

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ ΤΩΝ ΠΗΓΩΝ ΚΑΤΩ ΣΟΥΛΙΟΥ ΜΑΡΑΘΩΝΑ Ν.ΑΤΤΙΚΗΣ*

Ξ. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ¹, Μ. ΤΖΙΜΑ¹

ΣΥΝΟΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας πραγματοποιείται η διερεύνηση των συνθηκών υφαλμύρισης των πηγών Κάτω Σουλίου ή αλλιώς «Μαζαριάς Πηγής». Οι πηγές εκδηλώνονται με ένα ευρύ μέτωπο ανάβλυσης στο ΒΑ άκρο της πεδιάδας Μαραθώνα και εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα των μαρμάρων Μαραθώνα. Λόγω των μεγάλων παροχών και της μόνιμης ροής τους, παρουσιάζουν ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Οι πηγές παρουσιάζουν υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας και υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων. Με βάση τα αποτελέσματα υδροχημικών αναλύσεων και γεωφυσικών διασκοπήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της «Υδρογεωλογικής Μελέτης Κάμπου Μαραθώνα Ν.Αττικής», προκύπτουν και αξιολογούνται τρεις διαφορετικές υποθέσεις σχετικά με τον μηχανισμό υφαλμύρισης των πηγών Κάτω Σουλίου.

ABSTRACT

The present work is based on the results of a detailed multidisciplinary, hydrogeological investigation, which took place in the broader area of Marathonas basin. The salt intrusion mechanism of the springs of Kato Souli is outlined throughout this paper. Geologically, the study area belongs to the unit of Eastern Greece and it is mainly represented by alterations of marble (permeable formation) and sheists (impermeable formation) with a significant presence of younger deposits, which lay unconformably on the alpine features (Fig.1). The above-mentioned springs seem to discharge the whole Karstified system which develops within the Marathonas marble formation. The water flow doesn't occur through a single spring but instead, via an extended metope of springs on the contact with the quaternary deposits. The extremely high supplies as well as the permanent water flow (double the amount of the infiltrated water) indicate that there must be some subterraneous significant water additional supply. Hydrochemical analyses performed on water samples derived from these specific springs showed high values of electrical conductivity (4.603 $\mu\text{S}/\text{cm}$) as well as high concentration of Cl (1.244 mg/l). This is a direct evidence that severe salt contamination has taken place.

The assumptions related to the salt intrusion flow pattern can be summarized as following:

- Direct contamination of the Karst aquifer by the intruded seawater via the north edge of the marble exposure.
- Contamination through hydraulic interconnection between the marble formation of Marathonas and the already contaminated karst aquifer, which develops in the neighboring Agia Marina marble formation.
- Direct intrusion of the seawater into the karst aquifer of Marathonas marble, which takes place at Marathonas Gulf.

The most acceptable case seems to be the second one, since many geochemical analysis, geophysical investigation co-operate to support it, without excluding a simultaneously function of the second and third intrusion patterns.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: πηγές, υφαλμύριση, καρστικός υδροφόρος, υδραυλική επιζουονία.

KEY WORDS: springs, salt intrusion, karst aquifer, hydraulic patterns.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ερευνητική εργασία αναφέρεται στην περιοχή του Κάμπου του Μαραθώνα, στο βορειοανατολικό τμήμα του Νομού Αττικής και αφορά το υφιστάμενο ποιοτικό καθεστώς και τη διερεύνηση των συνθηκών υφαλμύρισης των καρστικών πηγών Κάτω Σουλίου ή αλλιώς «Μαζαριάς Πηγής». Οι πηγές εκδηλώνονται με ένα ευρύ μέτωπο ανάβλυσης στο ΒΑ άκρο της πεδιάδας του Μαραθώνα και εμφανίζουν μεγάλη ποιοτική υποβάθμιση

λόγω υψηλών τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας και υψηλών συγκεντρώσεων γλυφιδίωντων.

