



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΧΑΡΙΤΩΝ Β. ΚΑΖΑΚΙΔΗΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
2022



[λευκή σελίδα]



ΧΑΡΙΤΩΝ Β. ΚΑΖΑΚΙΔΗΣ
Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5416

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ

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

Επιβλέπων

Δρ. Μαρία Παπαχρήστου
ΕΔΙΠ Τμήματος Γεωλογίας

.....



© Χαρίτων Β. Καζακίδης, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ– *Διπλωματική Εργασία*

© Chariton V, Kazakidis, School of Geology, Dept. of Geology, 2022

All rights reserved.

HYDROGEOLOGICAL AND GEOTHERMAL CONDITIONS IN THE AREA OF
LOUTRAKI (CORINTH) – *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.....	- 4 -
ABSTRACT	- 5 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	- 6 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	- 9 -
2.1. Γενικά	- 9 -
2.2. Γεωμορφολογικά Στοιχεία	- 10 -
2.3. Κλιματικά Στοιχεία.....	- 11 -
2.4. Γεωλογικά Στοιχεία	- 13 -
2.5. Τεκτονικά - Νεοτεκτονικά Στοιχεία	- 17 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	- 21 -
3.1 Υδρολογική λεκάνη Λουτρακίου	- 21 -
3.1.1 Υδρογεωλογική συμπεριφορά γεωλογικών σχηματισμών	- 22 -
3.1.2 Υδροφορείς Λεκάνης Λουτρακίου	- 24 -
3.1.3 Υδρολογικό Ισοζύγιο Λεκάνης Λουτρακίου	- 25 -
3.1.4. Ισοζύγιο Μεταλλικού Υδροφορέα	- 28 -
3.1.5. Υδροχημικά Χαρακτηριστικά της Μεταλλικής Υδροφορίας	- 29 -
3.2. Βορειοδυτική Λεκάνη Λουτρακίου	- 31 -
3.2.1. Υδρογεωλογική Συμπεριφορά Σχηματισμών	- 31 -
3.2.2. Υδροφορείς Βορειοδυτικής Λεκάνης Λουτρακίου	- 33 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	- 34 -
4.1 Γενικά	- 34 -
4.2 Γεωθερμική Έρευνα	- 35 -
4.3 Υδροχημικά χαρακτηριστικά των θερμών νερών Λουτρακίου	- 43 -
4.4 Ζώνες προστασίας	- 49 -
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ.....	- 51 -
6.1 Αξιοποίηση της γεωθερμίας χαμηλής θερμοκρασίας	- 51 -
6.2 Αξιοποίηση της Αβαθούς Γεωθερμίας	- 56 -
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	- 58 -
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	- 61 -
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	- 65 -

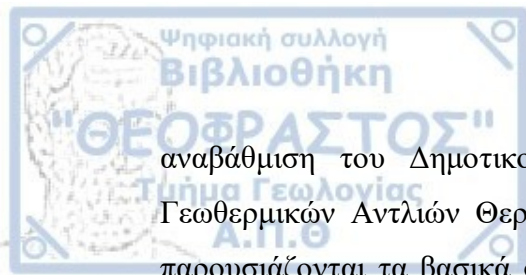


ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα «**Υδρογεωλογικές και Γεωθερμικές συνθήκες στην περιοχή Λουτρακίου Κορινθίας**» εκπονήθηκε στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ., υπό την επίβλεψη της Δρ. Μαρίας Παπαχρήστου, διδάσκουσας του μαθήματος «Γεωθερμία» και ΕΔΙΠ του Τμήματος Γεωλογίας ΑΠΘ.

Στόχος της εργασίας ήταν η συγκέντρωση και παρουσίαση των διαθέσιμων δεδομένων από τις διαχρονικές υδρογεωλογικές και γεωθερμικές έρευνες στην περιοχή Λουτρακίου Κορινθίας και η συλλογή νέων στοιχείων που αφορούν στην αξιοποίηση των γεωθερμικών ρευστών. Εκτός της εκτεταμένης βιβλιογραφικής έρευνας, πραγματοποιήθηκαν αρκετές επιτόπιες επισκέψεις στην περιοχή ενδιαφέροντος, με σκοπό τη συγκέντρωση πληροφοριών για τη λειτουργία των μονάδων λουτροθεραπείας, βάση των οποίων συμπληρώθηκε σχετικό ερωτηματολόγιο.

Στο εισαγωγικό κεφάλαιο της εργασίας γίνεται σύντομη αναδρομή σχετικά με την αξιοποίηση της ψυχρής και της θερμής υδροφορίας που αναπτύσσονται στην περιοχή ενδιαφέροντος, καθώς και συνοπτική παρουσίαση της σημερινής κατάστασης. Στη συνέχεια παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν στη γεωλογία, γεωμορφολογία, τεκτονική/νεοτεκτονική, καθώς και τα κλιματικά δεδομένα που σχετίζονται με τη σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου στις δύο λεκάνες απορροής που υπάρχουν στην περιοχή. Στο επόμενο κεφάλαιο αναλύονται οι υδρογεωλογικές συνθήκες, παρουσιάζονται τα ισοζύγια επιφανειακών και υπόγειων νερών, όπως αυτά προέκυψαν από τις σχετικές έρευνες που έχουν γίνει στην περιοχή κατά το παρελθόν, καθώς και στοιχεία για τα υδροχημικά χαρακτηριστικά των ψυχρών νερών. Το κεφάλαιο που αφορά στη γεωθερμία, περιλαμβάνει τα ευρήματα των ερευνών του ΙΓΜΕ στην περιοχή, τα διαθέσιμα δεδομένα για τις υπάρχουσες ερευνητικές και παραγωγικές γεωτρήσεις, καθώς και τις θεωρήσεις για τον μηχανισμό λειτουργίας του γεωθερμικού συστήματος με βάση τις μέχρι τώρα έρευνες. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται στοιχεία από χημικές αναλύσεις των θερμών νερών και οι ζώνες προστασίας του ιαματικού υδροφορέα. Ακολουθεί το κεφάλαιο της αξιοποίησης των γεωθερμικών ρευστών, όπου περιγράφεται η χρήση των νερών για λουτροθεραπεία, οι σχετικές εγκαταστάσεις και η χρήση της αβαθούς γεωθερμίας για την ενεργειακή



αναβάθμιση του Δημοτικού Κολυμβητηρίου Λουτρακίου με τη βοήθεια των Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ). Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας παρουσιάζονται τα βασικά συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν οι υδρογεωλογικές και γεωθερμικές έρευνες που έχουν γίνει στην περιοχή.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Δρ. Μαρία Παπαχρήστου, για την καθοδήγηση, το αμείωτο ενδιαφέρον και το χρόνο που διέθεσε κατά την εκπόνηση και συγγραφή της διπλωματικής μου εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης τον κ. Κ. Βουδούρη, καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας, για τη διάθεση της σχετικής βιβλιογραφίας που αφορά στις υδρογεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής Λουτρακίου. Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω στον κύριο Αθανάσιο Ζιόγκα, Μηχανολόγο Μηχανικό και υπεύθυνο του Loutraki Thermal Spa, για τις χρήσιμες πληροφορίες και την άμεση ανταπόκρισή του σε ό,τι χρειάστηκε. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υπαλλήλους του Δήμου Λουτρακίου για την γρήγορη εξυπηρέτηση και τα στοιχεία που μου παρείχαν, ιδιαίτερα όσον αφορά στη λειτουργία των μονάδων λουτροθεραπείας.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το Λουτράκι Κορινθίας (Πελοπόννησος) αποτελεί μια περιοχή με ιδιαίτερο υδρογεωλογικό και γεωθερμικό ενδιαφέρον. Είναι πολύ γνωστό για τα ψυχρά μεταλλικά του νερά καθώς και για τις θερμές πηγές του, οι οποίες χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα έως σήμερα για τις ιαματικές τους ιδιότητες. Η περιοχή οριοθετείται βόρεια/βορειοανατολικά από τα Γεράνεια Όρη και δυτικά από τον Κορινθιακό Κόλπο, ενώ το ανάγλυφό της χαρακτηρίζεται από απότομη αλλαγή μορφολογικών κλίσεων και μεγάλες υψομετρικές διαφορές, ως αποτέλεσμα των πρόσφατων έντονων τεκτονικών διεργασιών. Χωρίζεται σε δύο υδρολογικές λεκάνες, τα στοιχεία των οποίων αναλύονται στην παρούσα εργασία. Όσον αφορά την υπόγεια υδροφορία, ο ψυχρός μεταλλικός υδροφορέας εντοπίζεται σε μικρά βάθη μέσα σε πρόσφατες προσχώσεις, ο γεωθερμικός ταμιευτήρας συναντήθηκε σε βάθος έως 60m, ενώ θερμά νερά αναβλύζουν και επιφανειακά, με τη μορφή παράκτιων ή υποθαλάσσιων πηγών. Η τροφοδοσία των θερμού ταμιευτήρα γίνεται από τον καρστικό όγκο των Γερανείων, ενώ η παρουσία αυξημένων θερμοκρασιών (έως 35°C) συνδέεται με την τεκτονική και την ύπαρξη μεγάλων και βαθέων ρηγμάτων. Παρόλα αυτά, για την πλήρη κατανόηση της λειτουργίας του τοπικού γεωθερμικού συστήματος απαιτείται περαιτέρω συστηματική έρευνα και διάνοιξη βαθύτερων γεωτρήσεων. Το μεταλλικό νερό του Λουτρακίου θεωρείται πολύ καλής ποιότητας και εμφιαλώνεται από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ενώ τα θερμά ιαματικά νερά αξιοποιούνται για λουτροθεραπεία και ποσιθεραπεία, όχι όμως και για το ενεργειακό τους περιεχόμενο.



ABSTRACT

Loutraki (Corinthia, Peloponnese) is an area of particular hydrogeological and geothermal interest. It is well known for its cold mineral waters as well as for its hot springs, which have been used since ancient times for their therapeutic and healing properties. The study area is bounded to the north/north-east by the mountain range of Gerania and to the west by the Gulf of Corinth. Its relief is characterized by a sharp change in morphological gradients and large altitude differences, as a result of recent intense tectonic processes that have affected the entire region. The area is divided in two drainage basins, the basic characteristics of which are presented in this paper, along with the general geologic, tectonic and geomorphological characteristics of the broader Loutraki area. Regarding groundwater reservoirs, the cold metallic aquifer is located at shallow depths within recent alluvial sediments, whereas the geothermal reservoir is encountered at a depth of up to 60m, with hot water also emerging on the surface, in coastal or submarine springs. The presence of the low enthalpy geothermal anomaly (up to 35°C) in the area is related to active tectonics and the existence of large and deep faults. However, in order to fully understand the operation of the local geothermal system, further systematic research and drilling exploration are required. The mineral water of Loutraki is considered to be of excellent quality and is being bottled since the beginning of the 20th century, while the thermal waters are used for bathing and drinking, but, unfortunately, not for their energy content.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Λουτράκι Κορινθίας ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Πελοποννήσου και είναι το δεύτερο μεγαλύτερο αστικό κέντρο του νομού Κορινθίας. Είναι κτισμένο στη χερσόνησο της Περαχώρας, στους πρόποδες των Γεράνεια Όρεων. Είναι πολύ γνωστό για το μεταλλικό του νερό και τις ιαματικές του πηγές. Πρόκειται και μια σημαντική και αναγνωρισμένη από το πρώτο μισό του 20^{ου} αιώνα λουτρόπολη, ενώ θεωρείται ως η αρχαιότερη λουτρόπολη της Ελλάδας.

Από γεωλογική άποψη, η ευρύτερη περιοχή χαρακτηρίζεται από την ιδιαίτερη τεκτονική της εξέλιξη, η οποία είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία περίπλοκων συστημάτων ρηγμάτων και του ιδιαίτερου αναγλύφου της, ενώ συνδέεται με την ανάπτυξη θερμής υδροφορίας και την ύπαρξη των θερμών ιαματικών πηγών.

Στην περιοχή που πραγματεύεται η παρούσα εργασία, αναπτύσσονται δύο σημαντικοί υδροφορείς που θα εξεταστούν αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια: α) ο ανώτερος υδροφορέας εντός της κύριας λεκάνης Λουτρακίου που φιλοξενεί τα ψυχρά μεταλλικά μαγνησιούχα νερά, και β) ο κατώτερος θερμός και ιαματικός υδροφορέας, στη βορειοδυτική λεκάνη Λουτρακίου.

Τα μεταλλικά νερά Λουτρακίου θεωρούνται εξαιρετικής ποιότητας. Η αξιοποίησή τους έχει μακρά ιστορία, η οποία ξεκινά το 1907 με τη δημιουργία του πρώτου εργοστασίου εμφιάλωσης στην Ελλάδα από τον Κλέαρχο Καραντάνη, με την επωνυμία «Πηγή Καραντάνης Α.Ε.». Η πηγή Καραντάνη πέρασε στην ιδιοκτησία του Δήμου Λουτρακίου τη δεκαετία του 1960, ενώ το 1971 το εργοστάσιο εξαγοράστηκε από την εταιρεία αναψυκτικών HBH-Παναγόπουλος. Το 1989, το εργοστάσιο πωλήθηκε στην πολυεθνική εταιρεία Pepsico και λειτούργησε μέχρι το 2013, οπότε έκλεισε λόγω οικονομικών προβλημάτων. Τον Ιούλιο του 2022 το εργοστάσιο επαναλειτούργησε μετά από συμφωνία της Pepsico με την εταιρεία N.U. Aqua. Το μεταλλικό νερό Λουτρακίου θα εμφιαλώνεται πλέον με την ονομασία «Eonio Λουτράκι», σε μια υπερσύγχρονη μονάδα συνολικής έκτασης 60.000 τ.μ.

Οι ιαματικές πηγές Λουτρακίου είναι γνωστές από την αρχαιότητα. Όπως και το σημερινό, έτσι και το αρχαίο όνομα της πόλης, «Θέρμες», συνδέεται με την ύπαρξη θερμών νερών. Οι ευεργετικές τους ιδιότητες αναφέρθηκαν για πρώτη φορά από τον Αθηναίο ιστορικό Ξενοφώντα (431-351 π.Χ.) στο έργο του «Ελληνικά IV». Η χρήση τους συνεχίστηκε αδιάλειπτα κατά τους Ρωμαϊκούς, Βυζαντινούς και μεταβυζαντινούς χρόνους. Το Λουτράκι, ήδη από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα,

αναγνωρίστηκε ως σημαντικός θεραπευτικός σταθμός και τουριστικός προορισμός. Ως οργανωμένος χώρος θερμαλισμού ξεκίνησε να λειτουργεί το 1914, ενώ είχε προηγηθεί το 1855 η κατασκευή των πρώτων ξύλινων λουτρικών εγκαταστάσεων που αντικαταστάθηκαν με λιθόκτιστες το 1874. Το 1934, μετά τον καταστροφικό σεισμό του 1928 που έπληξε την περιοχή, κτίστηκε κτίριο των «Λουτρών Πολυτελείας» (Εικόνα 1) που φιλοξενούσε επισκέπτες για λουτροθεραπεία και ποσιθεραπεία.

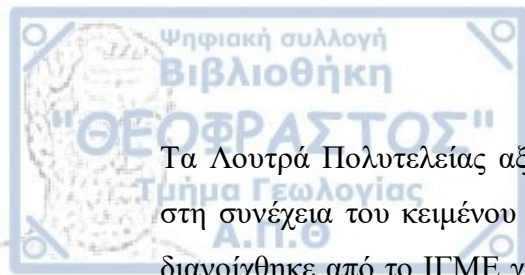


Εικόνα 1: Εξωτερική όψη των Λουτρών Πολυτελείας (παλαιά Λουτρά), όπου εντός τους αναβλύζει και η πηγή «ΕΟΤ»

Το 2009, το κτίριο ανακαινίστηκε και συνδέθηκε με το νέο σύγχρονο υδροθεραπευτήριο, γνωστό με το όνομα «Loutraki Thermal Spa» (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Loutraki Thermal Spa - Νέο Υδροθεραπευτήριο Λουτρακίου



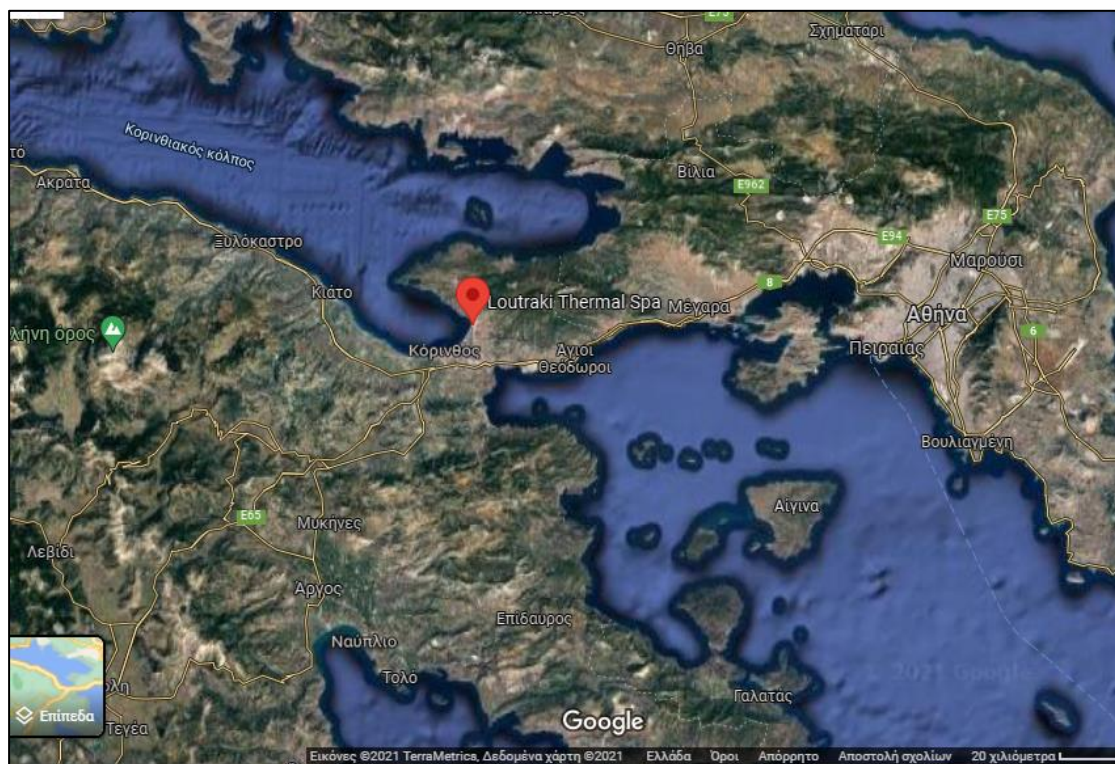
Τα Λουτρά Πολυτελείας αξιοποιούσαν την ιαματική πηγή «ΕΟΤ», που αναφέρεται στη συνέχεια του κειμένου και με τον κωδικό «ΠΕΛ-043». Την δεκαετία του 1990 διανοίχθηκε από το ΙΓΜΕ γεώτρηση μικρού βάθους για την κάλυψη των αυξημένων αναγκών των Λουτρών. Το νέο υδροθεραπευτήριο τροφοδοτείται από την συγκεκριμένη γεώτρηση καθώς και από υδρομάστευση ιαματικού νερού από πολύ μικρό βάθος (~2m).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1. Γενικά

Το Λουτράκι βρίσκεται περίπου 84 km δυτικά της Αθήνας και 4 km βορειοανατολικά της Κορίνθου (Εικόνα 3). Βρέχεται από τον Κορινθιακό κόλπο και αποτελεί την έδρα του δήμου Λουτρακίου - Περαιχώρας.

Ο πληθυσμός του, σύμφωνα με την απογραφή του 2011, ανέρχεται σε 11.564 κατοίκους (www.statistics.gr). Σημαντική πληθυσμιακή αύξηση παρατηρήθηκε κυρίως μετά τη δεκαετία του 1950, λόγω μαζικής μετακίνησης πληθυσμών από την ύπαιθρο στο αστικό κέντρο της περιοχής, προς αναζήτηση εργασίας και καλύτερων συνθηκών διαβίωσης. Το Λουτράκι, ως αναγνωρισμένη λουτρόπολη, αποτελούσε ούτως ή άλλως σημαντικό τουριστικό θέρετρο ήδη από τη δεκαετία του 1920. Πόλοι έλξης επισκεπτών στην περιοχή αποτελούν τα σημαντικά αξιοθέατα, το μεγάλο δημοτικό υδροθεραπευτήριο, το καζίνο και η μεγάλου μήκους (3,5 km) παραλία.

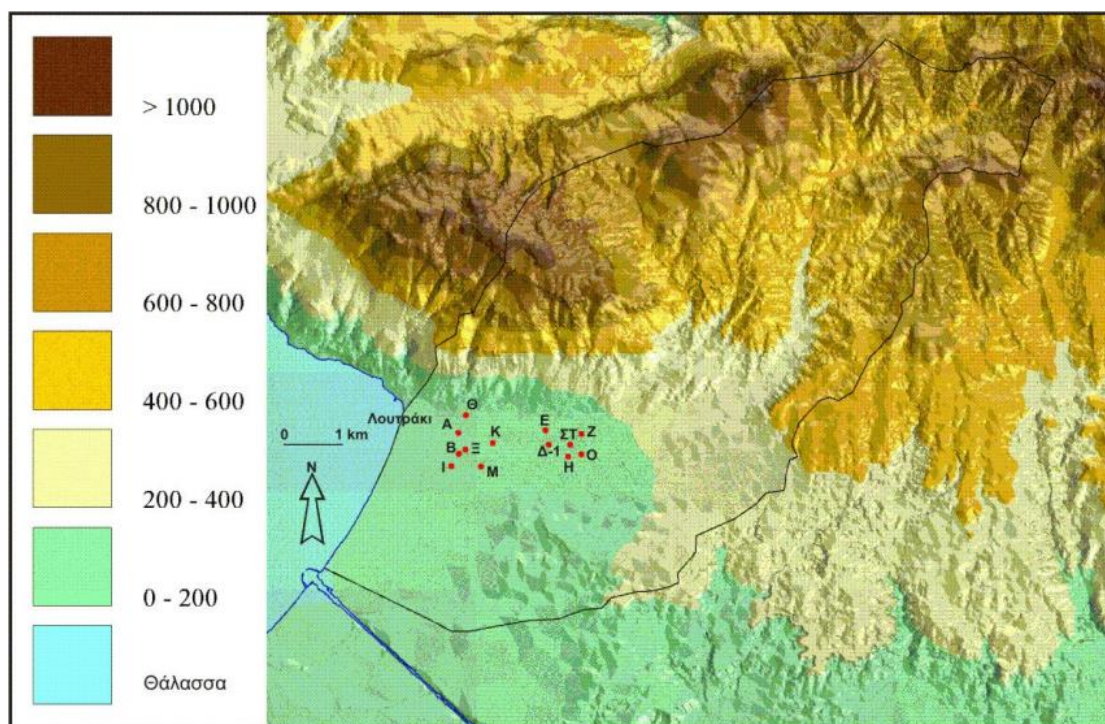


Εικόνα 3: Απεικόνιση θέσης Λουτρακίου Κορινθίας και των ομώνυμων ιαματικών πηγών

2.2. Γεωμορφολογικά Στοιχεία

Το σημερινό τοπογραφικό ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής του Λουτρακίου είναι αποτέλεσμα των έντονων τεκτονικών διεργασιών που έλαβαν χώρα στον Κορινθιακό κόλπο κατά την πρόσφατη γεωλογική περίοδο (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010). Ενδείξεις αυτών των γεωδυναμικών διεργασιών είναι η απότομη αλλαγή των μορφολογικών κλίσεων και οι μεγάλες υψομετρικές διαφορές. Στο βόρειο και ανατολικό τμήμα κυριαρχεί το ορεινό ανάγλυφο των νότιων πρανών των Γερανείων Όρεων, ενώ προς τα νότια και δυτικά της περιοχής το ανάγλυφο είναι ήπιο. Η μετάβαση από το ορεινό στο πεδινό τμήμα γίνεται απότομα, με έντονες κλίσεις, ενώ νοτιότερα η ταπείνωση του ανάγλυφου γίνεται μέσω ήπιων πρανών, με ομαλές κλίσεις που φτάνουν μέχρι τις ακτές του Κορινθιακού κόλπου (Εικόνα 4). Γενικά πάντως, η συνολική τοπογραφία της περιοχής χαρακτηρίζεται ως ομαλή, καθώς στην μεγαλύτερη έκταση της κυριαρχούν μικρές κλίσεις.

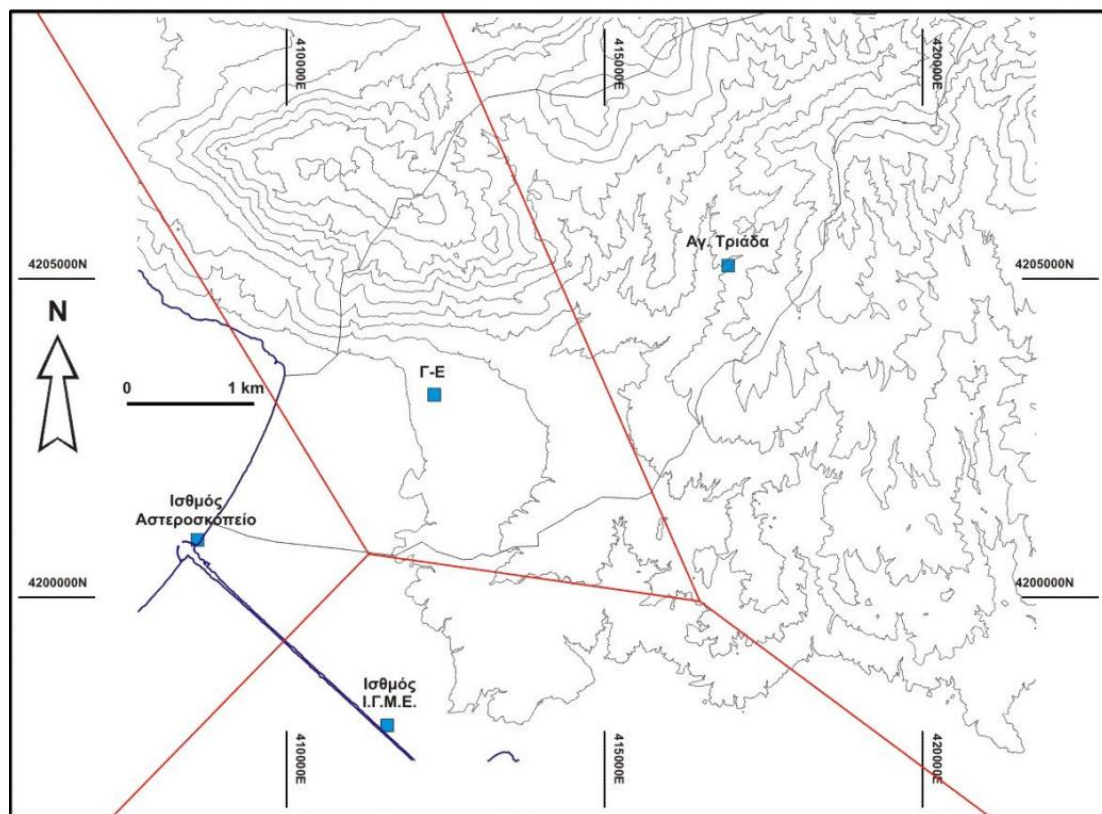
Το πυκνό, δενδριτικού τύπου, υδρογραφικό δίκτυο αναπτύσσεται κατά τον ΒΑ – ΝΔ άξονα, μέσα σε αλπικούς και μεταλπικούς σχηματισμούς (οφιολιθικό σύμπλεγμα, ασβεστόλιθοι, βοιωτικός φλύσχος, μεταλπικά ιζήματα) (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010).



