μετά το 2008, μετά τις αυξομειώσεις που παρουσίασε από το 2004 μέχρι το 2008.



Εικόνα 23: Διαχρονική μεταβολή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της γεώτρησης Λουτρών Σιδηροκάστρου (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

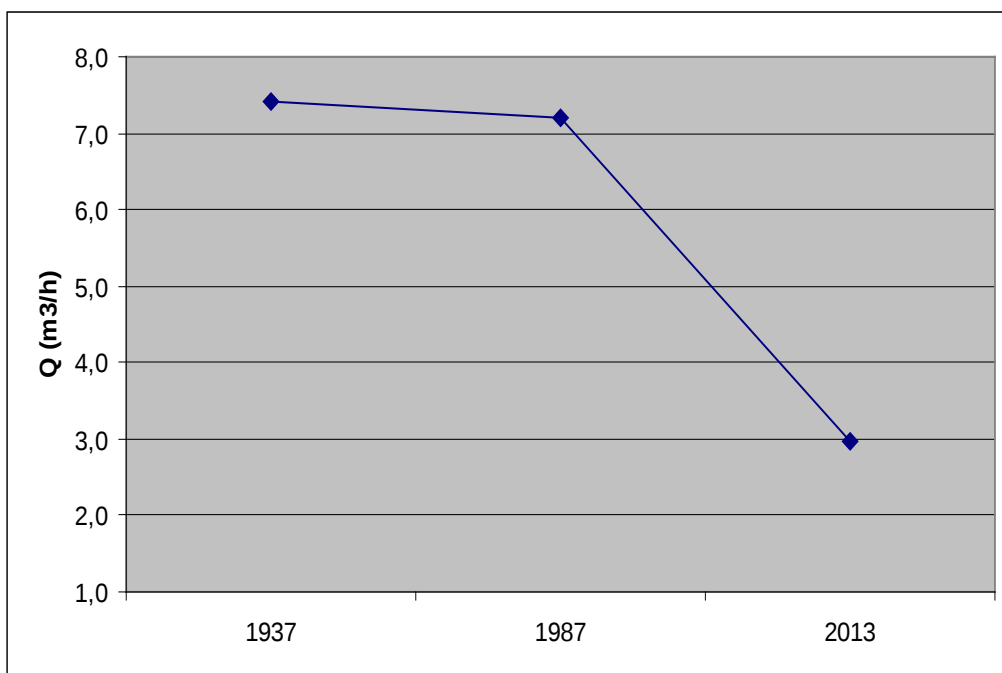
Στο διάγραμμα της Εικόνας 24 παρουσιάζονται οι μεταβολές στην περιεκτικότητα των θερμών νερών της γεώτρησης Λουτρών από το 2004 μέχρι το 2017.



Εικόνα 24: Μεταβολή της συγκέντρωσης των χημικών στοιχείων στη γεώτρηση Λουτρών Σιδηροκάστρου από τον Ιανουάριο 2004 έως τον Σεπτέμβριο 2017 (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

Έως το 2008 παρατηρούνται αυξομειώσεις στην συγκέντρωση των περισσότερων χημικών στοιχείων, εκτός από το Cl και το K που έχουν σταθερή τιμή διαχρονικά.

Όσον αφορά την παροχή της πηγής, η διαχρονική μεταβολή της παρουσιάζεται στο διάγραμμα της Εικόνας 25 και αφορά στο διάστημα 1937-2013 (Αγγελόπουλος, 2014).



Εικόνα 25: Διαχρονική μεταβολή της παροχής της πηγής Σιδηροκάστρου κατά την χρονική περίοδο 1937-2013 (Αγγελόπουλος, 2014).

Η σημαντική πτώση της παροχής μετά το 1985 οφείλεται στις αυξημένες αντλήσεις για την κάλυψη των αναγκών των εγκαταστάσεων λουτροθεραπείας.

Οι τιμές των δεικτών κορεσμού Langelier και σταθερότητας Ryznar στις γεωτρήσεις Sd-2A, Sd-3A, Sd-14A και Λουτρά παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Δείκτες Langelier και Ryznar (Καρυδάκης και Καβουρίδης, 1988).

Γεώτρηση	Δείκτης Langelier	Δείκτης Ryznar
Sd-2A	+0,92	5,74
Sd-3A	+0,78	6,00
Sd-14A	+0,16	6,38
Λουτρά	+0,11	6,66

Με βάση τον δείκτη Langelier παρατηρείται τάση απόθεσης ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3). Ο δείκτης Ryznar κυμαίνεται περίπου σε τιμές 6 έως 7, βρίσκεται δηλαδή σε μία ζώνη σταθερότητας με ισορροπία μεταξύ διάβρωσης και καθαλάτωσης (Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1989), με τις τιμές όμως στη γεώτρηση των Λουτρών να δείχνουν ότι μπορεί να δημιουργηθούν σχετικά μικρά προβλήματα επικαθίσεων (τιμές 6,2-6,8).

Το Ι.Γ.Μ.Ε. πραγματοποίησε κατά το διάστημα Σεπτέμβριος 2005-Μάιος 2008 μετρήσεις ραδιενέργειας (Rn και Ra) στα νερά της γεώτρησης που τροφοδοτεί τα λουτρά Σιδηροκάστρου (Πίνακας 8), από τις οποίες προέκυψε ότι το νερό της γεώτρησης των λουτρών κατατάσσεται στην κατηγορία «κανονικών-ασθενών ραδιενεργών».

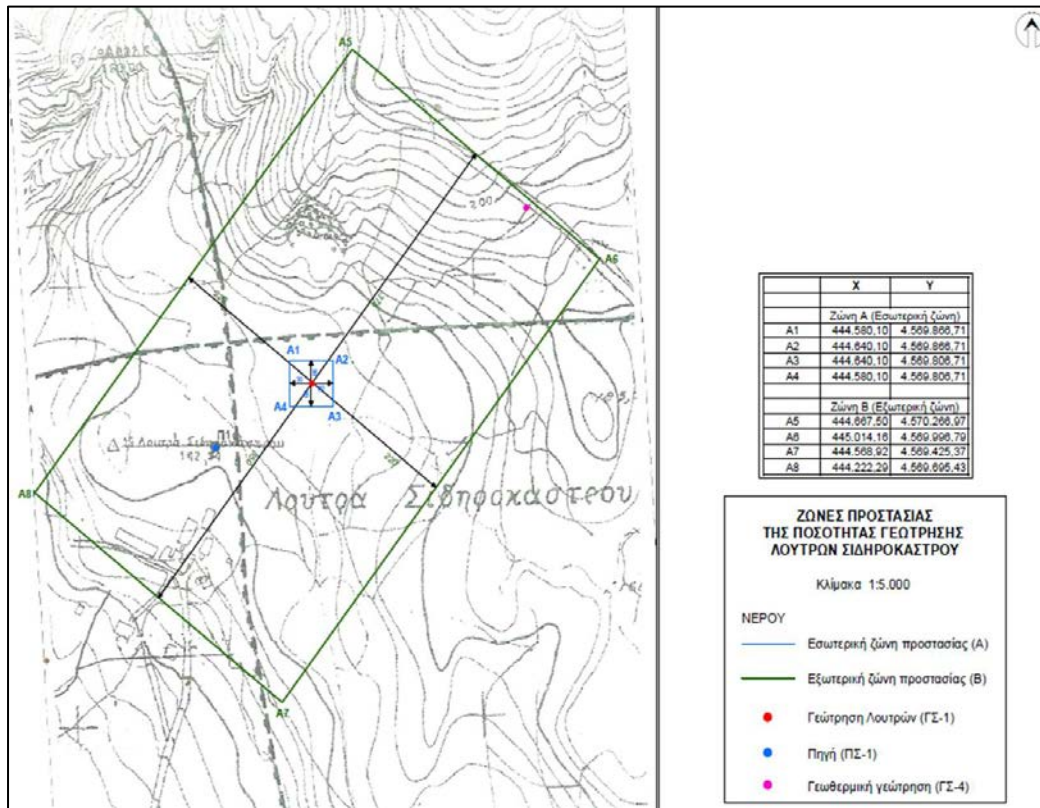
Πίνακας 8: Μετρήσεις τιμών ραδονίου(Rn) και ραδίου(Ra) κατά την περίοδο Σεπτέμβριος 2005-Μάιος 2008 (Αρβανίτης κ.ά., 2016).

<u>Ραδιενεργά χημικά στοιχεία</u>	<u>Τιμές</u>
Rn	943 - 2718 pCi/l (ή 34,89-100,57 Bq/l)
Ra	0,0 - 1,9 pCi/l (ή 0-0,07 Bq/l)

Για την εκτίμηση της αρχικής θερμοκρασίας των ρευστών στον ταμιευτήρα, εφαρμόστηκαν τα χημικά γεωθερμόμετρα SiO_2 (Fournier, 1981), Na-Li (Fouillac & Michard, 1981) και K/Mg (Giggenbach et al., 1983), τα οποία δίνουν θερμοκρασίες μεταξύ 80 και 95°C (Καβουρίδη κ.ά., 2014). Σύμφωνα με τους Καβουρίδης και Καρυδάκης (1989) και Αρβανίτης κ.ά. (2001), η θερμοκρασία του βαθύτερου ταμιευτήρα δεν θα μπορούσε να υπερβαίνει αυτές τις τιμές, καθώς η παρουσία τραβερτινών είναι ενδεικτική σχετικά χαμηλών θερμοκρασιών.

Οι ζώνες προστασίας της ποσότητας και της ποιότητας των θερμών ρευστών καθορίστηκαν από τον Αγγελόπουλο (2014). Οι ζώνες προστασίας της ποσότητας χωρίζονται σε Ζώνη Β (Εξωτερική Ζώνη) και σε Ζώνη Α (Εσωτερική Ζώνη). Η Ζώνη Β αποτελεί την περιοχή όπου δεν επιτρέπονται γεωτρήσεις με βάθος μεγαλύτερο των 20m και πτώσεις στάθμης νερού μεγαλύτερες των 3m προερχόμενες από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η Ζώνη Α περιλαμβάνει την περιοχή όπου δεν επιτρέπονται οι γεωτρήσεις με βάθος μεγαλύτερο των 5m και πτώσεις στάθμης μεγαλύτερες των 30m προς όλες τις διευθύνσεις προερχόμενες από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Οι ακριβείς συντεταγμένες των δύο ζωνών προστασίας ποσότητας της γεώτρησης στα Λουτρά Σιδηροκάστρου δίνονται στο Παράρτημα. Στην Εικόνα 26 παρουσιάζεται ο τοπογραφικός χάρτης της περιοχής με την οριοθέτηση των παραπάνω ζωνών.

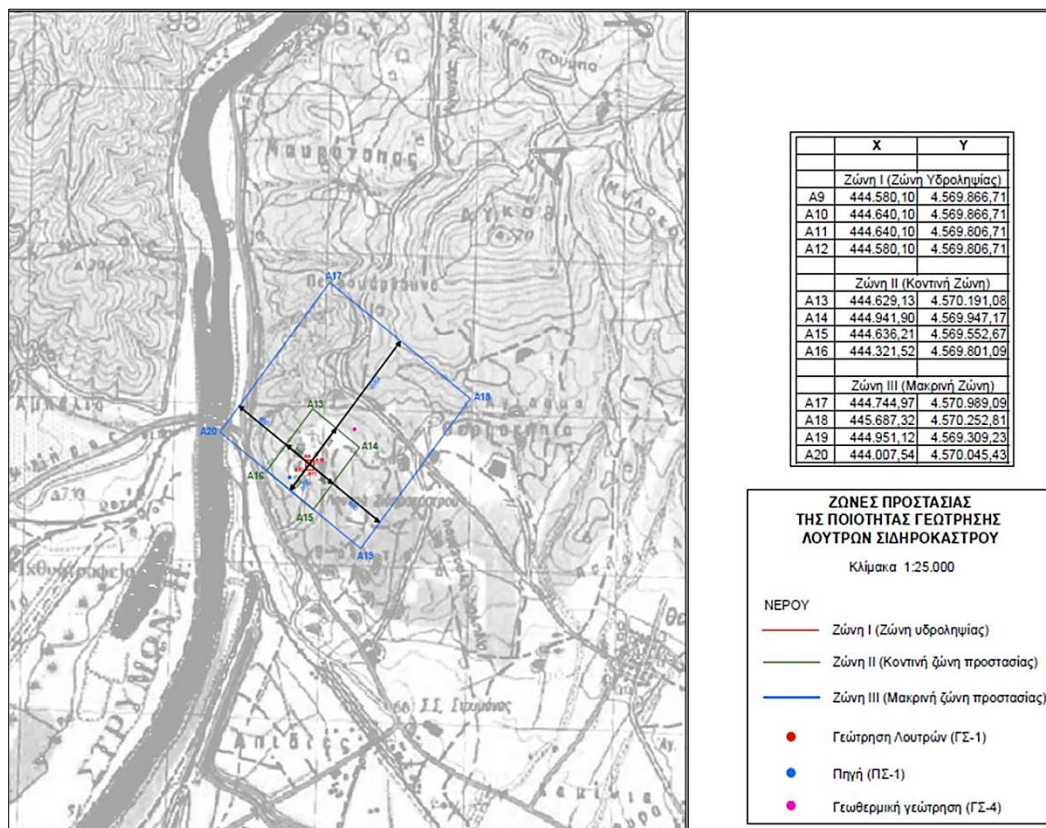


Εικόνα 26: Τοπογραφικός χάρτης με την οριοθέτηση των ζωνών προστασίας της ποσότητας της «Γεώτρησης Λουτρών» στα Λουτρά Σιδηροκάστρου (Αγγελόπουλος, 2014).

Οι ζώνες προστασίας της ποιότητας χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες :

- τη Ζώνη ΙΙΙ ή Μακρινή Ζώνη προστασίας, η οποία περιλαμβάνει όλη την περιοχή από την οποία μπορεί να υποβαθμιστεί ποιοτικά το ιαματικό νερό
- τη Ζώνη ΙΙ ή Κοντινή Ζώνη προστασίας, η οποία φτάνει σε τέτοια απόσταση από το σημείο υδροληψίας ώστε το νερό να χρειάζεται 50 μέρες για να φτάσει σε αυτό το σημείο, καθώς αυτός είναι ο χρόνος ζωής των παθογόνων μικροοργανισμών
- τη Ζώνη Ι ή Ζώνη Υδροληψίας, η οποία καταλαμβάνει μία έκταση περίπου 20m περιμετρικά του σημείου υδροληψίας.

Οι συντεταγμένες των προαναφερθέντων ζωνών προστασίας ποιότητας της γεώτρησης στα Λουτρά Σιδηροκάστρου δίνονται στο Παράρτημα. Ο τοπογραφικός χάρτης της περιοχής με την οριοθέτηση των ζωνών παρουσιάζονται στην Εικόνα 27.



Εικόνα 27: Τοπογραφικός χάρτης με την οριοθέτηση των ζωνών προστασίας της ποιότητας της «Γεώτρησης Λουτρών» στα Λουτρά Σιδηροκάστρου (Αγγελόπουλος, 2014).

3.2.7 : Οριοθέτηση γεωθερμικού πεδίου Σιδηροκάστρου

Η διαχρονική γεωθερμική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή κατέληξε στην οριοθέτηση του βεβαιωμένου και του πιθανού γεωθερμικού πεδίου Σιδηροκάστρου σύμφωνα με το ΦΕΚ 1012/τ.Β'/19-7-2005. Στους Πίνακες 9 και 10 δίνονται οι ακριβείς γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων οριοθέτησης, ενώ στην Εικόνα 28 παρουσιάζεται τοπογραφικός χάρτης με την έκταση που αυτά καλύπτουν.

Πίνακας 9: Γεωγραφικές συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ'87 των σημείων που οριοθετούν το βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο Σιδηροκάστρου (ΦΕΚ 1012B/2005).

ΚΟΡΥΦΗ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ'87)	
	X	Y
A	443877,09	4569938,38
B	447630,44	4570953,24
Γ	447106,90	4569294,03
Δ	444504,04	4569111,96

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Βεβαιωμένο Γ/Θ Πεδίο
- Πιθανό Γ/Θ Πεδίο
- Σημεία Οριοθέτησης
- Γεώτρηση Έρευνας
- Γεώτρηση Παραγωγής

ΣΤΡΥΜΟΝΗ

ΑΠΟΔΙΕ

ΚΑΤΙΝΑ

ΧΑΡΟΤΟΝ

0 0.5 1 2 Km

- 45 -



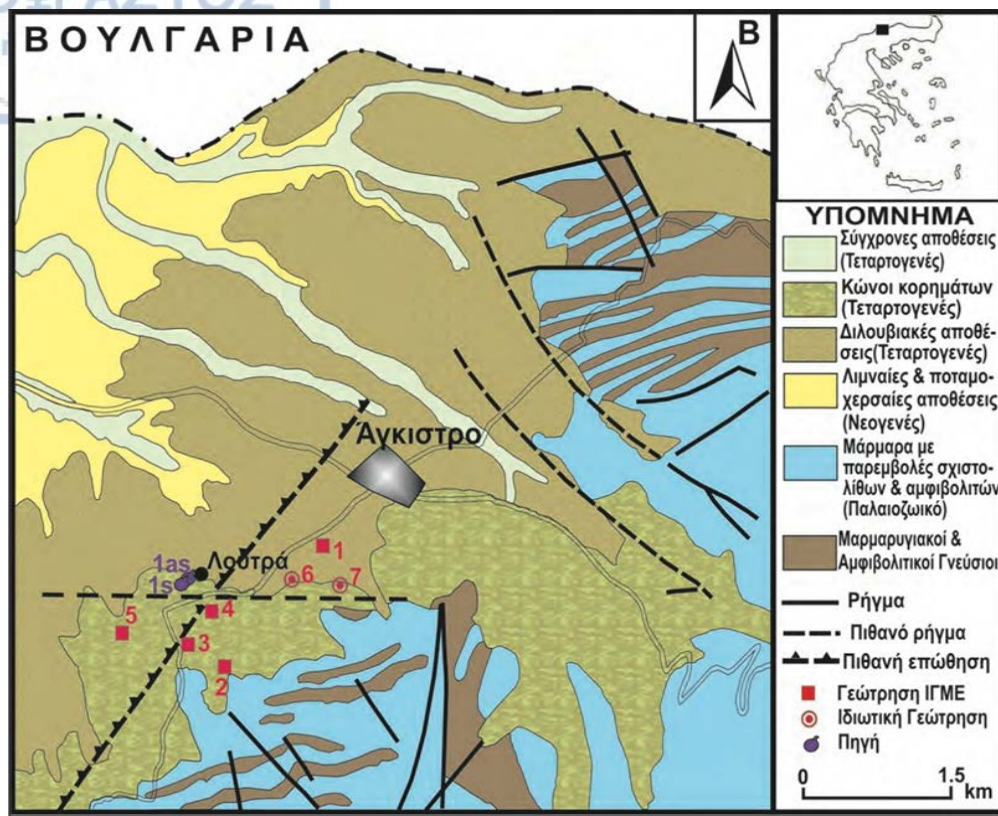
Σημειώνεται ότι με βάση το Νόμο 4602/2019, ο όρος «πιθανά» και «βεβαιωμένα» γεωθερμικά πεδία δεν χρησιμοποιείται πλέον. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, το γεωθερμικό πεδίο Σιδηροκάστρου κατατάσσεται στα πεδία «**τοπικού ενδιαφέροντος**», εξαιτίας της ύπαρξης ρευστών με θερμοκρασία μικρότερη των 90°C.

3.3: Γεωθερμικό πεδίο Αγκίστρου

Το γεωθερμικό πεδίο Αγκίστρου βρίσκεται στο βορειοδυτικό περιθώριο της λεκάνης του Στρυμόνα, κοντά στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα και απέχει περίπου 1,5km από το ομώνυμο χωριό.