Οι πηγές παρουσιάζουν μεγάλο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον, διότι εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα των μαρμάρων Μαραθώνα και παρουσιάζουν μεγάλες παροχές και συνεχή ροή νερού σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Οι ερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν, έγιναν στα πλαίσια της «Υδρογεωλογικής Μελέτης Κάμπου Μαραθώνα Ν.Αττικής», η οποία ανατέθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας στους Συμπρόκτοντες Μελετητές Πασχ. Μελισσάρη και Ξεν. Σταυρόπουλο.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που επικρατούν στην περιοχή ανήκουν στη «σχετικά αυτόχθονη» ενότητα της ΒΑ Αττικής. Τμήμα της ευρύτερης περιοχής καλύπτεται από μεταλλικές αποθέσεις του τεταρωτογενούς και από νεογενή ιζήματα, τα οποία καλύπτουν κυρίως την πεδινή έκταση που εκτείνεται νότια της ζώνης Μαραθώνα - Κάτω Σουλίου - Λοιμικού. Οι αλκινοί σχηματισμοί, οι οποίοι αποτελούν τα ανώτερα μέλη της αυτόχθονης σειράς των μεταμορφωμένων σχηματισμών της ΒΑ Αττικής, αποτελούνται από μάρμαρα και σχιστόλιθους οι οποίοι αναπτύσσονται στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης και διακρίνονται στα μάρμαρα Αγίας Μαρίνας (Αν.Κρητιδικό), στους σχιστόλιθους Ραμνοίντας (Μέσο Κρητιδικό), στα μάρμαρα Μαραθώνα (Κατ.Κρητιδικό), στους σχιστόλιθους Μαραθώνα (Ιουραϊκό) και στο «ενδιάμεσο μάρμαρο» (Ιουραϊκό). (ΛΟΖΙΟΣ Σ.,1993).

3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Στην περιοχή έρευνας, μπορούν να διακριθούν δύο διαφορετικοί τύποι υπόγειων υδροφόρων.

1. Οι καρστικοί υδροφόροι που αναπτύσσονται στα μάρμαρα της Αγίας Μαρίνας, στα μάρμαρα του Μαραθώνα καθώς και στο σχηματισμό των ενδιάμεσων μαρμάρων.
2. Οι προσχωματικοί υδροφόροι που αναπτύσσονται στις τεταρωτογενείς αποθέσεις που αναπτύσσονται στην πεδιάδα του Μαραθώνα και στο νεογενή σχηματισμό του Λοιμικού.

Στην περιοχή μελέτης μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθοι υδρολιθολογικοί τύποι:

- ♦ Υδροπερατοί σχηματισμοί: Οι υδροπερατοί σχηματισμοί μπορούν να διακριθούν σε δυο υποκατηγορίες, σε αυτούς που παρουσιάζουν υψηλή και σε αυτούς που παρουσιάζουν μέτρια έως χαμηλή υδροπερατότητα. Στους σχηματισμούς υψηλής υδροπερατότητας περιλαμβάνονται τα μάρμαρα της Αγίας Μαρίνας, τα μάρμαρα του Μαραθώνα και το «ενδιάμεσο μάρμαρο». Η υψηλή υδροπερατότητα των μαρμάρων αποδίδεται στην έντονη τεκτονική καταπόνηση και στην παρουσία ρωγματούσεων σε όλο το ανάπτηγμά τους, στον κατακεραματισμό των πετρωμάτων από τριβό δίτυπο ρωγμών και διακλάσεων διαφόρων διευθύνσεων και στην καρστική διεργασία που έχουν υφαστεί με αποτέλεσμα την δημιουργία καρστικών εγκοιλών και σπηλαίων. Στους σχηματισμούς μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας περιλαμβάνονται οι τεταρωτογενείς αποθέσεις και ο νεογενής σχηματισμός του Λοιμικού. Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών οφείλεται στα πετρώματα από τα οποία απαρτίζονται όπως οι αμιγείς άμμοι και τα χαλίκια καθώς και οι ψαμμίτες και τα λατυποροζαλοπαγή τα οποία είναι πετρώματα υδροπερατά έως λίαν υδροπερατά. Η συμμετοχή όμως στους σχηματισμούς αυτούς, συνήθως με τη μορφή προσιμύσεων ή ενδιστορώσεων και υδροστεγανών πετρωμάτων όπως άργιλοι, ιλύες και πηλοί περιορίζουν την υδροπερατότητα των σχηματισμών και τους καθιστούν μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας.
- ♦ Υδροστεγανοί σχηματισμοί: Στους σχηματισμούς αυτούς περιλαμβάνονται οι σχιστόλιθοι Ραμνοίντας και οι σχιστόλιθοι Μαραθώνα. Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών είναι τόσο μικρή ώστε πρακτικά να καταπίπτουν στην κατηγορία των υδροστεγανών.

4. ΚΑΡΣΤΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ ΜΑΡΑΘΩΝΑ

Ο σχηματισμός των μαρμάρων Μαραθώνα αναπτύσσεται με επίμηκες οζήμα διεύθυνσης Β-Ν που αρχίζει από το βόρειο τμήμα του Κάμπου του Μαραθώνα και φθάνει μέχρι την περιοχή Λιμνίσσας στον Ευβοϊκό κόλπο (Εικ.1). Πρόκειται για μάρμαρα λεπτοστροφιατόδη έως παχυστροφιατόδη με μικρές διαστροφώσεις πριονιλιθών και ενορτώσεις δολομιτικών μαρμάρων και σχιστόλιθων.

Ο τεκτονισμός του σχηματισμού είναι έντονος και ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα του. Πρόκειται για σήματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ τα οποία στο βόρειο τμήμα έχουν διεύθυνση σχεδόν Α-Δ και διατέμνονται από μικρό αριθμό σηγμάτων με διεύθυνση Β-Ν.

Η καρστικοποίηση του σχηματισμού είναι έμμεση και εναρμόζεται με εξοχιαστικές μορφές όπως γλύφες και μικρές καρστικές ταπεινώσεις.

λόγω υψηλών τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας και υψηλών συγκεντρώσεων χλωριόντων.

Οι πηγές παρουσιάζουν μεγάλο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον, διότι εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα των μαρμάρων Μαραθώνα και παρουσιάζουν μεγάλες παροχές και συνεχή ροή νερού σε όλη τη διάρκεια του έτους.

Οι ερευνητικές εργασίες που πραγματοποιήθηκαν, έγιναν στα πλαίσια της «Υδρογεωλογικής Μελέτης Κάμπου Μαραθώνα Ν.Αττικής», η οποία ανατέθηκε από το Υπουργείο Γεωργίας στους Συμπράττοντες Μελετητές Παυλ. Μελισσάρη και Ξεν. Σταυρόπουλο.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί που επικρατούν στην περιοχή ανήκουν στη «σχετικά απόχθονη» ενότητα της ΒΑ Αττικής. Τμήμα της ευρύτερης περιοχής καλύπτεται από μεταλλικές αποθέσεις του τεταρτογενούς και από νεογενή ιζήματα, τα οποία καλύπτουν κυρίως την πεδινή έκταση που εκτείνεται νότια της ζώνης Μαραθώνα - Κάμπου Σουλίου - Λοιμωτού. Οι αλικοί σχηματισμοί, οι οποίοι αποτελούν τα ανώτερα μέλη της απόχθονης σειράς των μεταρροφημένων σχηματισμών της ΒΑ Αττικής, αποτελούνται από μάρμαρα και σχιστόλιθους οι οποίοι αναπτύσσονται στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης και διακρίνονται στα μάρμαρα Αγίας Μαρίνας (Αν.Κρητιδικό), στους σχιστόλιθους Ραμνούντας (Μέσο Κρητιδικό), στα μάρμαρα Μαραθώνα (Κατ.Κρητιδικό), στους σχιστόλιθους Μαραθώνα (Ιουραϊκό;) και στο «ενδιάμεσο μάρμαρο» (Ιουραϊκό). (ΛΟΖΙΟΣ Σ., 1993).

3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Στην περιοχή έρευνας, μπορούν να διακριθούν δύο διαφορετικοί τύποι υπόγειου υδροφόρου.

1. Οι καρστικοί υδροφόροι που αναπτύσσονται στα μάρμαρα της Αγίας Μαρίνας, στα μάρμαρα του Μαραθώνα καθώς και στο σχηματισμό των ενδιάμεσων μαρμάρων.
2. Οι προσχωματικοί υδροφόροι που αναπτύσσονται στις τεταρτογενείς αποθέσεις που αναπτύσσονται στην πεδιάδα του Μαραθώνα και στο νεογενή σχηματισμό του Λοιμωτού.

