

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΘΕΡΜΩΝ ΠΗΓΩΝ ΣΟΥΛΑΝΤΑ, ΝΟΜΟΥ ΚΑΡΔΙΤΣΑΣ

Ευθύμιος Λέκκας¹, Ευάγγελος Λόγος¹, Βασίλειος Τσιούμας², Δημήτριος Θεοχάρης¹

¹Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

²Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι πηγές Σουλαντά που βρίσκονται στο νομό Καρδίτσας. Οι πηγές αναβλύζουν σε τέσσερα κύρια σημεία μέσα από τις ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις του φλύσχη της γεωτεκτονικής ενότητας της Δυτικής Θεσσαλίας. Στα σημεία εκφόρτισης των πηγών δεν έχουν γίνει τα κατάλληλα έργα υδρομάστευσης με αποτέλεσμα η εκμετάλλευσή τους να γίνεται με πρωτόγονες μεθόδους και οι συνθήκες των λουομένων δεν είναι οι κατάλληλες. Βάση των επιτόπου μετρήσεων καθώς και των υδροχημικών αναλύσεων διαπιστώθηκε ότι το νερό είναι εφάμιλλο με εκείνο του Σμόκοβου και είναι από τα καλύτερα της χώρας μας. Πρόκειται για χαρακτηριστικές αλκαλικές θερμοπηγές.

THE EXPLOITATION OF THE SOULANTA THERMAL SPRINGS, KARDITSA PREFECTURE

Efthimios Lekkas¹, Evaggelos Logos¹, Vasilios Tsioumas² and Dimitrios Theocharis¹

¹University of Athens, Faculty of Geology and Geoenvironment

²Institute of Geology and Mineral Exploration

ABSTRACT

In the present study the Soulanta springs located within the Karditsa Prefecture is presented. The springs discharge at four main locations through the psammitic intercalations within the flysch of Western Thessaly (nappe) geotectonic unit. At the discharge points of the springs inefficient works of recovery system result into primitive exploitation methods and inappropriate conditions of thermal bathing. Based on in situ measurements and hydrochemical analysis it was concluded that the Soulanta water is similar to Smokovo water and of the finest quality in Greece. It is typical example of alkaline thermal springs.

Λέξεις κλειδιά: Ελλάδα, νομός Καρδίτσας, θερμές πηγές, αξιοποίηση

Key words: Greece, Karditsa Prefecture, thermal springs, exploitation

1. Εισαγωγή

Οι πηγές Σουλαντά βρίσκονται στα όρια των παλαιών Κοινοτήτων Αηδονοχωρίου και Βαθύλακου του νομού Καρδίτσας. Πιο συγκεκριμένα η περιοχή των πηγών βρίσκεται 2 χιλ. ανατολικά του Δ.Δ. Βαθύλακου, περίπου 4 χιλ. βόρεια του Δ.Δ. Αηδονοχωρίου και περίπου 30 χιλ. νότια της Καρδίτσας. Η περιοχή των πηγών ανήκει στον ορεινό όγκο των νότιων απολήξεων των Αγράφων που αποτελείται από επιμέρους οροσειρές, γενικής διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ, οι οποίες διακόπτονται από απότομες χαράδρες.

Ειδικότερα, η στενή περιοχή ενδιαφέροντος και πιο συγκεκριμένα οι πηγές Σουλαντά βρίσκονται σε υψόμετρο από 465 έως 475 μέτρα, στη νοτιοανατολική όχθη του χειμάρρου Ρέματος, περίπου ένα χιλιόμετρο πριν τη συμβολή του με το ρέμα της Αγ. Μαρίνας, κλάδου του Μοσχοβίτικου ποταμού. Ο χειμάρρος Ρέμα έχει γενική διεύθυνση ΝΝΔ-ΒΒΑ. Όπως θα αιτιολογηθεί και στα επόμενα κεφάλαια, επειδή το νερό είναι εφάμιλλο με εκείνο του Σμοκόβου και μπορεί να θεωρηθεί ως ένα από τα καλύτερα της χώρας, πρέπει να βελτιωθούν οι συνθήκες λούσης των λουομένων.

Οι πηγές έχουν φυσική ανάβλυση και δεν έχει γίνει καμία ενέργεια υδρομάστευσης. Τα νερά

των πηγών χρησιμοποιούνται για λουτροθεραπεία κάτω από πρωτόγονες συνθήκες. Υπάρχουν τρεις λάκκοι σκεπασμένοι με νάιλον εντός των οποίων εκτελούνται οι λούσεις.

2. Γεωλογία

Η ευρύτερη περιοχή των πηγών δομείται από αλπικούς και μεταλλικούς γεωλογικούς σχηματισμούς (Εικ. 1.).

2.1 Μεταλλικοί σχηματισμοί

Πλευρικά κορήματα. Αποτελούνται κυρίως από λατύπες, συνήθως ασύνδετες ή χαλαρά συνδεδεμένες με αμμώδη αργίλο-πηλό. Οι λατύπες και η άμμος κύρια προέρχονται από τον ψαμμίτη του φλύσχη και ο αργίλο-πηλός από τους πηλίτες του φλύσχη.