3.3.1: Γεωλογικά στοιχεία

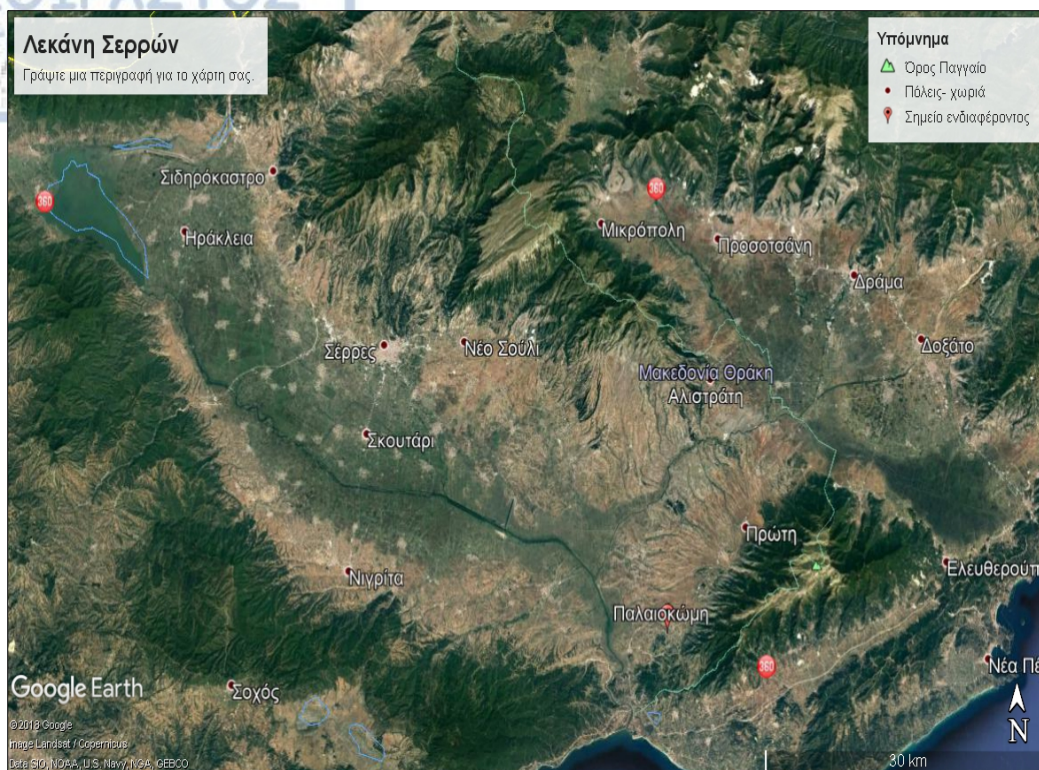
Η περιοχή έρευνας αναπτύσσεται στην επώθηση της Σερβομακεδονικής Μάζας επί της Μάζας της Ροδόπης. Σύμφωνα με τους Καβουρίδης κ.ά. (2014) και Παπακωνσταντίνου (2018), το υπόβαθρο της περιοχής αποτελείται από διμαρμαρυγιακούς και αμφιβολιτικούς γνεύσιους και μάρμαρα με εναλλαγές σχιστολίθων και αμφιβολιτών. Ακολουθούν Νεογενή λιμνο-ποτάμια έως ποταμο-χερσαία ιζήματα, τα οποία συνίστανται από άμμους και αργιλούχες άμμους με εναλλαγές κροκαλοπαγών, μικρολατυποπαγών και χαλικιών. Τη λιθοστρωματογραφική στήλη συμπληρώνουν τα Τεταρτογενή ιζήματα, αποτελούμενα από κώνους κορημάτων, πλευρικά κορήματα και ριπίδια, δилουβιακές αποθέσεις και σύγχρονες αποθέσεις (Καβουρίδης κ.ά., 2014 και Παπακωνσταντίνου, 2018). Οι κώνοι κορημάτων και τα ριπίδια, Πλειο-Πλειστοκαινικής ηλικίας, που βρίσκονται κυρίως στις πλαγιές του ορεινού όγκου του Αγκίστρου, αποτελούνται από ερυθροχώματα, ερυθροπηλούς με μικρές και μεγάλες κροκάλες προερχόμενες από τα μάρμαρα και τους γνεύσιους του υποβάθρου της περιοχής. Οι Πλειοκαινικές δилουβιακές αποθέσεις αποτελούνται από ερυθροχώματα, κροκάλες, λατύπες, ερυθροπηλούς, ενώ κατά θέσεις εντοπίζονται κροκαλοπαγή και λατυποπαγή (Σαραντέας κ.ά., 1994 και Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1998). Ο γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής έρευνας παρουσιάζεται στην Εικόνα 29.



Εικόνα 29: Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Αγκίστρου (Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1998).

3.3.2: Τεκτονικά στοιχεία

Σύμφωνα με τον Μουντράκη (2010), στην περιοχή του Αγκίστρου παρατηρείται η τεκτονική επώθηση της Σερβομακεδονικής πάνω στη Μάζα της Ροδόπης, η οποία συνεχίζεται νοτιότερα, καλυμμένη από ιζήματα, και επανεμφανίζεται μεταξύ των οικισμών Κάτω Λακοβίκια και Παλαιοκόμης, στο νότιο τμήμα της Λεκάνης των Σερρών (Εικόνα 30). Εκτός της τεκτονικής επώθησης, κυριαρχούν δύο συστήματα ρηγμάτων. Το πρώτο έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και είναι παράλληλο με την τεκτονική επώθηση και το δεύτερο είναι κάθετο στο πρώτο με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Επίσης, πιθανολογείται η ύπαρξη νεότερων ρηγμάτων διεύθυνσης Α-Δ (Βασιλειάδης, 1995 και Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1998) με ένα από αυτά να θεωρείται ότι οριοθετεί τα μάρμαρα με τους κώνους κορημάτων και τις δилουβιακές αποθέσεις (Καβουρίδης κ.ά., 2014). Τα πιθανά αυτά ρήγματα είναι δύσκολο να χαρτογραφηθούν και επομένως να επιβεβαιωθούν καθώς καλύπτονται από τα ιζήματα της λεκάνης.



Εικόνα 30: Ένδειξη της θέσης του χωριού "Παλαιοκώμη" Σερρών σε σχέση με τη Λεκάνη Σερρών (Google Earth).

3.3.3: Υδρογεωλογικά στοιχεία

Στην ευρύτερη περιοχή έρευνας η υδραυλική αγωγιμότητα ποικίλει και είναι συνάρτηση κυρίως της λιθολογίας. Οι σχιστόλιθοι και οι γνεύσιοι του υποβάθρου εμφανίζουν δευτερογενές πορώδες λόγω του έντονου κερματισμού τους (Κωνσταντινίδου κ.ά., 2014). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παίζουν καθοριστικό ρόλο στο υδρογεωλογικό καθεστώς, καθώς στρωματογραφικά βρίσκονται κάτω από τα μάρμαρα. Τα μάρμαρα παρουσιάζουν και αυτά δευτερογενές πορώδες ως αποτέλεσμα της επίδρασης της τεκτονικής, ενώ σε αρκετά σημεία εμφανίζονται πηγές. Οι διλουβιακές αποθέσεις λόγω της χαλαρής σύνδεσης μεταξύ των κόκκων εμφανίζουν σημαντική υδροπερατότητα, αλλά λόγω του περιορισμένου πάχους τους δεν παρουσιάζουν αξιόλογο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Τέλος, τα κροκαλοπαγή εμφανίζουν υδροφορία μόνο σε σημεία που διέρχονται ρήγματα και είναι ευνοϊκή η λιθοστρωματογραφική ακολουθία (Κωνσταντινίδου κ.ά., 2014).

3.3.4: Γεωθερμία

Όπως στην περίπτωση του γεωθερμικού πεδίου Σιδηροκάστρου, έτσι και στο Άγκιστρο, η εφελκυστική τεκτονική του Τριτογενούς και η ύπαρξη των γρανιτικών όγκων Βροντούς και Παγγαίου είναι οι κύριοι παράγοντες της παρατηρούμενης αυξημένης θερμικής ροής στην ευρύτερη περιοχή (Kolios et al., 2007).

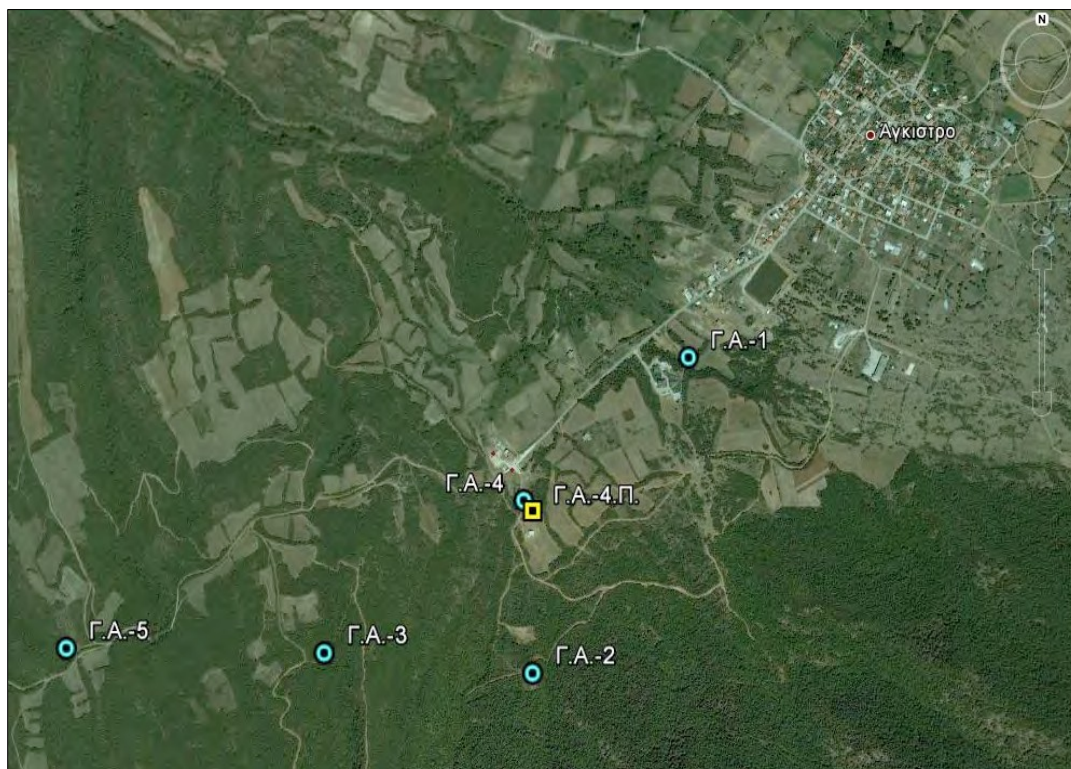
Στην περιοχή του Αγκίστρου το γεωθερμικό ενδιαφέρον επιβεβαιώθηκε από την ανάβλυση θερμών πηγών. Ως κύρια πηγή θεωρείται η κεντρική πηγή Λουτρών, η οποία αναβλύζει από το κροκαλοπαγές και έχει θερμοκρασία νερού 36,1°C. Επίσης, αναφέρεται η ύπαρξη μίας πηγής σε υψόμετρο 285m. με θερμοκρασία νερού 37,2-41°C, η οποία αναβλύζει από τα πλευρικά κορήματα και η ύπαρξή της οφείλεται σε ένα ρήγμα διεύθυνσης Α-Δ (Καβουρίδης κ.ά., 2014). Από τον Σφέτσο (1988), γίνεται αναφορά για δύο διπλανές πηγές, η μία ανεκμετάλλευτη με παροχή 30-40m³/h και η άλλη που χρησιμοποιείται για λούσεις με παροχή 10-20m³/h. Οι Αγγελίδης κ.ά. (2007) αναφέρουν τρεις επιφανειακές εκδηλώσεις: α) τη κεντρική πηγή Λουτρών β) τη φυσική ανάβλυση ΒΔ των Λουτρών, με θερμοκρασία νερού 35,2 έως 37°C και με κυμαινόμενη παροχή ανάλογα με τις βροχοπτώσεις και γ) 45m δυτικά της κύριας πηγής με τη θερμοκρασία να κυμαίνεται μεταξύ 35,3 και 38,3°C.

Οι πηγές αυτές εντοπίζονται στα πλευρικά κορήματα, τα οποία στη θέση των πηγών έχουν πάχος 3-4m. Το νερό ανέρχεται από βαθύτερα μέσω ενός ρήγματος διεύθυνσης Α-Δ, δημιουργώντας ένα θερμό υδροφόρο με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ο οποίος στη θέση των πηγών εντοπίζεται στην επιφάνεια (Αγγελίδης κ.ά., 2007, Παναγιώτη και Χρήστου, 1990).

Στην περίπτωση του γεωθερμικού πεδίου Αγκίστρου δεν παρατηρούνται όλες οι ευνοϊκές για την ανάπτυξη γεωθερμίας συνθήκες, αφού διαπιστώθηκε η απουσία γεωλογικού καλύμματος, το οποίο θα απέτρεπε την ανάμειξη των ψυχρών επιφανειακών με τα θερμά νερά, με αποτέλεσμα τη σχετικά χαμηλότερη θερμοκρασία των γεωθερμικών ρευστών.

3.3.5: Γεωθερμική έρευνα

Η γεωθερμική έρευνα στην περιοχή ξεκίνησε από το Ι.Γ.Μ.Ε. τον Ιούνιο του 1996 και ολοκληρώθηκε τον Δεκέμβριο του 1997, με σκοπό τη μελέτη των γεωθερμικών χαρακτηριστικών της περιοχής Αγκίστρου. Στο πλαίσιο της έρευνας αυτής, έγιναν έξι (6) γεωθερμικές γεωτρήσεις, από τις οποίες πέντε (5) ήταν ερευνητικές και μία παραγωγική. Η θέση και τα χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στην Εικόνα 31 και στον Πίνακα 11.



Εικόνα 31: Θέση των συνολικά 6 γεωτρήσεων που ανορύχτησαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. κατά την χρονική περίοδο 1996-1997 πάνω σε χάρτη Google Earth (Καβουρίδης κ.ά., 2014).

Πίνακας 11: Στοιχεία από τις γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. την περίοδο 1996-1997 (Καβουρίδης κ.ά., 2014).

Γεώτρηση	Βάθος σωλήνωσης (m)	T (°C) στην κεφαλή	T (°C) σε βάθος
Γ.Α.-1	30	20-21	20,2 (στα 50m) 20 (στα 100m)
Γ.Α.-2	172	-	22 (στα 50m) 31 (στα 100m) 41,3 (στα 150m) 47 (στα 170m)
Γ.Α.-3	312	-	23,8 (στα 100m) 33,8 (στα 200m) 39,1 (στα 250m) 46 (στα 310m)
Γ.Α.-4	170	-	38 (στα 10m) 41,5 (στα 50m) 44 (στα 130m) 35 (στα 160m)
Γ.Α.-4.Π	120	44	-
Γ.Α.-5	225	-	16,4 (στα 50m) 22,5 (στα 100m) 25 (στα 150m) 30 (στα 220m)

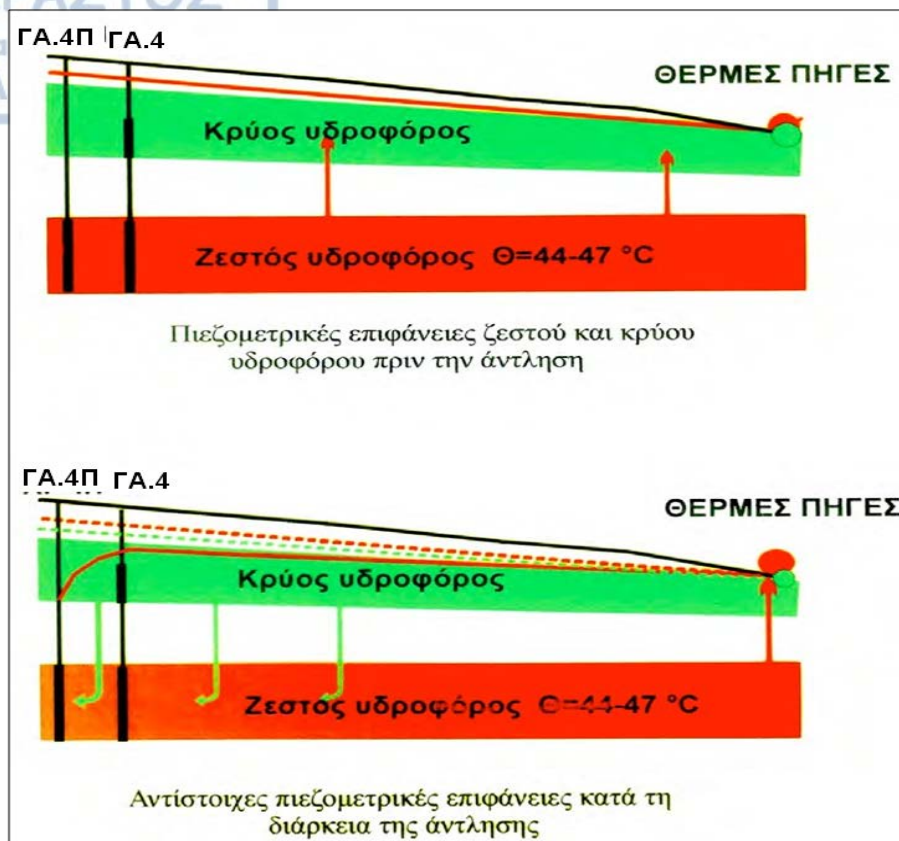
Η πιο σημαντική υδροφορία θερμού νερού παρατηρήθηκε στη γεώτρηση Γ.Α.-4, όπου εντοπίστηκαν δύο υδροφορείς (Καβουρίδης και Καρυδάκης, 1998):

- ένας ρηχός (φρεάτιος) μέχρι 50m και θερμοκρασία 38-41,5°C και
- ένας βαθύς υπό πίεση σε βάθος 70-130m με θερμοκρασία 41,5-44°C .

Η κρίσιμη παροχή της ερευνητικής γεώτρησης Γ.Α.-4. υπολογίστηκε ότι είναι 85m³/h (Καβουρίδης κ.ά., 2014). Οι υδραυλικές παράμετροι του υπό πίεση υδροφορέα παρουσιάζονται στον Πίνακα 12. Στην Εικόνα 32 παρουσιάζεται η λειτουργία του υδροφόρου συστήματος.

Πίνακας 12: Υδραυλικές παράμετροι του υπό πίεση υδροφορέα (Καρυδάκης, 1999, Διαμαντής κ.ά., 1999).

Υδραυλικές παράμετροι	Τιμή
Μεταβιβαστικότητα (T)	$1,3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$
Αποθηκευτικότητα (S)	$1,1 \times 10^{-5}$



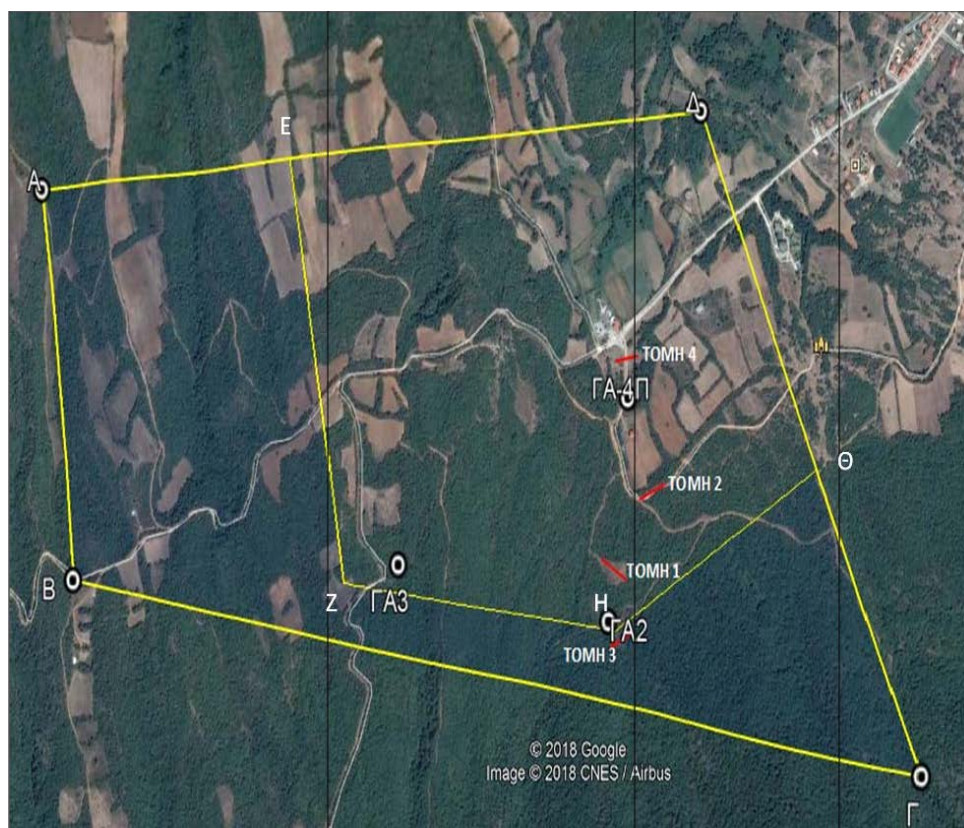
Εικόνα 32: Λειτουργία του υδροφόρου συστήματος Αγκίστρου (Καρυδάκης, 1999).

Όπως προαναφέρθηκε, απουσιάζει το γεωλογικό κάλυμμα, με αποτέλεσμα το σύστημα να επηρεάζεται άμεσα από τις βροχοπτώσεις και την κατείσδυση ψυχρού μετεωρικού νερού. Σύμφωνα με τους Καβουρίδης κ.ά. (2014), η γεωθερμική έρευνα έδειξε ότι οι δύο υδροφορείς επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω των διακλάσεων του ενδιάμεσου ημιπερατού σχηματισμού.

Παρατηρήθηκε ότι κατά τη διάρκεια της άντλησης στη γεώτρηση Γ.Α.-4.Π η παροχή της πηγής παρέμεινε σταθερή ή παρουσίασε πολύ μικρές μεταβολές, αφού μειώθηκε η ψυχρή συνιστώσα (υδραυλικό φορτίο) του φρεάτιου υδροφόρου και αυξήθηκε η θερμή. Σε αυτό οφείλεται η πτώση θερμοκρασίας του νερού στην αντλούμενη γεώτρηση και η αύξησή της στις πηγές (Καρυδάκης, 1999).