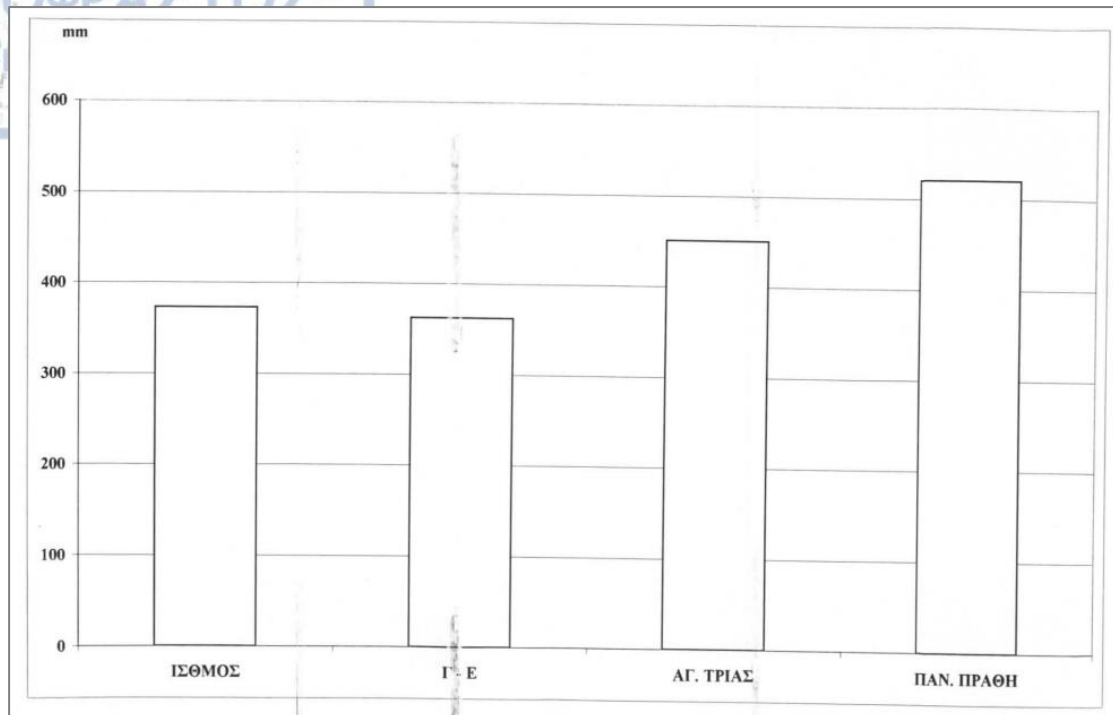
Εικόνα 4: Τοπογραφικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής ενδιαφέροντος (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010)

2.3. Κλιματικά Στοιχεία

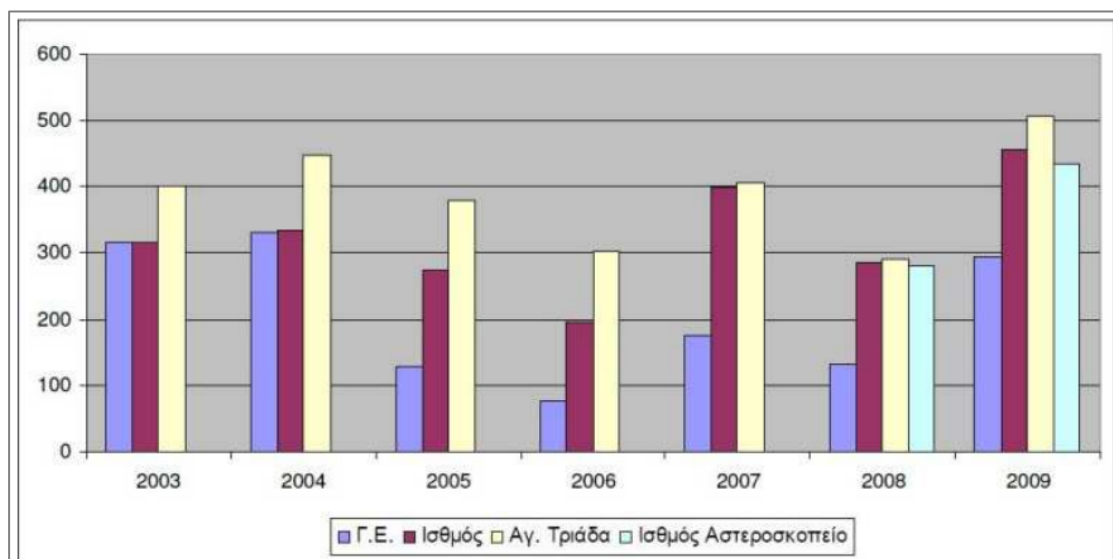
Στην περιοχή του Λουτρακίου δεν υπάρχει μετεωρολογικός σταθμός που να λειτούργησε για επαρκές χρονικό διάστημα ώστε να παρέχει πλήρη χρονοσειρά δεδομένων. Ο κοντινότερος σταθμός βρίσκεται στο Βέλο Κορινθίας (17 km δυτικά της Κορίνθου, υψόμετρο +20m). Το ΙΓΜΕ εγκατέστησε το 1992 στην περιοχή του Λουτρακίου, πέντε (5) βροχόμετρα και ένα εξατμισίμετρο, με σκοπό την παρακολούθηση του μεταλλικού και του ιαματικού υδροφορέα (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010). Τα στοιχεία για το ετήσιο ύψος βροχής για τα έτη 1999 – 2009 που παρουσιάζονται στα Σχήματα 1 και 2, προέκυψαν από τα βροχόμετρα κοντά στη θέση της γεώτρησης ΓΕ (υψόμετρο +127 m), στην μονή Αγίας Τριάδας (υψόμετρο +402 m), στην Μονή Παναγίας Πράθη (υψόμετρο +750 m) του ΙΓΜΕ, καθώς και από τους μετεωρολογικούς σταθμούς του Ισθμού της Κορίνθου και στη γέφυρα Ποσειδωνίας του Ισθμού (υψόμετρο +6 m), που εγκαταστάθηκαν από το Αστεροσκοπείο Αθηνών από τον Ιανουάριο του 2008.



Εικόνα 5: Θέσεις βροχομέτρων στη λεκάνη Λουτρακίου (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010)



Σχήμα 1: Μέση ετήσια βροχόπτωση για τα έτη 1999 - 2002 (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη., 2003)



Σχήμα 2: Διάγραμμα ετήσιου ύψους βροχής από τα 3 βροχόμετρα του ΙΓΜΕ (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010)

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, στο Εγγύς Βέλο Κορινθίας η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 18°C (Εικόνα 6) και το ετήσιο θερμομετρικό εύρος είναι περίπου 18,3°C. Οι μέγιστες ετήσιες θερμοκρασίες καταγράφονται τον μήνα Ιούλιο και κυμαίνονται μεταξύ 22 και 32°C, ενώ οι ελάχιστες θερμοκρασίες τον Ιανουάριο (7 έως 12°C), (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010).



Εικόνα 6: Κατανομή μέσων ετήσιων θερμοκρασιών στον Ελληνικό χώρο. Η περιοχή του Λουτρακίου εντοπίζεται μεταξύ των ισόθερμων καμπυλών των 18 °C και των 18,5 °C (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010)

Στην περιοχή του Λουτρακίου επικρατούν παρόμοιες υγρομετρικές συνθήκες με αυτές των λοιπών παράκτιων περιοχών της Ελλάδας. Η μέση ελάχιστη τιμή της σχετικής υγρασίας συναντάται τον Ιούλιο και υπολογίζεται στο 57 %, ενώ η μέση μέγιστη τιμή της σχετικής υγρασίας συναντάται κατά την περίοδο Ιανουαρίου - Φεβρουαρίου και υπολογίζεται στο 77 % (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010).

Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από τα εξατμισίμετρα που εγκατέστησε το ΙΓΜΕ στη γεώτρηση ΓΕ και την Μονή Παναγίας Πράθη, η μέση πραγματική εξάτμιση είναι ίση με 261,733 mm και 280,567 mm αντίστοιχα (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010).

2.4. Γεωλογικά Στοιχεία

Από γεωλογική άποψη η περιοχή του Δήμου Λουτρακίου – Περαιχώρας μπορεί να χωριστεί σε δύο τμήματα: α) στο βόρειο, το οποίο περιλαμβάνει το νότιο τμήμα της ορεινής μάζας των Γερανείων και τη χερσόνησο της Περαιχώρας και δομείται από αλπικούς σχηματισμούς και β) στο νότιο, πεδινό και λοφώδες τμήμα, στο οποίο

περιλαμβάνεται η λεκάνη Λουτρακίου και αποτελεί κομμάτι ενός ευρύτερου τεκτονικού βυθίσματος, που έχει πληρωθεί με μεταλλικές αποθέσεις. Οι σχηματισμοί που εμφανίζονται στην περιοχή ενδιαφέροντος (Εικόνα 7) είναι συνοπτικά οι εξής (Παπαδόπουλος & Λάμπας, 2013, Βέκιος & Ευθυμίουπουλος, 2010):

- **Περμοτριάδικοί Σχηματισμοί**

Αποτελούνται από εναλλαγές γκρίζων – τεφρών ασβεστόλιθων με ψαμμίτες, χαλαζιακά κροκαλοπαγή και ηφαιστειακούς τόφφους. Η σχέση τους με τα υπερκείμενα ανθρακικά πετρώματα είναι τεκτονική. Πιθανώς αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής και εμφανίζονται επιφανειακά σε ελάχιστες θέσεις.

- **Ανθρακικοί Σχηματισμοί (Τριαδικό – Ανώτερο Ιουρασικό)**

Πρόκειται για νηριτικούς ανθρακικούς σχηματισμούς, κυρίως ασβεστόλιθους ποικίλων χρωμάτων. Στα κατώτερα μέλη της ακολουθίας παρατηρούνται άστρωτοι ή παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι που μεταβαίνουν σε πλακώδεις στα ανώτερα. Επίσης, κυρίως στα κατώτερα τμήματα παρατηρείται δολομιτίωση των ασβεστολίθων, ενώ στα ανώτερα παρατηρούνται ενστρώσεις από πυριτόλιθους ή/και φακοί ψαμμιτών – ασβεστοψαμμιτών. Ο σχηματισμός είναι έντονα τεκτονισμένος, με διαρρήξεις και έντονο κερματισμό, ως αποτέλεσμα της αλπικής ορογένεσης και των μεταγενέστερων νεοτεκτονικών φάσεων. Εμφανίζουν μέτρια έως έντονη καρστικοποίηση και μικρό βαθμό αποσάθρωσης. Στην περιοχή ενδιαφέροντος εμφανίζονται υποκείμενοι των πλευρικών κορημάτων και έχουν πάχος αρκετών εκατοντάδων μέτρων.

- **Βοιωτικός Φλύσχης (Ανώτερο Ιουρασικό – Κατώτερο Κρητιδικό)**

Κλαστικός σχηματισμός, τεκτονικά υπερκείμενος των ανθρακικών σχηματισμών. Αποτελείται, κυρίως από ρυθμικές εναλλαγές από ανοιχτόχρωμους ψαμμίτες, κλαστικούς ασβεστόλιθους, πηλίτες και ραδιολαρίτες. Η κλαστική ακολουθία υπέρκειται ενός ηφαιστειοϊζηματογενούς συμπλέγματος, το οποίο αποτελείται από εναλλαγές αργιλικών σχιστόλιθων, ραδιολαρίτων και σπανιότερα ψαμμιτών, με αραιές εμφανίσεις λεπτοπλακώδων ασβεστόλιθων με πυριτόλιθους. Η ακολουθία είναι σε μεγάλο βαθμό τεκτονισμένη και το συνολικό πάχος της είναι περίπου 150 – 200 m.

- **Οφιολιθικό Κάλυμμα**

Εμφανίζεται στο βορειοανατολικό – ανατολικό τμήμα της περιοχής ενδιαφέροντος και καταλαμβάνει μεγάλο μέρος της λεκάνης. Πρόκειται για αλληλουχία συχνά εξαλλοιωμένων υπερβασικών και βασικών πετρωμάτων. Αποτελείται από εναλλαγές περιδοτιτών – σερπεντινών, με κατά τόπους μικρές εμφανίσεις λευκόλιθου, οι οποίοι καλύπτονται στο μεγαλύτερο κομμάτι τους από Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμούς. Το οφιολιθικό κάλυμμα βρίσκεται επωθημένο πάνω στον βοιωτικό φλύσχη, ενώ στη βάση του υπάρχουν σχιστοκερατόλιθοι. Η έκταση που καταλαμβάνει το οφιολιθικό κάλυμμα υπολογίζεται ότι είναι 20,36 km² και το πάχος του ανέρχεται στα 100 m.

- **Σχιστοκερατόλιθοι**

Εντοπίζονται στη βάση του οφιολιθικού καλύμματος και καταλαμβάνουν μικρή έκταση στο βορειοδυτικό τμήμα. Η σύσταση τους αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους με εναλλαγές από πλακώδεις ραδιολαρίτες και ασβεστόλιθους. Το μεγαλύτερο μέρος τους καλύπτεται από Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμούς. Το πάχος τους μαζί με το οφιολιθικό κάλυμμα ξεπερνά τα 300 m.

- **Μεταλπικοί Σχηματισμοί**

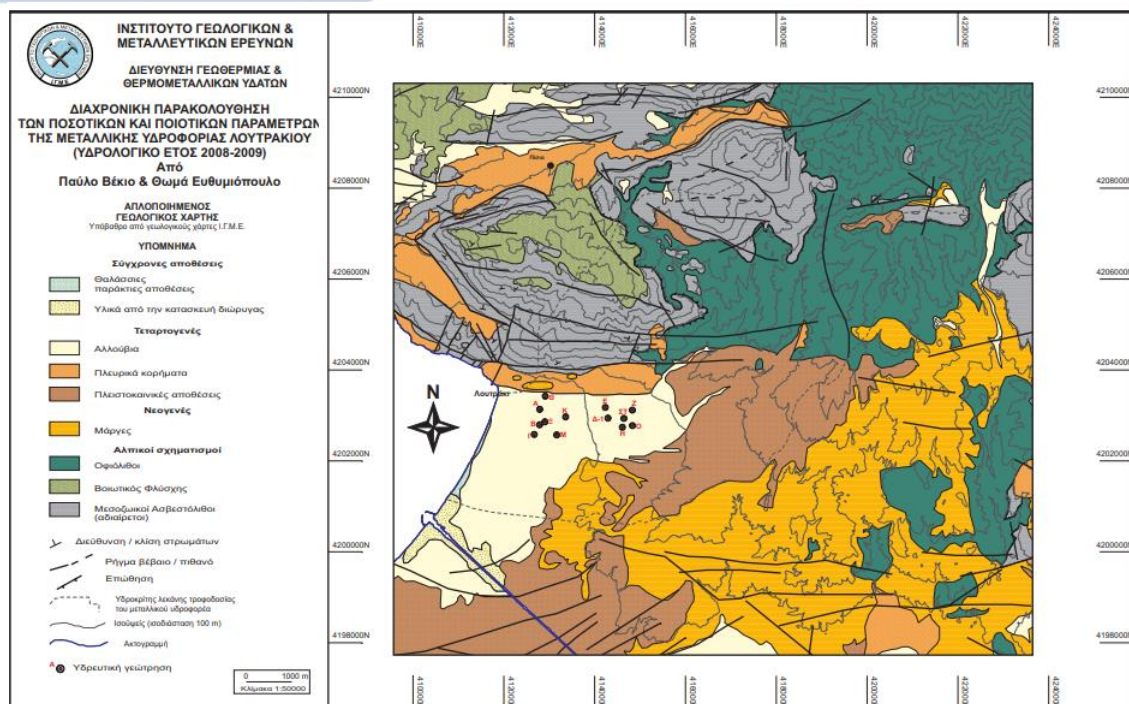
Τα μεταλπικά ιζήματα που πληρώνουν τη Λεκάνη Λουτρακίου παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλομορφία, χαρακτηριστικό της νεοτεκτονικής εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής, η οποία συνεχίζεται έως και σήμερα. Αναλυτικότερα πρόκειται για (Παπαδόπουλος & Λάμπας, 2013, Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010):

1. **Μάργες (Κατώτερο Πλειόκαινο):** Εναλλαγές υπόλευκων μαλακών μαργών και σκληρότερων αμμούχων μαργαϊκών στρωμάτων. Εντοπίζονται στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής και έχουν πάχος 150 m. Έχουν έντονη κλίση προς βορρά και μεταβαίνουν σε πλακώδεις μάργες σε εναλλαγές με μαργαϊκούς ασβεστόλιθους.
2. **Μάργες Ασπροχωμάτων (Μέσο – Ανώτερο Πλειόκαινο):** Λευκές ή κιτρινωπές μάργες, με μεγάλο αριθμό απολιθωμάτων υφάλμυρης φάσης, αμμούχες μάργες και λεπτοί πάγκοι ψαμμιτών. Εντοπίζονται

στο νοτιοανατολικό τμήμα του Λουτρακίου και το πάχος τους πιθανόν ξεπερνά τα 250 m.

3. **Τυρρήνιες Αποθέσεις (Πλειστόκαινο):** Συνεκτικοί ψαμμίτες, ασβεστιτικοί ψαμμίτες, άμμοι και κροκαλοπαγή μικρού σχετικά πάχους που δεν ξεπερνούν τα 10 m. Εμφανίζονται στο νότιο τμήμα του πολεοδομικού συγκροτήματος του Λουτρακίου.
4. **Κροκαλοπαγή Σκούρτιζας (Πλειστόκαινο):** Σχηματισμός ποταμοχειμμάριας φάσης, ο οποίος αποτελείται από κροκαλοπαγή οφιολιθικής και ανθρακικής σύστασης. Εντοπίζονται στη λοφώδη περιοχή ανατολικά του Λουτρακίου και το συνολικό τους πάχος πιθανώς ξεπερνά τα 200 m.
5. **Παλαιά Συνεκτικά Κορήματα (Πλειστόκαινο):** Αποτελούνται σε μεγάλο βαθμό από γωνιώδη θραύσματα ανθρακικών πετρωμάτων και ερυθρό συνδετικό υλικό. Το πάχος τους κυμαίνεται από λίγα έως μερικές δεκάδες μέτρα.
6. **Σύγχρονα Κορήματα και Κώνοι Κορημάτων (Ολόκαινο):** Χαλαρά υλικά, αποτελούμενα από γωνιώδη θραύσματα πετρωμάτων, με ασβεστολιθικές και οφιολιθικές λατύπες, σπάνια συγκολλημένες με αργιλομαργαϊκό υλικό. Καλύπτουν σχεδόν όλες τις μάργες και τους υπόλοιπους Νεογενείς σχηματισμούς του βόρειου και βορειοανατολικού τμήματος της λεκάνης του Λουτρακίου.
7. **Αλλουβιακές Προσχώσεις (Ολόκαινο):** Χαλαρά υλικά, κυρίως άργιλοι, άμμοι, κροκάλες και λατύπες, τα οποία είναι προϊόντα διάβρωσης των παρακείμενων παλαιότερων σχηματισμών. Εντοπίζονται στις χαμηλά τοπογραφικά περιοχές και στο μεγαλύτερο μέρος της πόλης του Λουτρακίου.
8. **Σύγχρονες Παράκτιες Αποθέσεις (Ολόκαινο):** Ιζήματα παράκτιας φάσης, που αποτελούνται κυρίως από άμμους και κροκάλες. Εντοπίζονται κατά μήκος των ακτών, νότια του Λουτρακίου και έχουν πολύ μικρό πάχος (<1m).
9. **Ανθρωπογενείς Αποθέσεις (Ιστορικοί Χρόνοι):** Πρόκειται για χαλαρά υλικά με κύρια εμφάνιση μεγάλου πάχους στο νοτιότερο τμήμα της ευρύτερης περιοχής του Λουτρακίου, τα οποία προέρχονται από υλικά εκσκαφής της διώρυγας. Μικρής έκτασης ανθρωπογενείς αποθέσεις

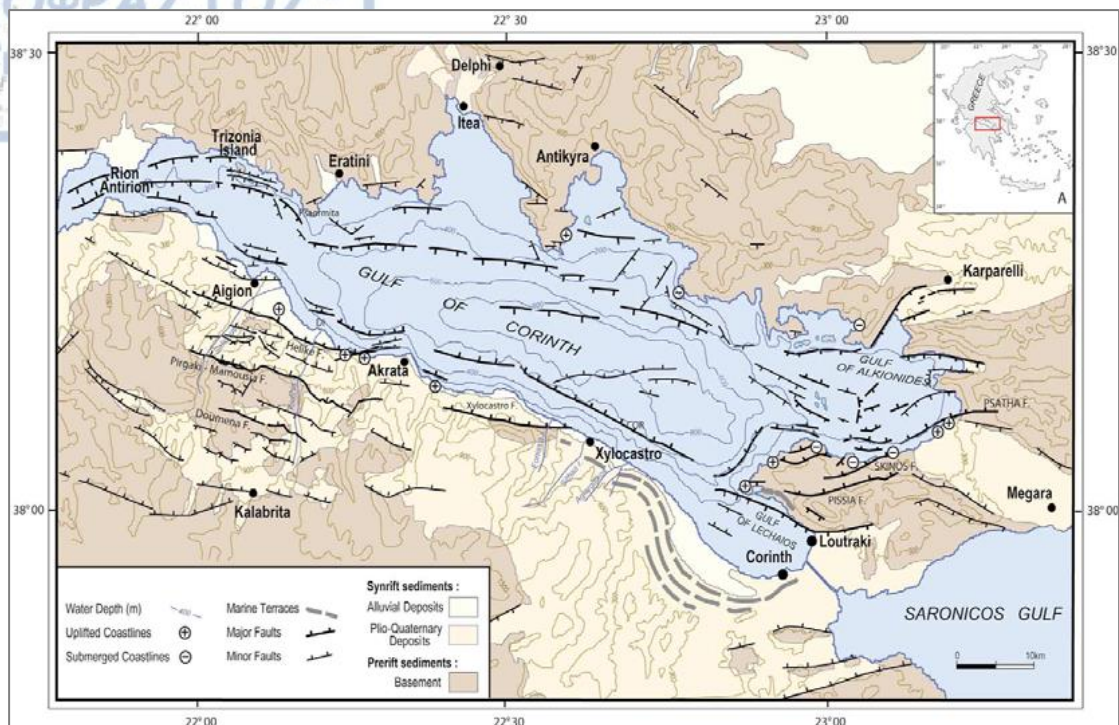
εντοπίζονται και εντός των ρεμάτων, που προέρχονται από εκσκαφές οικοδομών.



Εικόνα 7: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Λουτρακίου (Α έως Ο γεωτρήσεις της περιοχής) (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010)

2.5. Τεκτονικά - Νεοτεκτονικά Στοιχεία

Η περιοχή Λουτρακίου ανήκει στη σύνθετη νεοτεκτονική δομή του Κορινθιακού κόλπου (Εικόνα 8), που είναι ενεργή από το Πλειόκαινο έως και σήμερα (Παπαδόπουλος & Λάμπας, 2013). Η τεκτονική της είναι έντονη και ιδιαίτερα περίπλοκη, καθώς βρίσκεται στο «σημείο συνάντησης» των δύο μεγάλων λεκανών του Κορινθιακού Κόλπου και του Σαρωνικού Κόλπου. Οι κύριες τεκτονικές δομές είναι το βύθισμα της Ανατολικής Κορινθίας, το οποίο αντιπροσωπεύει το πεδινό τμήμα της λεκάνης Λουτρακίου, και το τεκτονικό κέρασ των Γερανείων, το οποίο αποτελεί το ορεινό τμήμα της (Παπανικολάου κ.α., 1990). Οι δύο δομές διαχωρίζονται από τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη Λουτρακίου – Αγίας Κυριακής, ενώ το κέρασ των Γερανείων οριοθετείται από το βορρά από ένα σύστημα ρηγμάτων κλιμακωτής διάταξης (Παπαδόπουλος & Λάμπας, 2013).



Εικόνα 8: Κυριότερες ρηξιγενείς ζώνες της περιοχής του Κορινθιακού κόλπου (Παπαδόπουλος & Λάππας, 2013)

Τα ενεργά ρήγματα και οι ρηξιγενείς ζώνες της ευρύτερης περιοχής είναι οι εξής (Παπαδόπουλος & Λάππας, 2013):

Ρηξιγενής Ζώνη Λουτρακίου – Αγίας Κυριακής: Πρόκειται για μια μεγάλη τεκτονική δομή με διεύθυνση Α – Δ που κάμπτεται και αποκτά διεύθυνση ΑΝΑ – ΔΒΔ. Έχει μήκος περίπου 50 km, εκτείνεται από τη Κακιά Σκάλα στα ανατολικά φτάνει μέχρι τους πρόποδες των Γερανείων βόρεια του Λουτρακίου και συνεχίζεται υποθαλάσσια εντός του Λέχαιου κόλπου έως το ακρωτήριο Ηραίο. Στην δράση των ρηγμάτων της συγκεκριμένης ζώνης οφείλεται, ο κατακερματισμός των Τριαδικό – Ιουρασικών ανθρακικών σχηματισμών και η απόθεση μεγάλου όγκου πλευρικών κορημάτων. Κατά μήκος της συναντώνται τεκτονικά λατυποπαγή και διαδοχικές γενεές κορημάτων. Το διαχρονικό άλμα της ζώνης είναι μεγάλο και ξεπερνά τα 150m. Στη ζώνη αυτή ανήκει και το ρήγμα του Λουτρακίου, το οποίο αποτελεί προέκταση του γνωστού ρήγματος της Κακιάς Σκάλας, έχει μήκος 15 km, και οριοθετεί προς τον βορρά την κύρια λεκάνη του Λουτρακίου. Εκτείνεται από τα ανατολικά της ευρύτερης περιοχής έως τα δυτικά όπου και συνεχίζει υποθαλάσσια (Εικόνα 8). Κατά μήκος του συναντώνται εκδηλώσεις θερμής υδροφορίας (Παπαδόπουλος & Λάππας, 2013).

Ρήγμα Οσίου Ποταπίου : Έχει διεύθυνση ΔΒΔ – ΑΝΑ, μήκος 7 – 8 km και βρίσκεται στα νοτιοδυτικά πρανή των Γερανείων. Εκτείνεται παράλληλα με την υποθαλάσσια προέκταση της ρηξιγενούς ζώνης Κακιάς Σκάλας – Ηραίου. Στο κατεβασμένο τέμαχος του έχουν αποτεθεί διαδοχικά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων. Το ρήγμα αυτό αρχικά έδρασε ως αριστερόστροφο πλαγιοκανονικό και εξελίχθηκε σε ορθοκανονικό. Το διαχρονικό άλμα του ανέρχεται περί τα 150m.