Ποτάμιες αναβαθμίδες. Αποτελούνται κυρίως από τρόχμαλους, κροκάλες διαφόρων μεγεθών, άμμους και αργίλους. Οι κροκάλες προέρχονται από τους ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή του φλύσχη, ενώ υπάρχει μικρός αριθμός από ανθρακικές και πυριτικές. Το πάχος τους κυμαίνεται από μερικές δεκάδες εκατοστά έως λίγα μέτρα και απαντώνται κυρίως στις όχθες των ποταμών και των χειμάρρων σε διάφορα υψόμετρα. Το στοιχείο αυτό φανερώνει τόσο τις μεταβολές του κλίματος όσο και τη διαφοροποίηση στις συνθήκες απόθεσης ή και διάβρωσης αυτών.

2.2 Αλπικοί σχηματισμοί

Ο μόνος αλπικός σχηματισμός που απαντάται είναι ο φλύσξης της γεωτεκτονικής ενότητας της Δυτικής Θεσσαλίας (Παπανικολάου & Λέκκας, 1979; Λέκκας 1991).

Στη στενή αλλά και στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος κυριαρχεί το ψαμμιτικό μέλος σε σχέση με το πηλιτικό, ενώ απαντώνται και κροκαλοπαγή. Το πάχος των ψαμμιτικών πάγκων κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως λίγα μέτρα. Πρόκειται για ασβεστιτικούς ψαμμίτες κυρίως χονδόκοκκους αρκετά συμπαγείς με χρώμα γκριζο και γκριζοπράσινο καθώς και φαιό έως ανοικτόφαιο. Είναι έντονα τεκτονισμένοι με επιχρίσματα κυρίως από μαγγάνιο. Το φαινόμενο πάχος του φλύσχη στην περιοχή υπερβαίνει κατά πολύ τα 419 μέτρα, όπως αποδεικνύεται από τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις που έγιναν από το ΙΓΜΕ.

3. Τεκτονική - Νεοτεκτονική

Η τεκτονική παραμόρφωση των γεωλογικών σχηματισμών έχει πραγματοποιηθεί σε δύο μεγάλες περιόδους την αλπική και την μεταλλική ή νεοτεκτονική.

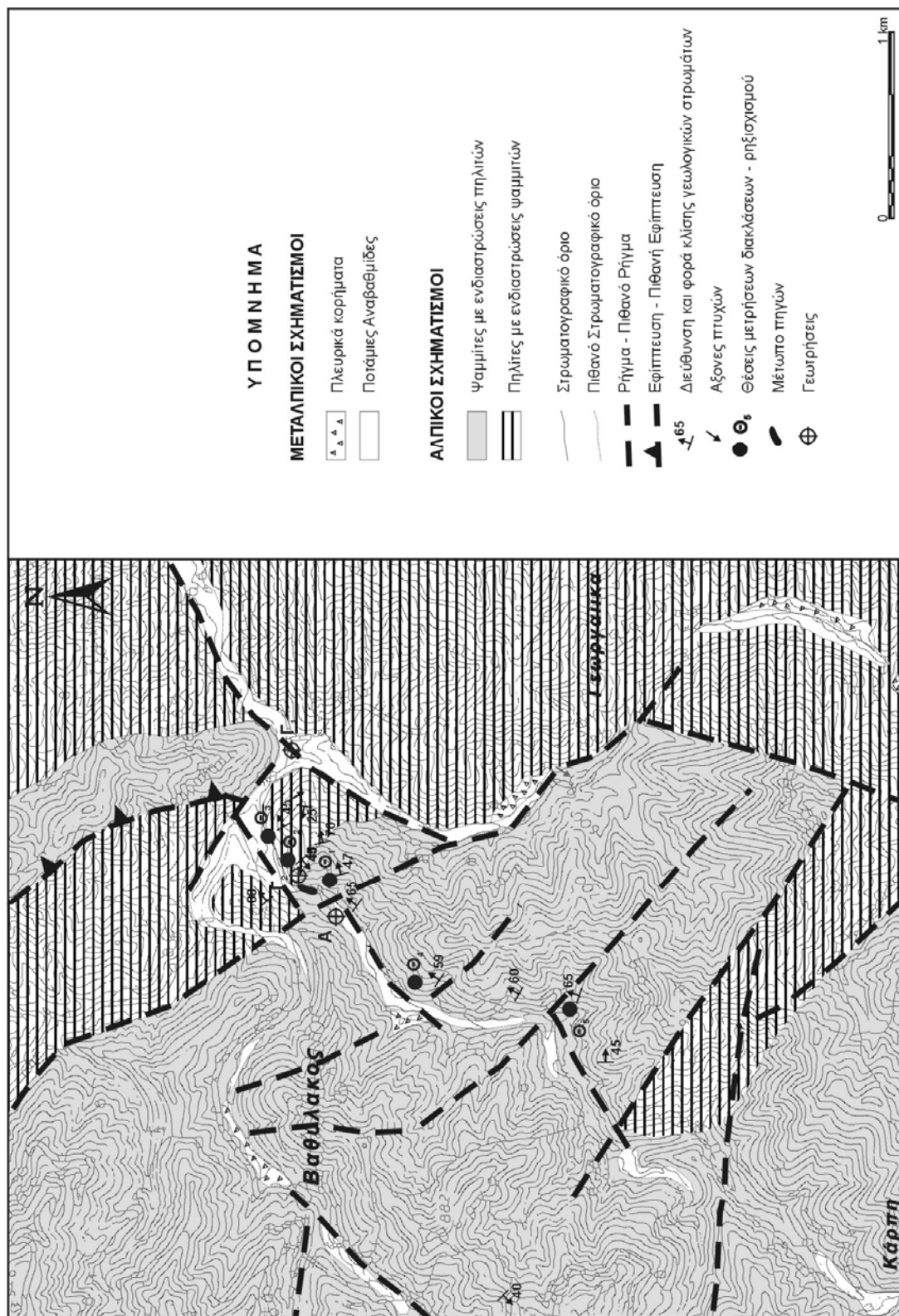
Κατά τον Αλπικό ορογενετικό κύκλο παρατηρούνται περισσότερες της μίας παραμορφωτικές φάσεις, ενώ στο σύνολό τους όλοι οι αλπικής ηλικίας σχηματισμοί έχουν υποστεί την τελευταία παραμορφωτική φάση του αλπικού ορογενετικού κύκλου. Γενικά στο σύνολό τους, οι αλπικές παραμορφωτικές φάσεις εκδηλώνονται με πτυχές σε διάφορες κλίμακες παρατήρησης, με ρηγματογόνο τεκτονισμό (κυρίως ανάστροφα ρήγματα και λεπίωσεις) και με επωθήσεις.