Στην περιοχή του Αγκίστρου πραγματοποιήθηκαν το 2017 διαγραφίες (logging) στις γεωτρήσεις Γ.Α.-2 και Γ.Α.-3 και γεωφυσικές διασκοπήσεις επιφάνειας με εκτέλεση τεσσάρων τομογραφιών (Εικόνα 33), από τις οποίες μπορούν να εξαχθούν τα παρακάτω συμπεράσματα (Παπακωνσταντίνου, 2018):

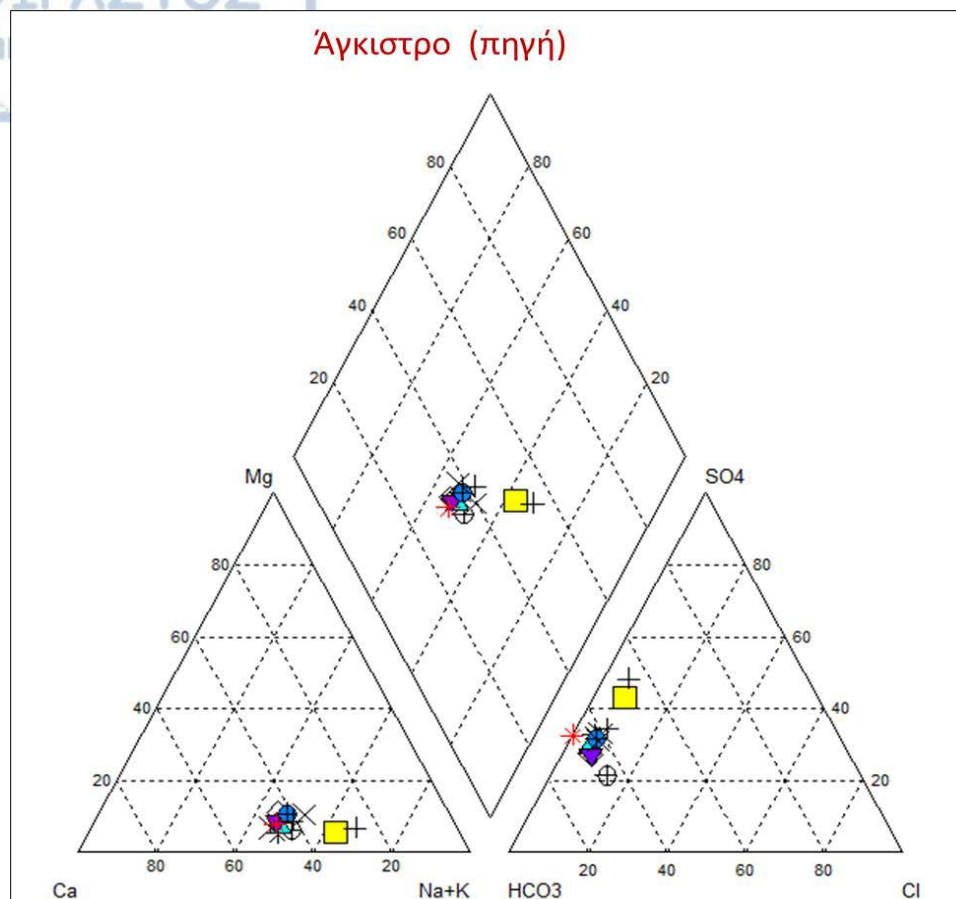
- Η μεγαλύτερη γεωθερμική βαθμίδα είναι $18,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ και μετρήθηκε στη γεώτρηση Γ.Α.-2. Ο κύριος ταμιευτήρας των γεωθερμικών ρευστών εντοπίστηκε μετά τα 140m και με θερμοκρασία που ξεπερνούσε τους 40°C .
- Το μεγαλύτερο γεωθερμικό ενδιαφέρον προέκυψε στις τομογραφίες (1) και (3). Στην τομογραφία (1), ο ταμιευτήρας βρέθηκε σε βάθος 150-250m και στην τομογραφία (3) σε βάθος 100-240m.



Εικόνα 33: Όρια γεωθερμικού πεδίου Αγκίστρου (ΑΒΓΔ). Το πολύγωνο (ΔΕΖΗΘ) απεικονίζει την περιοχή (ζώνη) προστασίας των πηγών. Παρουσιάζονται οι θέσεις των γεωτρήσεων Γ.Α.-4.Π., Γ.Α.-2 και Γ.Α.-3 όπου εκτελέστηκαν διαγραφίες και με κόκκινο χρώμα οι θέσεις των γεωφυσικών διασκοπήσεων (Παπακωνσταντίνου, 2018).

3.3.6: Υδροχημεία των θερμών νερών Αγκίστρου

Η ταξινόμηση του νερού της πηγής που τροφοδοτεί τα Λουτρά Αγκίστρου με βάση τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν από το 1994 έως το 2016 προέκυψε από την προβολή σε τριγωνικό υδροχημικό διάγραμμα Piper (Εικόνα 34).



Εικόνα 34: Τριγωνικό υδροχημικό διάγραμμα Piper για την πηγή των θερμών νερών Αγκίστρου.

Τα θερμά νερά Αγκίστρου βρίσκονται στο όριο μεταξύ ανθρακικών-ασβεστομαγνησιούχων και ανθρακικών-καλιονατριούχων νερών, ενώ δύο δείγματα (από τις χημικές αναλύσεις Σαραντέα κ.ά., 1994 και Καβουρίδη και Καρυδάκη, 1998) ανήκουν οριακά στην κατηγορία των χλωροθειϊκών-καλιονατριούχων νερών.

Η διακύμανση των τιμών των βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων των θερμών νερών της πηγής που τροφοδοτεί τα Λουτρά Αγκίστρου από το 1994 έως το 2016 παρουσιάζεται στον Πίνακα 13.

Πίνακας 13: Φυσικοχημικές παράμετροι της πηγής των θερμών νερών του Αγκίστρου.

<u>Φυσικοχημική παράμετρος</u>	Θερμοκρασία (T), (°C)	pH	Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων(T.D.S.), (mg/L)
<u>Τιμή</u>	37,2 – 42,5	7,2 – 8,2	263 – 441,9

Η μέση τιμή του pH είναι 7,6, που σημαίνει ότι το γεωθερμικό νερό είναι ελαφρώς αλκαλικό ενώ το Σύνολο των Διαλυμένων Αλάτων παρουσιάζει χαμηλές τιμές.

Τα θερμά νερά είναι περισσότερο εμπλουτισμένα σε αλκάλια (Na^+ , K^+) από ότι σε Ca^{2+} , λόγω της κυκλοφορίας τους μέσα στους γενεύσιους και σχιστόλιθους του υποβάθρου, οπότε και εμπλουτίζονται σε Na^+ και K^+ , στοιχεία που δηλώνουν βαθιά προέλευση νερών (Καβουρίδης κ.ά., 2014).

Το μετεωρικό νερό κατεισδύει, εμπλουτίζεται σε αλκάλια, αυξάνεται η θερμοκρασία του, με αποτέλεσμα, ως ελαφρύτερο, να ανέρχεται στην επιφάνεια μέσω των βαθιών ρηγμάτων, όπου εμπλουτίζεται σε Ca^{2+} από την διάλυση των μαρμάρων, τα οποία αποτελούν το ανώτερο τμήμα του υποβάθρου. Η αυξημένη συγκέντρωση των νερών σε SO_4^{2-} μπορεί να αποδοθεί στη θειούχο μεταλλοφορία που εντοπίζεται στο όρος Άγκιστρο (Κατιρτζόγλου κ.ά., 1994).

Η χημική σύσταση του νερού της πηγής σε αέρια παρουσιάζει αυξημένη συγκέντρωση σε N_2 , μικρή περιεκτικότητα σε CO_2 και απουσία H_2S , H_2 και CH_4 (Καβουρίδης κ.ά., 2014). Αυτό πιθανότατα οφείλεται αφενός στον αργό ρυθμό ανόδου των γεωθερμικών ρευστών προς την επιφάνεια και αφετέρου στην ανάμιξή τους με επιφανειακά ψυχρά νερά μικρότερης περιεκτικότητας σε αέρια (Minissale et al., 1989).

Από την εφαρμογή των δεικτών κορεσμού Langelier και σταθερότητας Ryznar στην πηγή και στην παραγωγική γεώτρηση Γ.Α.-4.Π, προέκυψαν οι τιμές που παρουσιάζονται στον Πίνακα 14.

Πίνακας 14: Δείκτης κορεσμού Langelier και δείκτης σταθερότητας Ryznar για την πηγή και την παραγωγική γεώτρηση Γ.Α.-4.Π. (Καβουρίδης κ.ά., 2014).

<u>Δείκτης Langelier</u>	<u>Δείκτης Ryznar</u>
0,21-0,60	6,93-7,6

Με βάση τον δείκτη Langelier, ο οποίος είναι οριακά θετικός, δεν αναμένονται μεγάλα προβλήματα καθαλατώσεων. Οι τιμές του δείκτη Ryznar δείχνουν ότι το νερό βρίσκεται σε μία ζώνη σταθερότητας με ισορροπία μεταξύ διάβρωσης και καθαλάτωσης.

Από τις μετρήσεις ραδιενέργειας (Rn και Ra) που πραγματοποιήθηκαν στην πηγή κατά το χρονικό διάστημα Απρίλιος 2004 μέχρι Μάιος 2008 (Πίνακας 15), φαίνεται ότι τα νερά κατατάσσονται στην κατηγορία αυτών με «κανονική ραδιενέργεια».

Πίνακας 15: Μετρήσεις τιμών ραδονίου (Rn) και ραδίου (Ra) κατά τη χρονική περίοδο Απριλίου 2004 - Μαΐου 2008 (Αθανασούλης κ.ά., 2009).

Ραδιενεργά χημικά στοιχεία	Τιμές
Rn	172 - 471 pCi/l
Ra	1,0 - 1,9 pCi/l

Για την εκτίμηση της αρχικής θερμοκρασίας στον ταμιευτήρα εφαρμόστηκαν τα χημικά γεωθερμόμετρα SiO₂, Na/K, Na-K-Ca, K/Mg, Na-Li και Li/Mg, σύμφωνα με τα οποία η θερμοκρασία κυμαίνεται από 50 έως 100°C, με πιο πιθανή να θεωρείται η θερμοκρασία των 60°C (Αρβανίτης, 1998, Karydakis et al., 2005).

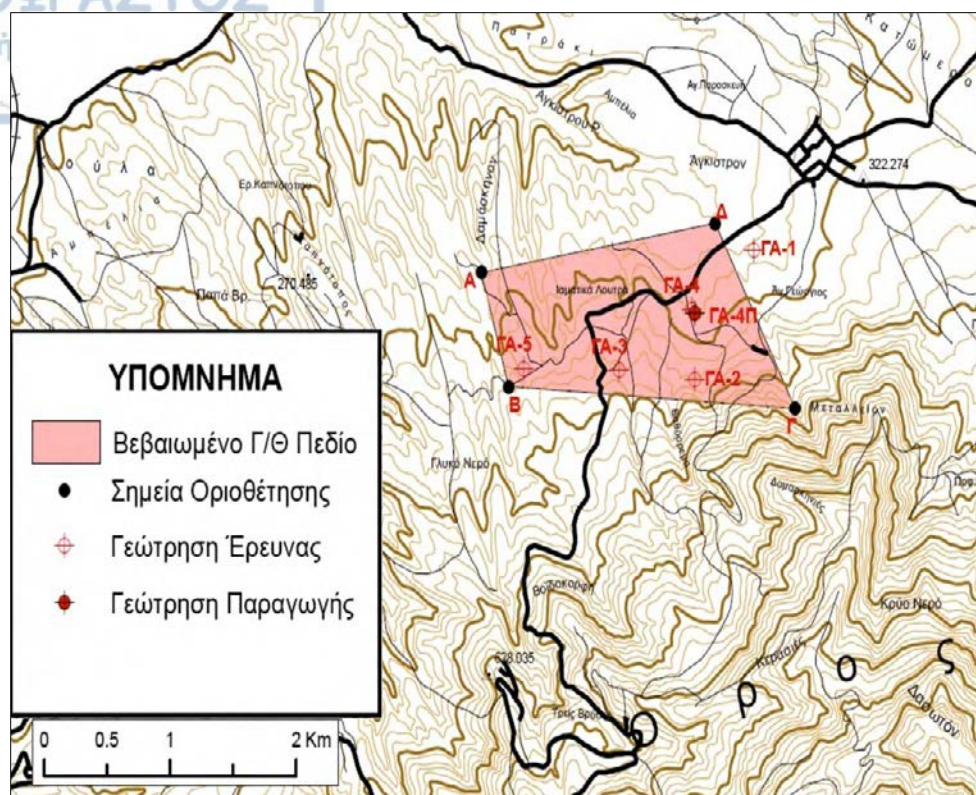
3.3.7: Οριοθέτηση γεωθερμικού πεδίου Αγκίστρου

Η γεωθερμική έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή κατέληξε στην οριοθέτηση του «βεβαιωμένου» γεωθερμικού πεδίου Αγκίστρου σύμφωνα με το ΦΕΚ 1946/τ.Β' /8-9-2009. Το πεδίο έχει έκταση 1,5Km², ο γεωθερμικός ταμιευτήρας εντοπίστηκε σε βάθη 100-300m και η θερμοκρασία του θερμού νερού είναι 40-48°C.

Στον Πίνακα 16 δίνονται οι ακριβείς συντεταγμένες των σημείων οριοθέτησης, ενώ στην Εικόνα 35 παρουσιάζεται τοπογραφικός χάρτης με την έκταση του πεδίου.

Πίνακας 16: Γεωγραφικές συντεταγμένες των σημείων που οριοθετούν το βεβαιωμένο γεωθερμικό πεδίο Αγκίστρου (ΙΓΜΕ, 2007).

ΚΟΡΥΦΗ ΠΟΛΥΓΩΝΟΥ	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ'87)	
	X	Y
A	450366,66	4579596,27
B	450580,02	4578854,59
Γ	452860,94	4578707,27
Δ	452225,94	4579916,31



Εικόνα 35: Όρια βεβαιωμένου γεωθερμικού πεδίου Αγκίστρου (ΑΒΓΔ) (Ι.Γ.Μ.Ε., 2007).

Σημειώνεται ότι με βάση τον Νόμο 4602/2019, ο όρος «βεβαιωμένο» γεωθερμικό πεδίο δεν χρησιμοποιείται πλέον. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, το γεωθερμικό πεδίο Αγκίστρου κατατάσσεται στα πεδία «τοπικού ενδιαφέροντος».

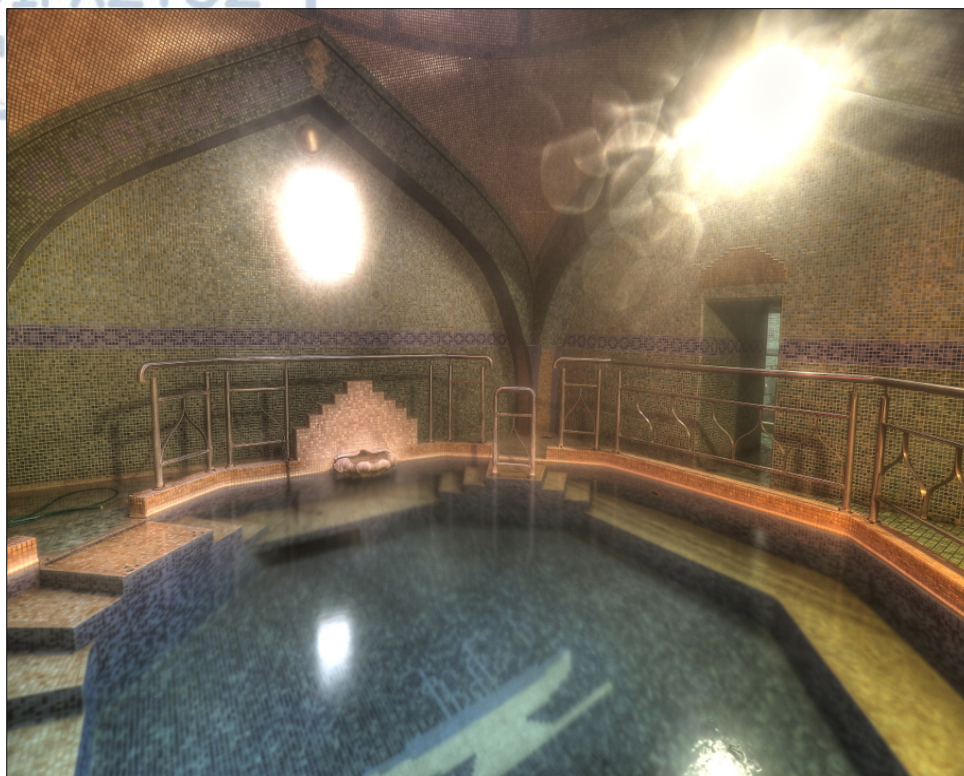
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ ΣΤΑ ΠΕΔΙΑ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ ΚΑΙ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ

4.1: Αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών στο πεδίο Σιδηροκάστρου

Η αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών στο πεδίο Σιδηροκάστρου γίνεται κυρίως για λουτροθεραπεία και κατά δεύτερο λόγο για τη θέρμανση θερμοκηπίων. Η θέρμανση θερμοκηπίων αφορούσε κυρίως την καλλιέργεια διακοσμητικών φυτών, ενώ από το 2013 θερμαίνονται 10,5 στρέμματα θερμοκηπίων τομάτας, ιδιοκτησίας του Δήμου Σιντικής που έχουν παραχωρηθεί σε ιδιώτη. Η θέρμανση αυτών των θερμοκηπίων πραγματοποιείται με ρευστά από τη γεώτρηση Sd-3A (54°C), ενώ η θερμοκρασία εισόδου νερού στους εναλλάκτες των θερμοκηπίων είναι 45°C (Καβουρίδης κ.ά., 2014).

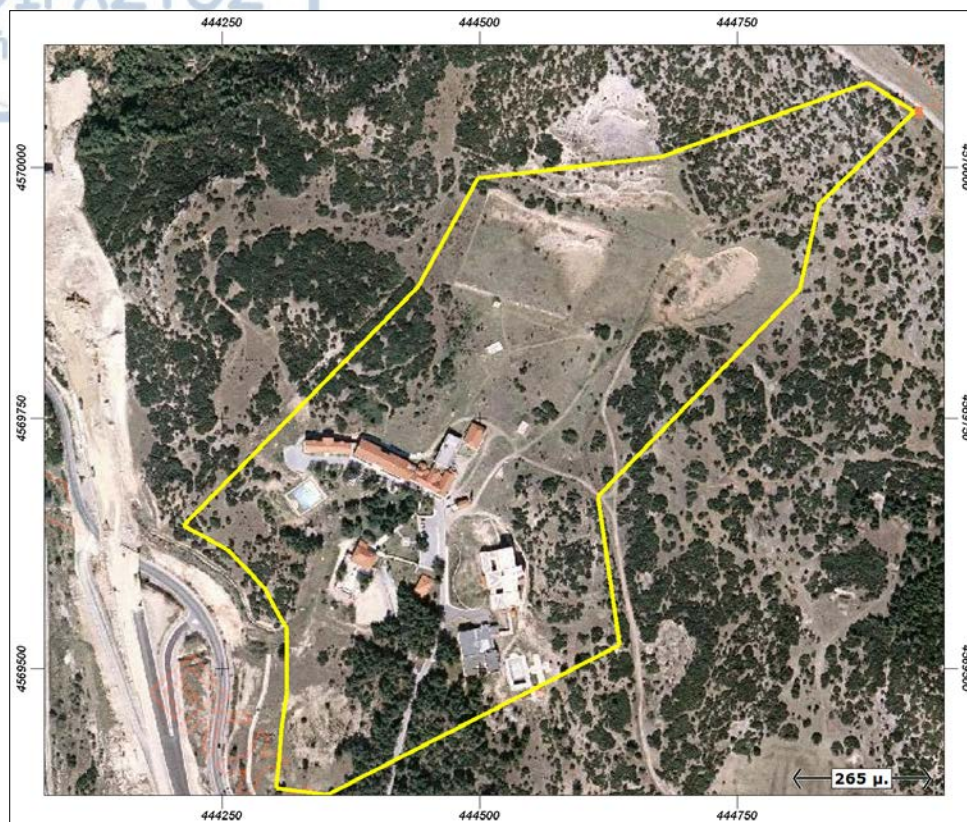
4.1.1: Εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας στην περιοχή Σιδηροκάστρου

Εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας λειτουργούσαν στο Σιδηρόκαστρο ήδη από την εποχή της τουρκοκρατίας, με τις θερμές πηγές να είναι γνωστές από τα χρόνια του Βυζαντίου. Σήμερα το μόνο που έχει διασωθεί από τις παλιές εγκαταστάσεις, οι οποίες καταστράφηκαν σχεδόν ολοσχερώς κατά τους Βαλκανικούς πολέμους, είναι το παλιό χαμάμ (Εικόνα 36). Την περίοδο 1930-1935 έγινε αναπαλαίωση του παλιού χαμάμ και ενσωμάτωσή του στο ξενοδοχείο που κατασκευάστηκε από τον αρχιτέκτονα Τσαγκρή. Δεύτερη φάση εργασιών για το παλιό χαμάμ έγινε το 2000, οπότε και απέκτησε και την τωρινή του μορφή (Ζαχαρόπουλος κ.ά., 2001).