Ρήγματα Περιοχής Λεκάνης Λουτρακίου : Τα ρήγματα και οι ρηξιγενείς ζώνες εντός της λεκάνης Λουτρακίου είναι δύσκολο να εντοπιστούν επιφανειακά λόγω του μεγάλου πάχους των αλλουβιακών αποθέσεων και του υψηλού αποθετικού ρυθμού που έχει ως αποτέλεσμα την γρήγορη κάλυψη κάθε τεκτονικής δομής. Στα βόρεια της περιοχής ενδιαφέροντος, και συγκεκριμένα στην επέκταση του νεκροταφείου Λουτρακίου, έχει εντοπιστεί μια ρηξιγενής ζώνη με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ, η οποία τέμνει τις μάργες Ασπροχωμάτων, με άλμα μικρότερο των 10m. Επίσης υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να υπάρχει μία ρηξιγενής ζώνη με διεύθυνση Α – Δ. παράλληλα στα συστήματα ρηγμάτων του Ισθμού και στο ρηξιγενές περιθώριο των Γερανείων.

Η ρηξιγενής ζώνη Λουτρακίου – Αγίας Κυριακής και το ρήγμα Οσίου Ποταπίου είναι σεισμικά ενεργές δομές, με δραστηριότητα που είναι καταγεγραμμένη από την αρχαιότητα. Το 1981, η ευρύτερη περιοχή επλήγη μέσα σε 10 μέρες από τρεις ισχυρούς σεισμούς, μεγέθους 6,4–6,7. Κατά τη διάρκεια αυτής της σεισμικής ακολουθίας, ενεργοποιήθηκαν τα ρήγματα Πισίων, Σχίνου και Καπαρέλη που ανήκουν στο σύστημα των Αλκυονίδων. Τα δύο πρώτα βρίσκονται στην χερσόνησο της Περαχώρας λίγο πάνω από το Λουτράκι, ενώ το ρήγμα Καπαρέλη εντοπίζεται βόρεια του Κορινθιακού Κόλπου (Λέκκας κ.ά., 2001).

Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται μια πανοραμική άποψη της περιοχής του Λουτρακίου. Στο βάθος, πίσω από το πολεοδομικό συγκρότημα, διακρίνονται τα ανατολικά όρια των Γερανείων και η απότομη κλίση των πρανών καθώς αλλάζει το υψόμετρο. Αριστερά, στους πρόποδες των Γερανείων, διακρίνεται μια στενή περιοχή, στην παράκτια ζώνη της οποίας εντοπίζονται οι θερμές πηγές και βρίσκονται οι εγκαταστάσεις των Λουτρών. Από το ανάγλυφο της περιοχής, καθίστανται εμφανής η δράση της τεκτονικής και των ρηγμάτων της ρηξιγενούς ζώνης Λουτρακίου-Αγίας Κυριακής, ενώ το ρήγμα της λεκάνης Λουτρακίου φαίνεται να εκτείνεται με

κατεύθυνση Α-Δ (δεξιά προς αριστερά στην Εικόνα 9) και να βυθίζεται στον Κορινθιακό Κόλπο.



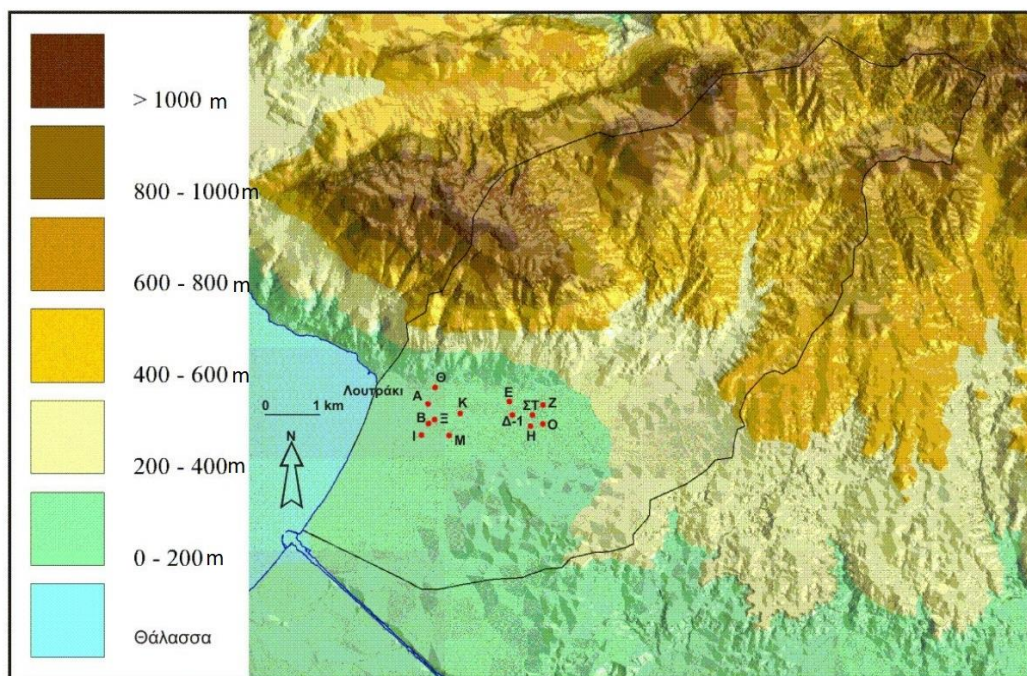
Εικόνα 9: Πανοραμική άποψη της πόλης του Λουτρακίου και των Γερανείων
(www.greekscapes.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η περιοχή του Λουτρακίου υδρογεωλογικά ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Αττικής (GR06). Εντός της περιοχής ενδιαφέροντος διαμορφώνονται δύο λεκάνες απορροής: η (κύρια) λεκάνη Λουτρακίου και η βορειοδυτική λεκάνη Λουτρακίου.

3.1 Υδρολογική λεκάνη Λουτρακίου

Η υδρολογική λεκάνη Λουτρακίου έχει επίμηκες σχήμα και αναπτύσσεται κατά τη ΝΔ – ΒΔ διεύθυνση. Τα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.



Εικόνα 10: Λεκάνη απορροής Λουτρακίου (Α έως Ο γεωτρήσεις της περιοχής)

Το σχήμα της λεκάνης σε συνδυασμό με τα αδρομερή κλαστικά και περατά υλικά που την καλύπτουν επιφανειακά κατά το ήμισυ της έκτασης της, συντελούν στην συγκράτηση και κατείσδυση των αυξημένων όμβριων υδάτων, με μικρές απορροές στη θάλασσα (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη., 2003).

Πίνακας 1: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά λεκάνης Λουτρακίου (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη., 2003)

Έκταση	53,27 km ²
Μήκος (ανατολικό άκρο ως την ακτογραμμή)	14,9 km
Περίμετρος	35 km
Μέσο πλάτος	4,5 km
Μέγιστο Υψόμετρο	1068 m
Μέσο Υψόμετρο	470 m

3.1.1 Υδρογεωλογική συμπεριφορά γεωλογικών σχηματισμών

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στη λεκάνη Λουτρακίου (Εικόνα 11) είναι (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη, 2003, 2005):

1. Ανθρακικοί Σχηματισμοί (Έκταση 11,852 km²)

Εντοπίζονται στα Γεράνεια, στο βόρειο τμήμα της λεκάνης και είναι κυρίως ασβεστόλιθοι. Λόγω της έντονης τεκτονικής καταπόνησης και της καρστικοποίησής τους, χαρακτηρίζονται από μέτρια έως υψηλή περατότητα. Το καρστικό δίκτυο που έχει αναπτυχθεί και το δευτερογενές πορώδες, επιτρέπουν την κατίσδειση των κατακρημνισμάτων και την κυκλοφορία τους σε μεγάλα βάθη, ενώ παράλληλα η επιφανειακή απορροή προς τα κατώτερα τμήματα της λεκάνης είναι περιορισμένη. Το δίκτυο αυτό θεωρείται ότι απορροφά ένα μεγάλο μέρος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που ανέρχεται έως και το 60% των συνολικών ετήσιων κατακρημνισμάτων.

2. Αλλουβιακοί σχηματισμοί (Έκταση 7,45 km²)

Οι αλλουβιακές προσχώσεις καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της λεκάνης του Λουτρακίου και έχουν τον σημαντικότερο υδρογεωλογικό ρόλο στην λεκάνη του Λουτρακίου, καθώς εντός τους αναπτύσσεται η μεταλλική υδροφορία της περιοχής. Εμφανίζονται στο κεντρικό και βόρειο τμήμα της λεκάνης και είναι σχηματισμοί με μεγάλη υδροπερατότητα. Οι νεώτερες προσχώσεις έχουν, κυρίως οφιολιθική σύνθεση και αποτελούνται από άμμους, χάλικες, αργιλικές ενστρώσεις και κροκάλες οφιολιθικής και ασβεστολιθικής προέλευσης.

3. Οφιόλιθοι (Έκταση 20,363 km²)

Εντοπίζονται στο βορειοανατολικό τμήμα του Λουτρακίου στα Γεράνεια όρη. Οι οφιόλιθοι είναι γενικά μη υδροπερατοί σχηματισμοί. Όμως στη συγκεκριμένη λεκάνη, λόγω τεκτονισμού έχει δημιουργηθεί δευτερογενές

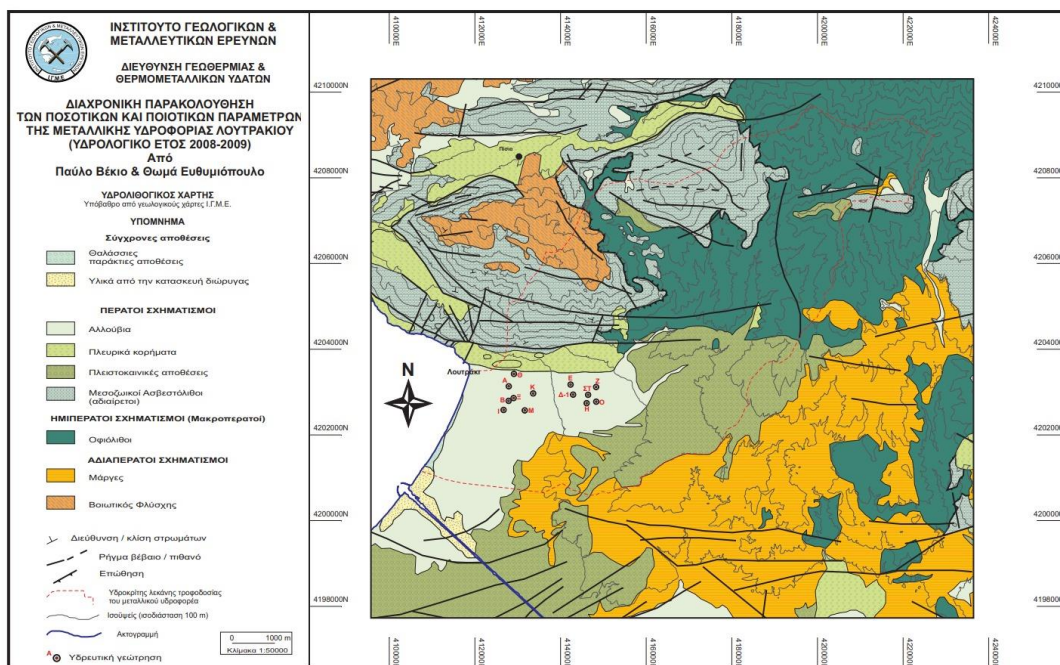
πορώδες, που επιτρέπει την κίνηση του νερού και σε κάποιες περιπτώσεις τη δημιουργία υδροφόρου ορίζοντα τοπικού χαρακτήρα. Στην περιοχή που επικρατούν οι οφιόλιθοι, επικρατεί η επιφανειακή απορροή έναντι της κατείσδυσης, ενώ οι σχηματισμοί αυτοί τροφοδοτούν τον μεταλλικό υδροφορέα. Επίσης έχουμε εμφάνιση κατά τόπους μικροπηγών. Η κατείσδυση ανέρχεται περίπου στο 10,19 % των ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων..

4. Μάργες (Εκταση 1,125 km²)

Κυρίως ανθρακικής, αργίλικής σύνθεσης. Αποτελούν αδιαπέρατο σχηματισμό και κατ επέκταση το υπόβαθρο του μεταλλικού υδροφορέα, χωρίς να επιτρέπουν υπόγειες μεταγίσεις/απώλειες.

5. Κροκαλοπαγή (Εκταση 8,125 km²)

Οφιολιθικής προέλευσης κυρίως, παρουσιάζουν ενδοπορική υδροφορία. Έχουν αυξημένη συνεκτικότητα και σημαντική παρουσία λεπτόκοκκων φάσεων, με αποτέλεσμα μειωμένη περατότητα. Έχουν μικρό πάχος και δεν περιέχουν μεγάλες ποσότητες νερού. Η υδροφορία τους κατά το σύνολο της καταλήγει στον μεταλλικό υδροφορέα.

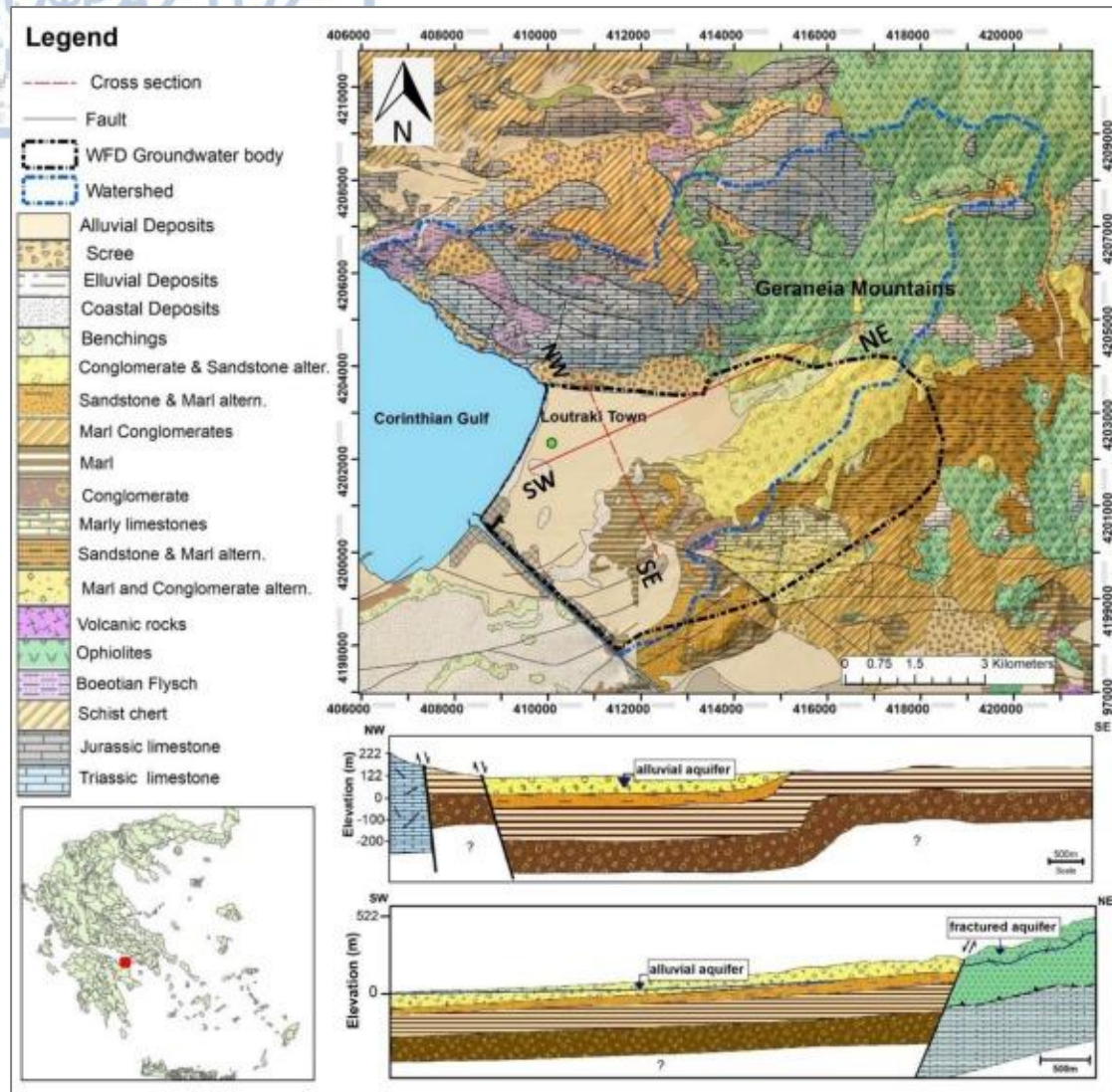


Εικόνα 11: Υδρολιθολογικός χάρτης λεκάνης Λουτρακίου (Βέκιος & Ευθυμίου, 2010)

3.1.2 Υδροφορείς Λεκάνης Λουτρακίου

Η υδροφορία στη Λεκάνη Λουτρακίου αναπτύσσεται ως εξής (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη, 2003):

1. *Μεταλλικός υδροφορέας* – Είναι ο προσχωματικός αδρόκοκκος σχηματισμός που εμφανίζεται στο κεντρικό, ανατολικό και δυτικό τμήμα της λεκάνης του Λουτρακίου και αναπτύσσεται εντός των κοκκώδων αλλουβιακών αποθέσεων. Έχει έκταση 7,45 km² και εμφανίζει ελαφρώς κωνική μορφολογία ακολουθώντας το επιφανειακό ανάγλυφο. Στο κεντρικό - ανατολικό τμήμα εμφανίζει συνθήκες ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα, ενώ στο δυτικό τμήμα μεταπίπτει σε υπό πίεση λόγω των επάλληλων αργιλικών ενστρώσεων. Στα βόρεια σύνορα του οριοθετείται από υδατοστεγείς μάργες και μαργαϊκούς ψαμμίτες των Γερανείων, με αποτέλεσμα να μην έρχεται σε επαφή με τον καρστικό υδροφορέα, ενώ προς τα νότια και ανατολικά οριοθετείται από νεογενείς μάργες (Εικόνα 12). Ο υδροφορέας εκφορτίζεται στα δυτικά του Κορινθιακού κόλπου, σε ένα μέτωπο μήκος περίπου 2 km.
2. *Ασβεστόλιθοι* – Παρουσιάζουν ενδορωγματική υδροφορία και δεν συνεισφέρουν στον μεταλλικό υδροφορέα, παρά μόνον μέσω της μικρής επιφανειακής απορροής.
3. *Κροκαλοπαγή* – Έχουν μειωμένη περατότητα και επικοινωνούν υδραυλικά με τους οφιόλιθικούς σχηματισμούς του υποβάθρου καθώς και με τον μεταλλικό υδροφορέα.
4. *Ημιυδροφορείς* – Αναπτύσσονται στους οφιόλιθους της περιοχής και παρουσιάζουν μέτρια υδροφορία λόγω δευτερογενούς πορώδους (ρωγμώσεις). Εκφορτίζονται μέσω μόνιμων πηγών, με μέση ετήσια παροχή 8,5 m³/h. Ο συνολικός ετήσιος όγκος του νερού των πηγών ανέρχεται σε 980.000 m³, που διοχετεύονται στον προσχωματικό υδροφορέα μεταλλικού νερού.



Εικόνα 12: Τομές λεκάνης Λουτρακίου (Πυργάκη κ.ά., 2020)

3.1.3 Υδρολογικό Ισοζύγιο Λεκάνης Λουτρακίου

Η σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου σε μια λεκάνη απορροής είναι απαραίτητη για τον σχεδιασμό υδραυλικών έργων και την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων σε αυτήν (Βουδούρης, 2009). Η γενική μορφή του υδρολογικού ισοζυγίου εκφράζει την ισότητα των εισροών και των εκροών στη λεκάνη (εξίσωση 1):

$$P = E + R + I \quad (1)$$

Όπου : P = τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

E = η πραγματική εξατμισοδιαπνοή

R = η επιφανειακή απορροή

I = η κατείδυση

Η εξίσωση (1) αποτελεί τη γενική μορφή του υδρολογικού ισοζυγίου, και ισχύει για μια λεκάνη με αμελητέα μεταβολή των υπόγειων αποθεμάτων νερού και ασήμαντη επίπτωση λόγω ανθρώπινων παρεμβάσεων. Στην περίπτωση που υπάρχει μεταβολή των αποθεμάτων σε μια λεκάνη απορροής λόγω ανθρωπογενών παρεμβάσεων ή άλλων φυσικών εκροών, το ισοζύγιο εκφράζεται με την εξίσωση (2):

$$P = E + R + I \pm dW \pm dq \quad (2)$$

Όπου : dW = η μεταβολή των αποθεμάτων υπόγειου νερού

dq = οι επιφανειακές ή υπόγειες εισροές και εκροές (αντλήσεις ή τεχνητός εμπλουτισμός).

Για τη λεκάνη του Λουτρακίου, τα δεδομένα που ελήφθησαν υπόψη για τον υπολογισμό του ισοζυγίου από τους Βέκιο & Ευθυμιόπουλο (2010) είναι τα κάτωθι:

Βροχόπτωση

Τα δεδομένα για τον όγκο των ετήσιων κατακρημνισμάτων στη λεκάνη του Λουτρακίου παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο (2.3).

Εξατμισοδιαπνοή

Η μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής στη Λεκάνη Λουτρακίου πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια εξατμισιμέτρων, τα οποία είχαν τοποθετηθεί στις ίδιες θέσεις με αυτές των βροχομέτρων (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010).

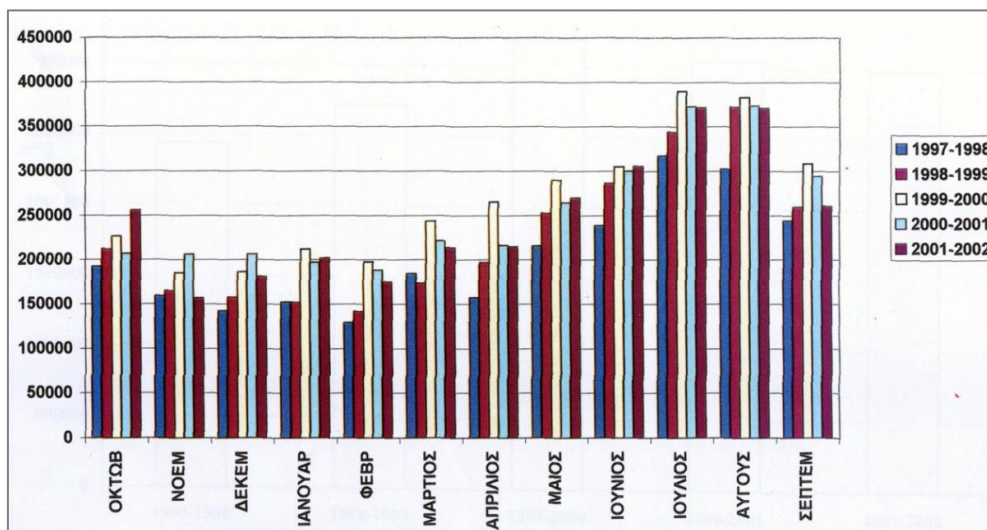
Επιφανειακή Απορροή

Το μεγαλύτερο μέρος των υδάτων που ρέουν επιφανειακά δεν φθάνει στη θάλασσα, αλλά αντίθετα κατεισδύει στο πεδινό τμήμα της λεκάνης, τροφοδοτώντας τον μεταλλικό υδροφορέα. Μόνο κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων ένα μικρό ποσοστό τους καταλήγει στη θάλασσα. Συγκεκριμένα για την περίοδο 2007 – 2008 δεν παρατηρήθηκε καθόλου επιφανειακή απορροή ($R=0$) ενώ για το έτος 2008 – 2009 καταγράφηκε επιφανειακή απορροή μόνον για 4 ημέρες και η τιμή της μετρήθηκε σε $0,3 \times 10^6 \text{ m}^3$ (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010).

Αντλήσεις

Οι αντλήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον μεταλλικό υδροφορέα έγιναν για την κάλυψη των αναγκών της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης του Δήμου Λουτρακίου – Αγίων Θεοδώρων και του εργοστασίου εμφιάλωσης. Στην

εικόνα 13 παρουσιάζονται οι αντλήσεις για την περίοδο 1997 – 2002 (Κούνης κ.α., 2003) και στην εικόνα 14 παρουσιάζονται οι αντλήσεις της περιόδου 2007 – 2009 (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010).



Εικόνα 13: Αντλήσεις περιόδου 1997 - 2002 σε m³ (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη, 2003)

Οι συνολικές αντλήσεις για το κάθε έτος υπολογίστηκαν ως:

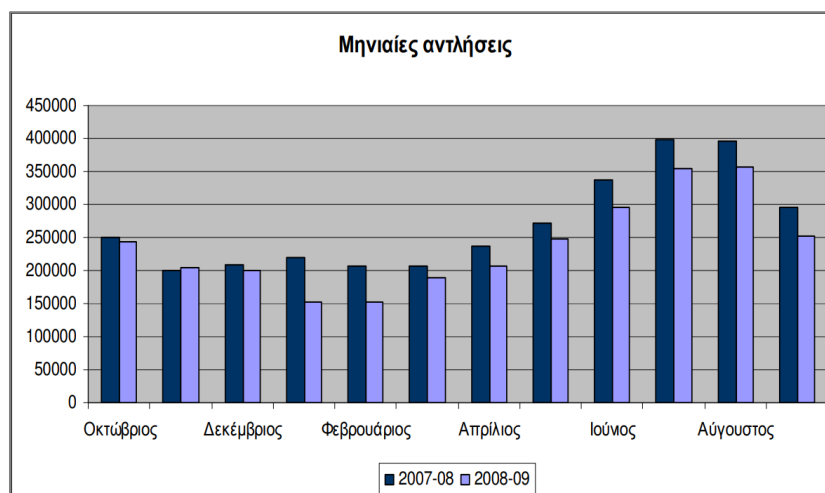
1997 – 1998: $2,4 \times 10^6$ m³

1998 – 1999: $2,7 \times 10^6$ m³

1999 – 2000: $3,3 \times 10^6$ m³

2000 – 2001: $3,1 \times 10^6$ m³

2001 – 2002: $2,95 \times 10^6$ m³



Εικόνα 14: Αντλήσεις περιόδου 2007 - 2008 (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010)

Οι συνολικές αντλήσεις για το υδρολογικό έτος 2007 – 2008 υπολογίστηκε ότι ανήλθαν σε $3,2 \times 10^6$ m³ και για το 2008 – 2009 σε $2,9 \times 10^6$ m³.

Με βάση τα παραπάνω, το συνολικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του Λουτρακίου για την περίοδο 2007-2009, διαμορφώνεται ως εξής:

Πίνακας 2: Ισοζύγιο λεκάνης Λουτρακίου (Βέκιος & Ευθυμίουπουλος, 2010)

	2007 - 2008		2008 - 2009	
	m ³	mm	m ³	mm
Βροχοπτώσεις	15,7 x 10⁶	305.55	22,1 x 10⁶	424.94
Εξάτμιση	11,6 x 10 ⁶	224.38	16,1 x 10 ⁶	313.32
Επιφανειακή Απορροή	0	0.00	0,33 x 10 ⁶	6.45
Αντλήσεις	3,23 x 10 ⁶	62.67	2,86 x 10 ⁶	55.47
Υπόγειες Εκροές	1,97 x 10 ⁶	38.25	1,97 x 10 ⁶	38.25
Σύνολο Εκροών	16,8 x 10⁶	325.30	21,3 x 10⁶	414.49
Έλλειμμα/Περίσσεια	-1,1 x 10⁶	-19.75	0,84 x 10⁶	16.45

Παρατηρείται ότι κατά το υδρολογικό έτος 2007 – 2008 το υδρολογικό ισοζύγιο ήταν έλλειμματικό, ενώ για το έτος 2008 – 2009 πλεονασματικό, χωρίς όμως η περίσσεια να αναπληρώνει το έλλειμμα του προηγούμενου χρόνου. Κατά συνέπεια, για τη διετία 2007 – 2009, παρατηρείται συνολική μείωση των αποθεμάτων της τάξης των 0,26 x 10⁶ m³ για την διετία.