Στη δεύτερη περίοδο, που είναι γνωστή ως Μεταλλική ή Νεοτεκτονική φάση παραμόρφωσης, κυριαρχεί ο θραυσιγενής τεκτονισμός (ρηξιγενείς ζώνες, ρήγματα) χωρίς να λείπει και ο πλαστικού τύπου τεκτονισμός (ανοικτές πτυχές).

Εντός του φλύσχη απαντώνται πτυχές διαφόρων ειδών (κλειστές, ανοικτές, κεκλιμένες, ισοκλινείς, κλπ). Οι άξονες που μετρήθηκαν έχουν διευθύνσεις κυρίως ΒΔ-ΝΑ και κατά δεύτερο λόγο ΒΑ-ΝΔ. Η βύθιση των αξόνων κυμαίνεται από 0-25°ΒΑ, ΝΔ, ΒΔ και ΝΑ.

Είναι χαρακτηριστικό ότι η ύπαρξη πολλών ρηγμάτων – ρηξιγενών ζωνών στη στενή αλλά και στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος έχει σαν αποτέλεσμα τον κατακερματισμό των γεωλογικών σχηματισμών. Οι ρηξιγενείς ζώνες που επικρατούν έχουν γενικές διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ, Α-Δ και ΒΑ-ΝΔ.

Παρατηρήθηκε μεγάλος αριθμός διακλάσεων που μετρήθηκε σε πέντε αντιπροσωπευτικές θέσεις (Εικ. 1) και διαπιστώθηκε ότι το πρωτεύον σύστημα είναι διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, το δευτερεύον σύστημα είναι διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ, το τριτεύον σύστημα είναι διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ, και το υπολειπόμενο σύστημα είναι διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ.



Εικ. 1. Γεωλογικός χάρτης της στενής και της ευρύτερης περιοχής των πηγών.

Παρουσιάζεται διαφοροποίηση της φοράς μέγιστης κλίσης, που οφείλεται στο ότι σε πολλές περιπτώσεις οι διακλάσεις αντιπροσωπεύουν ρηξισχισμούς. Πρέπει να τονιστεί ότι τόσο οι διακλάσεις όσο και ο ρηξισχισμός αποτελούν σημαντικούς παράγοντες στη διακίνηση του υπόγειου νερού δεδομένης της μικρής περατότητας των υπογείων στρωμάτων του φλύσχη.

4. Υδρογεωλογία.

Η κίνηση του υπόγειου νερού ελέγχεται κυρίως από τους πρωτογενείς παράγοντες, δηλαδή τη φύση, τη σύσταση και την εσωτερική διάταξη των πετρωμάτων καθώς επίσης και από δευτερογενείς παράγοντες δηλαδή τις ασυνέχειες οι οποίες διακόπτουν τους σχηματισμούς.

Από υδρολιθολογική άποψη μπορεί να γίνει ο ακόλουθος διαχωρισμός:

- Πλευρικά κορήματα. Πρόκειται για σχηματισμό με υδροπερατότητα η οποία μεταβάλλεται από θέση σε θέση, τόσο κατακόρυφα όσο και οριζόντια, λόγω της ανομοιογενούς σύστασής τους. Έτσι στις θέσεις που υπερτερεί ο αμμόδης πηλός η περατότητα είναι σχετικά μικρή, ενώ στις που θέσεις που παρατηρείται μεγάλη συσσώρευση λατυπών η περατότητα είναι μεγάλη. Στο σύνολό του ο σχηματισμός παρουσιάζει σημαντική υδροπερατότητα διότι υπερτερούν η άμμος, που προέρχεται από τη διάβρωση του ψαμμίτη του φλύσχη, καθώς και οι ψαμμιτικές λατύπες.
- Ποτάμιες αναβαθμίδες. Πρόκειται για σχηματισμό με μεγάλη υδροπερατότητα εξαιτίας της σύστασής του (κυρίως τροχμάλες, κροκάλες διαφόρων μεγεθών, άμμους και αργίλους).
- Φλύσχος ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας. Ο σχηματισμός του φλύσχη θεωρείται πρακτικά αδιαπέρατος σχηματισμός εφόσον δεν παρουσιάζονται σε αυτόν τεκτονικές ασυνέχειες, οι οποίες να διακόπτουν τη συνέχειά του και να προσδίδουν σε αυτόν δευτερογενείς πορώδες.