Εικόνα 36: Το παλιό χαμάμ στα λουτρά Σιδηροκάστρου μετά την ανακαίνισή του το 2000 (<https://www.spa.gr/>).

Οι εγκαταστάσεις των λουτρών βρίσκονται στο 6^ο Km Σιδηροκάστρου – Προμαχώνα. Ο χώρος των λουτρών καταλαμβάνει έκταση 211.169,03 m² (Εικόνα 37) . Τα λουτρά ανήκουν στον Εθνικό Οργανισμό Τουρισμού (Ε.Ο.Τ.), ο οποίος παραχώρησε το δικαίωμα χρήσης τους σε ιδιώτη. Το χρονικό διάστημα 1929-1983 τελούσαν υπό τη λειτουργία της εταιρείας «Μπουκουβάλα Α.Ε.», και έκτοτε αξιοποιούνται από τον Δήμο Σιντικής με βάση τα ακόλουθα ΦΕΚ: ΦΕΚ 182 Α/9-8-1980, ΦΕΚ 162 Α/30-11-1990 και ΦΕΚ 35 Α/23-2-2012. Η επωνυμία της επιχείρησης από το 2012 είναι «ΣΙΝΤΙΚΗ Δ.Α.Ε. ΙΑΜΑΤΙΚΑ ΛΟΥΤΡΑ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ» με την περιοχή να ανήκει στο γεωθερμικό πεδίο «Θερμοπηγής Σιδηροκάστρου».



Εικόνα 37: Οριοθέτηση του χώρου των λουτρών Σιδηροκάστρου υπό κλίμακα 1:5000 (Αγγελόπουλος, 2014).

Το νερό που χρησιμοποιείται για ιαματικούς σκοπούς προέρχεται από τη «Γεώτρηση Λουτρών» (Εικόνα 38), η οποία βρίσκεται περίπου 150m βόρεια της πηγής (Εικόνα 39). Τα βασικά χαρακτηριστικά της «Γεώτρησης Λουτρών» παρουσιάζονται στο Πίνακα 17.

Πίνακας 17: Τα βασικά χαρακτηριστικά της «Γεώτρησης Λουτρών» (Αγγελόπουλος, 2014).

	Τιμή
Θερμοκρασία (°C)	43,5 45,5*
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μS/cm) (25°C)	1770
Παροχή (m ³ /h)	17
pH	6,7

*45,5°C: Μέτρηση στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας στις 31/10/2019.



Εικόνα 38: Οικίσκος της «Γεώτρησης Λουτρών» Σιδηροκάστρου (Αγγελόπουλος, 2014).



Εικόνα 39: Η θερμή πηγή Σιδηροκάστρου (Αγγελόπουλος, 2014).

Λόγω της συνεχούς άντλησης του νερού για τις ανάγκες της μονάδας λουτροθεραπείας, η παροχή της πηγής, η οποία έχει θερμοκρασία νερού παραπλήσια με αυτή της «Γεώτρησης Λουτρών» περίπου στους 43°C , έχει μειωθεί σε σημαντικό βαθμό, φτάνοντας μόλις τα $3\text{m}^3/\text{h}$, ενώ κατά περιόδους δεν αναβλύζει καθόλου νερό (Αγγελόπουλος, 2014). Σε περιόδους μη λειτουργίας της γεώτρησης η παροχή της πηγής επανέρχεται στα επίπεδα του 1980 (προ συστηματικής αξιοποίησης των λουτρών), δηλαδή περίπου στα $7\text{m}^3/\text{h}$.

Τα ιαματικά νερά Σιδηροκάστρου θεωρείται ότι δρουν καταπραϋντικά για διάφορες ασθένειες, όπως ρευματοπάθεια, μυαλγία, οσφυαλγία, ισχυαλγία, σπονδυλοαρθρίτιδα, δισκοπάθεια, γενικά παθήσεις των αρθρώσεων και γυναικολογικές παθήσεις (<https://www.spa.gr/>). Η διάρκεια του λουτρού δεν πρέπει να ξεπερνά τα 20 λεπτά, κάτι βέβαια που σε κάθε περίπτωση εξαρτάται από την πάθηση και την ιατρική συμβουλή. Οι εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας περιλαμβάνουν δύο πισίνες χαμάμ, μία μεγάλη και μία μικρή, 14 ατομικοί λουτήρες (Εικόνα 44), 3 πισίνες υδρομασάζ (δύο μεγάλες και μία μικρή) (Εικόνες 45 & 46), χώρους μασάζ (Εικόνα 47) και τζακούζι.

Τα χαρακτηριστικά των πισίνων και των ατομικών λουτήρων, με βάση τις πληροφορίες που δόθηκαν από την Διεύθυνση Ιαματικών Λουτρών Σιδηροκάστρου, παρουσιάζονται στον Πίνακα 18.

Πίνακας 18: Χαρακτηριστικά των πισίνων και των ατομικών λουτήρων στα Λουτρά Σιδηροκάστρου.

	Πισίνες	Ατομικοί Λουτήρες
Αριθμός και είδος	2 χαμάμ, 1 μικρή και 1 μεγάλη	14
Διαστάσεις (για τις πισίνες)	Εμβαδόν Μεγάλη: 30 m ² Μικρή: 10 m ² Βάθος : 1 m (και για τις 2)	
Παροχή νερού	9 m ³ /h	17 m ³ /h (1,2 m ³ /h για κάθε λουτήρα)
Όγκος νερού (για τις πισίνες)	Μεγάλη: 30 m ³ Μικρή: 10 m ³	
Θερμοκρασία εισόδου/εξόδου του νερού	Είσοδος: 45,5°C/ Έξοδος: 45,1°C (Εικόνα 40)	45,5°C με ρύθμιση για πιο ζεστό και πιο κρύο με βάνες
Χλωρίωση (για τις πισίνες)	όχι	



Εικόνα 40: Μέτρηση της θερμοκρασίας κατά την έξοδο από τις εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας (31/10/2019).

Για την εξυπηρέτηση των πελατών λειτουργεί στο χώρο των Λουτρών εκτός του υδροθεραπευτηρίου (Εικόνα 41), το ξενοδοχείο «ΠΗΓΗ» με 45 κλίνες, έχοντας την δυνατότητα για παροχή υπηρεσιών μέχρι 91 κλίνες (Εικόνα 42), μπαρ (Εικόνα 43) και εστιατόριο που είναι ανοικτό μόνο κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Το υδροθεραπευτήριο και το ξενοδοχείο παραμένουν σε λειτουργία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Η θέρμανση των κτιριακών εγκαταστάσεων, συνολικής έκτασης 3.552,40 m² γίνεται με πετρέλαιο και το κόστος θέρμανσης ανέρχεται περίπου στα 20.000€/έτος.

Το γεωθερμικό ρευστό μετά την ιαματική του χρήση δεν επανεισάγεται στον γεωθερμικό ταμιευτήρα, αλλά διατίθεται στο εξωτερικό περιβάλλον, και συγκεκριμένα στον ποταμό Στρυμόνα, μέσω σωληνώσεων ή μέσω αυλακιών με μέγιστη παροχή 8-9 m³/h. Το κυριότερο πρόβλημα που παρατηρείται είναι οι καθαλατώσεις.

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (Ε.Ε.Α.Ε.), μετά από αίτημα της «ΣΙΝΤΙΚΗ ΔΑΕ» πραγματοποίησε μετρήσεις συγκέντρωσης ραδονίου στους χώρους του

υδροθεραπευτηρίου κατά το διάστημα 30/08/2018 – 30/10/2018. Διαπιστώθηκε ότι στο χώρο του υδρομασάζ η συγκέντρωση ραδονίου είναι $357 \pm 23 \text{ Bq/m}^3$, τιμή μεγαλύτερη από το εθνικό επίπεδο αναφοράς, το οποίο ορίζεται στα 300 Bq/m^3 (ΦΕΚ 194/Α/20,11,2018).



Εικόνα 41: Εξωτερική όψη του υδροθεραπευτηρίου στις εγκαταστάσεις των λουτρών Σιδηροκάστρου (6/02/2019).



Εικόνα 42: Το ξενοδοχείο «ΠΗΓΗ» στις εγκαταστάσεις των λουτρών Σιδηροκάστρου (6/02/2019).



Εικόνα 43: Ο χώρος υποδοχής και το μπαρ στα λουτρά Σιδηροκάστρου (6/02/2019).

Η επισκεψιμότητα στα λουτρά υπολογίζεται κατά προσέγγιση στα 30.000 άτομα ετησίως, τα οποία κατανέμονται σχετικά ομοιόμορφα ημερησίως, με εξαίρεση κάποιες περιόδους, όπως κατά τις διακοπές των Χριστουγέννων και του Πάσχα όπου παρατηρείται αυξημένη προσέλευση. Οι μισοί περίπου επισκέπτες παραμένουν στο χώρο των λουτρών για περισσότερες των μία ημερών και επιλέγουν για τη διαμονή τους το ξενοδοχείο των εγκαταστάσεων.

Η ηλικία των επισκεπτών κυμαίνεται από 19 έως 75 έτη. Τους μήνες Οκτώβριο μέχρι Μάιο η πλειονότητα των επισκεπτών είναι νεαρής και μέσης ηλικίας άτομα, ενώ τους μήνες Ιούνιο-Οκτώβριο οι ηλικίες είναι μεγαλύτερες (συνήθως πάνω από τα 60 έτη), και αφορούν σε επισκέπτες που επισκέπτονται τα λουτρά μέσω των ασφαλιστικών ταμείων για συγκεκριμένο αριθμό θεραπειών.



Εικόνα 44: Ατομικός λουτήρας στα λουτρά Σιδηροκάστρου με βάνες για ρύθμιση της θερμοκρασίας (6/02/2019).



Εικόνα 45: Μεγάλη πισίνα υδρομασάζ στα λουτρά Σιδηροκάστρου (6/02/2019).



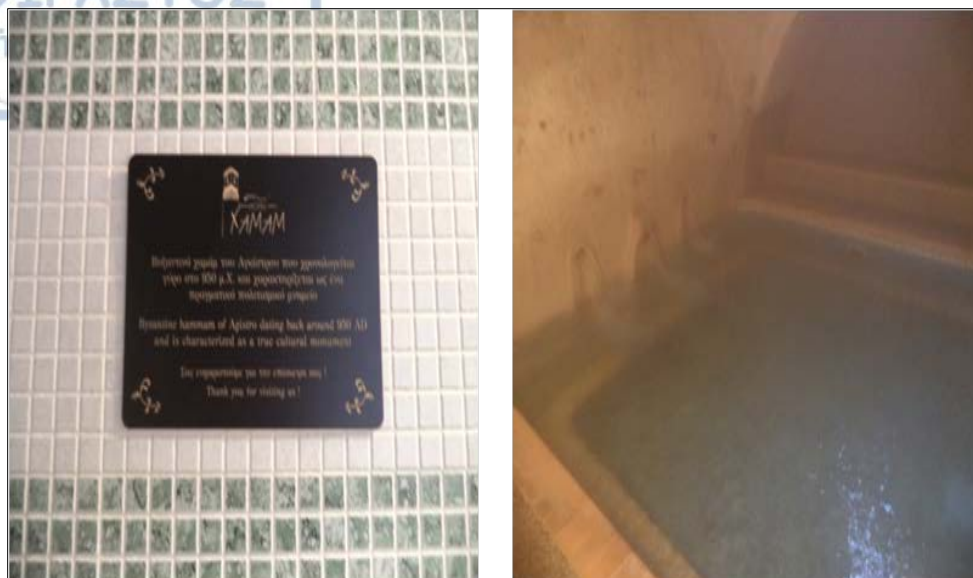
Εικόνα 46: Μικρή πισίνα υδρομασάζ στα λουτρά Σιδηροκάστρου (6/02/2019).



Εικόνα 47: Ο χώρος του μασάζ στα λουτρά Σιδηροκάστρου (6/02/2019).

4.2: Αξιοποίηση γεωθερμικών ρευστών στο πεδίο Αγκίστρου

Η αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών στο πεδίο Αγκίστρου γίνεται αποκλειστικά για λουτροθεραπεία. Η ιαματική χρήση του νερού στην περιοχή χρονολογείται τουλάχιστον από το 950 μ.Χ. , με βάση την ηλικία του Βυζαντινού λουτρού που διασώζεται μέχρι σήμερα και θεωρείται το παλαιότερο στον Ελληνικό χώρο (Εικόνα 48). Οι σημερινές εγκαταστάσεις βρίσκονται εντός του χωριού Άγκιστρο, το οποίο απέχει περίπου 50km από την πόλη των Σερρών.



Εικόνα 48: Αριστερά: Πλακέτα έξω από το Βυζαντινό λουτρό, Δεξιά: Το Βυζαντινό λουτρό (8/03/2019).

Η ύπαρξή του Βυζαντινού λουτρού δεν ήταν ευρέως γνωστή μέχρι το 1995, οπότε και μέσω του Ευρωπαϊκού Προγράμματος «Leader» αναπαλαιώθηκε, ενώ κατασκευάστηκαν επίσης το σημερινό ξενοδοχείο «ΧΑΜΑΜ» και τέσσερις λουτήρες από την τότε Κοινότητα Αγκίστρου. Με βάση το ΦΕΚ 207/τ.Α'/29-8-2003 και το ΦΕΚ 208/τ.Β/5-2-2004 κατέστη δυνατή η αξιοποίηση των λουτρών, και, έτσι, το 2007 τα έργα συνεχίστηκαν με αποτέλεσμα την τελική διαμόρφωση του Βυζαντινού λουτρού, την επέκταση του ξενοδοχείου και τη διαμόρφωση του χώρου περιμετρικά των λουτρών (Εικόνες 49). Η ιδιωτική επιχείρηση που έχει τα δικαιώματα αξιοποίησης των ιαματικών νερών Αγκίστρου ονομάζεται «Αναπτυξιακή Αγκίστρου Α.Ε.» με έδρα το Άγκιστρο.



Εικόνα 49: Ο εξωτερικός χώρος των εγκαταστάσεων των Λουτρών Αγκίστρου (8/03/2019).

Την τελευταία δεκαετία, τα λουτρά Αγκίστρου απέκτησαν μεγάλη αναγνωρισιμότητα πανελληνίως. Σημειώθηκε σημαντική τουριστική ανάπτυξη στην περιοχή, δημιουργήθηκαν πολλές νέες θέσεις εργασίας, με τους περισσότερους κατοίκους να απασχολούνται είτε στις μονάδες λουτροθεραπείας είτε στους επιπλέον ξενώνες που δημιουργήθηκαν για την εξυπηρέτηση του μεγάλου αριθμού επισκεπτών.

Το νερό που χρησιμοποιείται στη λουτροθεραπευτική μονάδα προέρχεται από την πηγή Αγκίστρου, η οποία βρίσκεται μέσα στις εγκαταστάσεις των Λουτρών (Εικόνα 50). Η τροφοδοσία της πηγής γίνεται από το γειτονικό όρος Τσιγκέλι ή Άγκιστρο. Το νερό συγκεντρώνεται σε μία δεξαμενή δίπλα στην πηγή και από εκεί διοχετεύεται μέσω σωληνώσεων σε όλες τις πισίνες ταυτόχρονα (Εικόνα 51).



Εικόνα 50: Η θερμή πηγή Αγκίστρου (8/03/2019).



Εικόνα 51: Η πηγή και η δεξαμενή που συλλέγεται το νερό μέσα στις εγκαταστάσεις των λουτρών (8/03/2019).

Τα βασικά χαρακτηριστικά της πηγής των θερμών νερών Αγκίστρου παρουσιάζονται στον Πίνακα 19.

Πίνακας 19: Τα βασικά χαρακτηριστικά της πηγής των θερμών νερών Αγκίστρου (Χατζηγιάννη, 2010, Agrolab, 2016).

Παράμετρος	Τιμή
Θερμοκρασία (°C)	40-48 36,1*
Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μS/cm) (20°C)	411
Παροχή (m ³ /h)	80
pH (22°C)	8,2

*36,1°C: Μέτρηση στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας στις 28/10/2019.



Εικόνα 52: Μέτρηση της θερμοκρασίας της πηγής Αγκίστρου (28/10/2019).

Σύμφωνα με τον Καβουρίδη κ.ά. (2014), η θερμοκρασία της πηγής έχει μετρηθεί στο παρελθόν από 37,2 έως 41°C, όμως η σημερινή θερμοκρασία του νερού είναι περίπου 36°C (Εικόνα 52).

Κατά την περίοδο Μάιο-Οκτώβριο 2019 οι θερμομετρήσεις που έγιναν στην πηγή από τον Υπεύθυνο λειτουργίας των λουτρών, έδειξαν θερμοκρασία που κυμαίνονταν από 35,6 έως 36,3°C.

Όπως προαναφέρθηκε, οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες οφείλονται στην απουσία στεγανού γεωλογικού καλύμματος και στην ανάμειξη θερμών νερών με κρύα επιφανειακά ή μετεωρικά νερά.

Στην προσπάθεια εύρεσης νερού με υψηλότερη θερμοκρασία, τον Μάρτιο του 2019 κατασκευάστηκε γεώτρηση, η οποία έφτασε μέχρι το βάθος των 220m. Στο βάθος αυτό η θερμοκρασία του νερού μετρήθηκε στους 39°C, όταν όμως πραγματοποιούνταν άντληση η θερμοκρασία μειωνόταν στους 33°C, με αποτέλεσμα τελικά να μην χρησιμοποιηθεί η συγκεκριμένη γεώτρηση για την τροφοδοσία των λουτρών.

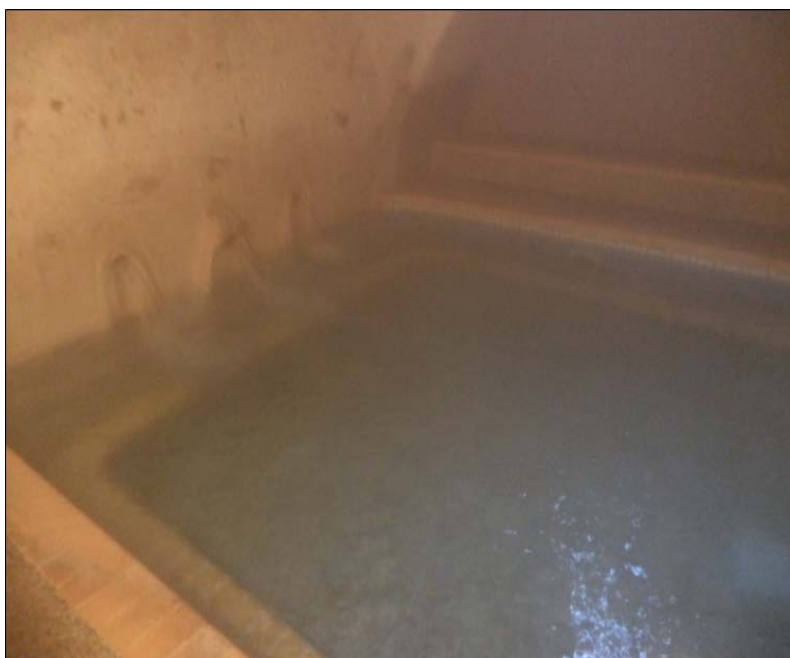
Πολύ κοντά στην πηγή υπάρχει ακόμη μία γεώτρηση, η οποία όμως σήμερα δεν χρησιμοποιείται (Εικόνα 53).



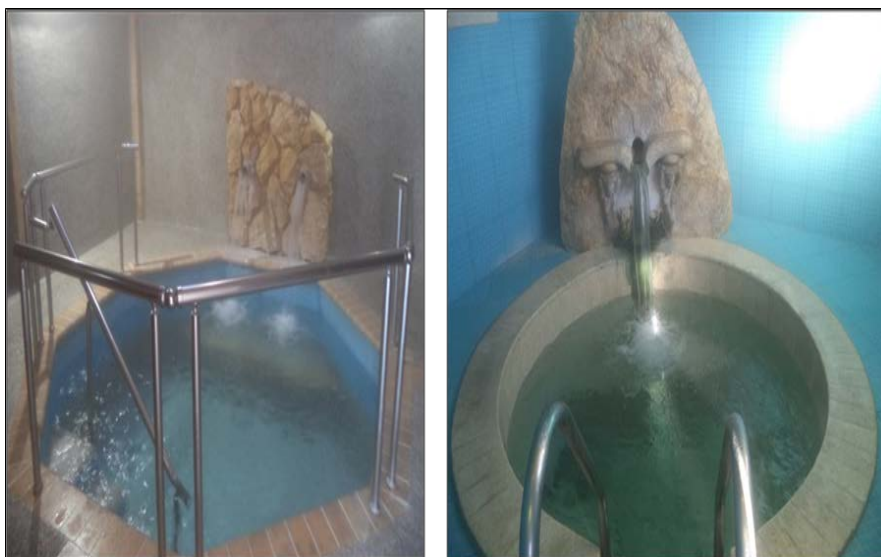
Εικόνα 53: Γεώτρηση κοντά στην πηγή που δεν λειτουργεί σήμερα (8/03/2019).