3.1.4. Ισοζύγιο Μεταλλικού Υδροφορέα

Το υδρολογικό ισοζύγιο του μεταλλικού υδροφορέα υπολογίστηκε από την εξίσωση (3) (Κούνης κ.α.,2003):

$$Q_i = Q_o \pm \Delta S = Q_d + Q_p \pm \Delta S \quad (3)$$

Όπου:

Q_i : Υδατικές εισροές στον μεταλλικό υδροφορέα υπογείως και επιφανειακώς

Q_o : Συνολικές υδατικές εκροές

Q_d : Υπόγειες εκροές από τον υδροφορέα (φυσικές)

Q_p : Απολήψεις από τον υδροφορέα (ανθρωπογενείς)

ΔS : Μεταβολή του υδατικού αποθέματος

Τα μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη,2003) του ισοζυγίου του μεταλλικού υδροφορέα για την περίοδο 1999–2002, προέρχονται από τα στοιχεία μελετών που εκπονήθηκαν από το ΙΓΜΕ στην περιοχή.

Οι εισροές του υδροφορέα υπολογίστηκαν ως το άθροισμα της άμεσης κατεΐσδυσης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, της κατεΐσδυσης και της επιφανειακής απορροής από τους οφιολίθους και της επιφανειακής απορροής από τους ασβεστόλιθους. Οι εκροές είναι το σύνολο των φυσικών και ανθρωπογενών εκροών (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Ισοζύγιο Μεταλλικού Υδροφορέα (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη., 2003)

	1999 - 2000	2000 - 2001	2001 - 2002	ΜΟ
Q_i ($\times 10^6$ m ³)	2,082	3,665	8,636	4,794
Q_d ($\times 10^6$ m ³)	1,71	1,971	1,971	1,971
Q_p ($\times 10^6$ m ³)	3,193	3,049	2,980	3,074
ΔS ($\times 10^6$ m ³)	-3,082	-1,355	3,685	-0,251

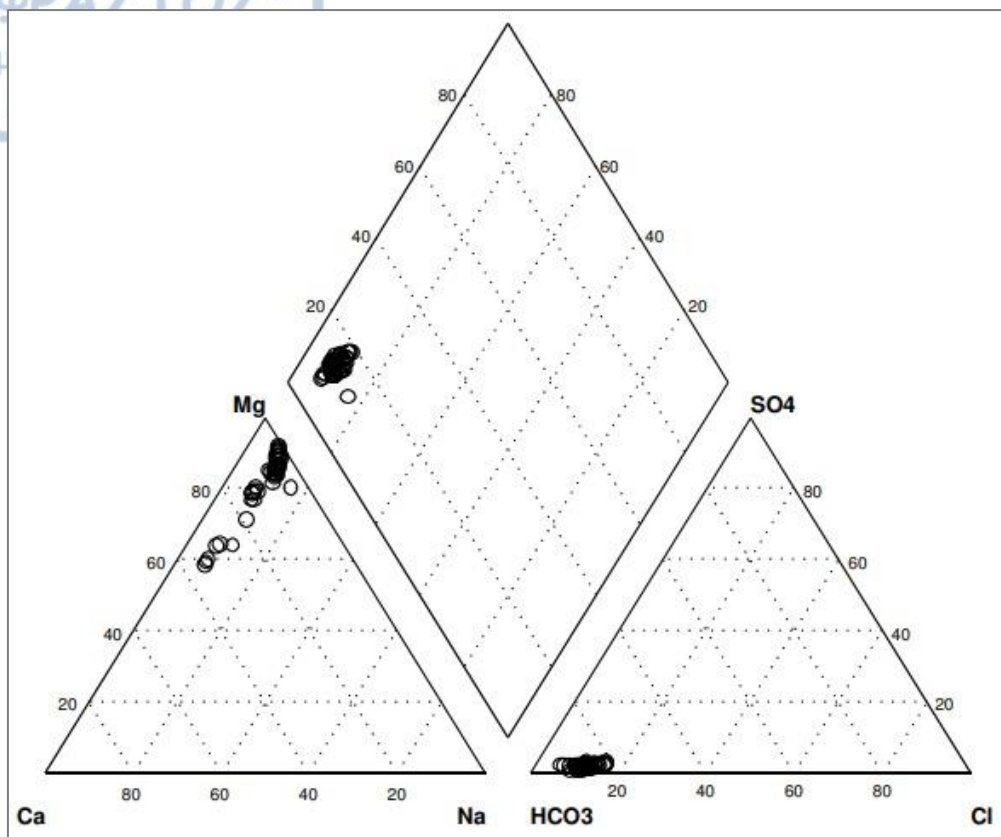
Από τα παραπάνω δεδομένα παρατηρείται ένα έλλειμμα 251.000 m³/έτος που αποδίδεται στην υπερεκμετάλλευση των υπόγειων αποθεμάτων του.

3.1.5. Υδροχημικά Χαρακτηριστικά της Μεταλλικής Υδροφορίας

Η μελέτη των υδροχημικών χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού είναι σημαντική, διότι οδηγεί στην εξαγωγή πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων για την προέλευση του, τις φυσικές και τεχνητές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την παραμονή του και την κυκλοφορία του στο υπέδαφος, και, φυσικά, την ποιότητα και την καταλληλότητά του για διάφορες χρήσεις.

Τα δείγματα από τον μεταλλικό υδροφορέα συλλέχθηκαν τον Νοέμβριο του 2009 από δώδεκα (12) γεωτρήσεις (Εικόνα 10), στα πλαίσια του προγράμματος διαχρονικής παρακολούθησης των παραμέτρων της μεταλλικής υδροφορίας Λουτρακίου από το ΙΓΜΕ (Δημητρόπουλος, 2006).

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων, προέκυψε ότι ποιότητα του μεταλλικού νερού της λεκάνης Λουτρακίου είναι πολύ καλή και εντός των ορίων ποσιμότητας που ορίζονται από τη σχετική νομοθεσία, χωρίς να παρουσιάζονται σημαντικές μεταβολές διαχρονικά (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010). Σύμφωνα με το διάγραμμα Piper (Piper, 1944) (Εικόνα 15), το νερό του υδροφορέα ανήκει στην κατηγορία των Οξυανθρακικών–Μαγνησιούχων ($Mg-HCO_3$) νερών και κατατάσσεται στα Μεταλλικά Μαγνησιούχα νερά (Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη, 2003). Η υψηλή περιεκτικότητα σε ιόντα μαγνησίου αποδίδεται κυρίως στην κυκλοφορία των νερών μέσα στους οφιολίθους και στα κλαστικά ιζήματα.



Εικόνα 15: Διάγραμμα Piper (Βέκιος & Ευθυμίουπουλος, 2010)

Η αυξημένη συγκέντρωση χλωρίου στα δείγματα που ελήφθησαν από τα δυτικά και νοτιοδυτικά τμήματα της λεκάνης θεωρείται ότι οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, κυρίως στην υπεράντληση των γεωτρήσεων που βρίσκονται κοντά στη θάλασσα και την εισροή θαλασσινού νερού (υφαλμύριση). Παρόλα αυτά, η σκληρότητα του νερού καθώς και η συγκέντρωση των χλωριόντων, των νιτρικών ιόντων, των ιόντων Ca, Mg, Na, K, CaCO_3 , HCO_3 , SO_4 , SiO_2 και των ιχνοστοιχείων F, Fe, Al, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Se, Cd, Ba, B δεν είναι τόσο μεγάλη, λόγω του μετώπου εκροών του υδροφόρου ορίζοντα και των ευνοϊκών τοπογραφικών/υδραυλικών κλίσεων που δεν επιτρέπουν μεγάλη εισροή του θαλασσινού νερού, περιορίζοντας τα φαινόμενα υφαλμύρισης.

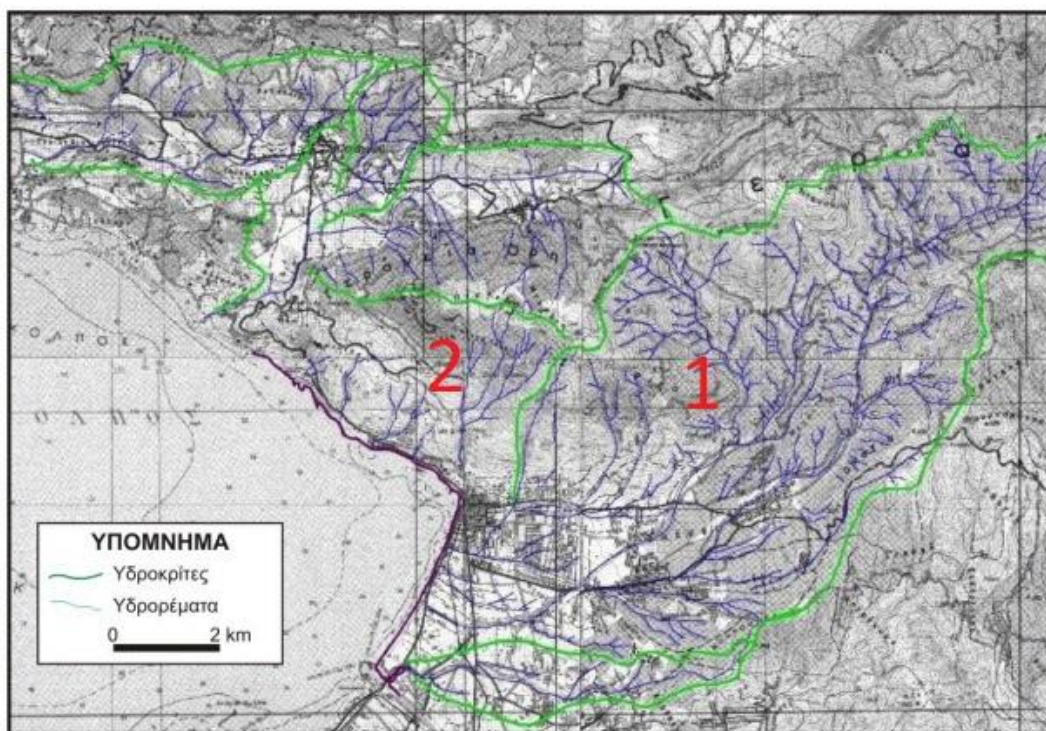
Η συγκέντρωση του ολικού χρωμίου δεν ξεπερνά τα 30 mg/l, με εξαίρεση το δείγμα από την γεώτρηση Γ-Θ (Εικόνα 10) που διαμορφώνεται διαχρονικά γύρω στα 50 mg/l (Βέκιος & Ευθυμίουπουλος, 2010). Η αυξημένη περιεκτικότητα του ολικού χρωμίου οφείλεται στην ορυκτολογική σύσταση των υπερβασικών πετρωμάτων, καθώς και των ιζημάτων που προέρχονται από αυτά (Βέκιος & Ευθυμίουπουλος, 2010).

Η θερμοκρασία του μεταλλικού υδροφορέα παραμένει διαχρονικά σταθερή και κυμαίνεται από 17°C έως 18,8°C. Οι τιμές του pH δείχνουν τον μέτριο αλκαλικό

χαρακτήρα των νερών, ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα (640–810 $\mu\text{S}/\text{cm}$), σε συνδυασμό με το Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (282–380 mg/l) φανερώνουν την ολιγομεταλλικότητά του.

3.2. Βορειοδυτική Λεκάνη Λουτρακίου

Η περιοχή στην οποία αναπτύσσεται ιαματική υδροφορία βρίσκεται βορειοδυτικά του Λουτρακίου (Εικόνα 16). Υπάγεται στα Υπόγεια Υδατικά Συστήματα (Υ.Υ.Σ) Λουτρακίου (GR0600010) και Δυτικών Γερανείων (GR0600020). Η συνολική έκταση της υπολογίζεται σε 21 km^2 , το μήκος της είναι 8,6 km και το πλάτος της 2,5 km (Βέκιος & Ευθυμίουπουλος, 2016).



Εικόνα 16: 1. Λεκάνη Λουτρακίου και 2. Βορειοδυτική Λεκάνη Λουτρακίου (Βέκιος & Ευθυμίουπουλος, 2010)

3.2.1. Υδρογεωλογική Συμπεριφορά Σχηματισμών

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στη βορειοδυτική λεκάνη Λουτρακίου (Εικόνα 17) καθώς και οι υδρογεωλογική του συμπεριφορά περιγράφονται από τους Βέκιο & Ευθυμίουπουλο (2010):

1. Ανθρακικοί Σχηματισμοί

Πρόκειται για τους ίδιους ασβεστόλιθους που υπάρχουν και στη λεκάνη Λουτρακίου, και συγκεκριμένα για την προέκτασή τους προς τα δυτικά, στην

περιοχή των Γερανείων. Είναι πετρώματα με μέτρια έως υψηλή περατότητα και εμφανίζουν ένα αρκετά ανεπτυγμένο καρστικό δίκτυο με δευτερογενείς πορώδες που επιτρέπει την κίνηση ρευστών.

2. Τεταρτογενείς αποθέσεις

Αποτελούνται από θαλάσσιες και παράκτιες αποθέσεις και εμφανίζουν χαμηλή έως μέτρια περατότητα.

3. Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα

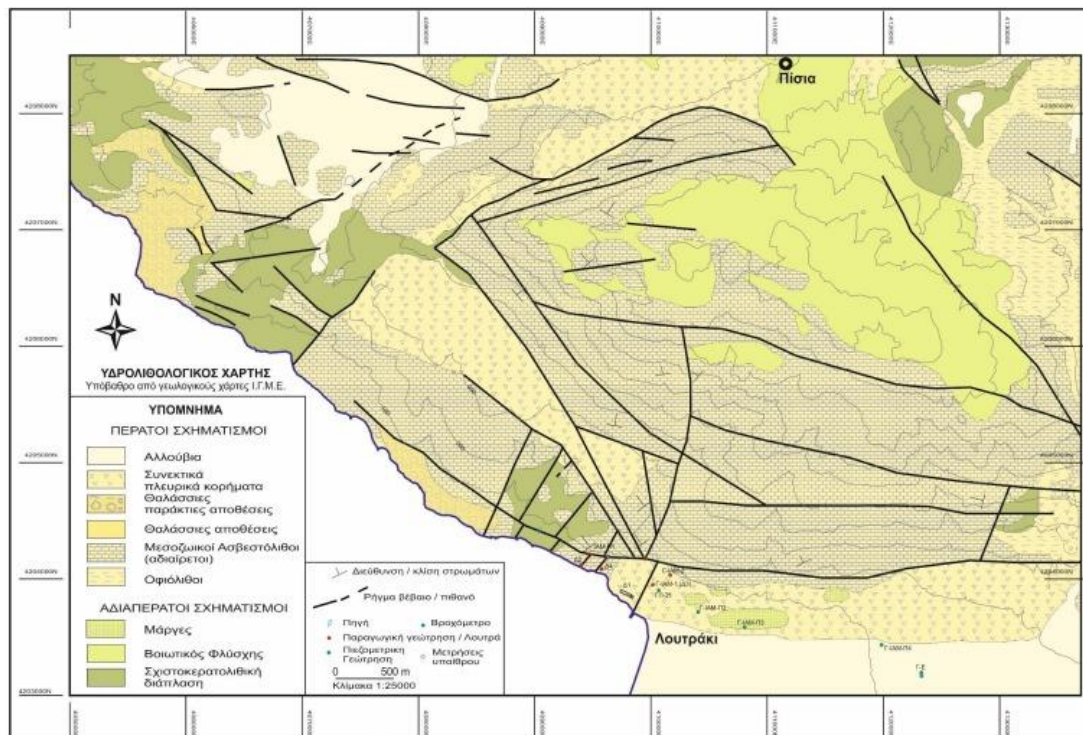
Καταλαμβάνουν ένα σημαντικό τμήμα της λεκάνης και εντοπίζονται στο κεντρικό και στο βόρειο τμήμα της. Αποτελούν σχηματισμούς με μέτρια περατότητα και στην βάση τους αναβλύζουν οι ιαματικές πηγές Λουτρακίου και είναι χτισμένα και τα ομώνυμα λουτρά.

4. Μάργες

Αποτελούν τα αδιαπέρατα πετρώματα της περιοχής ενδιαφέροντος και είναι κυρίως ανθρακικής και αργλικής σύνθεσης παρόμοια με αυτά της λεκάνης Λουτρακίου.

5. Σχιστοκερατόλιθοι

Πρόκειται επίσης για αδιαπέρατους σχηματισμούς και εντοπίζονται εντός των ασβεστόλιθων.



Εικόνα 17: Υδρολιθολογικός χάρτης Βορειοδυτικής Λεκάνης Λουτρακίου (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2010)

3.2.2. Υδροφορείς Βορειοδυτικής Λεκάνης Λουτρακίου

Στην Βορειοδυτική Λεκάνη Λουτρακίου, μέσα στους ασβεστολίθους των Γερανείων, αναπτύσσεται ο καρστικός υδροφορέας που φιλοξενεί τα θερμά και ιαματικά νερά Λουτρακίου. Οι ασβεστόλιθοι έχουν μεγάλο πάχος, είναι τεκτονισμένοι και καρστικοποιημένοι.

Ο καρστικός υδροφορέας εκφορτίζεται στον Κορινθιακό κόλπο και μέσω παράκτιων και υποθαλάσσιων πηγών. Δεν φαίνεται να υπάρχει αξιοσημείωτη υδραυλική επικοινωνία με τον μεταλλικό υδροφορέα, ενώ τα ετήσια αποθέματα του εκτιμώνται σε $V = 463263 \text{ m}^3$ (Αθανασούλης κ.ά., 2016).

Τα χαρακτηριστικά της θερμής και ιαματικής υδροφορίας, αναλύονται ξεχωριστά στο επόμενο κεφάλαιο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

4.1 Γενικά

Στη Βορειοδυτική Λεκάνη Λουτρακίου αναπτύσσεται γεωθερμικό σύστημα χαμηλής θερμοκρασίας, η δημιουργία του οποίου συνδέεται με τη νεοτεκτονική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής του Κορινθιακού βυθίσματος. Η κυκλοφορία των θερμών ρευστών ελέγχεται σαφώς από την τεκτονική. Τα πολύπλοκα συστήματα ρηγμάτων αφενός προκάλεσαν άνοδο δακτιτικών και ανδεσιτικών μαγμάτων και αύξηση της θερμικής ροής στην περιοχή, και αφετέρου ευνοούν την κατείδυση επιφανειακών/μετεωρικών νερών σε μεγάλα βάθη και στη συνέχεια, την κυκλοφορία τους κοντά στην επιφάνεια (Κούνης & Βιτωρίου – Γεωργούλης, 2008).

Στην περιοχή έρευνας, η κύρια τεκτονική δομή που συνδέεται με την ανάπτυξη θερμικής ανωμαλίας είναι η Α-Δ και ΔΒ-ΝΑ ρηξιγενής ζώνη που διαχωρίζει το πεδινό και το ορεινό τμήμα της λεκάνης (Χατζηγιάννης, 2010).

Επιφανειακές εκδηλώσεις θερμότητας αποτελούν οι θερμές (έως 32,5°C) ιαματικές πηγές, που αναβλύζουν σε διάφορες θέσεις στην παράκτια ζώνη αλλά, και εντός της θάλασσας. Λίγο πιο αυξημένες θερμοκρασίες (έως 35°C) έχουν εντοπιστεί σε γεωτρήσεις που κατασκεύασε το ΙΓΜΕ στην περιοχή (Χατζηγιάννης, 2010, Δημητρόπουλος, 1999).

Η θερμή υδροφορία της περιοχής Λουτρακίου θεωρείται ότι συνδέεται άμεσα με μία ευρύτερη γεωθερμική ζώνη, η οποία εκτείνεται από την περιοχή Λουτρακίου–Περαχώρας έως και την περιοχή Σουσακίου–Αγίων Θεοδώρων, όπου και έχουν εντοπιστεί γεωθερμικά ρευστά υψηλής ενθαλπίας. Τα μετεωρικά νερά που κατεισδύουν στον ανθρακικό καρστικό όγκο των Γερανείων, κυκλοφορούν μέσω των συστημάτων ρηγμάτων και φθάνουν σε μεγάλα βάθη, όπου θερμαίνονται λόγω της αυξημένης γεωθερμικής βαθμίδας ή αναμιγνύονται με τα γεωθερμικά ρευστά του Σουσακίου (Αθανασούλης κ.ά., 2016a). Και στις δύο περιπτώσεις, λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας που αποκτούν, γίνονται ελαφρύτερα και στη συνέχεια, ανεβαίνουν σε μικρότερα βάθη, οπότε είτε εντοπίζονται επιφανειακά με την μορφή πηγών είτε εγκλωβίζονται σε ρηχούς (~55m) ταμιευτήρες. Για να επιβεβαιωθεί η μία ή η άλλη προσέγγιση, απαιτείται η διενέργεια περαιτέρω συστηματικής γεωθερμικής έρευνας (Αθανασούλης κ.ά., 2016a).

Η ιαματική πηγή «ΕΟΤ» έχει θερμοκρασία 32,5°C και αναβλύζει στο βορειοδυτικό άκρο της πόλης, σε απόλυτο υψόμετρο +0,40m. Μέσα στο κτήριο των παλαιών

Λουτρών (Λουτρά Πολυτελείας) υπάρχει μια παλαιά υδρομάστευση με μέση παροχή 40m³/h. Η υδρομάστευση σήμερα έχει σχήμα επιμήκους τάφρου μήκους 50m, πλάτους 1,5m και βάθους 3m.

4.2 Γεωθερμική Έρευνα

Η γεωθερμική έρευνα στην ευρύτερη περιοχή Λουτρακίου – Σουσακίου ξεκίνησε τη δεκαετία του 1980 με τη διενέργεια γεωφυσικών διασκοπήσεων και μελετών που είχαν ως στόχο τη συλλογή στοιχείων για τη γεωλογία, την τεκτονική, τη ροή θερμότητας και το βάθος κυκλοφορίας των ρευστών (Θανάσουλας, 1980, Βασιλειάδης, 1983, Ρόκκα, 1985, Βασιλειάδης, 1999).

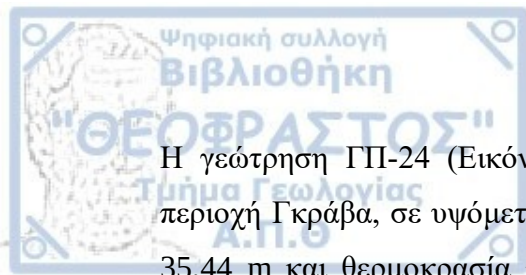
Τα επόμενα χρόνια, το ΙΓΜΕ διενήργησε στην περιοχή γεωλογική-υδρογεωλογική έρευνα, στο πλαίσιο της οποίας διανοίχθηκαν δύο (2) παραγωγικές και τέσσερις (4) ερευνητικές-πιεζομετρικές γεωτρήσεις. Τα διαθέσιμα στοιχεία για τις γεωτρήσεις αυτές παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Στοιχεία των γεωτρήσεων του ΙΓΜΕ στην περιοχή Λουτρακίου (Δημητρόπουλος, 1988 & 1999)

Γεώτρηση	Βάθος Σωλήνωσης (m)	T(°C) στην κεφαλή	T(°C) σε βάθος
Γ-IAM1	66	-	35
Γ-IAM2	220	-	30,3
Γ-Π24	70	-	27,3 – 29,1
Γ-Π26	69	-	22,3

Η γεώτρηση έρευνας-παραγωγής Γ-IAM1 (Εικόνα 18) κατασκευάστηκε το 1996 για λογαριασμό του Δήμου Λουτρακίου και για την κάλυψη των αναγκών των Παλαιών Λουτρών. Η παραγωγική γεώτρηση Γ-IAM2 καθώς και οι τέσσερις ερευνητικές-πιεζομετρικές γεωτρήσεις κατασκευάστηκαν το 1998. Η γεώτρηση Γ-IAM2 (Εικόνα 19) βρίσκεται σήμερα εκτός λειτουργίας, λόγω καταστροφής της.

Το 2009 έγινε από το ΙΓΜΕ νέα αντλητική δοκιμή 60 ωρών στη γεώτρηση Γ-IAM1, από την οποία προέκυψε εκμεταλλεύσιμη παροχή της τάξης των 70m³/h. Η θερμοκρασία των ρευστών ήταν περίπου 35°C. Όσον αφορά στην Γ-IAM2, παλαιότερη άντληση (Δημητρόπουλος, 1999), έδειξε παρόμοια παροχή (~80m³/h) και θερμοκρασία ~30°C (Χατζηγιάννης, 2010). Και στις δύο γεωτρήσεις τα θερμά ρευστά εντοπίστηκαν σε βάθος 55-65m κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.



Η γεώτρηση ΓΠ-24 (Εικόνα 20) κατασκευάστηκε τον Νοέμβριο του 1987 στην περιοχή Γκράβα, σε υψόμετρο 37,76 m. Έχει βάθος 70 m, πιεζομετρική στάθμη στα 35,44 m και θερμοκρασία που κυμαίνεται από 27,3 έως 29,1°C (Δημητρόπουλος, 1989).

Στην ίδια περιοχή τον Ιανουάριο του 1988 διανοίχθηκε η γεώτρηση Γ-Π26 (Εικόνα 21), σε υψόμετρο 37,10 m και βάθος 69 m. Η υδροφορία εντοπίστηκε στα 40 m και η θερμοκρασία του νερού ήταν 22,3°C (Εικόνα 21).