Στην περιοχή μελέτης μπορούν να διακριθούν οι ακόλουθοι υδρολόγιοι τύποι:

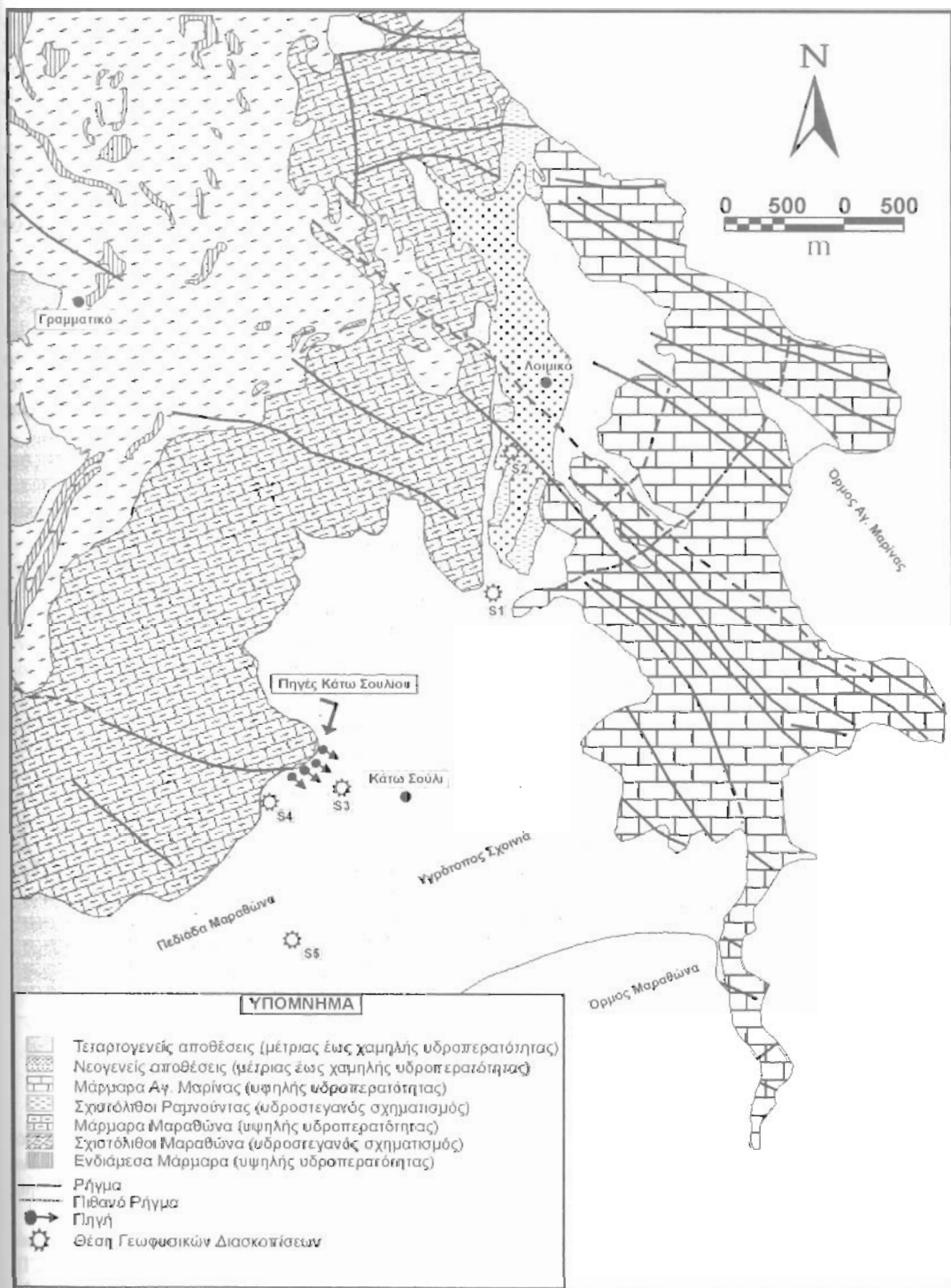
- ♦ Υδροπερατοί σχηματισμοί: Οι υδροπερατοί σχηματισμοί μπορούν να διακριθούν σε δυο υποκατηγορίες, σε αυτούς που παρουσιάζουν υψηλή και σε αυτούς που παρουσιάζουν μέτρια έως χαμηλή υδροπερατότητα. Στους σχηματισμούς υψηλής υδροπερατότητας περιλαμβάνονται τα μάρμαρα της Αγίας Μαρίνας, τα μάρμαρα του Μαραθώνα και το «ενδιάμεσο μάρμαρο». Η υψηλή υδροπερατότητα των μαρμάρων αποδίδεται στην έντονη τεκτονική καταπόνηση και στην παρουσία ρωγματούσεων σε όλο το ανάπτηγμά τους, στον καταρραματισμό των πετρωμάτων από πυκνό δίτυπο ρωγμών και διακλάσεων διαφόρων διευθύνσεων και στην καρστική διεργασία που έχουν υφαστεί με αποτέλεσμα την δημιουργία καρστικών εγκοχών και αγωγών. Στους σχηματισμούς μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας περιλαμβάνονται οι τεταρτογενείς αποθέσεις και ο νεογενής σχηματισμός του Λοιμωτού. Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών οφείλεται στα πετρώματα από τα οποία απαρτίζονται όπως οι αμιγέλι άμμοι και τα χιλιόλια καθώς και οι ψαμμίτες και τα λατυποροχαλωπαγή τα οποία είναι πετρώματα υδροπερατά έως λίαν υδροπερατά. Η οριζική όμως στους σχηματισμούς αυτούς, συνήθως με τη μορφή προσμίξεων ή ενδιαστρώσεων και υδροστεγανών πετρωμάτων όπως άργιλοι, ιλύες και πηλοί περιορίζουν την υδροπερατότητα των σχηματισμών και τους καθιστούν μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας.
- ♦ Υδροστεγανοί σχηματισμοί: Στους σχηματισμούς αυτούς περιλαμβάνονται οι σχιστόλιθοι Ραμνούντας και οι σχιστόλιθοι Μαραθώνα. Η υδροπερατότητα των σχηματισμών αυτών είναι τόσο μικρή ώστε πρακτικά να καταπίσσονται στην κατηγορία των υδροστεγανών.

4. ΚΑΡΣΤΙΚΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΑΡΜΑΡΩΝ ΜΑΡΑΘΩΝΑ

Ο σχηματισμός των μαρμάρων Μαραθώνα αναπτύσσεται με επίμηκες σχήμα διεύθυνσης Β-Ν που αρχίζει από το βόρειο τμήμα του Κάμπου του Μαραθώνα και φθάνει μέχρι την περιοχή Λιμνώνας στον Εμβοϊκό κόλπο (Εικ.1). Πρόκειται για μάρμαρα λεπτοσφραματώδη έως παχυσφραματώδη με μικρές διαστρώσεις παροπλιθών και ενστρώσεις δολομιτικών μαρμάρων και σχιστόλιθων.

Ο τεκτονισμός του σχηματισμού είναι έντονος και ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα του. Πρόκειται για σχήματα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ τα οποία στο βόρειο τμήμα έχουν διεύθυνση σχεδόν Α-Δ και διατέμνονται από μικρό αριθμό ρηγμάτων με διεύθυνση Β-Ν.

Η καρστικοποίηση του σχηματισμού είναι έντονη και εκφράζεται με εξωκαρστικές μορφές όπως γλύφες και μικρές καρστικές κρημνισμένες επιφάνειες. Η περιοχή μελέτης ανήκει στην «Θεοφραστος» - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Τεταρτογενείς αποθέσεις (μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας)
- Νεογενείς αποθέσεις (μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας)
- Μάρμαρα Αγ. Μαρίνος (υψηλής υδροπερατότητας)
- Σχιστόλιθοι Ραβνουίτας (υδροστεγαγός σχηματισμός)
- Μάρμαρα Μαραθώνα (υψηλής υδροπερατότητας)
- Σχιστόλιθοι Μαραθώνα (υδροστεγαγός σχηματισμός)
- Ενδιάμεσα Μάρμαρα (υψηλής υδροπερατότητας)
- Ρήγμα
- Πιθανό Ρήγμα
- Πηγή
- Θέση Γεωφυσικών Διασκοπήσεων

Εικ.1. Υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής έρευνας. Αναγράφονται οι θέσεις των πηγών Κάτω Σουλίου και των γεωφυσικών διασκοπήσεων.
Fig.1. Hydrogeological map of the study area. The locations of the springs of Kato Souli and the geophysical investigations took place are indicated.