Στα αργιλικά ιζήματα η περατότητα σε γενικές γραμμές είναι πολύ μικρή. Σε ότι αφορά στους ψαμμίτες, η περατότητα επηρεάζεται από την ταξινόμηση και το σχήμα των κόκκων και ιδιαίτερα από το βαθμό συμπαγοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα ο συντελεστής περατότητας σε μεμονωμένο δείγμα ψαμμίτη κυμαίνεται από $k=10^{-4} - 10^{-5}$ m/sec και για μεμονωμένο δείγμα αργίλου $k=10^{-6} - 10^{-9}$ m/sec (δηλαδή αδιαπέρατο).

Σχετικά με το συγκεκριμένο σχηματισμό της ευρύτερης περιοχής θα έχει συντελεστή περατότητας που η τιμή του θα μεταβάλλεται τοπικά ανάλογα με την παρουσία ψαμμίτη ή αργίλου – πηλίτη ή κροκαλοπαγούς.

Πρόσθετα, ο προσδιορισμός του ολικού πορώδους είναι αρκετά δύσκολο να γίνει. Βιβλιογραφικά δεδομένα δίνουν το ολικό πορώδες για τον ψαμμίτη με τιμές $m=5-30\%$ και για την άργιλο $m=8-30\%$, ενώ το ενεργό πορώδες για τον ψαμμίτη $2-8\%$ και για τις αργίλους σχεδόν 0% .

Στην ανωτέρω περατότητα θα πρέπει να συνυπολογιστεί η μεγάλη αύξηση που παρουσιάζεται δευτερογενώς λόγω των πολλών τεκτονικών ασυνεχειών (διακλάσεις, ρηξιγενείς ζώνες) που υπάρχουν στην περιοχή. Είναι αξιοσημείωτο ότι σε διάφορες θέσεις υπάρχει κατακερματισμός του ψαμμίτη, ο οποίος χάνοντας τη συνεκτικότητά του, συμπεριφέρεται υδρογεωλογικά σαν χονδρόκοκκη άμμος.

Στη μελετηθείσα περιοχή η κατεισδυση των υδάτων έχει άμεση σχέση με την υδροπερατότητα των σχηματισμών αλλά και την τοπογραφία του ανάγλυφου. Έτσι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα που πέφτουν:

- Στα πλευρικά κορήματα, στις ποτάμιες αναβαθμίδες και στα τμήματα του φλύσχη, στα οποία έχουμε κύρια ψαμμιτικές ή κροκαλοπαγείς εμφανίσεις, είτε απορρέουν επιφανειακά προς τα χαμηλότερα σημεία, είτε κατεισδύουν στο υπέδαφος μέχρι να συναντήσουν μικρότερης περατότητας γεωλογικό σχηματισμό και τότε το μεγαλύτερο τμήμα τους κινείται παράλληλα προς την επιφάνεια αυτή.
- Στα μέλη του φλύσχη στα οποία υπερισχύει η πηλτική φάση απορρέουν κύρια επιφανειακά προς τα χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία.

Από τα δεδομένα που υπάρχουν για την περιοχή από γεωλογικό, τεκτονικό και υδρολιθολογικό καθεστώς και από τις επιστημονικές θεωρήσεις – απόψεις κυκλοφορίας τόσο των γεωθερμικών πηγών όσο και για την προέλευση των θερμομεταλλικών πηγών συνάγεται το συμπέρασμα ότι:

- Τα νερά που κατεισδύουν αφού φτάσουν σε κάποιο βάθος αποκτούν θερμοκρασία ικανή

ώστε να διαλύουν διάφορα άλατα του φλύσχη ή και άλλων γεωλογικών σχηματισμών που πιθανόν να συναντούν στην πορεία τους και στη συνέχεια στην ανοδική πορεία τους λόγω της πίεσης των αερίων μεταφέρουν τα ιόντα στην επιφάνεια.

- Τα νερά ανέρχονται και αναβλύζουν στην επιφάνεια διάμεσου ρηξιγενούς ζώνης ή διασταύρωση ρηξιγενών ζωνών στην περιοχή των πηγών.

Το βάθος που θα πρέπει να φτάσουν τα κατεισδύοντα νερά λαμβάνοντας υπόψη μόνο τη γεωθερμική βαθμίδα υπολογίζεται ότι πρέπει να είναι περίπου 1.200 έως 1.300 μέτρα. Αυτό το βάθος θεωρείται υπερβολικό στην παρούσα περίπτωση και λαμβάνοντας υπόψη την ύπαρξη αντιστοιχιών νερού – πηγών με την περιοχή Σμοκόβου πιθανότερο θεωρείται η ύπαρξη γεωθερμικού πεδίου, το οποίο θερμαίνει το νερό σε μικρότερο βάθος.

5. Υδροχημεία.