Με βάση τις ιδιότητες και τη σύστασή του, το νερό της πηγής θεωρείται ιδανικό για διάφορες παθήσεις όπως αρθροπάθειες, δισκοπάθειες, ρευματοπάθειες, μυαλγίες και άλλες (<http://www.hamamagistro.gr>). Η διάρκεια του λουτρού δεν ξεπερνά συνήθως τα 20-30 λεπτά, ανάλογα βέβαια με την πάθηση και την ιατρική συμβουλή.

Οι εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας περιλαμβάνουν το παλιό χαμάμ (Εικόνα 54) και 7 επιπλέον μικρές εσωτερικές πισίνες (Εικόνα 55).



Εικόνα 54: Το παλιό χαμάμ στα λουτρά Αγκίστρου (8/03/2019).



Εικόνα 55: Οι δύο από τις επτά μικρές πισίνες στα λουτρά Αγκίστρου (8/03/2019).

Οι πισίνες λειτουργούν για ατομική ή ομαδική χρήση. Τα χαρακτηριστικά των πισίνων παρουσιάζονται στον Πίνακα 20.

Πίνακας 20: Χαρακτηριστικά των πισίνων στα Ιαματικά Λουτρά Αγκίστρου.

	Πισίνες
Αριθμός και είδος	8 κλειστές, 7 μικρές και 1 μεγάλη
Διαστάσεις	<u>Παλιό χαμάμ:</u> $3,7\text{m} \times 3,8\text{m} = 14,6\text{m}^2$ Βάθος: 1,1m <u>Μικρές (πενταγωνικό σχήμα):</u> Διάμετρος: 3m Βάθος: 1,2m
Παροχή νερού	8-10m ³ /h ανά πισίνα
Θερμοκρασία εισόδου/εξόδου νερού	Είσοδος: 36,1°C / Έξοδος: 36°C (Εικόνα 56)
Χλωρίωση	όχι



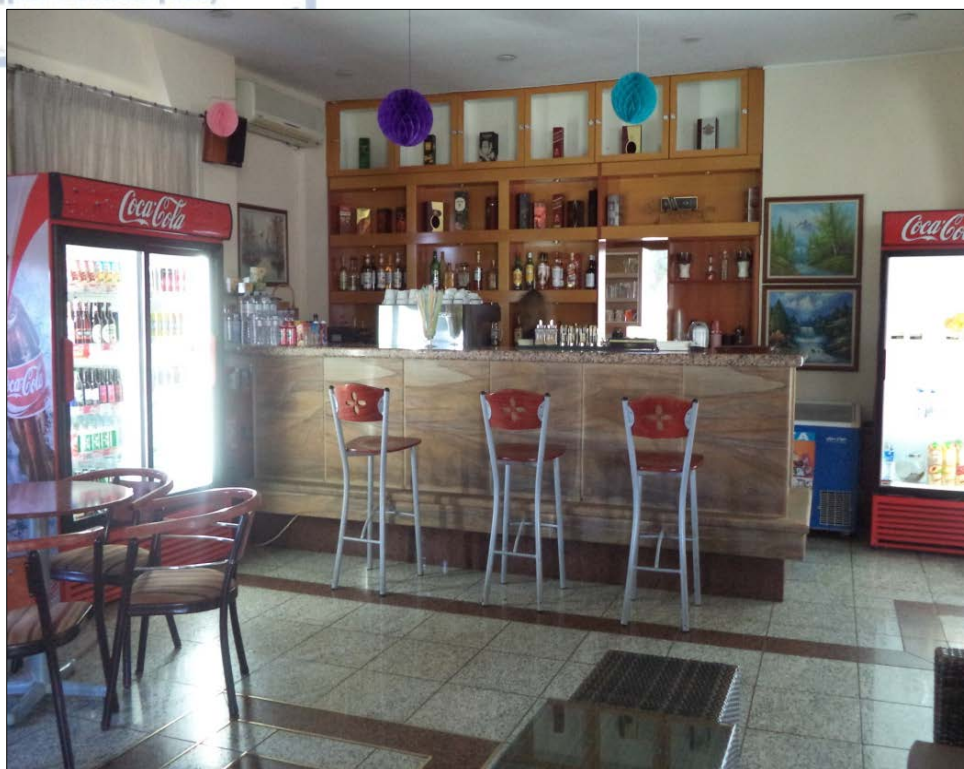
Εικόνα 56: Μέτρηση της θερμοκρασίας κατά την έξοδο από τις πισίνες στα λουτρά Αγκίστρου (28/10/2019).

Για την εξυπηρέτηση των πελατών λειτουργεί το ξενοδοχείο «ΧΑΜΑΜ», 11 κλινών (Εικόνα 57), μπαρ (Εικόνα 58) και εστιατόριο (Εικόνα 59). Τα λουτρά λειτουργούν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, με το σύνολο των επισκεπτών να ανέρχεται σε περίπου 30.000 άτομα, τα οποία κατανέμονται σχεδόν ομοιόμορφα σε καθημερινή βάση, με εξαίρεση κάποιες μέρες όπως στις διακοπές των Χριστουγέννων και του Πάσχα όπου παρατηρείται αυξημένη προσέλευση. Από τα 30.000 άτομα, τα μισά περίπου επιλέγουν την ημερήσια επίσκεψή τους στα λουτρά.

Το ηλικιακό εύρος των επισκεπτών είναι από 19 έως 75 έτη. Η πλειονότητα των επισκεπτών νεαρής και μέσης ηλικίας παρατηρείται τους μήνες Οκτώβριο-Μάιο, ενώ μεγαλύτερης ηλικίας (συνήθως πάνω από τα 60 έτη) τους μήνες Ιούνιο-Οκτώβριο, και αφορά συνήθως άτομα που εκτελούν συγκεκριμένη θεραπεία μέσω των ασφαλιστικών ταμείων.



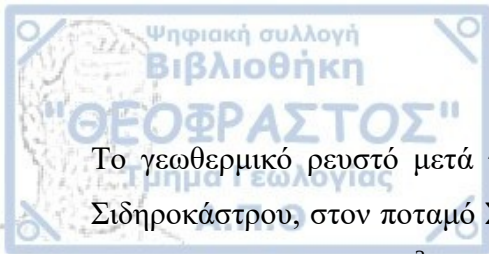
Εικόνα 57: Το ξενοδοχείο «ΧΑΜΑΜ» στις εγκαταστάσεις των Λουτρών Αγκίστρου (8/03/2019).



Εικόνα 58: Το μπαρ στις εγκαταστάσεις των Λουτρών Αγκίστρου (8/03/2019).



Εικόνα 59: Ο χώρος του εστιατορίου στις εγκαταστάσεις των Λουτρών Αγκίστρου (8/03/2019).



Το γεωθερμικό ρευστό μετά τη χρήση του οδηγείται, όπως και στην περίπτωση του Σιδηροκάστρου, στον ποταμό Στρυμόνα είτε μέσω σωληνώσεων είτε μέσω αυλακιών με μέγιστη παροχή τα $80\text{m}^3/\text{h}$, όσο είναι δηλαδή η παροχή της πηγής. Προβλήματα στη διάθεση του γεωθερμικού νερού μετά τη χρήση του δεν έχουν καταγραφεί.

Από επίσκεψη στις εγκαταστάσεις των λουτρών προέκυψε ότι η θέρμανση των κτιριακών εγκαταστάσεων, συνολικής έκτασης 800m^2 γίνεται με καύση pellet και το ετήσιο κόστος θέρμανσης για το 2018 ανήλθε στα 13.500€.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ / ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το γεωθερμικό πεδίο χαμηλής ενθαλπίας Σιδηροκάστρου βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης των Σερρών, λίγα χιλιόμετρα βορειοδυτικά του Σιδηροκάστρου. Θεωρείται πεδίο «τοπικού ενδιαφέροντος», δεδομένου ότι η θερμοκρασία των ρευστών που έχουν βρεθεί δεν ξεπερνά τους 70 - 75°C, είναι δηλαδή μικρότερες των 90°C.

Η γεωθερμική και γεωτρητική έρευνα που διενεργήθηκε κυρίως από το ΙΓΜΕ, αποκάλυψε την ύπαρξη δύο ταμιευτήρων. Ο ρηχός ταμιευτήρας που αναπτύσσεται μέσα σε τραβερτίνη και σε βάθη έως 50m, με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από 40 έως 65°C. Ο δεύτερος, βαθύτερος, και πιο σημαντικός (από άποψη έκτασης και θερμοκρασιών) εντοπίστηκε σε βάθη μεγαλύτερα των 250m, εντός του κροκαλοπαγούς βάσης, με θερμοκρασίες ρευστών 40 - 75°C.

Οι υψηλότερες θερμοκρασίες του ρηχού ταμιευτήρα εντοπίζονται στο βόρειο τμήμα του, στη θέση της γεώτρησης «Sd-1DS», ενώ στον βαθύτερο ταμιευτήρα στο βορειοανατολικό τμήμα του, στη θέση των γεωτρήσεων «Sd-17» και «Sd-17Π».

Εντός του πεδίου, σε απόσταση περίπου 6,5km από το Σιδηρόκαστρο, λειτουργεί μονάδα λουτροθεραπείας, η οποία από το 1983 αξιοποιείται από τις τοπικές αρχές, σήμερα από το Δήμο Σιντικής. Η μονάδα λειτουργεί καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ υπάρχει και ξενοδοχείο που επίσης παραμένει ανοικτό για τους επισκέπτες όλο το χρόνο.

Τα γεωθερμικά ρευστά που χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις των Λουτρών για ιαματικούς σκοπούς και έχουν θερμοκρασία περίπου 45,5°C, προέρχονται από μία θερμή πηγή (~3m³/h) και μία γεώτρηση (~17m³/h). Η παροχή της πηγής ήταν αρκετά μεγαλύτερη (~7m³/h) πριν το 1985, όμως στη συνέχεια, λόγω της λειτουργίας της γεώτρησης των Λουτρών και των αυξημένων αντλήσεων, μειώθηκε σημαντικά.

Με βάση τις διαθέσιμες χημικές αναλύσεις, οι οποίες καλύπτουν την περίοδο 1987-2017, τα θερμά νερά της πηγής και της γεώτρησης χαρακτηρίζονται ως οριακά «Ανθρακικά-Κάλιο-Νατριούχα».

Οι μετρήσεις της περιεκτικότητας σε ραδιενεργά στοιχεία των θερμών νερών που χρησιμοποιούνται στη μονάδα, έδειξαν «κανονική έως ασθενή ραδιενέργεια». Η

υψηλότερη συγκέντρωση ραδονίου μετρήθηκε στους χώρους του υδρομασάζ (ελάχιστα υψηλότερη από την μέγιστη συνιστώμενη τιμή).

Τα γεωθερμικά ρευστά μετά τη χρήση τους δεν επανεισάγονται στον γεωθερμικό ταμιευτήρα, αλλά καταλήγουν μέσω σωλήνων και αυλακιών στον ποταμό Στρυμόνα. Η θερμοκρασία εξόδου των θερμών νερών από τη μονάδα λουτροθεραπείας μετρήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας στους $45,1^{\circ}\text{C}$, μειωμένη δηλαδή κατά $0,4^{\circ}\text{C}$ σε σχέση με τη θερμοκρασία εισόδου.

Όπως στην περίπτωση του Σιδηροκάστρου, **το γεωθερμικό πεδίο Αγκίστρου** θεωρείται «τοπικού ενδιαφέροντος» με τις υψηλότερες θερμοκρασίες των ρευστών να μην ξεπερνούν τους $44-48^{\circ}\text{C}$.

Η γεωθερμική έρευνα που διεξάχθηκε στο παρελθόν από το ΙΓΜΕ και η διάνοιξη πέντε (5) ερευνητικών και μίας παραγωγικής γεώτρησης αποκάλυψαν την ύπαρξη δύο θερμών υδροφόρων: ενός ρηχού σε βάθη έως 50m με θερμοκρασίες $38 - 41^{\circ}\text{C}$ και ενός βαθύτερου ($>70\text{m}$) υπό πίεση ταμιευτήρα με θερμοκρασία έως 44°C . Φαίνεται ότι υπάρχει υδραυλική επικοινωνία μεταξύ των δύο υδροφορέων, ενώ θεωρείται ότι οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες οφείλονται στην απουσία γεωλογικού καλύμματος, γεγονός που επιτρέπει την ανάμιξη των θερμών ρευστών με μετεωρικά ή ψυχρότερα επιφανειακά νερά.

Η υψηλότερη γεωθερμική βαθμίδα μετρήθηκε στη γεώτρηση Γ.Α.-2 και ήταν $18,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, ενώ η πιο σημαντική υδροφορία θερμού νερού παρατηρήθηκε στη γεώτρηση Γ.Α.-4 (βάθος 170m), στην οποία εντοπίστηκε και ο βαθύτερος και θερμότερος υδροφόρος.

Στην περιοχή του Αγκίστρου αναβλύζουν αρκετές θερμές πηγές με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από $35,2$ έως 41°C .

Εντός του οικισμού του Αγκίστρου λειτουργεί μονάδα λουτροθεραπείας που διαθέτει οκτώ (8) κλειστές μικρές πισίνες, η κάθε μία από τις οποίες τροφοδοτείται με $8-10\text{m}^3/\text{h}$ θερμού νερού. Οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν ξενοδοχείο και εστιατόριο που παραμένουν ανοικτά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η μονάδα τροφοδοτείται με θερμό νερό από την πηγή Αγκίστρου που βρίσκεται μέσα στο χώρο των Λουτρών και έχει παροχή περίπου $80\text{m}^3/\text{h}$. Οι μετρήσεις που έγιναν στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας

στην κεντρική πηγή έδειξαν θερμοκρασία 36,1°C. Η θερμοκρασία εξόδου του θερμού νερού από την μονάδα ήταν 36°C. Την ίδια περίοδο (Μάρτιος - Οκτώβριος 2019) η θερμοκρασία της πηγής που μετρήθηκε από τον υπεύθυνο των λουτρών ήταν 35,6 έως 36,3°C. Παρόλα αυτά, στη βιβλιογραφία αναφέρονται υψηλότερες θερμοκρασίες, με μέγιστη τιμή τους 48°C.

Με βάση τα στοιχεία από χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν από το διάστημα 1994 έως 2016, προκύπτει ότι το θερμό νερό της κεντρικής πηγής Αγκίστρου βρίσκεται στο όριο μεταξύ «Ανθρακικών – Ασβεστομαγνησιούχων» και «Ανθρακικών – Καλιονατριούχων» νερών. Εξαίρεση αποτελούν δύο δείγματα που ελήφθησαν τα έτη 1994 και 1998 από το ΙΓΜΕ, τα οποία κατατάσσονται στην κατηγορία «Χλωροθειικών – Καλιονατριούχων».

Από τις μετρήσεις της περιεκτικότητας των θερμών νερών της πηγής σε ραδιενεργά στοιχεία (ραδόνιο και ράδιο), προκύπτει ότι αυτά ανήκουν στην κατηγορία αυτών με «κανονική ραδιενέργεια».

Τα γεωθερμικά ρευστά μετά τη χρήση τους δεν επανεισάγονται στον ταμιευτήρα, αλλά οδηγούνται στον ποταμό Στρυμόνα, χωρίς να παρατηρούνται ιδιαίτερα προβλήματα καθαλατώσεων.

Τον Μάρτιο του 2019, κατασκευάστηκε νέα γεώτρηση στο χώρο των Λουτρών, σε μία προσπάθεια αναζήτησης υψηλότερων θερμοκρασιών για την τροφοδοσία τους. Η γεώτρηση έφτασε σε βάθος 220m όπου βρέθηκαν ρευστά με θερμοκρασία 39°C. Η θερμοκρασία άντλησης όμως δεν ξεπέρασε τους 33°C, γεγονός που οδήγησε στην απόφαση να μην χρησιμοποιηθεί τελικά. Ενδεχομένως για την τροφοδοσία των λουτρών θα μπορούσε να αξιοποιηθεί, εάν δεν υπάρχει γραφειοκρατικό κώλυμα, κάποια από τις παλαιότερες γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ (όπως π.χ. η Γ.Α.-2) που είχαν πιο αυξημένη θερμοκρασία (>40°C) και το νερό να μεταφέρεται μέσω υπόγειων σωληνώσεων στα λουτρά. Για να γίνει κάτι τέτοιο, θα πρέπει να διεξαχθεί ειδική έρευνα, δεδομένης της παλαιότητας των γεωτρήσεων, αλλά και μελέτες σκοπιμότητας κλπ.

Η μονάδα λουτροθεραπείας Σιδηροκάστρου δέχεται περίπου 30.000 επισκέπτες ετησίως, οι μισοί εκ των οποίων παραμένουν στο χώρο των λουτρών για περισσότερες από μία ημέρες και επιλέγουν για τη διαμονή τους το ξενοδοχείο των Λουτρών. Αντίστοιχα, το Άγκιστρο επισκέπτονται για ιαματικό τουρισμό περίπου 30.000 άτομα ετησίως, οι οποίοι εξυπηρετούνται από το μικρής χωρητικότητας ξενοδοχείο των Λουτρών, αλλά κυρίως από τους πολυάριθμους ξενώνες που έχουν δημιουργηθεί στην γύρω περιοχή. Η αναγνωρισιμότητα που έχουν αποκτήσει τα Λουτρά Αγκίστρου την τελευταία κυρίως δεκαετία και η μεγάλη επισκεψιμότητά τους, έχουν αναμορφώσει εντυπωσιακά το εργασιακό και κοινωνικό «τοπίο» στην περιοχή, ενώ η ανεργία στον τοπικό πληθυσμό έχει εξαλειφθεί πλήρως.

Η λειτουργία των δύο μονάδων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους αποτελεί αναμφισβήτητα πολύ θετικό στοιχείο για τον τομέα του ιαματικού τουρισμού. Παρόλα αυτά, το κόστος θέρμανσης για τη χειμερινή περίοδο είναι αυξημένο, κυρίως όταν χρησιμοποιούνται συμβατικές πηγές ενέργειας, όπως το πετρέλαιο, και ιδιαίτερα για τις ορεινές περιοχές της βόρειας Ελλάδας.

Για τη θέρμανση περίπου 3.500m² με πετρέλαιο στα λουτρά Σιδηροκάστρου απαιτούνται 20.000 ευρώ/έτος, ενώ για τα 800m² των εγκαταστάσεων στο Άγκιστρο το αντίστοιχο κόστος ανήλθε το 2018 στα 13.500 ευρώ (καύση pellet). Και στις δύο περιπτώσεις, η αξιοποίηση του ενεργειακού περιεχομένου των γεωθερμικών ρευστών θα μπορούσε να συμβάλει σημαντικά στη μείωση τόσο του περιβαλλοντικού αποτυπώματος των μονάδων όσο και του κόστους θέρμανσης. Οι υψηλές θερμοκρασίες στο Σιδηρόκαστρο επιτρέπουν την απευθείας χρήση της γεωθερμικής ενέργειας για τη **θέρμανση των εσωτερικών χώρων**, όπως γινόταν επί πολλά χρόνια στη λουτρόπολη της Νέας Απολλωνίας με ρευστά περίπου 58°C. Στο Άγκιστρο, οι θερμοκρασίες είναι μικρότερες, οπότε θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν γεωθερμικές αντλίες θερμότητας σε συνδυασμό με συστήματα ανοιχτού (υδρογεωτρήσεις) ή κλειστού κυκλώματος.

Η τάση όσον αφορά τον ιαματικό τουρισμό παγκοσμίως, είναι η προσέλκυση ατόμων νεότερων ηλικιών και η μετεξέλιξη των παραδοσιακών λουτροπόλεων ή λουτροθεραπευτικών μονάδων σε σύγχρονα κέντρα «Spa», όπου οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι ολοκληρωμένες και δεν έχουν αποκλειστικά θεραπευτικό χαρακτήρα αλλά επιπλέον αισθητικό, χαλαρωτικό και ψυχαγωγικό. Η πολυτελής (ή τουλάχιστον

αξιοπρεπής) διαμονή και η ύπαρξη χώρων αναψυχής θεωρούνται από τις πλέον βασικές προϋποθέσεις που πρέπει να πληρούνται για την επιλογή ενός τέτοιου κέντρου.

Για παράδειγμα, εφόσον υπάρχει ο διαθέσιμος χώρος, η λειτουργία ενός **γυμναστηρίου** στο χώρο των λουτρών, το οποίο θα θερμαίνεται ή και θα δροσίζεται με τη βοήθεια της γεωθερμικής ενέργειας, θα μπορούσε να αποτελέσει επιπλέον πόλο έλξης τουριστών και απαγκίστρωση των επιχειρήσεων από τα ασφαλιστικά ταμεία, των οποίων άλλωστε οι παροχές κυρίως την τελευταία δεκαετία έχουν μειωθεί δραματικά. Επίσης, η δημιουργία **εσωτερικής θερμαινόμενης με γεωθερμία πισίνας**, με κύριο σκοπό τη χρήση του από αθλητές (π.χ. για την αποκατάσταση τραυματισμών), ειδικά στο Σιδηρόκαστρο όπου διοργανώνονται αρκετές αθλητικές διοργανώσεις (π.χ. στο άθλημα της αντιπτερίσης), θα μπορούσε, σε συνδυασμό με άλλες παροχές, να προσφέρει υπηρεσίες ολοκληρωμένης αθλητικής προετοιμασίας, συμβάλλοντας στην αύξηση της διάρκειας παραμονής των αθλητών στην ευρύτερη περιοχή, με ό,τι θετικό σημαίνει αυτό από οικονομική και κοινωνική άποψη.