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
Δ/ΝΣΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΕΡΓΟ : ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ - ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ

ΔΗΜΟΣ : ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ - ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ

ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ : ΤΟΝΕ

ΠΕΡΙΟΧΗ : ΓΚΡΑΒΑΣ

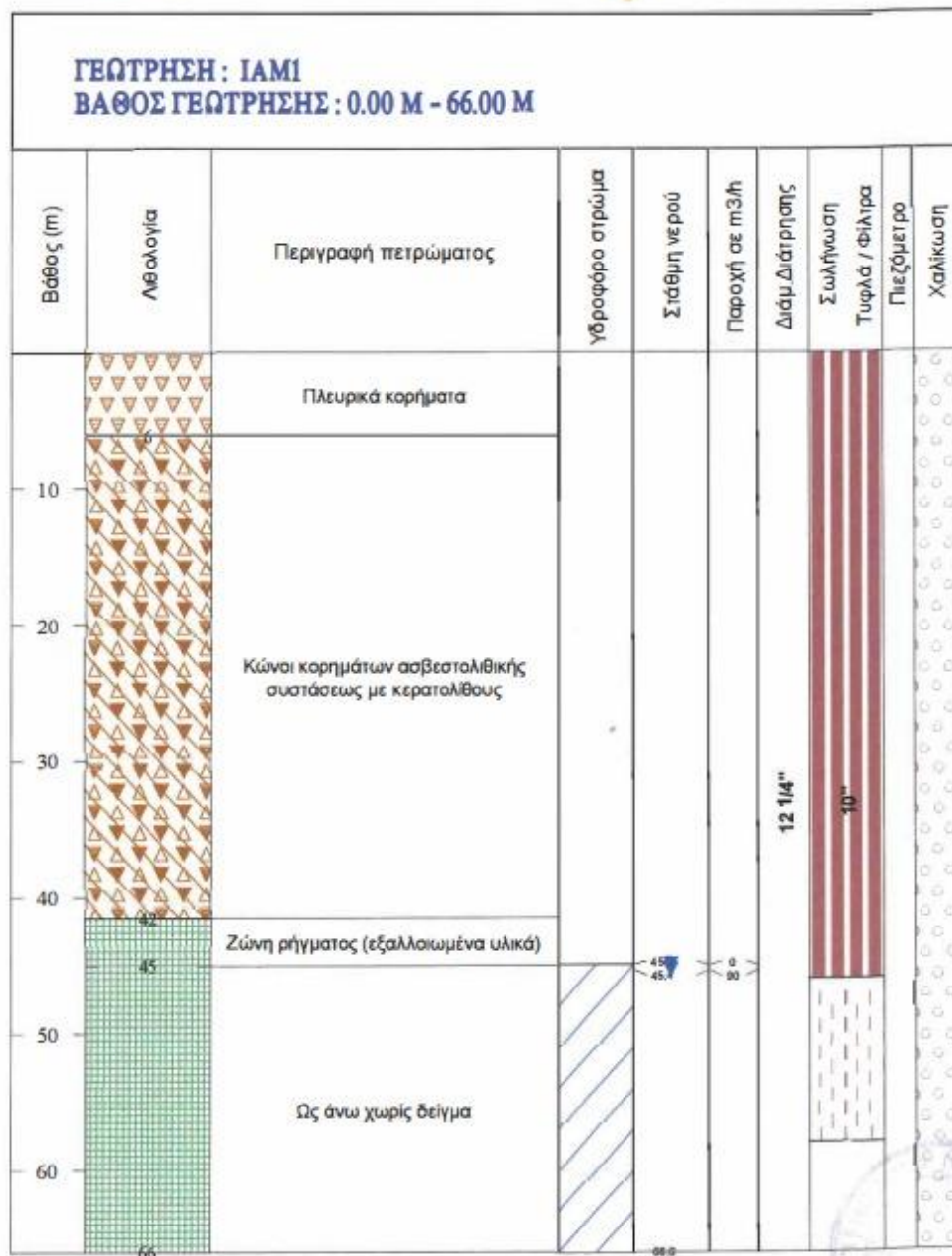
ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ : 28/9 - 20/11/96

Τ.Φ.Χ.: ΚΟΡΙΝΘΟΣ

ΚΑΙΜ. : 1:50.000

ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ :

ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 45 m



Εικόνα 18: Τομή παραγωγικής γεώτρησης Γ-ΙΑΜ1 (Δημητρόπουλος, 1999)

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
Δ/ΝΣΗ ΘΕΡΜΟΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΝΕΡΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΕΡΓΟ : ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ - ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ

ΔΗΜΟΣ : ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ - ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ

ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟ : FAILING

ΠΕΡΙΟΧΗ : ΓΚΡΑΒΑΣ

ΧΡΟΝΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ : 6/5 - 8/7/98

Τ.Φ.Χ.: ΚΟΡΙΝΘΟΣ

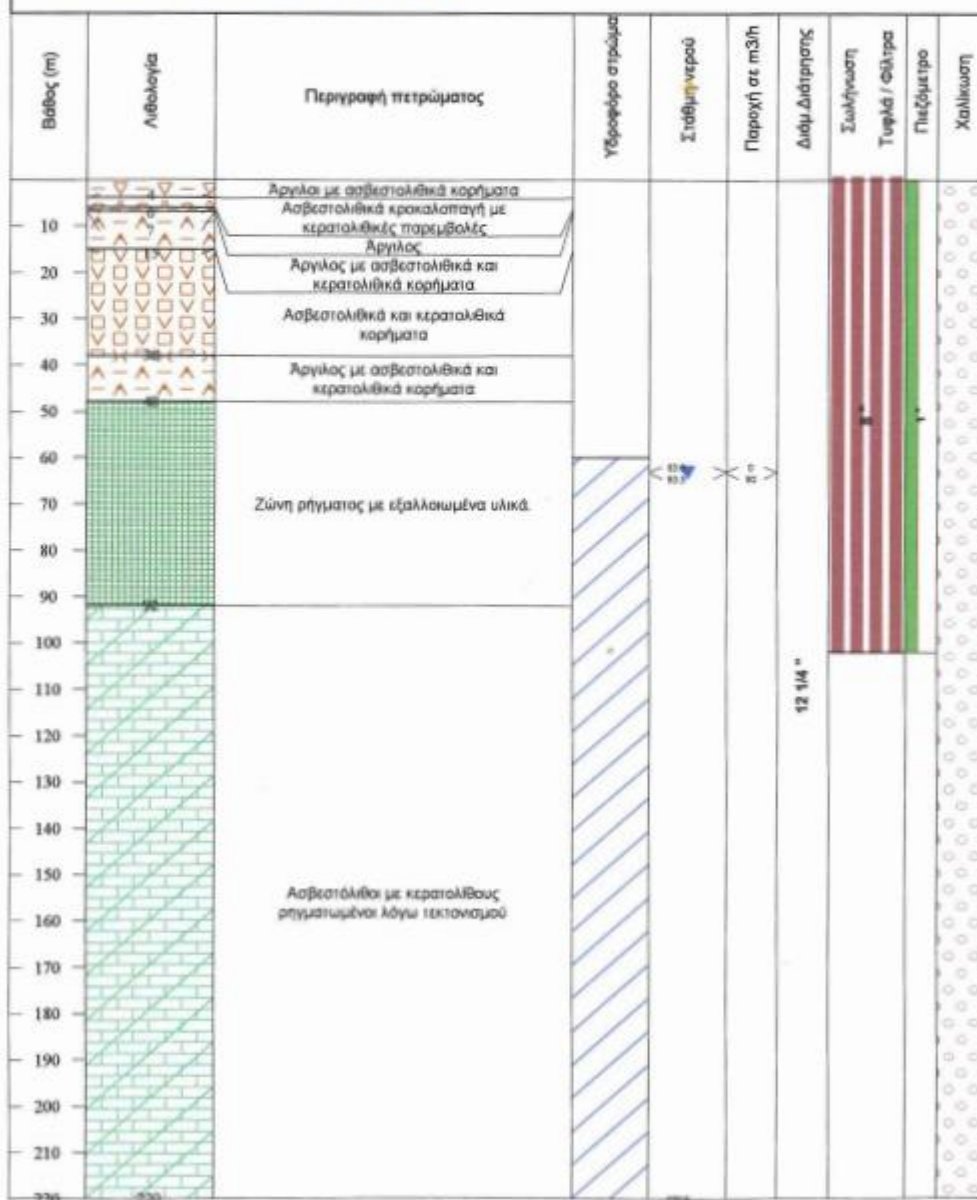
ΚΑΙΜ : 1:50.000

ΗΜ/ΝΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ :

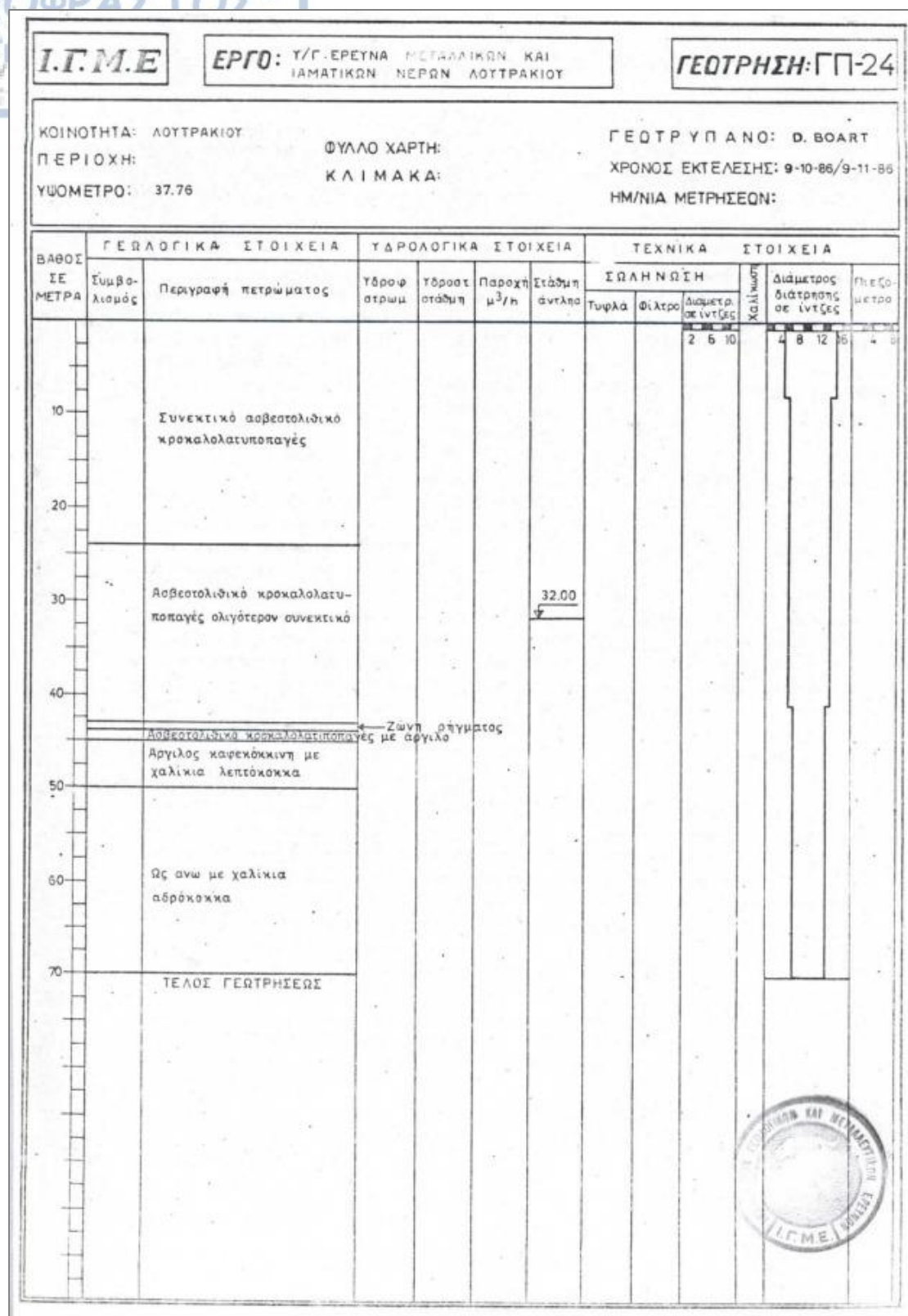
ΥΨΟΜΕΤΡΟ : 65 m

ΓΕΩΤΡΗΣΗ : IAM2

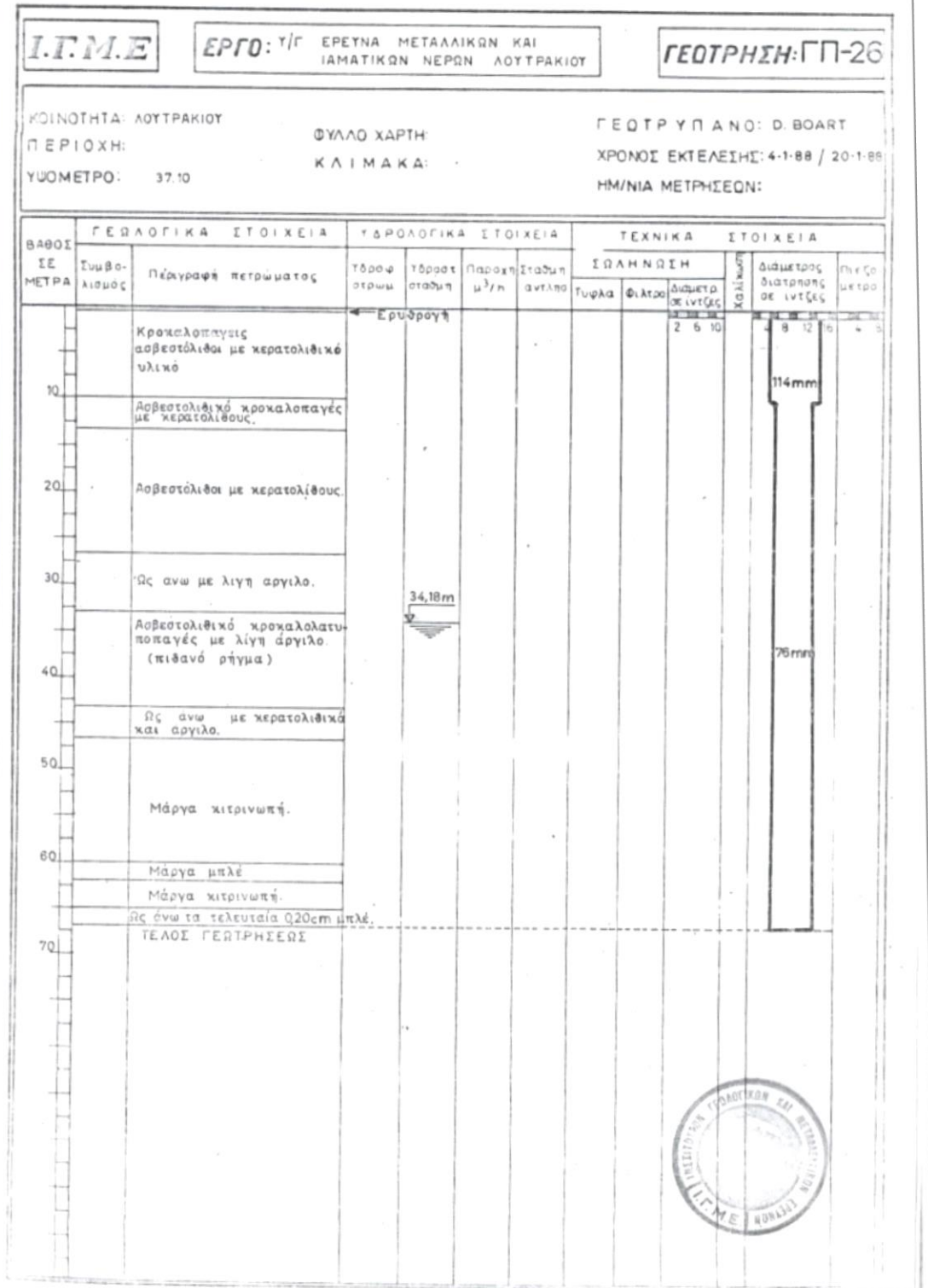
ΒΑΘΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ : 0.00 M - 220.00 M



Εικόνα 19: Τομή παραγωγικής γεώτρησης Γ-IAM2 (Δημητρόπουλος, 1999)



Εικόνα 20: Τομή γεώτρησης Γ-Π24 (Δημητρόπουλος, 1989)



Εικόνα 21: Τομή γεώτρησης Γ-Π26 (Δημητρόπουλος, 1989)

Το 2016 εκπονήθηκε από το ΙΓΜΕ μελέτη (Αθανασούλης κ.ά., 2016) που αφορούσε στην πηγή «ΕΟΤ» ή ΠΕΛ-043 με σκοπό την αναγνώριση του νερού της πηγής ως ιαματικού πόρου. Πραγματοποιήθηκε διαχρονική παρακολούθηση της ΠΕΛ-043 και της νέας υδρομάστευσης που τροφοδοτεί το νέο υδροθεραπευτήριο. Για τη συνεχή παρακολούθηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των θερμών νερών, τοποθετήθηκαν τηλεμετρικοί σταθμοί στην υδρομάστευση των νέων Λουτρών (Εικόνα 22) και σε ερευνητική γεώτρηση που βρίσκεται σε απόσταση 60 m από τη Γ-IAM1 (Εικόνα 23).



Εικόνα 22: Η υδρομάστευση της πηγής στο καινούργιο λουτροθεραπευτήριο (Sra) Λουτρακίου Κορινθίας και ο τηλεμετρικός σταθμός παρακολούθησης



Εικόνα 23: Αριστερά ο τηλεμετρικός σταθμός παρακολούθησης ερευνητικής γεώτρησης (Χατζηγιάννης, 2010), δεξιά η γεώτρηση Γ-IAM1

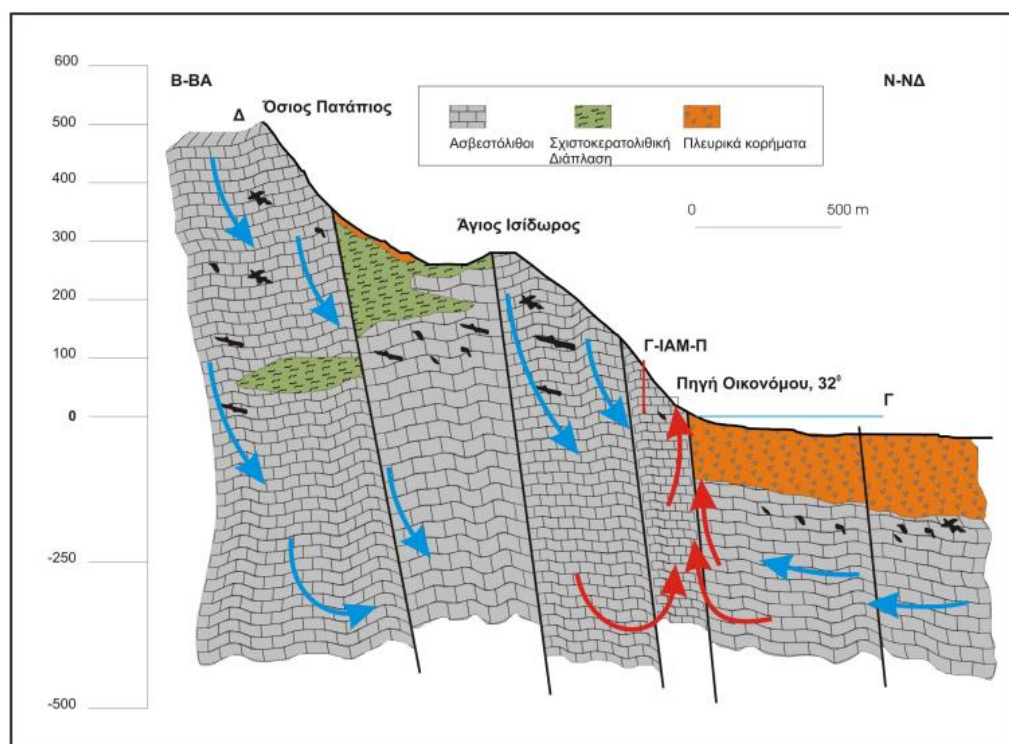
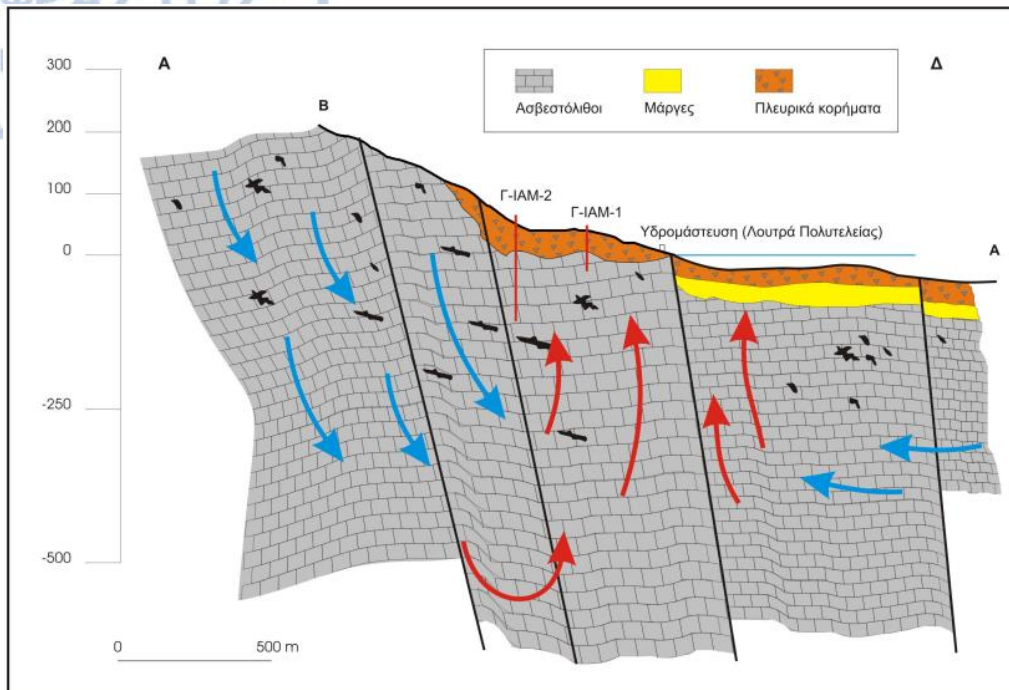
Τον Ιούνιο του 2020 εγκαταστάθηκε από την ΕΑΓΜΕ (πρώην ΙΓΜΕ) στην πηγή του λουτροθεραπευτηρίου Λουτρακίου Κορινθίας, του πρώτου σταθμού παρακολούθησης συνεχούς καταγραφής και τηλεμετάδοσης σε πραγματικό χρόνο παραμέτρων των ρευστών (θερμοκρασία, στάθμη, παροχή κλπ).

Από μετρήσεις που έγιναν στο παρελθόν σε όλα τα σημεία ανάβλυσης θερμού ιαματικού νερού και στις θερμές γεωτρήσεις του Λουτρακίου, υπολογίστηκε (Αθανασούλης κ.ά., 2016) ότι η συνολική παροχή τους ανέρχεται σε 400m³/h, εκ των οποίων ένα μεγάλο μέρος (150-240m³/h) καταλήγει στη θάλασσα.

Σύμφωνα με την μελέτη των Βέκιου & Ευθυμίουπουλου (2009), ο πιθανός μηχανισμός κυκλοφορίας των θερμών ιαματικών ρευστών παρουσιάζεται στις τομές Α-Β και Γ-Δ (Εικόνα 24).

Το σύστημα ρηγμάτων το οποίο ελέγχει την κυκλοφορία των ρευστών αναπτύσσεται εντός των ανθρακικών σχηματισμών που αποτελούν τους κύριους περατούς σχηματισμούς της περιοχής. Τα ρευστά της αφού θερμανθούν ανεβαίνουν στην επιφάνεια μέσω των ασβεστολίθων ή των πλευρικών κορημάτων τα οποία έχουν επίσης ικανοποιητική περατότητα. Στη συνέχεια, τα ρευστά είτε αναβλύζουν εντός της θάλασσας, είτε σε χαμηλά υψόμετρα της παράκτιας περιοχής (Αθανασούλης κ.ά., 2016a).

Η εφαρμογή χημικών γεωθερμομέτρων (Na-K-Mg και χαλαζία) σε δείγματα θερμών νερών της περιοχής μελέτης έδειξαν την πιθανή ύπαρξη ταμιευτήρα με ρευστά θερμοκρασίας 60-80°C σε μεγαλύτερα βάθη. Παρόλα αυτά, η συμμετοχή του θαλασσινού νερού στη σύσταση των θερμών νερών, καθιστά αμφίβολα τα αποτελέσματα της γεωθερμομετρίας (Dotsika et al, 2010, Αθανασούλης κ.ά., 2016a).

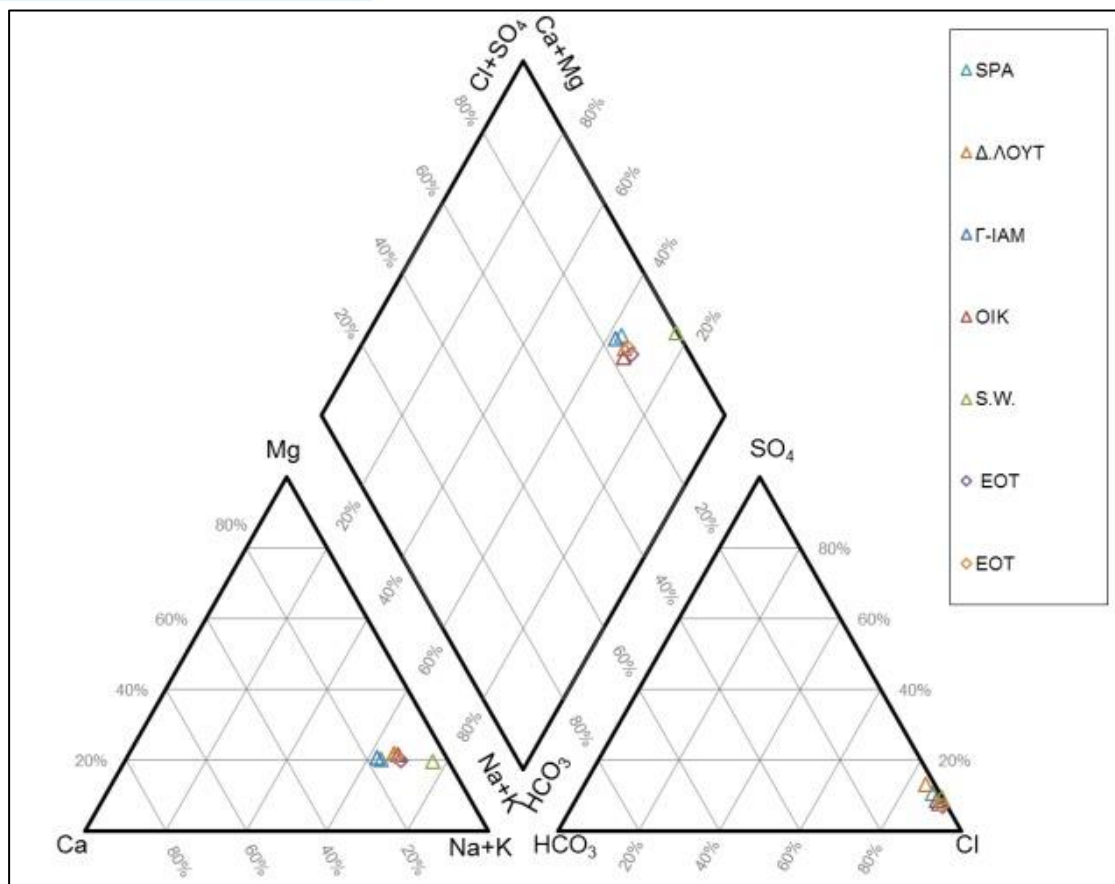


Εικόνα 24: Μηχανισμός λειτουργίας της ιαματικής υδροφορίας τομή Α - Β (πάνω) και Γ - Δ (κάτω) (Βέκιος & Ευθυμίου, 2009)

4.3 Υδροχημικά χαρακτηριστικά των θερμών νερών Λουτρακίου

Το ΙΓΜΕ κατά την περίοδο 1990 – 2009 πραγματοποίησε δειγματοληψίες και χημικές αναλύσεις σε διάφορα σημεία αναβλύσεων θερμών νερών στην περιοχή Λουτρακίου, στη γεώτρηση Γ-IAM1, καθώς και στο θαλασσινό νερό. Με βάση τις

αναλύσεις αυτές, κατασκευάστηκε το διάγραμμα Piper που παρουσιάζεται στην Εικόνα 25.