Οι πηγές Σουλαντά αναβλύζουν σε υψόμετρο 465 έως 475 μέτρων μέσα από ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις που ανήκουν στο φλύσχη της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας, ο οποίος είναι έντονα τεκτονισμένος. Σε απόσταση 100 μέτρα περίπου νότια του μετώπου των πηγών υπάρχει πηγή που είναι στα κτήματα του κυρίου Αντωνόπουλου ο οποίος έχει ανορύξει και γεώτρηση.

Τα νερά των πηγών έχουν φυσική ανάβλυση σε τέσσερα κύρια σημεία, ενώ υπάρχει και μια δευτερεύουσα ανάβλυση πολύ κοντά στη μία κύρια η οποία θεωρείται ενιαία με την κύρια. Στα σημεία εκφόρτισης των πηγών δεν έχουν γίνει τα αντίστοιχα έργα υδρομάστευσης και η εκμετάλλευσή τους γίνεται με πρωτόγονες συνθήκες.

Επί τόπου πραγματοποιήθηκαν άμεσα μετρήσεις φυσικών και χημικών στοιχείων στις πηγές και στις γεωτρήσεις και πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία ύδατος για χημικές αναλύσεις.

Πίνακας 1. Φυσικοχημικά στοιχεία

Πηγή/Γεώτρηση	Θερμοκ. Αέρος (σε °C)	Θερμοκ. Υδατος (σε °C)	Αγωγιμότητα (σε mSimens)	Παροχή (σε m ³ /h)	Διαρροές παροχής %
Π1	17,6	33,3	280	1	20
Π2	17,5	35,6	284	1	
Π3	19,8	35,7	289	2	25-30
Π4	17,3	35,5	281	2,2	25
Π Αντωνόπουλου	20,2	19,2	471	0,18	
Γ1 (αρτεσιανή)	15,6	22,6	293	1	
Γ2 (αρτεσιανή)	17,2	24,1	217	0,15	
Γ Αντωνόπουλου	20,2	19,2 21,7*	295 247*	5,5 3 σταθερά*	

*μετά από άντληση δύο (2) ωρών.

Από τα φυσικοχημικά στοιχεία θεωρείται ότι η πηγή ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΥ δεν ανήκει στο σύστημα των θερμομεταλλικών πηγών Σουλαντά.

Θα πρέπει να τονιστεί ότι κατά τις μετρήσεις των παροχών επειδή δεν υπάρχει η παραμικρή υδρομάστευση των πηγών, ήταν αδύνατος ο ακριβής υπολογισμός της παροχής. Οι τιμές που δίνονται είναι αυτές που πραγματικά μετρήθηκαν, ενώ ο υπολογισμός των απωλειών κατ' εκτίμηση υπολογίσθηκε.

Η συνολική παροχή των πηγών Π1, Π2, Π3, Π4 μετρήθηκε στα 6,2 m³/h. Υπολογίζεται ότι η πραγματική παροχή είναι 8,5 – 9 m³/h.

Από την αξιολόγηση των χημικών αναλύσεων προκύπτει ότι οι κύριες πηγές Π1, Π2, Π3, Π4 έχουν τον ίδιο χημισμό και οι γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ Γ1, Γ2 παραπλήσιο. Η μικρή διαφοροποίηση της γεώτρησης του Θ. Αντωνόπουλου έχει ερμηνευθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Συνεπώς από τη συσχέτιση και με τις φυσικοχημικές σταθερές προκύπτει ότι το νερό των Π1, Π2, Π3, Π4 και Γ1, Γ2 προέρχεται από το ίδιο υδροφόρο στρώμα και έχει ακολουθήσει την ίδια υπόγεια πορεία. Πιθανόν το ίδιο να γίνεται και με το τμήμα του νερού του κ. Θ. Αντωνόπουλου.

Πίνακας 2 χημικές αναλύσεις δειγμάτων νερού των Πηγών και των Γεωτρήσεων

Στοιχεία δειγματος	Χλιοστοισοδύναμα ανα λίτρο me/lit											θ=25°C		Σκληρότητα (mg/lit) CaCO ₃			Δείκτης πιθανής ρύπανσης	
	KATIONTA					ANIONTA						pH	Αγωγιμότητα μS/cm	Ολική	Μόνιμη	Παροδική	NO ₂	NH ₄
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	total	total	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻							
Π1	0.06	0.02	2.60	0.02	2.70	2.80	2.44	0.02	0.10	0.24	0.00	9.50	285	4	0	4	Αρν	Αρν
Π2	0.06	0.02	2.60	0.02	2.70	2.79	2.44	0.02	0.10	0.23	0.00	9.50	285	4	0	4	Αρν	Αρν
Π3	0.06	0.02	2.62	0.02	2.72	2.76	2.32	0.06	0.15	0.23	0.00	9.50	285	4	0	4	Αρν	Αρν
Π4	0.06	0.02	2.62	0.02	2.72	2.73	2.36	0.02	0.20	0.15	0.00	9.50	285	4	0	4	Αρν	Αρν
Γ1 (αρτεσιανή)	0.06	0.02	2.50	0.01	2.59	2.52	2.12	0.02	0.30	0.08	0.00	9.50	295	4	0	4	Αρν	Αρν
Γ2 (αρτεσιανή)	0.06	0.02	2.00	0.01	2.09	2.00	1.68	0.02	0.20	0.10	0.00	9.50	215	4	0	4	Αρν	Αρν
Γ Αντωνόπουλου	0.06	0.02	2.32	0.01	2.41	2.44	1.48	0.36	0.20	0.40	0.00	9.50	250	4	0	4	Αρν	Αρν