Πέραν αυτών, η ύπαρξη **εξωτερικής μεγάλων διαστάσεων πισίνας με θερμό ιαματικό νερό**, όπως αυτή των Λουτρών Πόζαρ στο Λουτράκι Αριδαίας, θα αποφέρει αναμφίβολα σημαντικά οικονομικά οφέλη και θα αναδείξει ακόμη περισσότερο την περιοχή. Στην περιοχή του Αγκίστρου, θα μπορούσε για παράδειγμα για το σκοπό αυτό να χρησιμοποιηθεί η νέα γεώτρηση που κατασκευάστηκε πρόσφατα και η θερμοκρασία της (33°C) αρκεί για μία τέτοια χρήση.

Για την επίτευξη των παραπάνω, απαιτούνται σαφώς μεγάλες επενδύσεις, κυρίως όμως χρειάζεται επιχειρηματικό όραμα και στρατηγικός σχεδιασμός. Υπάρχουν πολλές δυνατότητες για ένταξη τέτοιων δράσεων σε επενδυτικά προγράμματα, κυρίως ευρωπαϊκά, με βασικό άξονα ανάπτυξης τη γεωθερμική ενέργεια ή και άλλες διαθέσιμες ΑΠΕ, και γνώμονα την ενεργειακή ανεξαρτησία των μονάδων, το μηδενικό ή μηδαμινό περιβαλλοντικό ή ανθρακικό αποτύπωμα και φυσικά την οικονομική βιωσιμότητά τους μπροστά στις νέες προκλήσεις στον τομέα του ιαματικού τουρισμού.



Ελληνική βιβλιογραφία

Αγγελίδης Ζ., Βγενόπουλος Α., Χατζηγιάννης Γ., Χατζηδάκης Κ. (2007): “ Έκθεση που αφορά την προστασία της ιαματικής πηγής Αγκίστρου Σερρών και τη διαμορφωθείσα κατάσταση στο περιβάλλον της”, Επιτροπή Προστασίας Ιαματικών Φυσικών Πόρων Ν.3498/06

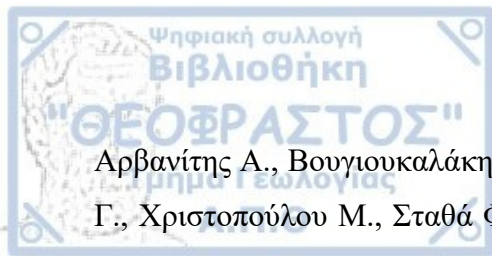
Αγγελίδης Ζ. (2008): “Ιαματικοί φυσικοί πόροι και θερμαλισμός”, Έκδοση: Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ελευθερίου Κορδελιού, Θεσσαλονίκη

Αγγελόπουλος Χ. (2014): “Υδρογεωλογική – Γεωλογική μελέτη πηγής Σιδηροκάστρου Δήμου Σιντικής Ν. Σερρών”, Μελέτη αναγνώρισης φυσικού πόρου ως ιαματικού, Αναπτυξιακή Ελληνική Θερμαλιστική Εταιρεία – Αν.Ε.Θ. Α.Ε., Θεσσαλονίκη

Αθανασούλης Κ., Βακαλόπουλος Π., Ξενάκης Μ., Περσιάνης Δ., Τακτικός Σ. (2009): “Περιοδική παρακολούθηση ιαματικών πηγών Ελλάδας”, Επιχειρησιακό πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα», Γ’ ΚΠΣ – Έργο 7.3.2.3. – Υποέργο 7.3.2.3.4., Ι.Γ.Μ.Ε.\

Αρβανίτης Α. (1998): “Συγκριτική γεωχημική μελέτη ρευστών γεωθερμικών πεδίων που σχηματίζονται σε λεκάνες διαφορετικού περιβάλλοντος (λεκάνες Στρυμόνα – Μυγδονίας)”, Διατριβή Ειδίκευσης, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών Τμήματος Γεωλογίας στην ειδίκευση «Εφαρμοσμένη και Περιβαλλοντική Γεωγραφία», Θεσσαλονίκη

Αρβανίτης Α., Φυτίκας Μ., Καβουρίδης Θ., Καρυδάκης Γ. (2001): “Γεωχημικά χαρακτηριστικά των γεωθερμικών ρευστών της περιοχής Θερμοπηγής – Σιδηροκάστρου (Λεκάνη Στρυμόνα, Μακεδονία)”, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Τόμος XXXIV/3, Πρακτικά 9^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου, Αθήνα



Αρβανίτης Α., Βουγιουκαλάκη Γ., Ξενάκη Μ., Γκιντώνη Ε., Καβούρη Κ., Φραγκογιάννη Γ., Χριστοπούλου Μ., Σταθά Φ. (2016): “Έρευνα και ανάπτυξη γεωθερμικής ενέργειας περιοχής Θερμοπηγής – Χαρωπού Ν. Σερρών”, Υποέργο 1, Έργο: ΓΕΩΘΕΝ – ΚΩΔ. ΟΠΣ ΕΡΓΟΥ: 350913, Αποτίμηση γεωθερμικού ενεργειακού δυναμικού σε επιλεγμένες περιοχές για περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δυναμικού θερμομεταλλικών υδάτων και ιαματικών φυσικών πόρων, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα

Agrolab (2016): Δειγματοληψία νερού, Διεύθυνση πελάτη: Άγκιστρο Ν. Σερρών, Είδος ανάλυσης: Φυσικοχημική, 14/04/2016

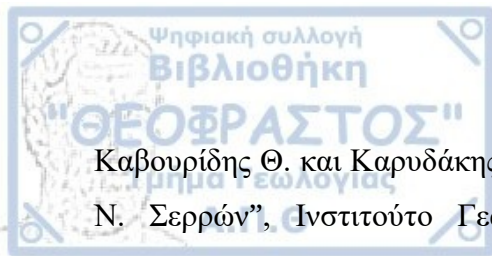
Βασιλειάδης Κ. (1995): “Γεωηλεκτρικές βυθοσκοπήσεις στην περιοχή Αγκίστρου Νομού Σερρών”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) – Δ/ση Γεωφυσικών Ερευνών, Αθήνα

Διαμαντής Ι., Καρυδάκης Γ., Σαραντέας Α. (1999): “Υδροδυναμική Συμπεριφορά Διαρρέοντος Θερμού Υδροφόρου υπό Καθεστώς Άντλησης στο Γεωθερμικό Πεδίο Αγκίστρου”, Νομού Σερρών, Πρακτικά 6^{ου} Εθνικού Συνεδρίου για τις Ήπιες Μορφές Ενέργειας ΙΗΤ (3-5 Νοεμβρίου 1999), Τόμος Α', Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, Βόλος

Ζαχαρόπουλος Κ., Λουλακάκη Π., Μπαρμπίκας Η., Σχοινάς Χ., Χριστοδουλόπουλος Γ. (2001): “Τα Λουτρά της Ελλάδας”, Εκδόσεις Καστανιώτη Α.Ε., Αθήνα

ΙΓΜΕ (2007): “Τα γεωθερμικά πεδία της χώρας (χαρακτηρισμός σύμφωνα με τον Ν. 3175/2003)”, Αθήνα

Καβουρίδης Θ. και Καρυδάκης Γ. (1989): “Η γεωθερμική έρευνα χαμηλής ενθαλπίας στη περιοχή Σιδηροκάστρου Ν. Σερρών”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Δ/ση Ενεργειακών Πρώτων Υλών, Τμήμα Γεωθερμίας, Αθήνα



Καβουρίδης Θ. και Καρυδάκης Γ. (1998): “Γεωθερμική έρευνα στην περιοχή Αγκίστρου Ν. Σερρών”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) – Διεύθυνση Ενεργειακών Πρώτων Υλών / Τμήμα Γεωθερμίας, Αθήνα

Καβουρίδης Θ., Καρυδάκης Γ., Αρβανίτης Α., Φυτίκας Μ. (2014): “Τα γεωθερμικά πεδία Θερμοπηγής Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου του Δήμου Σιντικής – Χαρακτηριστικά και προοπτικές”, Ειδική Έκδοση για τα 100 χρόνια από την απελευθέρωση του Δήμου Σιντικής, Μέρος Ι: Φυσικό περιβάλλον, 1.3α, Σιδηρόκαστρο

Καρυδάκης Γ. και Καβουρίδης Θ. (1988): “Μελέτη της γεωθερμικής περιοχής χαμηλής ενθαλπίας στη θέση «Αγία Βαρβάρα» της Θερμοπηγής – Σιδηροκάστρου Ν. Σερρών”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Δ/ση Ενεργειακών Πρώτων Υλών, Τμήμα Γεωθερμίας, Αθήνα

Καρυδάκης Γ. (1999): “Χαρακτηριστικά του ταμειυτήρα γεωθερμικού πεδίου Αγκίστρου Ν. Σερρών – Κατά τη δοκιμαστική άντληση στη γεώτρηση Γ.Α.-4.Π”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) – Διεύθυνση Ενεργειακών Πρώτων Υλών / Τμήμα Γεωθερμίας, Αθήνα

Καρυδάκης Γ., Καβουρίδης Θ., Βέκιος Π. (2001): “Πρόσθετη γεωθερμική έρευνα στις περιοχές Ηράκλειας, Σιδηροκάστρου και Ιβήρων – Αχινού στο βύθισμα Στρυμόνα”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), Διεύθυνση Ενεργειακών Πρώτων Υλών / Τμήμα Γεωθερμίας, Αθήνα

Καρυδάκης Γ. (2003): “Γεωθερμικά πεδία χαμηλής ενθαλπίας Β. Ελλάδας. Τεχνική γεωτρήσεων”, Μηχανική ταμειυτήρων και διφασική ροή γεωθερμικών ρευστών, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη

Κατιρτζόγλου Κ., Χατζηκύρκου Α., Δημήτρουλα Μ. (1994): “Μεταλλοφορίες του ορεινού συγκροτήματος Μενοικίου – Βροντού – Αγκίστρου (Μακεδονία, Ελλάδα)”,

Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Τόμος XXX/I, Πρακτικά 7^{ου} Συνεδρίου
Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας (Θεσσαλονίκη, Μάιος 1994)

Κωνσταντινίδου Μ., Κίλιας Α., Βουδούρης Κ., Αγγελίδης Ζ. (2014): “Οι θερμές πηγές Αγκίστρου του Δήμου Σιντικής και η σχέση τους με τη γεωλογία και την τεκτονική της ευρύτερης περιοχής”, Ειδική Έκδοση για τα 100 χρόνια από την απελευθέρωση του Δήμου Σιντικής, Μέρος Ι: Φυσικό περιβάλλον, 1.3β, Σιδηρόκαστρο

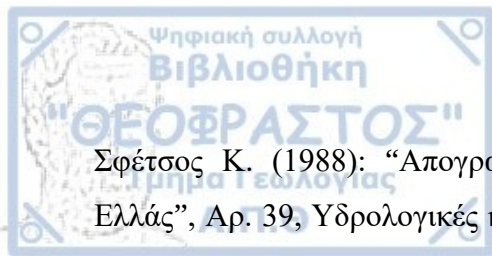
Μουντράκης Δ. (2010): “Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας”, University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Παναγιώτης Ε και Χρήστου Ο. (1990): “Γεωλογικά και Υδρογεωλογικά στοιχεία από την μελέτη των ιαματικών πηγών του Δήμου Σιδηροκάστρου και της Κοινότητας Αγκίστρου Σερρών”, Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου για τα θερμομεταλλικά νερά (7-9 Οκτωβρίου 1988), Θεσσαλονίκη

Παπακωνσταντίνου Κ. (2018): “Γεωφυσικές καταγραφές (logging) στις υφιστάμενες γεωθερμικές γεωτρήσεις Γ.Α.-3 & Γ.Α.-2 & εκτέλεση 4 γεωφυσικών τομογραφιών”, Έρευνα αξιοποίησης γεωθερμικού πεδίου Αγκίστρου Σερρών, Ανάδοχος: ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ Α.Ε., Georesources Technology S.A., Καβάλα

Παπαφιλίππου – Πέννου Ε. (2004): “Δυναμική εξέλιξη και σύγχρονες εξωγενείς διεργασίες του υδρογραφικού συστήματος της ταφρολεκάνης των Σερρών”, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ, Τομέας Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας, Θεσσαλονίκη

Σαραντέας Α., Καβουρίδης Θ., Καρυδάκης Γ. (1994): Έκθεση: “Αποτέλεσμα της γεωθερμικής αναγνώρισης περιοχής Αγκίστρου Ν. Σερρών”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) – Δ.Ε.Π.Υ./ Τμήμα Γεωθερμίας, Αθήνα



Σφέτσος Κ. (1988): “Απογραφή θερμομεταλλικών Πηγών Ελλάδας III Ηπειρωτική Ελλάς”, Αρ. 39, Υδρολογικές και Υδρογεωλογικές Έρευνες, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), Αθήνα

Φυτίκας Μ. και Ανδρίτσος Ν. (2004): “Γεωθερμία”, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Χατζηγιάννη Γ. (2010): “ Έκθεση διαχρονικής παρακολούθησης γεωθερμικών πεδίων”, Επιχειρησιακό πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα», Γ’ ΚΠΣ, Έργο: Μελέτη καταγραφής, αποτίμησης, προσομοίωσης και αξιολόγησης των γεωθερμικών πεδίων της χώρας (Κωδ. Έργου 7.3.1.4), Υποέργο: 7.3.1.4.2, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων, Αθήνα

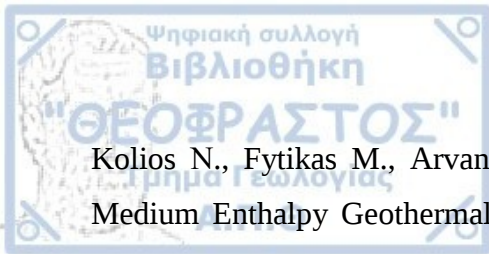
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Fuillac, C., and Michard G. (1981): “Sodium lithium ratio in water applied to geothermometry of geothermal reservoirs”, Geothermics, 10.

Fournier, R.O. (1981), “Application of water geochemistry to geothermal exploration and reservoir engineering”, In: Geothermal Systems: Principles and Case Histories, Rybach L. and Muffler L.J.P. (Eds), Wiley, New York.

Giggenbach, W.F., Gonfiantini, R., Jangi, B.L. and Truesdell, A.H. (1983), “Isotopic and chemical composition of Parbati Valley geothermal recharges, NW Himalaya, India”, Geothermics, 12.

Karydakis G., Arvanitis A., Fytikas M., Andritsos N. (2005): “Low enthalpy geothermal fields in the Strymon basin (Macedonia, Northern Greece)”, Proceedings World Geothermal Congress 2005, Antalya, Turkey, 24-29 April 2005



Kolios N., Fytikas M., Arvanitis A., Andritsos N., Koutsinos S. (2007): “Prospective Medium Enthalpy Geothermal Resources in Sedimentary Basins of Northern Greece”, Proceedings European Geothermal Congress, Germany

Minissale A., Duchi V., Kolios N., Totaro G. (1989): “Geochemical characteristics of Greek thermal springs”, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 39

Ιστότοποι

www.geothermaleducation.org

<https://www.spa.gr/>

<http://www.hamamagistro.gr/baths>

Πίνακας 1: Ερευνητικές και παραγωγικές γεωτρήσεις του ερευνητικού προγράμματος 1983-1986 στο Σιδηρόκαστρο (Αρβανίτης κ.ά, 2016).

Γεώτρηση	Συντεταγμένες X, Y (σε ΕΓΣΑ87)- Υψόμετρο z	Βάθος	Διατρηθέντες σηματισμοί	T(°C) στην κεφαλή	T(°C) σε βάθος	Τεχνικά χαρακτηριστικά - Λοιπές σημειώσεις και παρατηρήσεις
Sd-1DS	X: 0447003,86 Y: 4568645,13 z: 116,95m	426 m Σωλην.: 426 m	Άμμοι και χάλικες, Αργιλοψαμμιτική σειρά	--	39	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½"
Sd-2	X: 0445890,78 Y: 4569665,52 z: 166,18m	402 m Σωλην.: 402 m	Τραβερτίνες, άμμοι και χάλικες, αργιλοψαμμιτική σειρά	--	57	- Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½" - Πάχος τραβερτίνη: 35 m - Πάχος υδροφόρου: 25 m
Sd-3	X: 0444967,92 Y: 4570008,54 z: 183,16m	372 m Σωλην.: 372 m	Τραβερτίνες, αργιλοψαμμιτική σειρά, κροκαλοπαγή μαρμάρου και λατυποπαγή με φλεβικές αποθέσεις μεικτών θειούχων ορυκτών	--	53	- Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½" - Πάχος τραβερτίνη: 47 m - Πάχος υδροφόρου: 25 m
Sd-4	X: 0444906,80 Y: 4570608,06 z: 249,96m	159 m Σωλην.: 159 m	Τραβερτίνες, αργιλοψαμμιτική σειρά με λατύπες, γενυσιακά κροκαλοπαγή μαρμάρου και λατυποπαγή, γενέσιοι	--	33	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½"
Sd-5	X: 0446561,43 Y: 4569609,92 z: 180,81m	384 m Σωλην.: 339 m	Άμμοι και χάλικες, αργιλοψαμμιτική σειρά, κροκαλοπαγή μαρμάρου	--	49	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½" με αρτεσιανή ροή Q=2 m ³ /h

Sd-6	X: 0444045,04 Y: 4569733,65 z: 53,71 m	379 m Σωλην.: 379 m	Κροκάλες και άργιλοι, αργιλοψαμμιτική σειρά, κροκαλοπαγή, λατυποπαγή με φλεβικές αποθέσεις μεικτών θειούχων, γνεύσιοι	--	41	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½"
-------------	--	---------------------------	---	----	----	--------------------------------------

Πίνακας 1: Ερευνητικές και παραγωγικές γεωτρήσεις του ερευνητικού προγράμματος 1983-1986 στο Σιδηρόκαστρο (Αρβανίτης κ.ά, 2016).

Γεώτρηση	Συντεταγμένες X, Y (σε ΕΓΣΑ87)- Υψόμετρο z	Βάθος	Διατρηθέντες σχηματισμοί	T(°C) στην κεφαλή	T(°C) σε βάθος	Τεχνικά χαρακτηριστικά - Λοιπές σημειώσεις και παρατηρήσεις
Sd-7	X: 0445344,11 Y: 4568446,40 z: 79,71 m	478 m Σωλην.: 475 m	Τραβερτίνες, αργιλοψαμμιτική σειρά με άμμους, μικροχάλικες, κροκαλοπαγή μαρμάρου, μάρμαρα	--	48	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½"
Sd-8	X: 0446561,48 Y: 4569993,21 z: 207,02m	271 m Σωλην.: 271 m	Κροκάλες και άργιλοι, αργιλοψαμμιτική σειρά, κροκαλοπαγή, λατυποπαγή με φλεβικές αποθέσεις μεικτών θειούχων, υπόβαθρο	--	53	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 2" με αρτεσιακή ροή Q=5 m ³ /h
Sd-9	X: 0447855,13 Y: 4569178,69 z: 220,93m	364 m Σωλην.: 364 m	Άμμοι, άργιλοι και μικροχάλικες, κροκαλοπαγή και λατυποπαγή μαρμάρου με φλεβικές αποθέσεις μεικτών θειούχων, μάρμαρα	---	35	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½"
Sd-10	X: 0447306,72 Y: 4569701,24 z: 251,13m	308 m Σωλην.: 308 m	Λατυποπαγή και κροκαλοπαγή με αργίλους, κροκαλοπαγές βάσης, γνεύσιοι και σχιστόλιθοι	--	40	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½"
			Λατυποπαγή,			

Sd-11	X: 0447189,97 Y: 4570287,44 z: 273,19m	200 m Σωλην.: 200 m	αργιλοψαμμιτική σειρά με μικροχάλικες, κροκαλοπαγή με φλεβικές αποθέσεις μεικτών θειούχων	--	49	- Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 1½'' - Παρουσιάζει τη μεγαλύτερη γ/θ βαθμίδα από τις προηγούμενες
Sd-12	X: 0445592,63 Y: 4569951,60 z: 178,16m	108 m Σωλην.: 108 m	Τραβερίνες, αργιλοψαμμιτική σειρά	--	42	- Πιεζομετρική γεώτρηση διαμέτρου 1½'' - Πάχος τραβερίτη: 45 m - Πάχος υδροφόρου: 30 m

Πίνακας 1: Ερευνητικές και παραγωγικές γεωτρήσεις του ερευνητικού προγράμματος 1983-1986 στο Σιδηρόκαστρο (Αρβανίτης κ.ά, 2016).