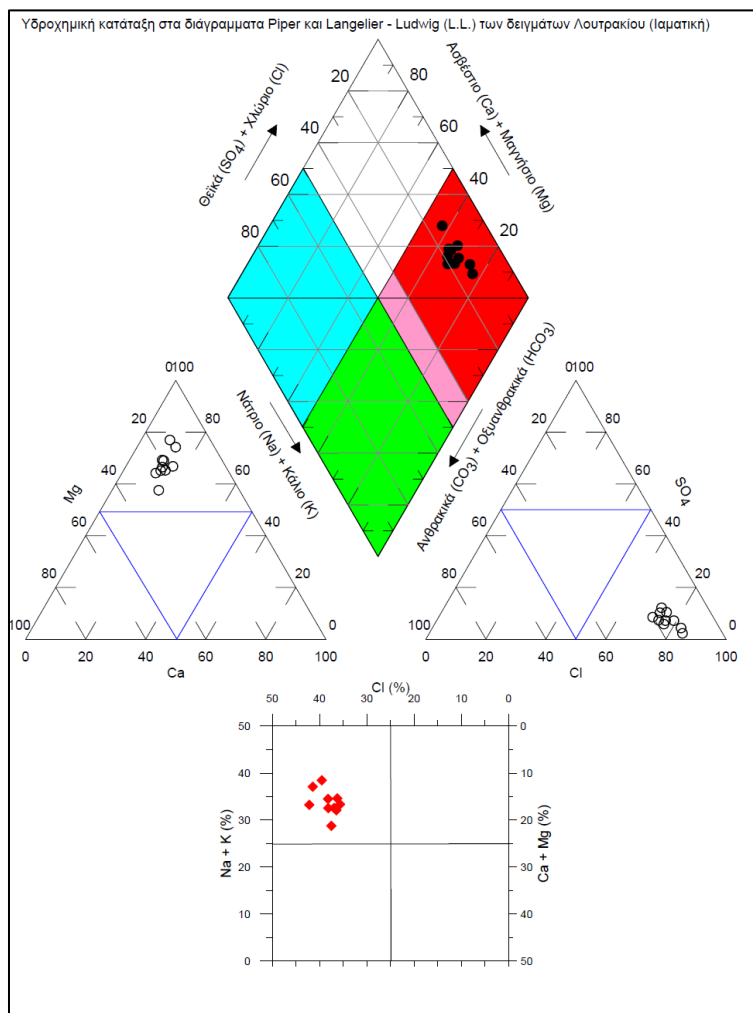
Εικόνα 25: Διάγραμμα κατάταξης Piper για την πηγή «ΕΟΤ» σε συνάρτηση με το θαλασσινό νερό, τις άλλες πηγές Λουτρακίου και την γεώτρηση Γ-ΙΑΜ1 (Αθανασούλης κ.ά., 2016α)

Η διακύμανση των τιμών των βασικών φυσικοχημικών παραμέτρων που μετρήθηκαν για την πηγή «ΕΟΤ» για την περίοδο 1984 έως 2016, παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 5: Φυσικοχημικές παράμετροι των θερμών νερών της πηγής «ΕΟΤ»

Θερμοκρασία (°C)	pH	Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (mg/l)	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα, (mS/cm)
32,1 – 32,6	7,14 – 7,88	2054 – 2874	3040 - 3730

Τα θερμά νερά της γεώτρησης Γ-IAM1 κατατάσσονται σύμφωνα με το διάγραμμα Piper (Εικόνα 26) ως Na-Mg-Cl. Στο νέο υδροθεραπευτήριο μετρήθηκαν υψηλότερες τιμές Mg, ενώ το Na και το Cl κυμαίνονται σε παρόμοια επίπεδα με την πηγή.



Εικόνα 26: Κατάταξη θερμών νερών των νέων Λουτρών (Αθανασούλης κ.ά., 2016b)

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι τιμές των φυσικοχημικών παραμέτρων του θερμού νερού της υδρομάστευσης στα Νέα Λουτρά, όπως προέκυψαν από μετρήσεις και δειγματοληψίες του ΙΓΜΕ (Αθανασούλης κ. ά., 2016b) και του Δήμου Λουτρακίου-Περαχώρας (2019).

Πίνακας 6: Φυσικοχημικές παράμετροι της υδρομάστευσης των νέων Λουτρών Λουτρακίου (2016 και 2019)

Θερμοκρασία (T),(C°)	pH	Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων (TDS)	Ηλεκτρική Αγωγιμότητα, (mS/cm)
28,1 - 32	7,03 – 7,7	1894,5–2261,1	3000 – 4195

Με βάση τα παραπάνω, τα θερμά νερά Λουτρακίου μπορούν να χαρακτηριστούν ως χλωριονατριούχα με συμμετοχή μαγνησίου (τύπος Na-Mg-Cl) Η αυξημένη περιεκτικότητα τους σε ιόντα Cl⁻ και Na⁺, δείχνουν ανάμιξη με θαλασσίνο νερό. Η παρουσία μαγνησίου και θεικών επίσης αποδίδεται στην επίδραση του θαλασσινού νερού αλλά και στην επαφή τους με τα περιβάλλοντα πετρώματα μέσα στα οποία κυκλοφορούν (Αθανασούλης κ.ά, 2009; 2016b).

Όσον αφορά την περιεκτικότητα των νερών σε αέρια, δεν ανιχνεύθηκε CO₂ ενώ η συγκέντρωση H₂S είναι της τάξης των 0,84–3,36 mg/l, με αποτέλεσμα τα νερά να χαρακτηρίζονται ως μέτρια θειούχα (Αθανασούλης κ.α., 2016).

Πίνακας 7: Μετρήσεις ραδιενέργειας στα θερμά νερά Λουτρακίου (Αθανασούλης & Ξενάκης, 2016)

Ονομασία: Γεώτρηση IAM-1

Κωδ. Σημείου	Θερμότητα °C	Ημ/νία Δειγματολ.ς	Rn (pCi/l)	Rn (Bq/l)	Rn (Mache)	Ra (pCi/l)	Ra (Bq/l)	Ra (Mache)	U (mg/l)	Ραδιενεργός Χαρακτ. (Rn)
ΠΕΛ-043ΓΠ1	33.3	9/4/2008	2988	110.57	8.21				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043ΓΠ1	32.3	4/8/2008	2750	101.76	7.56				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043ΓΠ1	35	4/8/2008	1483	54.88	4.07				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043ΓΠ1	33.3	3/11/2008	2609	96.53	7.17				<0.005	Ασθενής

Ονομασία: Πηγή Δημοτικά Λουτρά

Κωδ. Σημείου	Θερμότητα °C	Ημ/νία Δειγματολ.ς	Rn (pCi/l)	Rn (Bq/l)	Rn (Mache)	Ra (pCi/l)	Ra (Bq/l)	Ra (Mache)	U (mg/l)	Ραδιενεργός Χαρακτ. (Rn)
ΠΕΛ-0436	30.4	1/1/1929	11284	417.51	31.00					Μέτρια
ΠΕΛ-0436	30.5	23/1/2007	2032	75.18	5.58				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-0436	30.7	9/4/2008	1824	67.49	5.01				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-0436	31.8	4/8/2008	1483	54.88	4.07				<0.005	Ασθενής

Ονομασία: Πηγή ΕΟΤ (Λουτρακίου)

Κωδ. Σημείου	Θερμότητα °C	Ημ/νία Δειγματολ.ς	Rn (pCi/l)	Rn (Bq/l)	Rn (Mache)	Ra (pCi/l)	Ra (Bq/l)	Ra (Mache)	U (mg/l)	Ραδιενεργός Χαρακτ. (Rn)
ΠΕΛ-043α	31.3	1/1/1929	4150	153.54	11.40					Ασθενής
ΠΕΛ-043α	32.6	19/7/2016	4952	183.24	13.61	28.32	1.05	0.08	<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043α	32.5	13/10/2016	3742	138.46	10.28	31.22	1.15	0.09	<0.005	Ασθενής

Ονομασία: Πηγή Λουτρακίου (SPA)

Κωδ. Σημείου	Θερμότητα °C	Ημ/νία Δειγματολ.ς	Rn (pCi/l)	Rn (Bq/l)	Rn (Mache)	Ra (pCi/l)	Ra (Bq/l)	Ra (Mache)	U (mg/l)	Ραδιενεργός Χαρακτ. (Rn)
ΠΕΛ-043	28.8	6/2/2006	11914	440.82	32.73	1.90	0.07	0.01	<0.005	Μέτρια
ΠΕΛ-043	29.8	23/1/2008	4481	165.80	12.31				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043	30.3	9/4/2008	1250	46.24	3.43				<0.005	Κανονική
ΠΕΛ-043	31.8	4/8/2008	474	17.52	1.30				<0.005	Κανονική
ΠΕΛ-043	30.7	3/11/2008	2575	95.26	7.07				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043	30.8	25/11/2015	82	3.04	0.23	19.76	0.73	0.05	<0.005	Κανονική
ΠΕΛ-043	32.6	13/10/2016	199	7.37	0.55	121.22	4.49	0.33	<0.005	Κανονική

Ονομασία: Πηγή Οικονόμου

Κωδ. Σημείου	Θερμότητα °C	Ημ/νία Δειγματολ.ς	Rn (pCi/l)	Rn (Bq/l)	Rn (Mache)	Ra (pCi/l)	Ra (Bq/l)	Ra (Mache)	U (mg/l)	Ραδιενεργός Χαρακτ. (Rn)
ΠΕΛ-043ο	31.8	6/2/2008	5673	209.89	15.58				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043ο	30.4	9/4/2008	856	31.67	2.35				<0.005	Κανονική
ΠΕΛ-043ο	31.8	4/8/2008	3058	113.15	8.40				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043ο	31.5	3/11/2008	2675	98.97	7.35				<0.005	Ασθενής
ΠΕΛ-043ο	32	29/11/2016	8259	305.60	22.69					Μέτρια

Οι μετρήσεις ραδιενεργών στοιχείων (Rn, Ra και U) σε διάφορες χρονικές περιόδους τόσο στην Γ-IAM1 όσο και διάφορα σημεία ανάβλυσης θερμών νερών περιλαμβάνονται στον Πίνακα 7. Από τις μετρήσεις του ΙΓΜΕ (Αθανασούλης &

Ξενάκης, 2016), οι τιμές ουρανίου (U) ήταν μικρότερες του ορίου ανίχνευσης ($<0,5 \mu\text{g/l}$), το Rn 11914 pCi/l και το Ra 1.9 pCi/l. Με βάση τις τιμές αυτές, τα νερά Λουτρακίου χαρακτηρίζονται ως «ασθενώς ραδονούχα».

Ο αποθετικός ή/και διαβρωτικός χαρακτήρας των θερμών νερών της πηγής «ΕΟΤ» εκτιμήθηκε από τους Αθανασούλη κ. ά. (2016) με βάση το δείκτη κορεσμού Langelier (LSI) και τον δείκτη σταθερότητας Ryznar (RSI). Ο δείκτης κορεσμού (LSI), ο οποίος δείχνει την τάση των ρευστών να εναποθέσουν ή να διαλύσουν CaCO_3 , δεν παρουσίασε μεγάλη απόκλιση ανάμεσα στην ξηρή και την υγρή περίοδο, ενώ έδειξε ότι τα ρευστά έχουν ελαφρώς διαβρωτικό χαρακτήρα. Αντίθετα, σύμφωνα με τον δείκτη σταθερότητας (RSI), κατά την υγρή περίοδο τα ρευστά έχουν τάση για μικρές αποθέσεις και διάβρωση, ενώ κατά την ψυχρή περίοδο του έτους μικρές αποθέσεις και πολύ έντονο διαβρωτικό χαρακτήρα (Αθανασούλης κ.α., 2016). Οι τιμές για τους δείκτες κορεσμού και σταθερότητας παρουσιάζονται παρακάτω στον Πίνακα 8.

Πίνακας 8: Δείκτες κορεσμού και σταθερότητας για την πηγή «ΕΟΤ» (Αθανασούλης κ.ά., 2016a)

Δείκτης Langelier	Δείκτης Ryznar
0,15 – 0,19	6,64 – 9,92

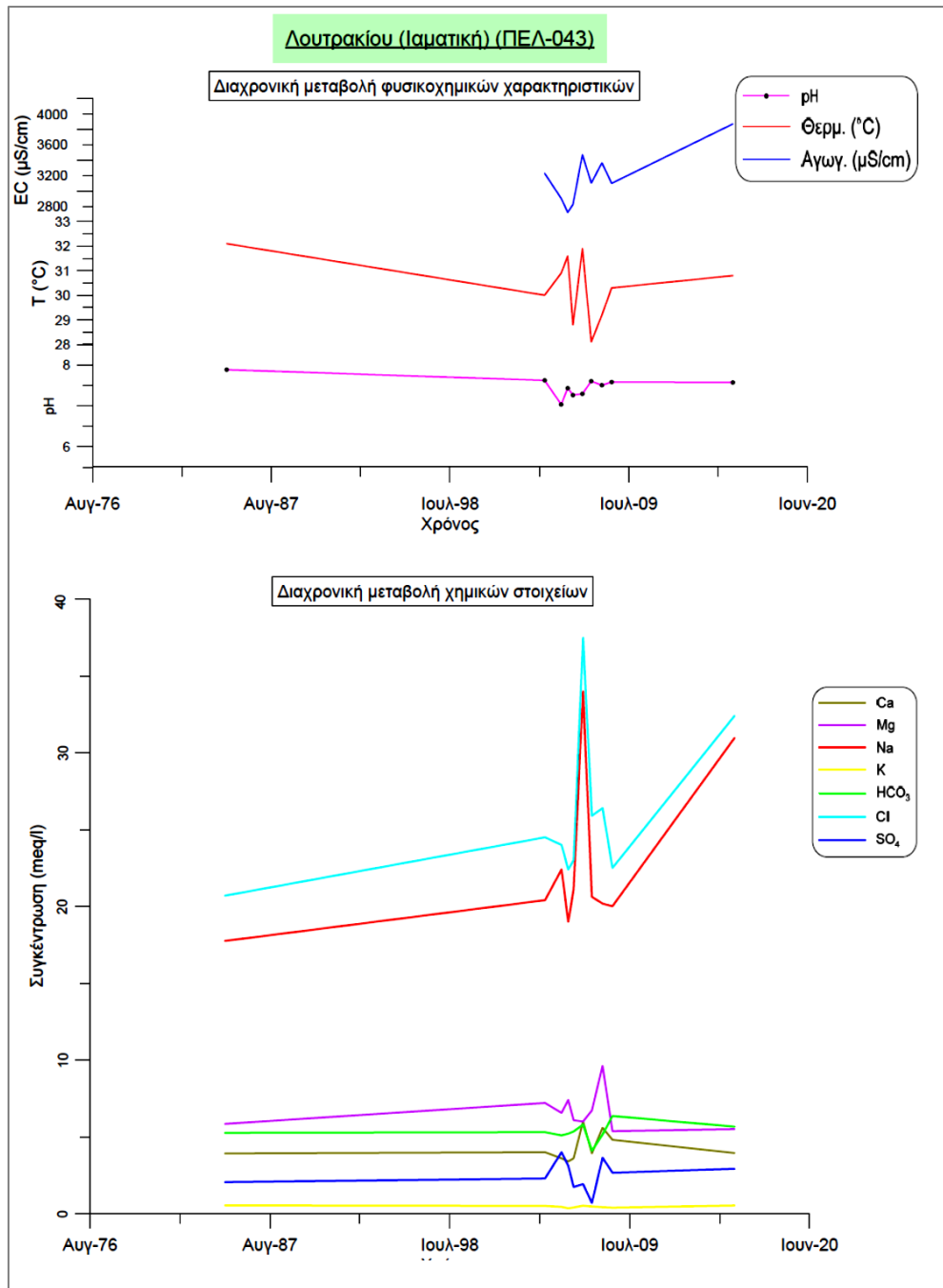
Οι ιοντικοί λόγοι Na/Cl , Mg/Ca και $\text{HCO}_3^-/\Sigma_{\text{ανιόντων}}$ εφαρμόστηκαν (Αθανασούλης κ. ά., 2016) σε τρία δείγματα θερμών νερών (δύο από την πηγή «ΕΟΤ» και ένα από την Γ-ΙΑΜ1), τα οποία συγκρίθηκαν με τους αντίστοιχους λόγους για το θαλασσινό νερό του Κορινθιακού Κόλπου (Πίνακας 9). Σύμφωνα με αυτούς, προκύπτει συμμετοχή του θαλασσινού νερού στη σύσταση των θερμομεταλλικών νερών (ανάμιξη).

Πίνακας 9: Ιοντικοί λόγοι των τριών δειγμάτων των θερμών νερών και του θαλασσινού νερού του Κορινθιακού Κόλπου

Παράμετρος	ΠΕΛ-043 δείγμα 1	ΠΕΛ-043 δείγμα 2	Γεώτρηση ΙΑΜ-1	Θαλασσινό νερό
TDS (mg/l)	2054	2105	2261	57456
Na/Cl	0.87	0.84	0.87	0.81
Mg/Ca	1.72	1.69	1.62	4.91
HCO_3^- /$\Sigma_{\text{ανιόντων}}$	0.146	0.144	0.005	0.153

Η διαχρονική μεταβολή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών καθώς και της συγκέντρωσης βασικών ιόντων των θερμών ρευστών, παρουσιάζεται στην Εικόνα 27.

Διαπιστώνεται ότι κατά το διάστημα 1985-2016, το pH παρουσιάζει σχετική σταθερότητα, ενώ η θερμοκρασία διαμορφώνεται σχεδόν συνεχώς μεταξύ 31 και 32°C, πλην μίας περιόδου στα μέσα της δεκαετίας του 2000, που παρουσιάζει σχετική διακύμανση με κατώτερη τιμή τους 28,1°C. Την ίδια περίοδο παρατηρείται σχετικά απότομη διακύμανση και στις τιμές των ιόντων Cl και Na (Αθανασούλης, 2016b).



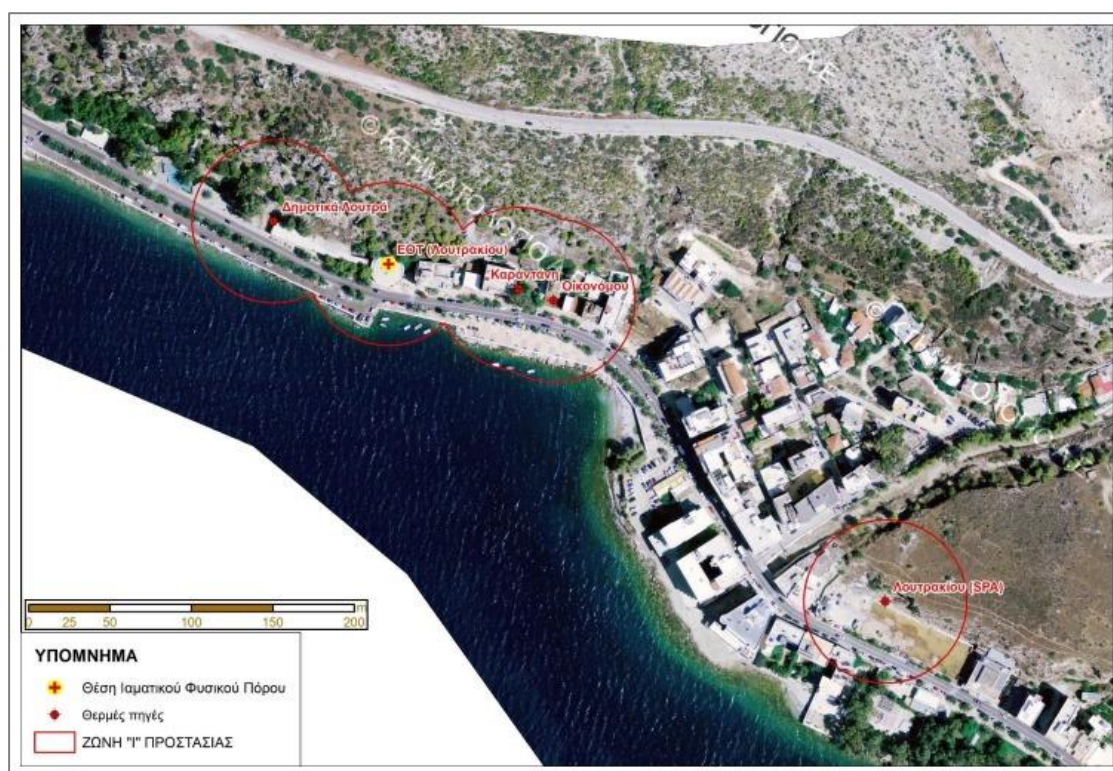
Εικόνα 27: Διαχρονική μεταβολή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και της συγκέντρωσης των χημικών στοιχείων της γεώτρησης των Λουτρών Λουτρακίου (Αθανασούλης κ.ά., 2016b)

4.4 Ζώνες προστασίας

Ο σκοπός των ζωνών προστασίας ενός έργου υδροληψίας είναι να διασφαλίσουν την προστασία ενός υπό εκμετάλλευση υδατικού πόρου. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση των ιαματικών νερών, ώστε να διατηρείται σταθερή η ποιότητα και η ποσότητα τους. Για την προστασία των ιαματικών φυσικών πόρων καθορίζονται τρεις ζώνες, ανάλογα και με τις ιδιαιτερότητες της κάθε περιοχής (Αθανασούλης κ.α., 2016a).

Στην περιοχή ενδιαφέροντος η οριοθέτηση των ζωνών προστασίας των σημείων όπου εκδηλώνεται η ιαματική υδροφορία έχει ως εξής (Αθανασούλης κ.α., 2016a):

- **Ζώνη I (άμεσης προστασίας):** Οριοθετείται στα 50 m γύρω από τα σημεία επιφανειακής ή υπόγειας ιαματικής υδροφορίας (πηγές και γεωτρήσεις) και έχει έκταση 7.854 m² (Εικόνα 28). Εντός των ορίων της ζώνης απαγορεύεται οποιαδήποτε δραστηριότητα που μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα και την ποσότητα των θερμών νερών.

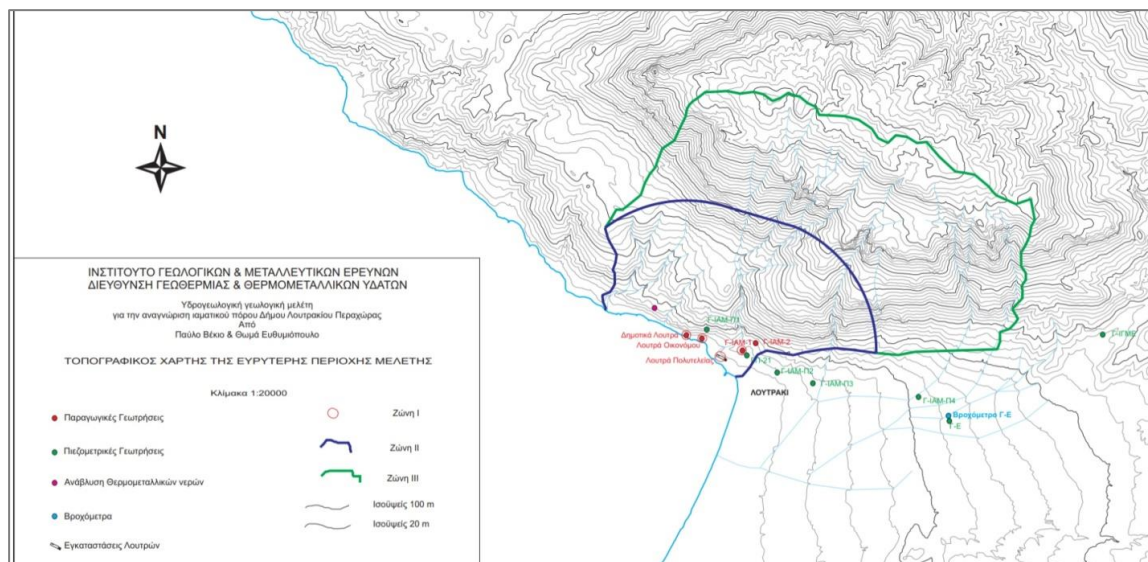


Εικόνα 28: Ζώνη προστασίας I Λουτράκι (Αθανασούλης κ.α., 2016a)

- **Ζώνη II (ελεγχόμενη):** Η ζώνη αυτή έχει σκοπό να προφυλάξει τα νερά από παθογόνα μικρόβια που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες και εγκαταστάσεις. Η οριοθέτησή της στην περιοχή ενδιαφέροντος έγινε με βάση τη διεύθυνση και την πυκνότητα των ρηγμάτων της περιοχής εντός των

ασβεστόλιθων, όπου αναπτύσσεται και η καρστική υδροφορία. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 29, έχει επίμηκες σχήμα με διεύθυνση ΔΒΔ – ΑΝΑ, ακολουθώντας την υπόγεια ζώνη τροφοδοσίας των πηγών, όπως αυτή εκτιμήθηκε με βάση τις ερευνητικές γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ. Η συνολική έκταση της υπολογίζεται ότι είναι 4.073 km².

- **Ζώνη ΙΙΙ (επιτηρούμενη):** Στόχος της τρίτης ζώνης είναι να προστατευτούν τα νερά από χημικούς ή ραδιενεργούς ρύπους, οι οποίοι είτε δεν διασπώνται είτε διασπώνται πολύ δύσκολα. Τα όρια της ζώνης (Εικόνα 29) καλύπτουν όλη την έκταση που δέχεται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τα οποία τροφοδοτούν τον υπόγειο υδροφορέα, κυρίως, δηλαδή, τα ανθρακικά πετρώματα



Εικόνα 29: Ζώνες προστασίας ΙΙ και ΙΙΙ (Αθανασούλης κ.ά., 2016α)

Εντός των Ζωνών ΙΙ και ΙΙΙ απαγορεύονται οι γεωτρήσεις σε βάθος μεγαλύτερο από το προκαθορισμένο από τη σχετική μελέτη, η κατασκευή ορυχείων, η αποθήκευση χημικών υλικών, οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων, οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής Υπολειμμάτων κλπ, όπως προβλέπει η σχετική νομοθεσία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΘΕΡΜΙΚΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

6.1 Αξιοποίηση της γεωθερμίας χαμηλής θερμοκρασίας

Τα γεωθερμικά ρευστά χαμηλής θερμοκρασίας στην περιοχή του Λουτρακίου αξιοποιούνται μόνο για τις ιαματικές τους ιδιότητες (λουτροθεραπεία). Οι σχετικές θεραπείες προσφέρονται από το 2010 στο καινούριο υδροθεραπευτήριο «Loutraki Thermal Spa» (Εικόνα 30), το οποίο βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της πόλης, σε απόσταση 300 m από τις παλαιές εγκαταστάσεις (Λουτρά Πολυτελείας), με τις οποίες και συνδέεται. Το νέο θεραπευτήριο καταλαμβάνει έκταση 5.000 m² και προσφέρει μια πλειάδα θεραπειών/υπηρεσιών στους σύγχρονους χώρους του. Τα Λουτρά ανήκουν στον Δήμο Λουτρακίου – Περαιχώρας και αξιοποιούνται από την εταιρεία «ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ Α.Ε. ΟΤΑ.»



Εικόνα 30: Ο χώρος του νέου υδροθεραπευτηρίου και γεώτρηση Γ-IAM1

Κατά τη διάρκεια των εκσκαφών για την κατασκευή του νέου κτιρίου, βρέθηκε θερμό νερό σε πολύ μικρό βάθος, το οποίο αρχικά υδρομαστευόταν και χρησιμοποιούνταν για τις ανάγκες του θεραπευτηρίου. Το νερό αυτό πλέον διοχετεύεται στα ντουζ της παραλίας, ενώ σήμερα, το θερμό νερό που τροφοδοτεί το υδροθεραπευτήριο προέρχεται από τη γεώτρηση «Γ-IAM1», η οποία βρίσκεται περίπου 500 m βόρεια των εγκαταστάσεων (Εικόνα 30).