Πίνακας 3 χημικές αναλύσεις δειγμάτων νερού ξηρής περιόδου έτους 1999

Στοιχεία δείγματος	ΧΛΙΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΑ ΛΙΤΡΟ mg/lit									Fe ⁺⁺ ppb	Mn ⁺⁺ ppb	Cu ⁺⁺ ppb	Zn ⁺⁺ ppb	Cd ppb	Pb ⁺⁺ ppb	SiO ₂ ppm
	KATIONTA				ANIONTA											
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	NO ₃ ⁻							
Π1	1.2	0.2	59.8	0.8	73.2	1.2	3.5	11.5	0.0	60	<10	<10	<20	<3	<30	5.0
Π2	1.2	0.2	59.8	0.8	73.2	1.2	3.5	11.0	0.0	30	<10	<10	<20	<3	<30	5.0
Π3	1.2	0.2	60.2	0.8	69.6	3.7	5.3	11.0	0.0	30	<10	<10	<20	<3	<30	5.0
Π4	1.2	0.2	60.2	0.8	70.8	1.2	7.1	7.2	0.0	90	<10	<10	<20	<3	<30	5.0
Γ1 (αρτεσιανή)	1.2	0.2	57.5	0.4	63.6	1.2	10.6	3.8	0.0	30	<10	<10	<20	<3	<30	5.6
Γ2 (αρτεσιανή)	1.2	0.2	46.0	0.4	50.4	1.2	7.1	4.8	0.0	30	<10	<10	<20	<3	<30	4.5
Γ Αντωνόπουλου	1.2	0.2	53.3	0.4	44.4	22.0	7.1	19.2	0.0							

Από τις διάφορες ταξινομήσεις θερμομεταλλικών πηγών που έχουν προταθεί μέχρι σήμερα και οι οποίες αναφέρονται στην εικόνα 2 (Καλλέργης 1986), έχει επικρατήσει αυτή του Castany, που είναι η ακόλουθη:

- Υπέρθερμες πηγές με θερμοκρασία 50°<T<100°C
- Μεσόθερμες πηγές με θερμοκρασία 35°<T<50°C
- Υπόθερμες πηγές με θερμοκρασία 20°<T<35°C

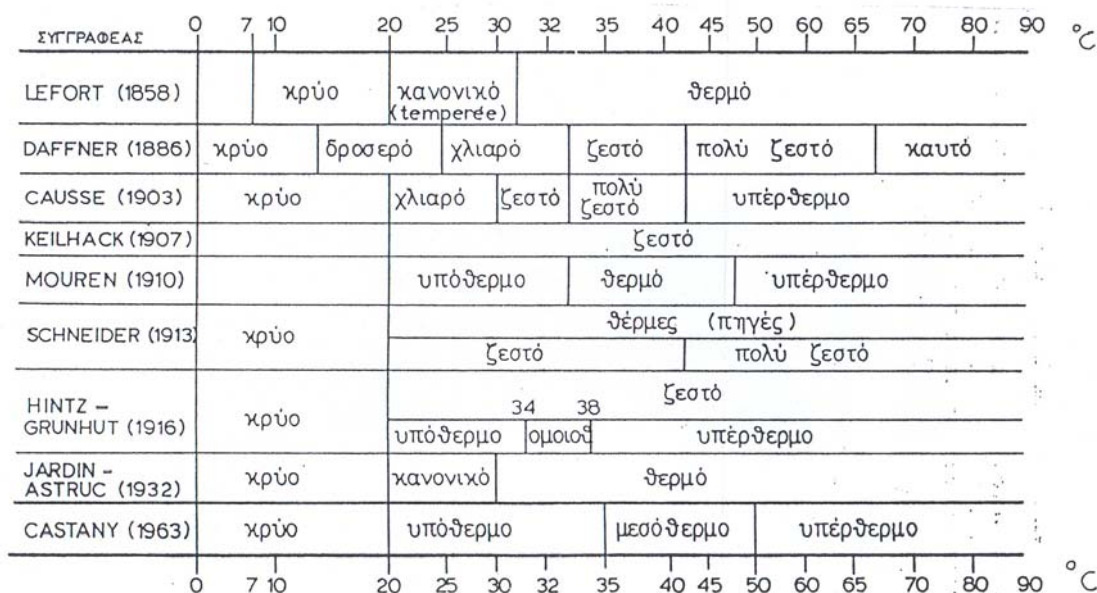
Όταν η θερμοκρασία είναι μικρότερη των 20°C τότε οι πηγές ονομάζονται ψυχρές.

Σύμφωνα με την ταξινόμηση Castany, τα νερά των πηγών και των γεωτρήσεων κατατάσσονται ως ακολούθως: στις υπόθερμες ανήκει η Π1, στις μεσόθερμες η Π2, Π3, Π4 και στις υπέρθερμες η Γ1, Γ2 και η Γεώτρηση Αντωνόπουλου

Οι τιμές του pH τόσο στις πηγές όσο και στις γεωτρήσεις είναι σχεδόν σταθερή και κυμαίνεται από 9,50 έως 9,60. Η τιμή του pH χαρακτηρίζει τα νερά σαν βασικά ενώ οι μικρές τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δείχνουν μικρή περιεκτικότητα των νερών σε διαλυμένα άλατα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία, τα οποία παρατίθενται, επιβεβαιώνεται ότι από τα διαγράμματα κατά Sholler, οι πηγές Σουλανά και Σμοκόβου είναι χαρακτηριστικές αλκαλικές θερμοπηγές.