Γεώτρηση	Συντεταγμένες X, Y (σε ΕΓΣΑ87)- Υψόμετρο z	Βάθος	Διατρηθέντες σχηματισμοί	T(°C) στην κεφαλή	T(°C) σε βάθος	Τεχνικά χαρακτηριστικά - Λοιπές σημειώσεις και παρατηρήσεις
Sd-13	X: 0445253,87 Y: 4569407,77 z: 156,11m	73 m Σωλην.: 73 m	----	--	20-25 (στα 20-50 m)	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 2''
Sd-14	X: 0445388,22 Y: 4569642,20 z: 160,53m	76 m Σωλην.: 54 m	---	--	43	- Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 2'' - Πάχος τραβερίτη: 45 m - Πάχος υδροφόρου: 40 m
Sd-15	X: 0446016,85 Y: 4569291,5 z: 148,96m	81 m Σωλην.: 81 m	----	--	20-25 (στα 20-50 m)	Ερευνητική γεώτρηση διαμέτρου 2''
Sd-16	X: 0445645,38 Y: 4569398,76 z: 167,8 m	102 m Σωλην.: 101 m	Τραβερίνες, αργιλοψαμμιτική σειρά	--	40	- Πιεζομετρική γεώ- τρηση διαμέτρου 2'' - Πάχος τραβερίτη: 50 m - Πάχος υδροφόρου: 30 m
Sd-2A	X: 0445894,16 Y: 4569690,57 z: 168,33m	25 m Σωλην.: 24 m	Τραβερίνες	43	--	- Γεώτρηση έρευνας - παραγωγής διαμέτρου 4'' - Παροχή Q=9,3 m ³ /h - Φίλτρα: 6-24 m

Sd-3A	X: 0444980,18 Y: 4569996,67 z: 182,41m	53 m Σωλην.: 48 m	Τραβερτίνες (0-47 m), Άμμοι, άργιλοι, χάλικες(47-53 m)	54,5	--	- Γεώτρηση έρευνας – παραγωγής διαμέτρου 6'' - Παροχή Q=49,2 m ³ /h - Φίλτρα: 12-48 m
Sd-14A	X: 0445357,00 Y: 4569672,25 z: 159,78m	56m Σωλην.: 48 m	Τραβερτίνες (0-45 m), Άμμοι, άργιλοι, χάλικες(45-56 m)	43,5	--	- Γεώτρηση έρευνας – παραγωγής με σωλήνωση διαμέτρου 6'' - Παροχή Q=51 m ³ /h - Φίλτρα: 6-12, 18-24, 30-36, 42-48 m

Πίνακας 2: Στοιχεία γεωτρήσεων του ερευνητικού προγράμματος 1997-2000 στο Σιδηρόκαστρο
(Αρβανίτης κ.ά., 2016).

Γεώτρηση	Συντεταγμένες X, Y (σε ΕΓΣΑ87)- Υψόμετρο z	Βάθος	Διατρηθέντες σηματισμοί	T(°C) στην κεφαλή	T(°C) σε βάθος	Τεχνικά χαρακτηριστικά - Λοιπές σημειώσεις και παρατηρήσεις
Sd-17	X: 0447358,99 Y: 4570743,54 z: 339,95m	332 m Σωλην.: 332 m	αργιλικά με λατυποπαγή (0-100 m), κροκαλοπαγή βάσης (100-195 m), μάρμαρα (195-332 m)	--	75 (στα 120- 180 m), 70 (στα 240- 332 m)	- Έτος κατασκευής: Μάιος-Ιούνιος 1997 - Ερευνητική γεώτρηση με σωλήνωση διαμέτρου 2'' - Διάμετρος διάτρησης 6½'': 0-33 m 3 7/8'': 33-332 m - Βάθος θερμού υδροφορέα: 102-180 m - Υδροστατική στάθμη: 99 m
Sd-17A	X: 0447352,33 Y: 4570735,61 z: 338,34m	160 m	αργιλικά με λατυποπαγή (0-100 m), κροκαλοπαγή βάσης (100-160 m)	75	75 (στα 120- 160 m)	- Έτος κατασκευής: Οκτώβριος 1997 - Ερευνητική γεώτρηση με διάμετρο διάτρησης 11'' - Η γεώτρηση δεν σωληνώθηκε - Βάθος θερμού υδροφορέα: 102-160 m - Υδροστατική στάθμη: 99 m - Ενδεικτική παροχή Q=80 m ³ /h, κατά την ανάπτυξη της

						γεώτρησης με air-lift
Sd-16A	X: 0445628,54 Y: 4569422,94 z: 168,04m (Κοντά στη γεώτρηση Sd-16)	48 m Σωλην.: 48 m	τραβερίνες (0-48 m)	40	40,2 (στα 30-45 m)	- Έτος κατασκευής: Οκτώβριος 2000 - Παραγωγική γεώτρηση με σωλήνωση διαμέτρου 7'' - Διάμετρος διάτρησης 12 1/4'' - Υδροστατική στάθμη: 21,30 m - Ενδεικτική παροχή Q=15 m ³ /h, κατά την ανάπτυξη της γεώτρησης με air-lift

Πίνακας 3: Στοιχεία από τις γεωτρήσεις στο Άγκιστρο που ανορύχθηκαν από το Ι.Γ.Μ.Ε. την περίοδο 1996-1997 (Καβουρίδης κ.ά., 2014).

Γεώτρηση	Συντεταγμένες X,Y(σε ΕΓΣΑ '87)-Υψόμετρο z	Βάθος	Διατρηθέντες σχηματισμοί	T(°C) στην κεφαλή	T(°C) σε βάθος	Τεχνικά χαρακτηριστικά - Λοιπές σημειώσεις και παρατηρήσεις
Γ.Α.-1	X: 0452531,08 Y: 4579736,62 z: 261.55m	148m Σωλην.: 30m	0-6m: φυτική γη 6-24m: ποταμο- χειμάρριες αποθέσεις 24-108m: κροκαλοπαγές με έντονη παρουσία οξειδίων Fe 108-148m:	20-21	20,2 (στα 50m) 20 (στα 100m)	-Χρόνος κατασκευής: 14/6-19/7 1996 -Ερευνητική γεώτρηση -Διάμετρος διάτρησης: Φ5 ⁵ / ₈ :0- 102m Φ3 ⁷ / ₈ :102- 148m

			μάρμαρα λευκά κατακερματισ μένα			-Διάμετρος σωλήνωσης: Φ4" (έως 30m) -Υδροφορία: 110-148m Αρτεσιανή έξοδος νερού με 85m ³ /h
Γ.Α.-2	X: 0452061,78 Y: 4578900,93 z: 342.19m	172m Σωλην.: 172m	0-74m: Κροκαλοπαγή με αποθέσεις οξειδίων Fe και παρουσία αργιλικού υλικού(ερυθρο χώματα, ερυθροπηλοί, άργιλοι) 74-96m: εναλλαγές μαρμάρων, μαρμαρυγιακώ ν- αμφιβολιτικών σχιστολίθων, σχιστογενυσίω ν και αμφιβολιτών 96-163m: μάρμαρα με κάποιες ενστρώσεις και φακούς σχιστολίθων 163-172m: γενύσιοι και σχιστογενύσιοι με ενστρώσεις μαρμάρων	-	22 (στα 50m) 31 (στα 100m) 41,3 (στα 150m) 47 (στα 170m)	-Χρόνος κατασκευής: 2/8-20/9 1996 -Ερευνητική γεώτρηση -Διάμετρος διάτρησης: Φ6 ¹ / ₂ " : 0-44m Φ3 ³ / ₄ " : 44- 172m -Διάμετρος σωλήνωσης: Φ4" (0-42m) Φ2" (42- 172m) -Υδροφορία: 168m -Υδροστατική στάθμη: 54,67m
Γ.Α.-3	X: 0451463,80 Y: 4578959,50 z: 366.49m	312m Σωλην.: 312m	0-42m: Ερυθροχώματ α, κροκάλες, λατύπες, άργιλοι, ερυθροπηλοί 42-96m: μάρμαρα	-	23,8 (στα 100m) 33,8 (στα 200m)	-Χρόνος κατασκευής: 30/9-19/12 1996 -Ερευνητική γεώτρηση -Διάμετρος διάτρησης:

			τεκτονισμένα με αργιλικό υλικό στις ρωγμές 96-156m: εναλλαγές μαρμάρων, σχιστογενευσίω ν και αμφιβολιτών 156-312m: γενεύσιοι και σχιστογενεύσιοι σε εναλλαγές με μάρμαρα και σιπολίτες		39,1 (στα 250m) 46 (στα 310m)	Φ8 ¹ / ₂ ": 0-32m Φ5 ⁵ / ₈ ": 32- 143m Φ4 ³ / ₄ ": 143- 205m Φ3 ³ / ₄ ": 205- 312m -Διάμετρος σωλήνωσης: Φ2"(0-312m) -Υδροφορία: 168 και 196m -Υδροστατική στάθμη: 73,95m
Γ.Α.-4	X: 0452037,62 Y: 4579355,09 z: 277,25m	170m Σωλην.: 170m	0-12m: Ερυθροχώματ α, ερυθροπηλοί, κροκάλες, λατύπες, άργιλοι 12-84m: κροκαλοπαγή με άργιλο 84-126m: εναλλαγές μαρμάρων, σχιστολίθων, σχιστογενεύσιω ν και αμφιβολιτών 126-144m: μάρμαρα με εντρώσεις και φακούς σχιστολίθων 144-162m: εναλλαγές σχιστολίθων, μαρμάρων, σχιστογενεύσιω ν, αμφιβολιτών 162-170m: γενεύσιοι	-	38 (στα 10m) 41,5 (στα 50m) 44 (στα 130m) 35 (στα 160m)	-Χρόνος κατασκευής: 20/1-5/3 1997 -Ερευνητική γεώτρηση -Διάμετρος διάτρησης: Φ5 ⁵ / ₈ ": 0-87m Φ3 ⁷ / ₈ ": 87- 170m -Υδροφορία: 40-50m και 125-140m -Διάμετρος σωλήνωσης: Φ3"(0-50m) Φ2"(50- 170m) -Φίλτρα: 40- 50m 120-140m -Υδροστατική στάθμη: 2,31m
Γ.Α.-4.Π	X: 0452063,52 Y: 4579326,79 z: 281,56m	120m Σωλην.: 120m Σωλην.:	Διατρηθέντες σηματισμοί ίδιοι με αυτούς της γεώτρησης	44	-	-Χρόνος κατασκευής: 12/11-3/12 1997

		120m	Γ.Α.-4			-Παραγωγική γεώτρηση -Διάμετρος διάτρησης: $\Phi 12\frac{1}{4}$ ": 0-72m $\Phi 7\frac{1}{2}$ ": 72-120m -Διάμετρος σωλήνωσης: $\Phi 8\frac{5}{8}$ ": (0-72m) $\Phi 5$ ": (66-120m) -Φίλτρα: 72-120m -Υδροστατική στάθμη: 4m -Παροχή(με air-lift): $>50\text{m}^3/\text{h}$
Γ.Α.-5	X: 0450706,02 Y: 4578973,64 z: 336,78m	225m Σωλην.: 225m	0-90m: Ερυθροχώματ α,ερυθρά άργιλος, κροκάλες-λατύπες 90-156m: μάρμαρα με παρεμβολές σχιστολίθων 156-185m: μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι με χαλαζιακές φλέβες 185-225m: γνευσιακοί σχιστόλιθοι με παρεμβολές γνευσίων	-	16,4 (στα 50m) 22,5 (στα 100m) 25 (στα 150m) 30 (στα 220m)	-Χρόνος κατασκευής: 20/3-6/5 1997 -Ερευνητική γεώτρηση -Διάμετρος διάτρησης: $\Phi 6\frac{1}{2}$ ": 0-76m $\Phi 5\frac{5}{8}$ ": 76-108m $\Phi 3\frac{7}{8}$ ": 108-225m -Υδροφορία: στα 100m -Διάμετρος σωλήνωσης: $\Phi 2$ ": (0-225m) -Υδροστατική στάθμη: 23,27m

Πίνακας 4: Γεωγραφικές συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ '87 των ζωνών προστασίας της ποσότητας των γεωθερμικών ρευστών Σιδηροκάστρου (Αγγελόπουλος, 2014).

	X	Y
Ζώνη Α (Εσωτερική Ζώνη)		
A1	444.580,10	4.569.866,71
A2	444.640,10	4.569.866,71
A3	444.640,10	4.569.806,71
A4	444.580,10	4.569.806,71
Ζώνη Β (Εξωτερική Ζώνη)		
A5	444.667,50	4.570.266,97
A6	445.014,16	4.569.996,79
A7	444.568,92	4.569.425,37
A8	444.222,29	4.569.695,43

Πίνακας 5: Γεωγραφικές συντεταγμένες σε ΕΓΣΑ '87 των ζωνών προστασίας της ποιότητας των γεωθερμικών ρευστών Σιδηροκάστρου (Αγγελόπουλος, 2014).

	X	Y
Ζώνη Ι (Ζώνη Υδροληψίας)		
A9	444.580,10	4.569.866,71
A10	444.640,10	4.569.866,71
A11	444.640,10	4.569.806,71
A12	444.580,10	4.569.806,71
Ζώνη ΙΙ (Κοντινή Ζώνη)		
A13	444.629,13	4.570.191,08
A14	444.941,90	4.569.947,17
A15	444.636,21	4.569.552,67
A16	444.321,52	4.569.801,09
Ζώνη ΙΙΙ (Μακρινή Ζώνη)		
A17	444.744,97	4.570.989,09
A18	445.687,32	4.570.252,81
A19	444.951,12	4.569.309,23
A20	444.007,54	4.570.045,43



Ερωτηματολόγιο

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας συντάχθηκε ερωτηματολόγιο για τα Ιαματικά Λουτρά Σιδηροκάστρου και Αγκίστρου, το οποίο συμπληρώθηκε με βάση τα στοιχεία που ήταν διαθέσιμα από τη Διεύθυνση των αντίστοιχων μονάδων λουτροθεραπείας.

Ιαματικά Λουτρά Σιδηροκάστρου

1. Γενικά

Επωνυμία Επιχείρησης	ΣΙΝΤΙΚΗ ΔΑΕ «ΙΑΜΑΤΙΚΑ ΛΟΥΤΡΑ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ»
Διεύθυνση	6 ^ο ΧΛΜ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ - ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ
Ανήκει η περιοχή σε γ/θ πεδίο;	ΝΑΙ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΠΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ

Χρήση θερμών νερών	☒ Ιαματική ☐ Ενεργειακή (θέρμανση χώρων) ☐ Άλλη (διευκρινίστε)
Εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας:	☐ Πισίνες ανοικτές ☒ Πισίνες κλειστές ☒ Ατομικοί λουτήρες ☐ Σάουνα ☒ Άλλο : <i>Υδρομασάζ, μασάζ, τζακούζι</i>
Λοιπές εγκαταστάσεις μέσα στην λουτρόπολη:	☒ Ξενοδοχεία : <i>1*</i> ☐ Δωμάτια ή οικίσκοι ☒ Χώροι αναψυχής και εστίασης ☐ Άλλο

Λειτουργία λουτρόπολης:	☐ Εποχιακή ☒ Ετήσια
Επισκεψιμότητα:	☐ Ημερήσια: 83 άτομα (κατά Μ.Ο.) ☐ Ετήσια: 30000 άτομα (κατά Μ.Ο.) ☐ Ημερήσια επίσκεψη: 16000 άτομα / έτος ☐ Πολυήμερη Διαμονή: 14000 / έτος ☐ Ηλικιακό εύρος: 19-75 ετών

2. Τροφοδοσία Λουτρών (πηγή)

Ονομασία πηγής:	«ΠΣ1»
Ρευστά	Θερμοκρασία (°C) : 43 Παροχή (m ³ /h) : 3 Αέρια/Υγρή παροχή : Διαθέσιμη ανάλυση υγρού: Αερίου:
Χαρακτηριστικά Υγρού	pH = 6,7 Αγωγιμότητα: Δεν βρέθηκαν στοιχεία (μS/cm) Ca = 128 mg/L Mg = 30 mg/L Na = 216 mg/L K = 44 mg/L Cl = 64 mg/L HCO ₃ = 824 mg/L SO ₄ = 232 mg/L Σύνολο διαλ. αλάτων = 1,22 g/L (Αν υπάρχει να επισυνάπτεται χημική ανάλυση) *

Χαρακτηριστικά
Αερίου

ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΚΑΝ ΑΕΡΙΑ

3. Τροφοδοσία Λουτρών (γεώτρηση)

Αριθμός Γεωτρήσεων:	1: «Γεώτρηση Λουτρών»
Γεώτρηση	Ονομασία – θέση : «Γεώτρηση Λουτρών» ή «ΓΣ1» - 150m B πηγής Βάθος (m) : 80 (αντλία : 30m) Έτος ανόρυξης : Είδος αντλίας : Δεν δόθηκαν στοιχεία Διαχωρισμός ρευστών στην κεφαλή: OXI Αντικαθαλωτική προστασία/είδος: OXI Προβλήματα : ΔΕΝ ΑΝΑΦΕΡΘΗΚΑΝ
Ρευστά	Θερμοκρασία (°C) : 45,5 Παροχή (m³/h) : 17 Αέρια/Υγρή παροχή: Διαθέσιμη ανάλυση υγρού: ΕΠΙΣΥΝΑΨΤΕΤΑΙ Αερίου: ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ
Χαρακτηριστικά Υγρού	pH = 7 Αγωγιμότητα: 1595 $\mu S/cm$ Ca = 135 mg/L Mg = 15,7 mg/L Na = 187 mg/L K = 51,3 mg/L Cl = 54 mg/L

	$\text{HCO}_3 = 861 \text{ mg/L}$ $\text{SO}_4 = 179 \text{ mg/L}$ Σύνολο διαλ. αλάτων = $1,163 \text{ g/L}$ (Επισυνάπτεται η χημική ανάλυση)**
Χαρακτηριστικά Αερίου	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΑΝ ΑΕΡΙΑ

4. Πισίνες

Αριθμός και είδος:	2 πισίνες χαμάμ και 3 πισίνες υδρομασάζ
Διαστάσεις πισίνας:	<u>Χαμάμ:</u> Μικρή: 10 m^2 Μεγάλη: 30 m^2 Βάθος: 1 m (και για τις δύο)
Παροχή νερού	$9 \text{ m}^3/\text{h}$
Όγκος νερού	<u>Χαμάμ:</u> Μικρή: 10 m^3 Μεγάλη: 30 m^3
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	<u>Είσοδος</u> $45,5^\circ\text{C}$ <u>Έξοδος</u> $45,1^\circ\text{C}$
Χλωρίωση	☐ Ναι ☒ Όχι

5. Ατομικοί Λουτήρες

Αριθμός και είδος:	14
Παροχή νερού	17 m ³ /h (1,7 m ³ /h κάθε λουτήρας)
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	45,5°C (δυνατότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας με βάνες)

6. Θέρμανση εγκαταστάσεων

Επιφάνεια χώρων που θερμαίνονται:	3.552,4 m ² (η θέρμανση δεν επιτελείται με χρήση γεωθερμίας αλλά πετρελαίου)
Είδος χώρων που θερμαίνονται	Υδροθεραπευτήριο και ξενοδοχείο
Παροχή νερού	
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	

7. Μεταφορά νερού στους χώρους χρήσης

Μεταφορά ρευστών	Μήκος σωληνώσεων (m) : Υψομετρική. διαφορά (m) : Διάμετρος αγωγού : Υλικό(ά) αγωγού : Μόνωση / είδος : Τρόπος κατασκευής.: Έτος κατασκευής : Προβλήματα :
Θέρμανση (έμμεση)	Τύπος εναλλάκτη : Υλικό εναλλάκτη : Επιφ./αριθμός πλακών : Έτος εγκατάστασης : Τρόπος καθαρισμού : Θερμοκρασία εισόδου (C) :

	Θερμοκρασία εξόδου (C) : Προβλήματα : (π.χ. διάβρωση, επικαθίσεις, διαρροές κλπ.)
Θέρμανση- άμεση	Περιγραφή : Τύπος σωληνώσεων : Υλικό : Έτος εγκατάστασης : Θερμοκρασία εισόδου. Εξόδου: Προβλήματα : (π.χ. διάβρωση, επικαθίσεις, διαρροές, κλπ.)
Εσωτερικό σύστημα θέρμανσης	Περιγραφή : Πετρέλαιο Τύπος σωληνώσεων : Υλικό : Έτος εγκατάστασης : Προβλήματα
Βοηθητική θέρμανση	Περιγραφή

8. Διάθεση Ρευστών μετά τη Χρήση

Σε άλλη γεώτρηση	ΟΧΙ
Διάθεση σε επιφ. αποδέκτες	ΝΑΙ - Ποταμός Στρυμόνας
Μέγιστη ποσότητα	8 – 9 m³/h
Προβλήματα	ΚΑΘΑΛΑΤΩΣΕΙΣ ΣΤΙΣ ΣΩΛΗΝΩΣΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΝΕΡΟΥ

*Η χημική ανάλυση που δίνεται για την πηγή («ΠΣ1») των Λουτρών είναι με βάση τον Αγγελόπουλο (2014).

**Η χημική ανάλυση της «Γεώτρηση Λουτρών» είναι με βάση την χημική ανάλυση που δόθηκε από τη Διεύθυνση Λουτρών (AGROLAB, 2017) εκτός 2 στοιχείων: HCO₃ και T.D.S., τα οποία δεν αναγράφονται στην παραπάνω ανάλυση και συμπληρώθηκαν από την χημική ανάλυση που δίνεται από τους Αρβανίτης κ.ά. (2016).