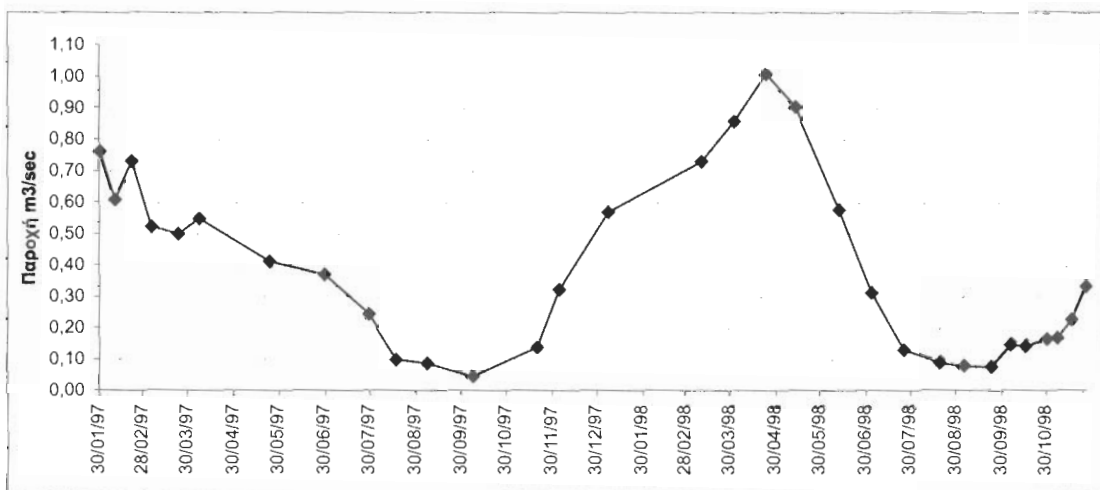
Το σύστημα είναι κατά ένα μικρό τμήμα του ανοικτό στη θάλασσα στο βόρειο άκρο της εμφάνισής του. Στην υπόλοιπη περίμετρο του περιβάλλεται κυρίως από υδροστεγανούς αλλά και σχηματισμούς μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας. Όλη η δυτική πλευρά του είναι σε επαφή με τους υδροστεγανούς σχιστόλιθους του Μαραθώνα. Όλη η νότια πλευρά του και τμήμα της ανατολικής είναι σε επαφή με σχηματισμούς ημιπερατούς έως μέτρια υδροπερατούς αποτελούμενους από τετατογενείς και νεογενείς αποθέσεις.

Η έκταση της επιφανειακής εμφάνισης του σχηματισμού είναι 20,5 Km². Σύμφωνα με υδρολογικούς υπολογισμούς και το μέσο ετήσιο ύψος βροχής το οποίο υπολογίστηκε ίσο με 550 mm, ο όγκος των βροχοπτώσεων που δέχεται είναι 11,3 x 10⁶ m³/έτος. Από την ποσότητα αυτή των βροχοπτώσεων στον όγκο των μαρμάρων εκτιμάται ότι κατεισδύουν 6,4 x 10⁶ m³/έτος (ήτοι ποσοστό 55%) και εμπλουτίζουν τον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα.

5. ΠΗΓΕΣ ΚΑΤΩ ΣΟΥΛΙΟΥ Ή «ΜΑΚΑΡΙΑ ΠΗΓΗ»

Στο Ν - ΝΑ άκρο της εμφάνισης του προαναφερόμενου καρστικού συστήματος εκδηλώνεται το μέτωπο των αναβλύσεων των πηγών Κάτω Σουλίου (Εικ.1). Οι θέσεις ανάβλυσης των πηγών δεν είναι εμφανείς διότι όλο το μέτωπο είναι καλυμμένο με καλαμώνες. Αμέσως μετά το μέτωπο ανάβλυσης τα νερά κατακλύζουν μια περιορισμένη ζώνη και στη συνέχεια καταλήγουν σε τεχνητή αποστραγγιστική τάφρο, η οποία ακολουθώντας σχεδόν ευθύγραμμη πορεία με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, καταλήγει στη θάλασσα.

Σύμφωνα με υδρομετρήσεις και υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν το χρονικό διάστημα 30/01/97 έως 26/11/98 (ΜΕΛΙΣΣΑΡΗΣ Π., ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ Ξ., 1999), η μέση μηνιαία παροχή των πηγών είναι 0,430 m³/sec και η συνολική ετήσια παροχή είναι 13,6 x 10⁶ m³. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στην κύρια αποστραγγιστική τάφρο των πηγών Κάτω Σουλίου, σε απόσταση 300 m περίπου από τη ζώνη ανάβλυσης των πηγών.