Η ύπαρξη των ιόντων και ενώσεων που υπάρχουν στις χημικές αναλύσεις συσχετίζονται άμεσα με τα πετρώματα που απαντώνται στη στενή και στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος.



Εικ. 2. Ταξινομήσεις θερμών νερών (ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, 1986)

6. Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα στοιχεία που έχουν προαναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια μπορούν να διατυπωθούν οι ακόλουθες απόψεις:

- Από τα φυσικοχημικά στοιχεία των νερών των πηγών, αυτά κατατάσσονται στο όριο των κατηγοριών των υπόθερων και μεσόθερων θερμομεταλλικών πηγών (κατά Castany). Πρόκειται για καθ' αυτού αλκαλικών και από ιαματικής πλευράς είναι από τις πιο αξιόλογες, στον Ελλαδικό χώρο, γιατί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για λουτροθεραπεία όσο και για ποσιθεραπεία με άριστα αποτελέσματα, γεγονός που συμβαίνει σε ελάχιστες από τις αξιοποιημένες Ελληνικές ιαματικές πηγές. Στην περίπτωση που τα νερά χρησιμοποιηθούν για ποσιθεραπεία θα πρέπει να γίνουν λεπτομερείς βιολογικές και χημικές αναλύσεις για να εξακριβωθεί αν υπάρχουν παθογόνοι οργανισμοί ή επικίνδυνα για την υγεία ιχνοστοιχεία π.χ. μόλυβδος, φθόριο, μολυβδένιο, κλπ. Θα πρέπει να τονιστεί ότι μαζί με το νερό τόσο των πηγών όσο και των γεωτρήσεων του κ. Θ. Αντωνόπουλου και των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων του ΙΓΜΕ, εξέρχονται φυσαλίδες αερίων, η σύσταση των οποίων δεν είναι γνωστή. Τα αέρια αυτά αναφλέγονται και εκφράζεται η άποψη να είναι μεθάνιο CH₄, ή κάποια άλλα αέρια της σειράς των υδρογονανθράκων.
- Από την αξιολόγηση των χημικών αναλύσεων προκύπτει ότι οι πηγές Π1, Π2, Π3, Π4 έχουν τον ίδιο χημισμό και οι γεωτρήσεις που έχουν εκτελεσθεί από το ΙΓΜΕ σχεδόν παραπλήσιο. Λαμβάνοντας υπόψη και τις φυσικοχημικές σταθερές των νερών προκύπτει ότι τα νερά των πηγών και των γεωτρήσεων του ΙΓΜΕ προέρχονται από το ίδιο υδροφόρο στρώμα και ακολουθούν και την ίδια υπόγεια πορεία.
- Κατά τη χρονική περίοδο που εκτελέστηκαν οι μετρήσεις παροχής των πηγών Π1, Π2, Π3, Π4, η συνολική παροχή υπολογίστηκε σε 8,5-9m³/h. Η παροχή αυτή δε θεωρείται μεγάλη για να μπορέσει να καλύψει τις ανάγκες μεγάλου αριθμού ασθενών. Υπάρχουν όμως σημαντικά περιθώρια αύξησης των ποσοτήτων τους μετά την εκτέλεση των προτεινόμενων στη συνέχεια ερευνητικών εργασιών.

Βιβλιογραφία

ΑΥΔΗΣ, Β., ΜΑΝΑΚΟΣ, Κ., ΣΚΟΥΡΤΣΗ-ΚΟΡΩΝΑΙΟΥ, Β., ΤΣΑΪΛΑ-ΜΟΝΟΠΩΛΗ, Στ. (1991). - Φύλλο Φουρνάς, Γεωλ. Χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:50.000. ΙΓΜΕ.