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ρευστών της γεώτρησης «Γ-IAM1» παρουσιάζονται παρακάτω στο Πίνακα 6.

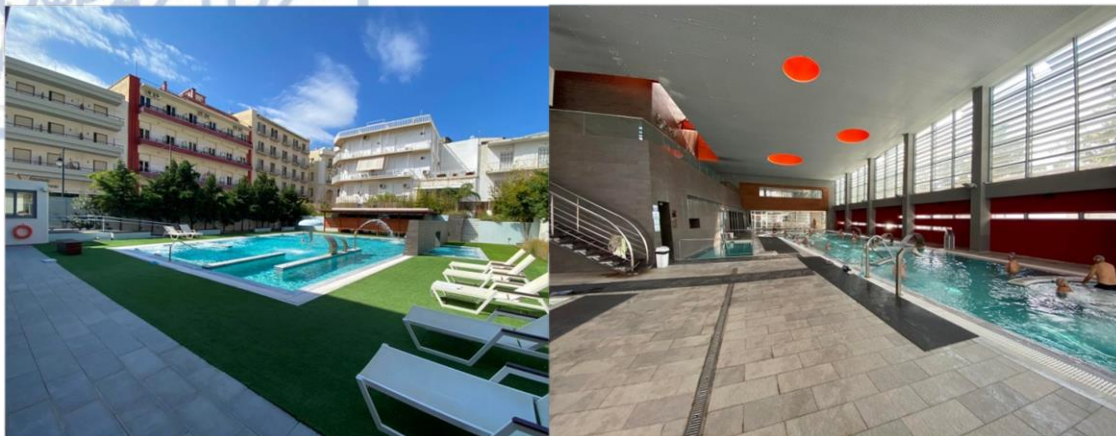
Τα θερμά νερά φτάνουν στο υδροθεραπευτήριο με θερμοκρασία 29-32°C. Στη συνέχεια, για την άνοδο της θερμοκρασίας τους στους 35°C και χρήση τους στις λουτρικές εγκαταστάσεις, χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας.

Το θερμό νερό μετά τη χρήση του διοχετεύεται στο σύστημα βιολογικού καθαρισμού του Δήμου και εν συνεχεία καταλήγει στη θάλασσα. Καθημερινά απορρίπτεται περίπου το 20–25% του ιαματικού νερού που κυκλοφορεί στις εγκαταστάσεις, το οποίο αντιστοιχεί περίπου σε 60–75 m³/h (αναλόγως την εποχή).

Οι εγκαταστάσεις λουτροθεραπείας περιλαμβάνουν 3 εσωτερικές πισίνες και 1 εξωτερική (δύο μεγάλες και 2 μικρές), 2 χαμάμ, 1 σάουνα, 10 ατομικούς λουτήρες, 2 χώρους για λασποθεραπεία, χώρους για μασάζ και αίθουσα γυμναστικής/yoga (Εικόνες 31 και 32). Τα χαρακτηριστικά των πισινών και των λουτήρων, με βάση τις πληροφορίες που δόθηκαν από τον Δήμο Λουτρακίου, παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.

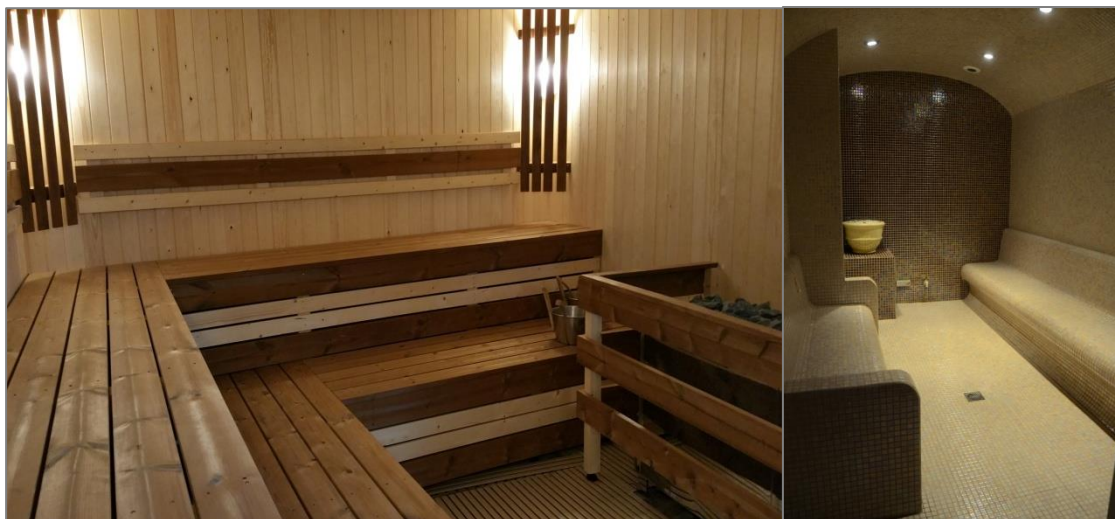
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά των πισινών και των ατομικών λουτήρων στο νέο υδροθεραπευτήριο Λουτρακίου

	Πισίνες	Ατομικοί Λουτήρες
Αριθμός και είδος	2 μεγάλες και 2 μικρές	10
Διαστάσεις (για τις πισίνες)	<i>Εμβαδόν</i> Μεγάλες: 202 m ² και 130 m ² Μικρές: 42 m ² και 20 m ² Βάθος: 1,15 m για τις μεγάλες	
Παροχή νερού		1,2 m ³ /h ανά λουτήρα
Όγκος νερού (για τις πισίνες)	Μεγάλες: 300 m ³ και 200 m ³ Μικρές: 47 m ³ και 32 m ³	
Θερμοκρασία εισόδου/εξόδου του νερού	32 °C για την μεγάλη (εξωτερική), 34 – 35 °C για την μικρή, ενώ η άλλη μικρή ψύχεται και είναι στους 18 °C, η άλλη μεγάλη σε θερμοκρασία περιβάλλοντος	30 – 35 °C ρυθμίζεται ανάλογα με το χρήστη
Χλωρίωση (για τις πισίνες)	NAI	



Εικόνα 31: Εσωτερική και εξωτερική πισίνα νέου υδροθεραπευτηρίου

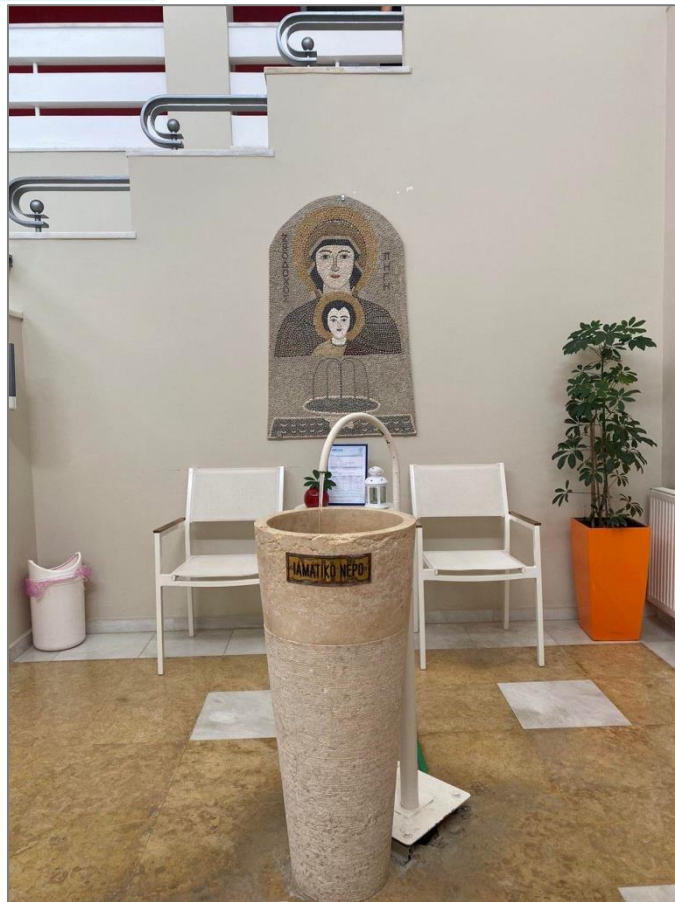
Η πηγή «ΕΟΤ» στο κτίριο των Λουτρών Πολυτελείας, χρησιμοποιείται και για ποσιθεραπεία. Το ιαματικό νερό περιέχει στοιχεία και μέταλλα, τα οποία αφομοιώνονται από τα όργανα και τους ιστούς, οπότε η ποσιθεραπεία συμβάλει στη θεραπεία ή την αντιμετώπιση διαφόρων ασθενειών (<https://loutrakispa.gr>).



Εικόνα 32: Οι χώροι της σάουνα και του υδρομασάζ

Η λασποθεραπεία γίνεται με λάσπη που προέρχεται από τη Νεκρά Θάλασσα, η οποία αναμιγνύεται με το ιαματικό νερό Λουτρακίου, αποκτώντας θερμοκρασία 36-37°C. Ο μέσος ετήσιος αριθμός επισκεπτών στα Λουτρά ανέρχεται σε 25.000 άτομα. Προέρχονται από όλη την επικράτεια αλλά και το εξωτερικό, κυρίως όμως από την Πάτρα και την Αθήνα, λόγω της μικρής τους απόστασης από το Λουτράκι. Η παραμονή στην περιοχή για λουτροθεραπεία είναι συνήθως πολυήμερη, με τους επισκέπτες να επιλέγουν για την διαμονή τους τα ξενοδοχεία του Λουτρακίου, πολλά από τα οποία οφείλουν σχεδόν αποκλειστικά τη λειτουργία τους στον ιαματικό τουρισμό. Η επισκεψιμότητα στα λουτρά είναι αυξημένη κατά τους καλοκαιρινούς

μήνες και τις περιόδους Χριστουγέννων και Πάσχα, αλλά κατανέμεται ομοιόμορφα εντός των υπόλοιπων μηνών.



Εικόνα 33: Βρύση με ιαματικό νερό στην υποδοχή των Λουτρών



Εικόνα 34: Χώρος υποδοχής στο νέο υδροθεραπευτήριο

Στην περίπτωση της γεώτρησης Γ-IAM1 που τροφοδοτεί τα Λουτρά υπάρχει το πρόβλημα της μεγάλης ποσότητας φερτών υλικών κατά την άντληση των ρευστών και η αποθετική τάση των ρευστών ανάλογα με την εποχή, όπως προαναφέρθηκε. Για την επίλυση του προβλήματος αυτού, τα ρευστά, αφού φθάσουν στο χώρο των Λουτρών συγκεντρώνονται σε μια δεξαμενή και διοχετεύονται σε φίλτρα άμμου, με σκοπό τη συγκράτηση των φερτών υλικών (Εικόνα 35). Επειδή παρατηρούνται απώλειες θερμότητας μέχρι τα ρευστά να φτάσουν από τη γεώτρηση στο χώρο των Λουτρών (~ 500m απόσταση), χρησιμοποιούνται αντλίες θερμότητας για την αύξηση της θερμοκρασίας τους στο επιθυμητό επίπεδο, ανάλογα με τη χρήση τους.



Εικόνα 35: Φίλτρα άμμου για τη συγκράτηση των φερτών υλικών στο μηχανοστάσιο του νέου υδροθεραπευτηρίου



Εικόνα 36: Αντλία θερμότητας για τη θέρμανση των νερών στο νέο υδροθεραπευτήριο

6.2 Αξιοποίηση της Αβαθούς Γεωθερμίας

Η αβαθής γεωθερμική ενέργεια, δηλαδή η θερμότητα του εδάφους και των ρηχών γεωλογικών σχηματισμών και υδροφόρων οριζόντων με θερμοκρασία μικρότερη των 25-30°C, είναι διαθέσιμη πρακτικά οπουδήποτε και μπορεί να αξιοποιηθεί με τη βοήθεια των Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας (ΓΑΘ) για θέρμανση ή ψύξη χώρων και παροχή ζεστού νερού χρήσης. Απαιτείται η εγκατάσταση ενός συστήματος εναλλαγής θερμότητας με τη γη ή το νερό στον περιβάλλοντα χώρο του κτιρίου που θα κλιματιστεί, μία ή περισσότερες αντλίες θερμότητας (ανάλογα με τις ενεργειακές ανάγκες) και κατάλληλο σύστημα θέρμανσης/ψύξης στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου.

Πολύ συνοπτικά αναφέρεται ότι η εναλλαγή θερμότητας μπορεί να γίνει με την τοποθέτηση κατακόρυφων ή οριζόντιων σωληνώσεων στο έδαφος και κυκλοφορία αντιψυκτικού υγρού μέσα σε αυτές (κλειστό σύστημα) ή με τη χρήση υπόγειου νερού (υδρογεωτρήσεις – ανοικτό σύστημα).

Όπως και γενικά στον κόσμο, έτσι και στην Ελλάδα, ο κλάδος αξιοποίησης της αβαθούς γεωθερμίας κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο της γεωθερμικής αγοράς και

γνωρίζει ιδιαίτερη ανάπτυξη εδώ και αρκετές δεκαετίες (Παπαχρήστου κ.ά., 2021). Σύμφωνα με εκτιμήσεις (Παπαχρήστου κ.ά., 2021), σήμερα λειτουργούν περίπου 3500-4000 συστήματα αβαθούς γεωθερμίας στην Ελλάδα και αφορούν μεγάλα δημόσια κτίρια, σχολεία, εμπορικούς χώρους, ξενοδοχεία, κολυμβητήρια κλπ, αλλά και μεμονωμένες κατοικίες.

Οι ΓΑΘ θεωρούνται από τα πλέον αποδοτικά ενεργειακά συστήματα για τον κλιματισμό χώρων, με μηδενικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα, σχετικά γρήγορη απόσβεση της αρχικής επένδυσης και μεγάλη εξοικονόμηση ενέργειας και χρημάτων. Η εξοικονόμηση έναντι συμβατικού καυστήρα πετρελαίου και κοινού κλιματιστικού υπερβαίνει συνολικά το 60% ετησίως (Papachristou et al., 2021). Όλες οι αντλίες θερμότητας, αλλά ειδικά οι γεωθερμικές, θεωρούνται πλέον ιδιαίτερα ανταγωνιστικές λόγω της υπερβολικής αύξησης των τιμών πετρελαίου και φυσικού αερίου.

Στην περιοχή του Λουτρακίου, προγραμματίζεται η χρήση ΓΑΘ ανοικτού τύπου για την ενεργειακή αναβάθμιση του Δημοτικού Κολυμβητηρίου της πόλης. Αναλυτικότερα, θα γίνει εγκατάσταση μίας γεωθερμικής αντλίας θερμότητας, σε συνδυασμό με τρεις λέβητες πετρελαίου και σύστημα αυτόματου ελέγχου για τον έλεγχο του εξοπλισμού και την καλύτερη λειτουργία του συστήματος. Το έργο θα ολοκληρωθεί εντός του 2023 και αναμένεται μείωση της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας κατά 49,3 %. Το έργο ουσιαστικά θα ολοκληρωθεί το 2023 και θα καλύψει:

- τη θέρμανση των κολυμβητικών δεξαμενών
- την παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- την θέρμανση των αποδυτηρίων και των λοιπών βοηθητικών χώρων

Για τη λειτουργία του συστήματος, θα διανοιχθούν συνολικά (4) γεωτρήσεις, εκ των οποίων οι δύο θα είναι παραγωγικές για την άντληση του υπόγειου νερού και δύο επανεισαγωγής, για την επιστροφή του νερού στον υδροφόρα μετά την ενεργειακή του χρήση.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιγράφει τις υδρογεωλογικές και γεωθερμικές συνθήκες στην περιοχή Λουτρακίου Κορινθίας. Το Λουτράκι Κορινθίας βρίσκεται στο ανατολικό άκρο του Κορινθιακού Κόλπου, στη χερσόνησο της Περαχώρας. Η περιοχή ενδιαφέροντος οριοθετείται στα βόρεια από τα Γεράνεια Όρη, ενώ προς τα δυτικά από τον Κορινθιακό Κόλπο. Γειτνιάζει με την περιοχή Σουσακίου - Αγίων Θεοδώρων (δυτικό άκρο του Ενεργού Ηφαιστειακού Τόξου του Νοτίου Αιγαίου), στην οποία έχουν εντοπιστεί ρευστά υψηλής ενθαλπίας.

Η περιοχή μελέτης χωρίζεται σε δύο υδρολογικές λεκάνες, τη Λεκάνη Λουτρακίου και τη Βορειοδυτική Λεκάνη Λουτρακίου, ενώ χαρακτηρίζεται από την παρουσία σημαντικής υδροφορίας με έναν επιφανειακό ψυχρό, μεταλλικό υδροφορέα και έναν θερμό και ιαματικό υδροφορέα σε λίγο μεγαλύτερο βάθος (55-65m). Το γεωλογικό υπόβαθρο αποτελείται από περμοτριάδικούς σχηματισμούς, ανθρακικά πετρώματα, φλύσχη, οφιόλιθους και σχιστοκερατόλιθους που καλύπτονται από πρόσφατες προσχώσεις (μάργες, τυρρήνιες αποθέσεις, κροκαλοπαγή, κορήματα, αλλουβιακά ιζήματα, παράκτιες και ανθρώπινες αποθέσεις). Η ψυχρή υδροφορία αναπτύσσεται εντός των αλλουβιακών προσχώσεων, ενώ τα θερμά ιαματικά νερά προέρχονται από την ανθρακική μάζα των Γερανείων.

Η περιοχή τόσο από υδρογεωλογική όσο και από γεωθερμική άποψη έχει μελετηθεί διαχρονικά από διάφορους ερευνητές [ενδεικτικά αναφέρονται οι Κούνης & Βιτωρίου-Γεωργούλη (2003, 2008), Βέκιος & Ευθυμιόπουλος (2010), Χατζηγιάννης (2010), Αθανασούλης κ.ά. (2016a)], από τις έρευνες των οποίων αντλήθηκαν τα περισσότερα στοιχεία που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία.

Στοιχεία για το υδρολογικό ισοζύγιο της Λεκάνης Λουτρακίου αντλήθηκαν από τη μελέτη του ΙΓΜΕ (Βέκιος & Ευθυμιόπουλος, 2009) για την περίοδο 2007-2009, τα οποία έδειξαν συνολική μείωση των αποθεμάτων της λεκάνης κατά $0,26 \times 10^6 \text{ m}^3$. Όσον αφορά στο ισοζύγιο των υπόγειων ψυχρών νερών (μεταλλικός υδροφορέας), παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα από την μελέτη των Κούνη & Βιτωρίου-Γεωργούλη (2003) για την περίοδο 1999-2002. Κατά την τριετία αυτή, υπολογίστηκε έλλειμμα της τάξης των $251.000 \text{ m}^3/\text{έτος}$, το οποίο αποδίδεται σε υπεράντληση των αποθεμάτων. Η υδροχημικές έρευνες έδειξαν ότι τα νερά ανήκουν στην κατηγορία των *Οξυανθρακικών-Μαγνησιούχων* και κατατάσσονται ως *Μεταλλικά Μαγνησιούχα*.

Η θερμοκρασία τους παραμένει σταθερή διαχρονικά μεταξύ 17 και 18,8 °C, οι τιμές του pH δείχνουν τον *μέτριο αλκαλικό* χαρακτήρα των νερών ενώ η ηλεκτρική αγωγιμότητα μαζί με το Σύνολο Διαλυμένων Αλάτων φανερώνουν την *ολιγομεταλλικότητα* τους. Επίσης κατά τόπους παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση σε χλώριο, η οποία οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες (υπεράντληση) και ως αποτέλεσμα εισροή θαλασσινού νερού, χωρίς όμως να επηρεάζεται η σκληρότητα του νερού στο σύνολο του υδροφορέα. Όσον αφορά την συγκέντρωση του ολικού χρωμίου αυτή δεν ξεπερνά τις τιμές που ορίζει η αντίστοιχη νομοθεσία, με εξαίρεση ένα μόνο δείγμα.

Η ιαματική υδροφορία εκδηλώνεται επιφανειακά με τη μορφή πηγών στην Βορειοδυτική Λεκάνη Λουτρακίου, κατά μήκος της παράκτιας ζώνης και εντός της θάλασσας, ενώ ο θερμός ταμιευτήρας συναντήθηκε μέσω γεωτρήσεων σε βάθη περίπου 60m. Η θερμοκρασία των θερμών νερών δεν είναι πολύ μεγάλη, με τη μέγιστη τιμή της να ανέρχεται στους 35°C. Η παρουσία γεωθερμικών ρευστών στην περιοχή σχετίζεται με την ύπαρξη μεγάλων και βαθιών ρηγμάτων, τα οποία συντελούν στην άνοδο μαγματικών μαζών και στην αύξηση της θερμικής ροής, ενώ ταυτόχρονα επιτρέπουν στα μετεωρικά/επιφανειακά νερά να κατεισδύουν σε μεγάλα βάθη, να θερμαίνονται λόγω της επαφής τους με τα πολύ θερμά πετρώματα και στη συνέχεια ανέρχονται μέσω των ρηγμάτων κοντά στην επιφάνεια. Σύμφωνα με τις υδροχημικές μελέτες των Βέκιου & Ευθυμιόπουλου (2010) και Αθανασούλη (2016), τα θερμά νερά, τόσο των πηγών όσο και των γεωτρήσεων, κατατάσσονται ως *χλωριονατρίουχα*, με συμμετοχή μαγνησίου. Η υψηλή τους περιεκτικότητα σε χλώριο αποδίδεται στην ανάμιξή τους με θαλασσινό νερό. Με βάση τα περιεχόμενα αέρια, χαρακτηρίζονται ως *μέτρια θειούχα*, ενώ όσον αφορά στον αποθετικό ή/και διαβρωτικό χαρακτήρα τους, ο δείκτης κορεσμού Langelier (LSI) έδειξε ότι έχουν ελαφρώς διαβρωτικό χαρακτήρα καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς, ενώ ο δείκτης σταθερότητας Ryznar (RSI) ότι παρατηρείται είτε τάση για μικρές αποθέσεις και διάβρωση κατά την υγρή περίοδο, είτε για μικρές αποθέσεις και πολύ έντονη διάβρωση την ψυχρή περίοδο. Ακόμα σύμφωνα με τις τιμές που μετρήθηκαν για το U, R_n και R_a κατά την ραδιοσκοπική μελέτη, τα θερμά νερά χαρακτηρίζονται ως *ασθενώς ραδονούχα*. Τα χημικά και ισοτοπικά γεωθερμόμετρα που έχουν εφαρμοστεί από τους Dotsika et al. (2010) και Αθανασούλη κ.ά. (2016), έδειξαν πιθανή παρουσία βαθύτερου ταμιευτήρα με θερμοκρασίες 60-80°C, με τα αποτελέσματα όμως να

θεωρούνται σχετικά αναξιόπιστα λόγω της ανάμιξης των θερμών νερών με το θαλασσινό. Πρέπει να σημειωθεί ότι στην ευρύτερη περιοχή του Λουτρακίου απαιτείται περαιτέρω και πιο συστηματική έρευνα για την αποσαφήνιση των γεωθερμικών συνθηκών, την σαφή οριοθέτηση της γεωθερμικής ανωμαλίας, της ακριβούς προέλευσης και κυκλοφορίας των θερμών ρευστών, καθώς και της πιθανότητας ύπαρξης πιο υψηλών θερμοκρασιών σε μεγαλύτερα βάθη.

Η περιοχή του Λουτρακίου είναι γνωστή τόσο για την μεταλλική όσο και την ιαματική της υδροφορία. Τα μεταλλικά νερά εμφανίζονται ήδη από τις αρχές του περασμένου αιώνα, με το πρώτο εργοστάσιο εμφιάλωσης νερού στην Ελλάδα να λειτουργεί στην περιοχή («Πηγή Καραντάνη Α.Ε.»). Από τον Ιούλιο του 2022, λειτουργεί το νέο υπερσύγχρονο εμφιαλωτήριο της εταιρείας N. U Aqua – PepsiCo Hellas. Επιπρόσθετα, τα θερμά νερά αξιοποιείται από την αρχαιότητα για τις θεραπευτικές τους ιδιότητες. Σήμερα, υπηρεσίες λουτροθεραπείας παρέχονται στο νέο υδροθεραπευτήριο της πόλης, το «Loutraki Therma Spa», ιδιοκτησίας της δημοτικής επιχείρησης «ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ Α.Ε. ΟΤΑ.» που λειτουργεί από την περίοδο 2009-2010 και αποτελεί πόλο έλξης χιλιάδων επισκεπτών ετησίως, ενώ ποσιθεραπεία γίνεται και από την πηγή «ΕΟΤ» στα παλαιά Λουτρά {Λουτρά Πολυτελείας}. Το νέο υδροθεραπευτήριο τροφοδοτείται από κοντινή γεώτρηση (Γ-ΙΑΜ1), το νερό της οποίας έχει θερμοκρασία ~32°C.

Η παρουσία άφθονης και πολύ εύκολα προσβάσιμης (ρηχής) υδροφορίας στην περιοχή του Λουτρακίου, θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ενεργειακά με τη βοήθεια των Γεωθερμικών Αντλιών Θερμότητας, για την παροχή θερμάνσης/ψύξης αλλά και ζεστού νερού χρήσης σε δημόσια και ιδιωτικά κτίρια, όπως για παράδειγμα σε σχολεία, κτίρια που στεγάζουν δημόσιες υπηρεσίες, στο υδροθεραπευτήριο, σε ξενοδοχεία, πισίνες, αθλητικούς χώρους, μεμονωμένες κατοικίες κλπ. Ήδη, ο Δήμος Λουτρακίου-Περαχώρας υλοποιεί πρόγραμμα ενεργειακής αναβάθμισης του Δημοτικού Κολυμβητηρίου με τη χρήση ΓΑΘ σε συνδυασμό με λέβητες πετρελαίου, ένα έργο που θα μπορούσε να αποτελέσει θετικό παράδειγμα προς μίμηση για την ευρύτερη αξιοποίηση της αβαθούς γεωθερμίας στην περιοχή, με πολλαπλά ενεργειακά, περιβαλλοντικά αλλά και οικονομικά οφέλη για την τοπική κοινωνία.