• Χημική ανάλυση Λουτρών Σιδηροκάστρου

ΒΙ.ΠΕ.Θ. Σίνδος Τ.Θ. 48, 570 22 Σίνδος Τηλ. 2310/797.479, 796.058 Fax: 2310/796.623
Industrial Area of Thessaloniki P.O. Box 48, GR 570 22 Sindos, Tel.: +30 2310797479, 796.058 Fax: +30 2310 796623

Εργαστήριο Περιβάλλοντος, Σίνδος
Environmental Lab, Sindos
Σελ./ Page : 1/2

Αριθμός Πιστοποιητικού/ Certificate No : 01-5666/17.08.2017



ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ

TEST REPORT

Πελάτης <i>Client</i>	ΣΙΝΤΙΚΗ ΔΑΕ
Διεύθυνση πελάτη <i>Client's address</i>	ΛΟΥΤΡΑ ΣΙΔΗΡΟΚΑΣΤΡΟΥ
Περιγραφή Δείγματος <i>Sample description</i>	NEPO / WATER
Δειγματοληψία <i>Sampling</i>	Από πελάτη κατά δήλωσή του / As stated by client: ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ
Ημερομηνία παραλαβής δείγματος <i>Date of sample receipt</i>	04/08/2017
Ημερομηνία Εισαγωγής <i>Date of Import</i>	04/08/2017
Κωδικός δείγματος <i>Sample code</i>	2017-37707
Είδος ανάλυσης <i>Type of analysis</i>	Φυσικοχημική - Physicochemical

Τα αποτελέσματα αυτής της αναφοράς ισχύουν για τα δείγματα που αναλύθηκαν.
Αυτή η αναφορά μπορεί να αναπαραχθεί μόνο στο ακέραιο.
Μερική αναπαραγωγή επιτρέπεται μόνο με την έγγραφη έγκριση της AGROLAB A.E.
Για οποιαδήποτε πληροφορία ή διευκρίνιση παρακαλούμε απευθυνθείτε στο Τμ. Πωλήσεων.

*The results of this certificate are valid only for the analyzed samples.
This certificate can only be reproduced in whole
Partial reproduction allowed only with written consent of AGROLAB S.A.
For any information please contact the commercial department of AGROLAB S.A.*



Σελ./ Page : 2/2

Αριθμός Πιστοποιητικού/ Certificate No : 01-5666/17.08.2017

Αποτελέσματα Αναλύσεων / Results

Κωδικός δείγματος *Sample Code* 2017-37707
Περίοδος Ανάλυσης *Period of Analysis* 04/08/2017 - 16/08/2017
Χαρακτηρισμός Πελάτη *Client's Declaration* ΝΕΡΟ ΧΩΡΟΥ ΧΡΗΣΗΣ
Κατάσταση δείγματος κατά την παραλαβή *Sample condition upon receipt*

Κανονική / Acceptable

Παράμετρος Parameter	Μονάδες Units	Τιμή Result	Όριο αναφοράς Reporting limit	Αβεβαιότητα μεθ. στο νομοθ. όριο Uncertainty at the accept. level	Ανώτ. νομοθ. όριο Max. accept. lev.**	Μέθοδος Method
Ασβέστιο (Ca)	mg/L	135	0,50		-	O.B.01.040 ICPMS 3125 A,B Mod. St.Met.*
Μαγνήσιο (Mg)	mg/L	15,7	0,50		-	O.B.01.040 ICPMS 3125 A,B Mod. St.Met.*
Κάλιο (K)	mg/L	51,3	0,50	8,4%	12	O.B.01.040 ICPMS 3125 A,B Mod. St.Met.*
Νάτριο (Na)	mg/L	187	0,50	3,8%	200	O.B.01.040 ICPMS 3125 A,B Mod. St.Met.*
Σίδηρος (Fe)	μg/L	N.D.	10	13,7%	200	O.B.01.040 ICPMS 3125 A,B Mod. St.Met.*
Μαγγάνιο (Mn)	μg/L	N.D.	10	9,7%	50	O.B.01.040 ICPMS 3125 A,B Mod. St.Met.*
Νιτρικό (NO3)	mg/L	N.D.	2,0	12,0%	50	O.B. 01.018 4500 NO3-B St.Met.*
Νιτρώδη (NO2)	mg/L	N.D.	0,03	3,5%	0,50	O.B. 01.011 4500 NO2-B St.Met.*
Αμμωνιακό (NH4)	mg/L	N.D.	0,06	4,3%	0,50	O.B.01.009 4500 NH3-F St.Met.*
Θειικό (SO4)	mg/L	179	20	6,0%	250	O.B. 01.008 4500 SO4-E Mod. St.Met.*
Χλωριούχα (Cl)	mg/L	54,0	10	2,7%	250	O.B. 01.007 4500 Cl Mod. St.Met.*
pH	μονάδες pH 22 οC	7,0	1-10		≥6,5 και ≤9,5	O.B.01.005 4500-H,B St.Met.*
Αγωγιμότητα (conductivity)	μS/cm σε/in 20 οC	1595	10-11670	2,9%	2500	O.B.01.006 2510 B St.Met.*
Ολική σκληρότητα (Total hardness)	Γερμ. βαθμοί (d)	22,4	0,18		-	O.B. 01.013 2340-B St.Met.*
Χρώμα (color)	μονάδες Pt-Co	N.D.	10			O.B.01.029 2012C St.Met.*

St. Met.: APHA, Standard Methods 22nd Ed, 2012.

N.D.: Δεν ποσοτικοποιήθηκε στο όριο αναφοράς της μεθόδου/Not determined at the reporting limit of the method.

* Διεπιστημονισμένη δοκιμή κατά ISO 17025, Αρ. 44 ΕΣΥΔ, / Accredited method according to ISO 17025.

** Τα ανώτατα νομοθετικά όρια περιγράφονται και επεξηγούνται ως προς την ορθή τους χρήση στο ΦΕΚ Β' 630/26.04.2007 και την οδηγία 98/83/ΕΚ 3-11-1998/Max. acceptable levels described and explained as to their proper use in Greek and European legislation (98/83/EU 3-11-1998).

Η AGRQLAB δεν αποδέχεται καμία ευθύνη/δεν είναι υπεύθυνη σε σχέση με τα παραπάνω αναγραφόμενα ανώτατα επιτρεπτά όρια τα οποία δίδονται μόνο για λόγους πληροφόρησης / AGRQLAB does not accept any responsibility for the aforementioned max. acceptable levels, which are given only for information reasons.

Ο χρόνος τήρησης του αντιδείγματος ορίζεται στον 1 μήνα από την ημερομηνία έκδοσης του παρόντος πιστοποιητικού (της κατάλληλης συνθήκης διατήρησης), εκτός και αν ο πελάτης εγγράφως έχει ορίσει διαφορετικά. Εξαιρούνται ευαλαίσθητα δείγματα, τα οποία δεν μπορούν να συντηρηθούν για το προαναφερθέν χρονικό διάστημα./ The time of retention of the Sub-sample is one month from the date of the issuing of the present certificate, unless otherwise instructed by the client. This refers only to samples which can be kept during this period of time in appropriate conditions.

Πρόστ. Εργ. Περιβαλλοντικών Αναλύσεων
Head of Environmental Analysis Laboratory

Μ. Σταμπουλίδου/Αναλυτική Χημικός
M. Stampoulidou/Analytical Chemist

Ιαματικά Λουτρά Αγκίστρου

1. Γενικά

Επωνυμία Επιχείρησης	«ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ Α.Ε.»
Διεύθυνση	ΑΓΚΙΣΤΡΟ
Ανήκει η περιοχή σε γ/θ πεδίο;	ΝΑΙ – ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΤΟΠΙΚΟΥ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ

Χρήση θερμών νερών	☒ Ιαματική ☐ Ενεργειακή (θέρμανση χώρων) ☐ Άλλη (διευκρινίστε)
Εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας:	☐ Πισίνες ανοικτές ☒ Πισίνες κλειστές ☐ Ατομικοί λουτήρες ☐ Σάουνα ☐ Άλλο
Λοιπές εγκαταστάσεις μέσα στην λουτρόπολη:	☒ Ξενοδοχεία ☐ Δωμάτια ή οικίσκοι ☒ Χώροι αναψυχής και εστίασης ☐ Άλλο
Λειτουργία λουτρόπολης:	☐ Εποχιακή ☒ Ετήσια

Επισκεψιμότητα:

- ☐ Ημερήσια: 55 άτομα (κατά Μ.Ο.)
- ☐ Ετήσια: 20000 άτομα (κατά Μ.Ο.)
- ☐ Ημερήσια επίσκεψη: 11000/ έτος
- ☐ Πολυήμερη Διαμονή: 9000 / έτος
- ☐ Ηλικιακό εύρος: 19-75 ετών

2. Τροφοδοσία Λουτρών (πηγή)

Ονομασία πηγής:	«Πηγή Αγκίστρου»
Ρευστά	Θερμοκρασία (°C) : 36,1 Παροχή (m³/h) : 80 Αέρια/Υγρή παροχή: Διαθέσιμη ανάλυση υγρού: ΕΠΙΣΥΝΑΠΤΕΤΑΙ Αερίου: ΔΕΝ ΥΠΑΡΧΕΙ
Χαρακτηριστικά Υγρού	pH = 8,2 (22 °C) Αγωγιμότητα: 411 μS/cm Ca = 47,6 mg/L Mg = 5,1 mg/L Na = 53,8 mg/L K = 2,9 mg/L Cl = ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΗΚΕ HCO₃ = 177 mg/L SO₄ = 67 mg/L Σύνολο διαλ. αλάτων = 0,285 g/L (180 °C) (Επισυνάπτεται η χημική ανάλυση)***
Χαρακτηριστικά Αερίου	ΔΕΝ ΑΝΙΧΝΕΥΘΗΚΑΝ ΑΕΡΙΑ

3. Τροφοδοσία Λουτρών (γεώτρηση)

Αριθμός Γεωτρήσεων: -													
Γεώτρηση	Ονομασία – θέση : Βάθος (m) : Έτος ανόρυξης : Είδος αντλίας : Διαχωρισμός ρευστών στην κεφαλή: Αντικαθαλωτική προστασία/είδος: Προβλήματα :												
Ρευστά	Θερμοκρασία (°C) : Παροχή (m³/h) : Αέρια/Υγρή παροχή: Διαθέσιμη ανάλυση υγρού: Αερίου:												
Χαρακτηριστικά Υγρού	<table border="0"> <tr> <td>pH =</td> <td>Αγωγιμότητα:</td> <td>(μS/cm)</td> </tr> <tr> <td>Ca =</td> <td>Mg =</td> <td>Na =</td> </tr> <tr> <td>K =</td> <td>Cl =</td> <td>HCO₃ =</td> </tr> <tr> <td>SO₄ =</td> <td>Σύνολο διαλ. αλάτων =</td> <td>(g/L)</td> </tr> </table> (Αν υπάρχει να επισυνάπτεται χημική ανάλυση)	pH =	Αγωγιμότητα:	(μS/cm)	Ca =	Mg =	Na =	K =	Cl =	HCO ₃ =	SO ₄ =	Σύνολο διαλ. αλάτων =	(g/L)
pH =	Αγωγιμότητα:	(μS/cm)											
Ca =	Mg =	Na =											
K =	Cl =	HCO ₃ =											
SO ₄ =	Σύνολο διαλ. αλάτων =	(g/L)											
Χαρακτηριστικά Αερίου													

4. Πισίνες

Αριθμός και είδος:	8 κλειστές (7 μικρές και 1 μεγάλη)
Διαστάσεις πισίνας:	<u>Μεγάλη (παλιό χαμάμ):</u> $3,7\text{m} \times 3,8\text{m} = 14,6\text{m}^2$ Βάθος: 1,10m <u>Μικρές (πενταγωνικό σχήμα):</u> Διάμετρος: 3m Βάθος: 1,2m
Παροχή νερού	Η παροχή ρυθμίζεται ανάλογα με τις ανάγκες
Όγκος νερού	<u>Μεγάλη πισίνα</u> : $16,06 \text{ m}^3$
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	Είσοδος: $36,1^\circ\text{C}$ Εξοδος: 36°C
Χλωρίωση	☐ Ναι ☒ Όχι

5. Ατομικοί Λουτήρες (Ως ατομικοί λουτήρες μπορούν να λειτουργήσουν οι πισίνες)

Αριθμός και είδος:	
Παροχή νερού	
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	

6. Θέρμανση εγκαταστάσεων

Επιφάνεια χώρων που θερμαίνονται:	800 m ² (η θέρμανση δεν επιτελείται με γεωθερμία αλλά με καύση pellet)
Είδος χώρων που θερμαίνονται	Ξενοδοχείο και εστιατόριο
Παροχή νερού	
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	

7. Μεταφορά νερού στους χώρους χρήσης

Μεταφορά ρευστών	Μήκος σωληνώσεων (m) : Υψομετρική. διαφορά (m) : Διάμετρος αγωγού : Υλικό(ά) αγωγού : Μόνωση / είδος : Τρόπος κατασκευής.: Έτος κατασκευής : Προβλήματα :
Θέρμανση (έμμεση)	Τύπος εναλλάκτη : Υλικό εναλλάκτη : Επιφ./αριθμός πλακών : Έτος εγκατάστασης : Τρόπος καθαρισμού : Θερμοκρασία εισόδου (C) : Θερμοκρασία εξόδου (C) : Προβλήματα : (π.χ. διάβρωση, επικαθίσεις, διαρροές κλπ.)
Θέρμανση- άμεση	Περιγραφή : Τύπος σωληνώσεων : Υλικό : Έτος εγκατάστασης : Θερμοκρασία εισόδου. Εξόδου: Προβλήματα : (π.χ. διάβρωση, επικαθίσεις, διαρροές, κλπ.)
Εσωτερικό	Περιγραφή : <i>Κανστήρες pellet</i>

σύστημα θέρμανσης	Τύπος σωληνώσεων : Υλικό : Έτος εγκατάστασης : Προβλήματα
Βοηθητική θέρμανση	Περιγραφή

8. Διάθεση Ρευστών μετά τη Χρήση

Σε άλλη γεώτρηση	OXI
Διάθεση σε επιφ. αποδέκτες	ΝΑΙ - Ποταμός Στρυμόνας
Μέγιστη ποσότητα	80 m³/h
Προβλήματα	Δεν αναφέρθηκαν

***Η χημική ανάλυση της «Πηγή Αγκίστρου» δίνεται με βάση την χημική ανάλυση που δόθηκε από την Διεύθυνση Λουτρών (AGROLAB, 2016).

- Χημική σύσταση Λουτρών Αγκίστρου

ΒΙ.ΠΕ.Θ. Σίνδου Τ.Θ. 48, 570 22 Σίνδος Τηλ. 2310/797.479, 796.058 Fax: 2310/796.623
Industrial Area of Thessaloniki P.O. Box 48, GR 570 22 Sindos, Tel.: +30 2310797479, 796.058 Fax: +30 2310 796623

Εργαστήριο Περιβάλλοντος, Σίνδος
Environmental Lab, Sindos

Σελ. (page) 1/2

Αριθμός Πιστοποιητικού/ Certificate No : 01-3957/05.05.2016



ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ

TEST REPORT

Πελάτης <i>Client</i>	ΑΝΑΠΤΥΞΙΑΚΗ ΑΓΚΙΣΤΡΟΥ
Διεύθυνση πελάτη <i>Client's address</i>	ΑΓΚΙΣΤΡΟ, Ν.ΣΕΡΡΩΝ
Περιγραφή Δείγματος <i>Sample description</i>	ΝΕΡΟ / WATER
Δειγματοληψία <i>Sampling</i>	Από πελάτη κατά δήλωσή του / As stated by client: ΠΕΛΑΤΗ
Ημερομηνία παραλαβής δείγματος <i>Date of sample receipt</i>	14/04/2016
Ημερομηνία Εισαγωγής <i>Date of Import</i>	14/04/2016
Κωδικός δείγματος <i>Sample code</i>	2016-14479
Είδος ανάλυσης <i>Type of analysis</i>	Φυσικοχημική - Physicochemical

Τα αποτελέσματα αυτής της αναφοράς ισχύουν για τα δείγματα που αναλύθηκαν.
Αυτή η αναφορά μπορεί να αναπαραχθεί μόνο στο ακέραιο.
Μερική αναπαραγωγή επιτρέπεται μόνο με την έγγραφη έγκριση της AGROLAB A.E.
Για οποιαδήποτε πληροφορία ή διευκρίνιση παρακαλούμε απευθυνθείτε στο Τμήμα Πωλήσεων.

The results of this certificate are valid only for the analyzed samples.
This certificate can only be reproduced in whole
Partial reproduction allowed only with written consent of AGROLAB S.A.
For any information please contact the commercial department of AGROLAB S.A.

Αποτελέσματα Αναλύσεων/Results

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ/ SAMPLE CODE: 010513-13524

ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ/PERIOD OF ANALYSIS ΑΠΟ/FROM: 10/05/12

ΕΩΣ/TO: 17/05/12

ΣΗΜΑΝΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΠΕΛΑΤΗ ΚΑΤΑ ΔΗΛΩΣΗ ΤΟΥ/ SAMPLE LABEL BY CLIENT'S DECLARATION: -

ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ/ SAMPLE CONDITION UPON RECEIPT: ΚΑΝΟΝΙΚΗ

Φυσικοχημικές Παράμετροι Parameter	Μονάδες Units	Τιμή Result	Όριο αναφοράς της μεθόδου Reporting limit of the method	Μέθοδος Method
pH	μονάδες pH 22° C	8,2	1-10	O.B.01.005 4500-H.B St. Met.
Αγωγιμότητα (Conductivity)	μS/cm σε/ln 20° C	411	10	O.B.01.006 2510-B St. Met.
Ολική σκληρότητα (Total hardness)	Γερμ. βαθμοί (°d)	7,8	0,28	O.B.01.013 2340-B St. Met.
Ασβέστιο (Ca)	mg/L	47,6	1,0	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Μαγνήσιο (Mg)	mg/L	5,1	0,60	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Κάλιο (K)	mg/L	2,9	1,0	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Νάτριο (Na)	mg/L	53,8	1,0	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Χαλκός (Cu)	mg/L	N.D.	0,05	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Σίδηρος (Fe)	mg/L	N.D.	0,05	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Ψευδάργυρος (Zn)	mg/L	N.D.	0,05	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Μαγγάνιο (Mn)	mg/L	N.D.	0,02	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Χλωρίδια (Cl ⁻)	mg/L	N.D.	10	O.B.01.007 4500 Cl-B St. Met.
Θειικά (SO ₄ ²⁻)	mg/L	67,0	20	O.B.01.008 4500 SO ₄ -E St. Met.
Νιτρικά (NO ₃ ⁻)	mg/L	3,8	2,0	O.B.01.018 Φασματοφωτομετρικά 4500 NO ₃ -B St. Met.
Νιτρώδη (NO ₂ ⁻)	mg/L	N.D.	0,03	O.B.01.011 Φασματοφωτομετρικά 4500 NO ₂ -B St. Met.
Αμμονιακά (NH ₄ ⁺)	mg/L	0,04	0,02	O.B.01.009 Φασματοφωτομετρικά 4500 NH ₄ -F St. Met.
Φωσφόρος (P)	mg/L P ₂ O ₅	N.D.	1,14	4500 P-E St. Met.
Βόριο (B)	mg/L	0,11	0,05	O.B.01.017 ICP 3120 A,B Modified St. Met.
Ανθρακικά (CO ₃ ²⁻)	mg/L	0	-	Ορυκτομετρικά
Οξεία Ανθρακικά (HCO ₃ ⁻)	mg/L	177	-	Ορυκτομετρικά
Ανθρακική σκληρότητα (Temporary hardness)	Γερμ. βαθμοί (°d)	7,8	-	Υπολογιστικά
Μη Ανθρακική σκληρότητα (Permanent hardness)	Γερμ. βαθμοί (°d)	<0,2	-	Υπολογιστικά
Αλκαλικότητα P (Alkalinity P)	mg/L CaCO ₃	0	-	Ορυκτομετρικά 2320-B St. Met.
Ολική αλκαλικότητα (Total alkalinity)	mg/L CaCO ₃	145	-	Ορυκτομετρικά 2320-B St. Met.
Ολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	mg/L	263	-	2500 St. Met.
Ολικά διαλυμένα στερεά στους 180° C (TDS)	mg/L	285	-	Modified based on 2540-C St. Met.

St. Met.: APHA, Standard Methods 21st Ed, 2005.

N.D.: Δεν ποσοτικοποιήθηκε στο όριο αναφοράς της μεθόδου / Not determined at the reporting limit of the method.

• Ο χρόνος τήρησης του αντιδελγματος ορίζεται στον 1 μήνα από την ημερομηνία έκδοσης του παρόντος πιστοποιητικού (στις κατάλληλες συνθήκες διατήρησης), εκτός και αν ο πελάτης εγγράφως έχει ορίσει διαφορετικά. Εξαιρούνται αναλλοίωτα δείγματα, τα οποία δεν μπορούν να συντηρηθούν για το προσαναφερθέν χρονικό διάστημα.

Προϊστ. Εργ. Περιβαλλοντικών Αναλύσεων
Head of Environmental Analysis Laboratory

M. Σταμπουλίδου/Αναλυτική Χημικός
M. Stampoulidou/Analytical Chemist