- AUBOUIN, J. (1959). - Contribution a l' etude geologique de la Grece septentrionale: les confins de l' Epire et de la Thessalie. Ann. Geol. Pays. Hellen., 10, 525p.
- BAJARD, Y. & GIVELLI, M. (1971). - Γεωλογική μελέτη της Θεσσαλίας. Συσχέτιση μεταξύ γεωλογικής έρευνας και βαθείας γεωηλεκτρικής διερευνήσεως. Τεχν. Χρον., 40, 507-520.
- CAPEDRI, S., LEKKAS, E., PAPANIKOLAOU, D., SCARPELIS, N., VENTURELLI, G. & GALLO, J. (1985). - The ophiolite of the Koziakas range, Western Thessaly (Greece). Neues Jahrbuch Miner Abh, 152, 1, 45-64.
- CELET, P. (1962). - Contribution a l' etude geologique du Parnasse – Giona et d' une partie des regions meridionales de la Grece continentale. Ann. Geol. Pays Hellen., 13, 446p.
- CELET, P., CLEMENT, B. & FERRIERE, J. (1976). - La zone beotienne en Grece: Implications paleogeographique et structurales. Ecl. Geol. Helv., 63/3, 577-599.
- CLEMENT, B. (1971). - Decouverte d' un flysch eocretace en Beotie (Grece continentale). C. R. Ac. Sc. Paris, 272, D, 791-792.
- COURTIN, B. (1977). - Etude geologique de la bordure meridionale de la plaine de Thesslia, Grece (continentale). DEA, These, Univ. Lille, 168p.
- COURTIN, B. (1979). - Etude geologique de la geologie de la region de Domokos (Grece): le front des zones internes et les massifs ophioliques d' Othrys occenentale. These 3e cycle Univ. Lille, 295p.
- FERRIERE, J. (1982). - Paleogeographies et tectoniques superposees dans les Hellenides internes: les massifs de l; Othrys et de Pelion. Soc. Geol. Nord. Publ. 8, 970p.
- FLEURY, J.J. (1980). - Les zones de Gavrovo – Tripolitza et du Pinde – Olonos (Grece continentale et Peloponnese du Nord). Evolution d' une plateforme et d' un bassin dans le cadre alpin. Publ. Soc. Geol. Nord, 4.
- JAEGER, P. (1980). - Nouvelles donnees sur la geologie de la region de Mouzaki, province de Karditsa (Grece continentale). Relations entre les series pindique, beotienne et ultrapindique. Bull. Soc. Geol. France, (7), XXII/1, 135-143.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. (1970). - Υδρογεωλογική έρευνα υπολεκάνης Καλαμπάκας (Δυτ. Θεσσαλία). Γεωλ. Γεωφ. Μελ. ΠΓΕΥ, XIV/1, 197σ.
- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. (1986). - Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία. Τόμος Β', Εκδόσεις ΤΕΕ, Αθήνα.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1986). - Η παρουσία κλαστικού Τριαδικού στη βάση της ακολουθίας του Κόζιακα, Δυτ. Θεσσαλία. Γεωλ. & Γεωφ. Μελ. ΠΓΜΕ, Τόμος Παπασταματίου, 235-242.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1986). - Η Γεωλογία της Δυτικής Θεσσαλίας. Οδηγός Εκδρομής. 3ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, 28 σ.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1988). - Γεωλογική δομή και γεωδυναμική εξέλιξη της οροσειράς του Κόζιακα, Δυτική Θεσσαλία. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστημίου Αθηνών, ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΜΟΝΟΓΡΑΦΙΕΣ Νο 1, Τομέας Δυν. Τεκτ. Εφαρμ. Γεωλογίας Παν/μίου Αθηνών, 281σ.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1988). - Οδηγός εκδρομής Ορθρυς - Δυτ. Θεσσαλίας - Βόρειας Πίνδου. 4ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, Stops A4, A5, Γ1, Γ5, Γ6, Γ7.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1988). - Γεωλογικός χάρτης της Οροσειράς του Κόζιακα (Κλιμ. 1:50.000). Εκδοση Δ.Α.Υ.Ε./Δ.Ε.Η.
- ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1991). - Η παρουσία της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας στην περιοχή Δαφνοσπηλιάς - Κτημένης (Νότια Θεσσαλία). 5ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας 1990, Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, Τομ. XXV/1, 231-244.
- ΛΟΓΟΣ, Ε. (1994). - Αξιολόγηση ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων των υδάτινων πόρων του Ν. Φωκίδας. Μελέτη Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας, Αθήνα.
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ., ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΥ, Ι., ΜΑΡΑΤΟΥ, Γ., ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ, Ν., ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1962). - Φύλλο "Λεοντάριο", Γεωλογικός χάρτης Ελλάδας, κλίμακα 1:5.000, ΠΓΕΥ.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. & ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (1979). - Πλευρική μετάβαση μεταξύ της ζώνης της Πίνδου και της ενότητας Δυτικής Θεσσαλίας στην περιοχή Ταυρωπού. Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, Τομ. XIV/1, 70-84.

- PAPANIKOLAOU, D. & SIDERIS, C. (1979). - Sur la signification des zones "ultrapindique" et "beotienne" d' apres la geologie de la region de Karditsa: l' unite de Thessalie Occidentale. Ecl. Geol. Helv., 72/1, 251-261.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986). - Γεωλογία Ελλάδας. Αθήνα.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., ΛΕΚΚΑΣ, Ε., ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. & ΜΙΡΚΟΥ, Ρ. (1988). - Συμβολή στη γεωδυναμική εξέλιξη της Μεσοελληνικής αύλακας. 3ο Επιστημονικό Συνέδριο Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας 1986, Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρίας, Τομ. XX/1, 17-36.
- ΣΦΕΤΣΟΣ, Κ. (1984). - Υδρογεωλογική αναγνώριση θερμομεταλλικών πηγών Αηδονοχωρίου Ν. Καρδίτσας. Μελέτη ΙΓΜΕ.
- ΣΦΕΤΣΟΣ, Κ. (1988). - Απογραφή θερμομεταλλικών πηγών Ελλάδας. ΙΙΙ Ηπειρωτική Ελλάς. Μελέτη ΙΓΜΕ.
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Α., ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ. και συνεργάτες (1987). - Γεωλογική – Υδρογεωλογική μελέτη Κοινότητας Αηδονοχωρίου Ν. Καρδίτσας. Μελέτη ΙΓΜΕ.