Αθανασούλης Κ., Βακαλόπουλος Π., Ξενάκης Μ., Βουγιουκαλάκης Γ., Ζόραπας Β., Γκιντώνη Ε.(2016a): “Υδρογεωλογική – γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση φυσικού πόρου ως ιαματικού της πηγής ‘ΕΟΤ’ Λουτρακίου”, Έργο: Υδρογεωλογική έρευνα ευρύτερης περιοχής ‘Αγ. Θεοδώρων’ Κορινθίας, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων (ΔΙ.ΓΕ.ΘΜ.Υ), Αθήνα

Αθανασούλης Κ., Βουγιουκαλάκης Γ., Ξενάκης Μ., Καβούρης Μ., Κανελλόπουλος Χ., Χριστοδούλου Μ., Σταθά Φ., Ρηγόπουλος Π., Σπαγάκος Ν., Τσίγκας Θ., Παπαδάτου Μ. (2016b): “Αποτίμηση γεωθερμικού ενεργειακού δυναμικού σε επιλεγμένες περιοχές για περιορισμό της ενεργειακής εξάρτησης και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και δυναμικού θερμομεταλλικών υδάτων και ιαματικών φυσικών πόρων”, Έργο ΓΕΩΘΕΝ – ΚΩΔ. ΟΠΣ ΕΡΓΟΥ: 350913 - Υποέργο 11 «Διαχρονική παρακολούθηση ιαματικών πηγών & γεωθερμικών πεδίων της χώρας», Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Αθήνα

Αθανασούλης Κ. και Ξενάκης Μ. (2016): “Ραδιολογική έκθεση για την αναγνώριση φυσικού πόρου ως ιαματικού της πηγής ‘ΕΟΤ’ Λουτρακίου”, Έργο: Υδρογεωλογική έρευνα ευρύτερης περιοχής ‘Αγ. Θεοδώρων’ Κορινθίας, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων (ΔΙ.ΓΕ.ΘΜ.Υ), Αθήνα

Βασιλειάδης Κ. (1983): «Βαρυτομετρική έρευνα περιοχής Λουτρακίου-Σουσακίου», Τεχνική Έκθεση ΙΓΜΕ, 3814, 1-19

Βέκιος Π. και Ευθυμιόπουλος Θ. (2009): “Υδρογεωλογική γεωλογική μελέτη για την αναγνώριση του ιαματικού πόρου Δήμου Λουτρακίου Περαχώρας”, Έρευνα/Μελέτη, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων, Αθήνα

Βέκιος Π. και Ευθυμιόπουλος Θ. (2010): “Διαχρονική παρακολούθηση των ποσοτικών και ποιοτικών παραμέτρων της μεταλλικής υδροφορίας Λουτρακίου (υδρολογικό έτος 2008 – 2009)”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων, Αθήνα

Βουδούρης Κ. (2009): “Τεχνική υδρογεωλογία υπόγεια νερά”, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Δημητρόπουλος Δ.(1989): “Υδρογεωλογική έρευνα για τον καθορισμό των ζωνών προστασίας των υδροφόρων οριζόντων Λουτρακίου”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Διεύθυνση Υδρογεωλογίας, Αθήνα

Δημητρόπουλος Δ.(1999): “Έκθεση υδρογεωλογικής μελέτης με ανόρυξη υδρογεωτρήσεων στην περιοχή Γκράβας – Λουτρακίου”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Αθήνα

Δημητρόπουλος Δ.(2006): “Έκθεση υδρογεωλογικής κατάστασης του υδροφόρου ορίζοντα της λεκάνης Λουτρακίου”, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων, Αθήνα

Θανάσουλας Κ. (1980): «Γεωηλεκτρικές μετρήσεις στην περιοχή Λουτράκι-Σουσάκι», Τεχνική Έκθεση ΙΓΜΕ-ΔΕΗ

Κούνης Γ. και Βιτωρίου – Γεωργούλης Ασ. (2003): “Επί του υδρολογικού ισοζυγίου του μεταλλικού υδροφορέα Λουτρακίου”, Έρευνα/Μελέτη, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων, Αθήνα

Κούνης Γ. και Βιτωρίου – Γεωργούλη Ασ. (2005): “Επί της διακεκριμένης ποιότητας υδροφορίας της προσχωσιγενούς λεκάνης Λουτρακίου – Κορινθίας υδρογεωλογικές συνθήκες, εισροές, εκροές και αποταμίευμα”, 7^ο Ελληνικό Υδρογεωλογικό Συνέδριο 2005, Αθήνα

Κούνης Γ. και Βιτωρίου – Γεωργούλη Ασ. (2008): “Οι τομές ρηξιγενών διαδρομών διάταξης και εύθραυστων σχηματισμών κυρίαρχος λόγος χωροθεσίας των θερμομεταλλικών πηγών στη χώρα – παρουσίαση περιπτώσεων ”, 8^ο Διεθνές Υδρογεωλογικό Συνέδριο της Ελλάδας, 3^ο MEM Σεμινάριο για την Υδρογεωλογία Ρωγματομένων Πετρωμάτων, Αθήνα

Λέκκας Ε., Λόζιος Στ., Κρανής Χ., Χολέβας Κ., Μαυρογονάτος Ε., Μπακοπούλου Α. (2001): “Συμβολή στον αντισεισμικό σχεδιασμό του δήμου Λουτρακίου”, 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, ΤΕΕ, , Τόμος Β’, σελ. 211 – 218, Θεσσαλονίκη 2001

Παπαδόπουλος Κ. και Λάμπας Ι. (2013): “Ποιοτική και ποσοτική παρακολούθηση του μεταλλικού υδροφορέα Λουτρακίου”, Υδροχημική έρευνα, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Διεύθυνση Υδατικών Πόρων και Γεωθερμίας, Αθήνα

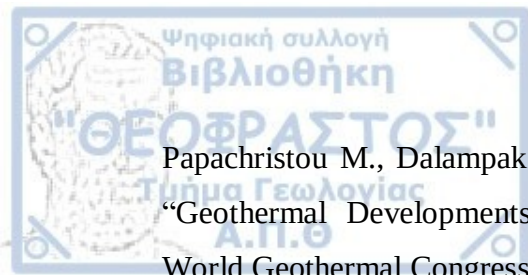
Παπαχρήστου Μ., Ανδρίτσος Ν., Αρβανίτης Α., Δαλαμπάκης Π., Μενδρινός Δ. (2021): «Ανασκόπηση των γεωθερμικών χρήσεων στην Ελλάδα και τον κόσμο», Πρακτικά 12^{ου} Συνεδρίου για της ήπιες μορφές ενέργειας, ΙΗΤ, Θεσσαλονίκη, 07-09.04.2021

Ρόκκα Α. (1985): «Γεωφυσική Διασκόπηση της περιοχής Λουτρακίου - Σουσακίου», Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ

Χατζηγιάννης Γ. Η. (2010): “Έκθεση διαχρονικής παρακολούθησης γεωθερμικών πεδίων”, Επιχειρησιακό πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα», Γ’ ΚΠΣ – Έργο 7.3.1.4 – Υποέργο 7.3.1.4.2, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), Διεύθυνση Γεωθερμίας και Θερμομεταλλικών Υδάτων, Αθήνα

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Dotsika E., Poutoukis D., Raco B. (2010): “Fluid geochemistry of the Methana Peninsula and Loutraki geothermal area, Greece”, Journal of Geochemical Exploration 104 (2010) 97 – 104



Papachristou M., Dalampakis P., Arvanitis A., Mendrinou D., Andritsos N. (2021): "Geothermal Developments in Greece-Country Update 2015-2020", Proceedings World Geothermal Congress 2020+21, Reykjavik, Iceland

Pyrgaki K., Argyraki A., Botsou F., Kelepertzis E., Paraskevopoulou V., Karavoltsos S., Mitsis I., Dassenakis E. (2020): "Hydrochemical investigation of Cr in the ultramafic rock-related water bodies of Loutraki basin, Northeast Peloponnese, Greece", Springer Link 2021, Environmental Earth Sciences 80, Article number: 62(2021)

Διαδικτυακές Πηγές

<https://www.loutrakispa.gr>

<https://www.statistics.gr>

<https://greekscares.gr>

ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας συντάχθηκε ερωτηματολόγιο για τα Ιαματικά Λουτρά Λουτρακίου, το οποίο συμπληρώθηκε με βάση τα στοιχεία που ήταν διαθέσιμα από την διεύθυνση του υδροθεραπευτηρίου.

ΙΑΜΑΤΙΚΑ ΛΟΥΤΡΑ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ

1. Γενικά

Επωνυμία Επιχείρησης	«ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ ΑΕ ΟΤΑ» «LOUTRAKI THERMA SPA»
Διεύθυνση	ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΛΕΚΚΑ 24
Ανήκει η περιοχή σε γ/θ πεδίο;	ΟΧΙ

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

	☐ Άλλο ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΑ
Λειτουργία λουτρόπολης:	☐ Εποχιακή ☒ Ετήσια
Επισκεψιμότητα:	☐ Ημερήσια: ☐ Ετήσια: 25.000 (κατά Μ.Ο.) ☐ Ημερήσια επίσκεψη: ☐ Διαμονή: ☐ Ηλικιακό εύρος: 18 - 90

2. Τροφοδοσία Λουτρών (πηγή)

Ονομασία πηγής:	ΠΗΓΗ ΙΑΜΑΤΙΚΩΝ		
Ρευστά	Θερμοκρασία (°C) : 29 - 32 Παροχή (κ.μ./ώρα) : 70 Αέρια/Υγρή παροχή : ΥΓΡΗ Διαθέσιμη ανάλυση υγρού: NAI Αερίου:		
Χαρακτηριστικά Υγρού	pH = 7,03 – 7,7 Ca = K = SO ₄ =	Αγωγιμότητα: 3000 - 4195 (μS/cm) Mg = Cl = Σύνολο διαλ. αλάτων = 1894,5 – 2261,1 (g/L)	Na = HCO ₃ = (Αν υπάρχει να επισυνάπτεται χημική ανάλυση)
Χαρακτηριστικά Αερίου			

3. Τροφοδοσία Λουτρών (γεώτρηση)

Αριθμός Γεωτρήσεων:	1
----------------------------	---

Γεώτρηση	Όνομασία – θέση : Γ-ΙΑΜ1 Βάθος (m) : 55 Έτος ανόρυξης : 2007 Είδος αντλίας : ΥΠΟΒΡΗΧΙΑ Διαχωρισμός ρευστών στην κεφαλή: ΟΧΙ Αντικαθαλωτική προστασία/είδος: Προβλήματα : ΜΕΓΑΛΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΛΑ ΦΕΡΤΑ ΥΛΙΚΑ
Ρευστά	Θερμοκρασία (°C) : 29 - 32 Παροχή (κ.μ./ώρα) : 70 Αέρια/Υγρή παροχή : ΥΓΡΗ Διαθέσιμη ανάλυση υγρού: ΝΑΙ Αερίου:
Χαρακτηριστικά Υγρού	pH = Αγωγιμότητα: (μS/cm) Ca = Mg = Na = K = Cl = HCO₃ = SO₄ = Σύνολο διαλ. αλάτων = (g/L) (Αν υπάρχει να επισυνάπτεται χημική ανάλυση)
Χαρακτηριστικά Αερίου	

4. Πισίνες

Αριθμός και είδος:	4
Διαστάσεις πισίνας:	1. 202 m² 2. 42 m² 3. 20 m² 4. 130 m²

Παροχή νερού	
Όγκος νερού	1. 300 m ³ , 2. 47 m ³ , 3. 320 m ³ , 4. 200 m ³
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	1. 32 °C 2. 34 – 35 °C 3. 18 °C (ψυχρή), 4. Θερμοκρασία περιβάλλοντος
Χλωρίωση	☒ Ναι ☐ Όχι

5. Ατομικοί Λουτήρες

Αριθμός και είδος:	10
Παροχή νερού	1,2 m ³ /h
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	30 – 35 Ανάλογα τον χρήστη

6. Θέρμανση εγκαταστάσεων

Επιφάνεια χώρων που θερμαίνονται:	ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ
Είδος χώρων που θερμαίνονται	
Παροχή νερού	
Θερμοκρασία εισόδου και εξόδου του νερού	

7. Μεταφορά νερού στους χώρους χρήσης

Μεταφορά ρευστών	Μήκος σωληνώσεων (m) : 500 m Υψομετρική. διαφορά (m) : 60 m Διάμετρος αγωγού: f150 Υλικό(ά) αγωγού : PPR Μόνωση / είδος : Τρόπος κατασκευής.: Έτος κατασκευής : 2009 Προβλήματα : ΠΟΛΛΑ ΦΕΡΤΑ ΥΛΙΚΑ
Θέρμανση (έμμεση)	Τύπος εναλλάκτη : ΠΛΑΚΟΕΙΔΗΣ Υλικό εναλλάκτη : ΧΑΛΥΒΑΣ Επιφ./αριθμός πλακών : 2 x 0,7 m² 15 φύλλα, 1 x 0,5 m² 13 φύλλα Έτος εγκατάστασης : 2009 Τρόπος καθαρισμού : ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ Θερμοκρασία εισόδου (C) : 25 - 32 Θερμοκρασία εξόδου (C) : 35 Προβλήματα : (π.χ. διάβρωση, επικαθίσεις, διαρροές κλπ.)
Θέρμανση- άμεση	Περιγραφή : ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ Τύπος σωληνώσεων : PPR Υλικό : Έτος εγκατάστασης : 2017 Θερμοκρασία εισόδου. 25 - 32 Εξόδου: 35 Προβλήματα : (π.χ. διάβρωση, επικαθίσεις, διαρροές, κλπ.) ΒΟΥΛΩΝΕΙ ΑΠΟ ΤΑ ΦΕΡΤΑ ΥΛΙΚΑ

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

8. Διάθεση Ρευστών μετά τη Χρήση

Σε άλλη γεώτρηση	ΟΧΙ
Διάθεση σε επιφ. αποδέκτες	(Ποτάμι, λίμνη, θάλασσα κτλ.) ΣΥΣΤΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΘΑΡΙΜΣΟΥ ΔΗΜΟΥ ΚΑΙ ΣΤΗ ΣΥΝΕΧΕΙΑ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ
Μέγιστη ποσότητα	(m ³ /ώρα)
Προβλήματα	



ΔΟΚΙΜΕΣ
Testing

Αρ. Πιστ. / Cert. No: 548

ΕΚΘΕΣΗ ΔΟΚΙΜΩΝ: 0200/A36

18.11.2019

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΝΕΡΟΥ

Πελάτης: ΛΟΥΤΡΑΚΙ THERMAL SPA
Διεύθυνση: ΕΠΑΡ.ΟΔΟΣ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ-ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ 38
Ημερομηνία παραλαβής: 11.11.2019
Δειγματοληψία: ΑΠΟ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ
Περιγραφή δείγματος: 0,5 L ΝΕΡΟ, ΣΕ ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΔΟΧΕΙΟ
Κατάσταση δείγματος κατά την παραλαβή: ΚΑΝΟΝΙΚΗ, Θ= 4.0 °C
Ημερομηνίες ανάλυσης: 12.11.2019-14.11.2019

ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ MEDICENTER	ΚΩΔΙΚΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΠΕΛΑΤΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
11.11.2019/04	ΝΕΡΟ ΑΠΟ ΙΑΜΑΤΙΚΗ ΠΗΓΗ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Το εργαστηριακό δείγμα ελήφθη σύμφωνα με τα αντίστοιχα πρότυπα ISO.
Οι αναλύσεις έγιναν ως ακολούθως:

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΜΟΝΑΔΕΣ	ΤΙΜΗ	ΜΕΘΟΔΟΣ
pH	μονάδες pH 20° C	7,7	APHA 4500-H ⁺
Αλκαλικότητα	mg CaCO ₃ /L	318	APHA 2320 B
Ελεύθερο Χλώριο (Cl ₂)	mg/L	0,13	MERCK 1.00598
Αγωγιμότητα	μS/cm σε 20° C	4195	APHA 2510 B
Νάτριο (Na ⁺)	mg /L	560	APHA 3111 B
Μαγνήσιο (Mg ²⁺)	mg /L	145	APHA 3111 B

Διαπιστευμένες μέθοδοι: pH, Αλκαλικότητα, Αγωγιμότητα.

ΓΝΩΜΑΤΕΥΣΗ: Βάσει του ΦΕΚ 2899 της 5^{ης} Δεκεμβρίου 2016 «Αναγνώριση του φυσικού πόρου "Νερό υδρογείωσης Ι-ΙΑΜ-1 περιοχής Λουτρακίου Περαιχώρας" ως ιαματικού» και συγχετιζόμενα τον άρθρου 2, η φυσικοχημική σύσταση του ιαματικού φυσικού πόρου του οποίου γίνεται χρήση, βρίσκεται στα όρια φυσιολογικής διακύμανσης συγκριτικά με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του.

Για την MEDICENTER ΤΡΟΦΙΜΩΝ Α.Ε.

Κ. ΞΕΡΑ

Η Αναλύτρια

[Signature]

Τα αποτελέσματα αυτής της αναφοράς ισχύουν μόνο για το δείγμα που αναλύθηκε. Αυτή η αναφορά δόναται να αναπαράχθει μόνο στο ακέραιο. Μερική αναπαραγωγή επιτρέπεται μόνο με την έγγραφη συγκατάθεση της MEDICENTER ΤΡΟΦΙΜΩΝ Α.Ε.

Γ. Παπανδρέου 42, Κορυνθός 20100 Τηλ.: 27410 26.890 FAX: 27410 - 85267
e-mail: info@medicenter.gr - web: www.medicenter.gr

Σελ. 1 από 1



Ψηφιακή συλλογή
Βιβλιοθήκη

"ΘΕΟΦΡΑΣΤΟΣ"



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ
& ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



Αγία Παρασκευή 18 Ιαν 2018

177

ΕΚΕΦΕ "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ"
ΙΝΣΤ. ΠΥΡΗΝΙΚΩΝ & ΡΑΔΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ,
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ & ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ (Ι.Π.Ρ.Ε.Τ.Ε.Α.)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΡΑΔΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Τ.Θ.: 60037 - Τ.Κ.: 15310 - ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΑΤΤΙΚΗΣ
Τηλέφωνο: 210-6503005 FAX: 210-6503050

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ: Γ.ΜΑΥΡΟΚΕΦΑΛΟΥ / Ε.ΦΛΩΡΟΥ

www: <http://www.ipreteia.demokritos.gr>

<http://www.ipeta.demokritos.gr/eri/eri.html>

email: gmavrokefalou@ipta.demokritos.gr, eflorou@ipta.demokritos.gr

ΠΡΟΣ : ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ ΑΕ ΟΤΑ
ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΕΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ
Γ. ΛΕΚΚΑ 24
ΛΟΥΤΡΑΚΙ - Τ.Κ. 20300
ΤΗΛ.: 27440 22215
FAX: 27440 62187

ΚΟΙΝ :

Σχετικό σας :

Σχετικό μας : 140/2017-5544/12-12-2017

ΠΙΣΤΟΠΟΙΗΤΙΚΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΡΑΔΙΟΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Ημερομηνία Δεγματοληψίας : 11 Δεκ 2017

Ημερομηνία Μέτρησης : 13, 14, 15 Δεκ 2017 &
6, 9 Ιαν 2018

Προέλευση : ΕΛΛΑΔΑ

Προορισμός :

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Α.Α ΕΚΕΦΕ "Δ"	Είδος Δείγματος
ΕΡΠ177	Δείγμα ύδατος από την πισίνα του Υδροθεραπευτηρίου καματικής πηγής Λουτρακίου
	Η δεγματοληψία πραγματοποιήθηκε από τον κ.Ζόγκα Αθανάσιο για λογαριασμό της Τουριστικής Λουτρακίου ΑΕ ΟΤΑ
	ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΕΣ (ΕΓΣΑ 87): Χ=379801 - Ψ=229720
	Τα αποτελέσματα των συγκεντρώσεων ενεργότητας των ραδιονουκλιδίων γ-εκπομπής είναι τα εξής:
	1η μέτρηση (9:30): Rn-222: < 0,5 Bq/L
	2η μέτρηση (14:00): Rn-222: < 0,5 Bq/L
	3η μέτρηση (21:15): Rn-222: < 0,5 Bq/L
	Ra-226: < 0,1 Bq/L U-238: < 0,5 Bq/L
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ :	Το δείγμα κρίνεται ραδιολογικά κατάλληλο για εξωτερική χρήση σύμφωνα με τον Κανονισμό Ακτινοπροστασίας της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας, ΦΕΚ 216 Β'/06-03-2001. Άρθρο 1, παράγραφος 6 της υπ' αριθμ. 17414/02-10-2009 απόφασης Υπουργού Τουριστικής Ανάπτυξης περί της "διαδικασίας αναγνώρισης καματικών φυσικών πόρων", ΦΕΚ 2215 Β'/02-10-2009.





ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΑΔΕΙΩΝ & ΕΛΕΓΧΩΝ
Τμήμα Ελέγχου Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος
Αρμόδιος : Δρ. Κ. Ποτηριάδης

ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ Α.Ε. Ο.Τ.Α.
ΑΡΙΘ. ΠΡΩΤ. 50/26-4-18.

Αγ. Παρασκευή, 17.04.2018
Α.Π.: Α.γ/414/14735/2017

Προς: ΤΟΥΡΙΣΤΙΚΗ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ ΑΕ ΟΤΑ
ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΛΕΚΚΑ 24
ΤΚ 20300
ΛΟΥΤΡΑΚΙ

ΘΕΜΑ: Πιστοποιητικό καταλληλότητας από την άποψη της Ακτινοπροστασίας

Μετά από το αίτημά σας για την πραγματοποίηση ραδιολογικής μελέτης στις εγκαταστάσεις της τουριστικής Λουτρακίου ΑΕ ΟΤΑ σας παραθέτουμε τις μετρήσεις και την αντίστοιχη νομοθεσία:

Νομοθεσία

Σύμφωνα με το άρθρο ζ της υπουργικής απόφασης 14759/09.11.2011 (Β' 2657) για τη χορήγηση ειδικού σήματος λειτουργίας σε μονάδες ιαματικής θεραπείας, κέντρα ιαματικού τουρισμού και κέντρα θαλασσοθεραπείας απαιτείται η χορήγηση «Πιστοποιητικού καταλληλότητας από την άποψη της Ακτινοπροστασίας. Το πιστοποιητικό αυτό εκδίδεται από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (Ε.Ε.Α.Ε.) με βάση ραδιολογική μελέτη, η οποία θα εκπονείται είτε από την Ε.Ε.Α.Ε. ή από εξουσιοδοτημένο από αυτήν φορέα».

Η ραδιολογική μελέτη γίνεται με βάση την ισχύουσα νομοθεσία, και συγκεκριμένα με βάση την παράγραφο 1.2.5.7 των Ελληνικών Κανονισμών Ακτινοπροστασίας (Β' 216/ 05.03.2001), όσον αφορά την έκθεση εξαιτίας της παρουσίας του ραδονίου και των θυγατρικών του σε εργασιακούς χώρους ισχύουν τα ακόλουθα:

- Εργασιακοί χώροι στους οποίους η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου (που αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών), είναι μικρότερη από 400Bq/m³, εξαιρούνται περαιτέρω ελέγχου και μέτρων ακτινοπροστασίας.
- Σε εργασιακούς χώρους στους οποίους η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου (που αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών), είναι μεγαλύτερη από 400 Bq/m³ και μικρότερη από 1000 Bq/m³, θα πρέπει να διερευνηθεί η δυνατότητα μείωσης των ανωτέρω συγκεντρώσεων με κατάλληλες τεχνικές. Οι χώροι αυτοί χαρακτηρίζονται ως επιβλεπόμενες περιοχές τα δε λαμβανόμενα μέτρα ακτινοπροστασίας εγκρίνονται από την ΕΕΑΕ.
- Εργασιακοί χώροι στους οποίους η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση ραδονίου (που αντιστοιχεί σε χρονική διάρκεια εργασίας 2000 ωρών), είναι μεγαλύτερη από 1000Bq/m³ και μικρότερη από 3000Bq/m³, χαρακτηρίζονται ως ελεγχόμενες περιοχές και οι πρακτικές αδειοδοτούνται από τη ΕΕΑΕ, τα δε λαμβανόμενα μέτρα ακτινοπροστασίας εγκρίνονται από την ΕΕΑΕ.
- Η μέση ετήσια ολοκληρωμένη συγκέντρωση του ραδονίου σε εργασιακούς χώρους, δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 3000Bq/ m³ λαμβανομένων υπ' όψη των 2000 ωρών διάρκειας εργασίας.

Δ/ΝΣΗ: Τ.Θ. 60092 - 153 10 ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ-ΑΤΤΙΚΗΣ
Τ: 210 650 6777, F: 210 650 6748, E: makol@eeae.gr, <http://www.eeae.gr>
Απαγορεύεται η μερική ανατύπωση του παρόντος έγγραφου χωρίς την έγγραφη συγκατάθεση της ΕΕΑΕ

Μετρήσεις

Για την εφαρμογή του άνωθεν νόμου πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις συγκέντρωσης ραδονίου (πίνακας 1) καθώς μετρήσεις γάμμα ακτινοβολίας στο χρονικό διάστημα από 12/12/2017 έως 5/3/2018.

Η συγκέντρωση ραδονίου μετρήθηκε σύμφωνα με το ISO 11665-4 / 2012 και η γάμμα με δοσίμετρα θερμοφωταύγειας

Ο ρυθμός δόσης της γάμμα ακτινοβολίας ήταν στο διάστημα από 61 έως 86 nSv/h.

Στις 12 Δεκεμβρίου 2017 που τοποθετήθηκαν τα δοσίμετρα ραδονίου πραγματοποιήθηκε και επιτόπια μέτρηση στο νερό της δεξαμενής με ανιχνευτή alpha guard (πίνακας 2).

Πίνακας 1

A/A	Χώρος	Κωδικός δοσίμετρου	Συγκέντρωση Bq/m ³
1	Γραφείο τεχνικού ελέγχου	GR10286	96 ± 6
2	Χώρος υποδοχής	GR10297	49 ± 3
3	Χώρος υδατοδεξαμενής	GR10281	35 ± 2
4	Αποδυτήρια αντρών	GR10287	28 ± 2
5	Χώρος θεραπειών	GR10288	40 ± 3
6	Χώρος καθαριστριών	GR10296	243 ± 16
7	Υδροθεραπεία "Γαλήνη"	GR10298	154 ± 10
8	Υδροθεραπεία "Γαλάτεια"	GR10279	128 ± 8
9	Ιατρείο	GR10278	336 ± 22
10	Αίθουσα συσκέψεων	GR10283	31 ± 2
11	Γυμναστήριο	GR10285	46 ± 3
12	Χώρος Μασάζ 1	GR10280	39 ± 3
13	Χώρος Μασάζ 2	GR10290	15 ± 1
14	Χώρος Μασάζ 3	GR10293	35 ± 2
15	Χώρος Μασάζ 4	GR10282	25 ± 2
16	Γραφείο Μηχανικού	GR10289	51 ± 3
17	Μηχανοστάσιο	GR10299	14 ± 1
18	Λογιστήριο	GR10294	53 ± 4
19	Φουαγιέ άνωθεν πισίνας	GR10284	28 ± 2

Πίνακας 2

Μέτρηση νερού	Bq/l
1 ^η	20 ± 2
2 ^η	21 ± 2
3 ^η	22 ± 2



Συμπεράσματα

Οι τιμές της γάμμα ακτινοβολίας είναι εντός του αναμενόμενου εύρους τιμών για κλειστούς χώρους. Οι τιμές της συγκέντρωσης του ραδονίου στους διάφορους χώρους εργασίας που μετρήθηκαν είναι κατά πολύ μικρότερες του ορίου των 400 Bq/m³.

Σύμφωνα με τις διενεργηθείσες μετρήσεις και σύμφωνα με τους Ελληνικούς Κανονισμούς Ακτινοπροστασίας (Β' 216/05.03.2001), που είναι πλήρως εναρμονισμένοι με την Οδηγία 96/29/EURATOM 13/5/1996, οι εργασιακοί χώροι της που μετρήθηκαν δεν χρήζουν μέτρων μείωσης της συγκέντρωσης του ραδονίου.

Ο Προϊστάμενος του Τμήματος
Ελέγχου Ραδιενέργειας
Περιβάλλοντος

Δρ. Κ. Ποτηριάδης