Εικ. 2. Διάγραμμα διακύμανσης των παροχών σε σχέση με το χρόνο.
Fig.2. Fluctuation diagram of water supply versus the time.

Όπως προκύπτει, η ετήσια παροχή των πηγών είναι υπερδιπλάσια της μέσης ετήσιας ποσότητας νερού που κατεισδύει και εμπλουτίζει τον καρστικό υδροφόρο των μαρμάρων Μαραθώνα. Το γεγονός αυτό υποδηλώνει ότι στον καρστικό υδροφόρο των μαρμάρων Μαραθώνα συντελείται υπόγεια εισροή σημαντικής ποσότητας νερών.

Όσον αφορά την υδροχημική σύσταση των νερών των πηγών πραγματοποιήθηκε σειρά δειγματοληψιών και υδροχημικών αναλύσεων για το χρονικό διάστημα Μάιος 1997 - Οκτώβριος 1998 (ΜΕΛΙΣΣΑΡΗΣ Π., ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ Ξ., 1999). Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων προέκυψε ότι οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας κυμαίνονται μεταξύ 3.050 μS/cm και 6.350 μS/cm με μέση τιμή 4.277 μS/cm. Οι τιμές αυτές θεωρούνται υψηλές έως πολύ υψηλές και αποδίδονται στην μεγάλης κλίμακας δευτερογενή φόρτιση των νερών με άλατα. Οι τιμές των χλωριόντων κυμαίνονται μεταξύ 728 mg/lit και 1.775 mg/lit με μέση τιμή 1.137 mg/lit. Οι πολύ υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων οφείλονται στην άμεση αλληλεπίδραση του καρστικού υ-

δροφόρου των μαριμάτων Μαραθώνα. Επίσης οι συγγεντώσεις μαγνησίου, που κυμαίνονται μεταξύ 57.2 και 93.6 mg/l και έχουν μέση τιμή 68.7 mg/l επιβεβαιώνουν την υφαλίμνιση του υδροφόρου οριζόνα.

6. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΥΦΑΛΜΥΡΙΝΣΗΣ

Στα πλαίσια της διερεύνησης των συνθηκών υφαλίμνισης του **καρστικού συστήματος** και με βάση την αξιολόγηση των στοιχείων που συγγεντώθηκαν, διαμορφώθηκαν με βάση τα στοιχεία που αξιοποιήθηκαν τρεις διαφορετικές υποθέσεις.

1^η Υπόθεση: Η υφαλίμνιση του καρστικού συστήματος συντελείται από τη διεύθυνση θαλασσινού νερού στο βόρειο άκρο εμφάνισης του.

2^η Υπόθεση: Η υφαλίμνιση του καρστικού συστήματος συντελείται λόγω υδραυλικής επιζουονίας με το έντονα υφάλμυρο καρστικό σύστημα της Αγ. Μαρίνας.

3^η Υπόθεση: Η υφαλίμνιση του καρστικού συστήματος συντελείται λόγω της πιθανής επέκτασης του προς νότο, κάτω από τις αποθέσεις του Κάμπου Μαραθώνα και τον υγρότοπο του Σχοινιά και την ανοιχτή επαφή τους με τη θάλασσα μέσα στον όρο του Μαραθώνα.

Η πρώτη υπόθεση όπως προαναφέρθηκε, αποδίδει την υφαλίμνιση του καρστικού συστήματος στη διεύθυνση θαλασσινού νερού στο βόρειο άκρο της εμφάνισης των μαριμάτων Μαραθώνα όπου αυτά είναι σε άμεση επαφή με τη θάλασσα. Η ανοιχτή επαφή των μαριμάτων με τη θάλασσα έχει έκταση 3 Km περίπου, θεωρείται όμως αρεστή για την υφαλίμνιση του υδροφόρου μέσω του έντονου δευτερογενούς πορώδους του σχηματισμού. Αμέσως νοτιότερα από το βόρειο άκρο της εμφάνισης των μαριμάτων από όπου γίνεται η υπόθεση ότι συντελείται η υφαλίμνιση του συστήματος, παρατηρείται μια σημαντική έκταση παρεμβολής σχιστολίθων στο σχηματισμό των μαριμάτων με διεύθυνση ΝΑ – ΒΔ (Εικ.1). Η διεύθυνση αυτή αντιστοιχεί και στη διεύθυνση των κύριων ρηγμάτων που διατέμνουν την εμφάνιση των μαριμάτων. Η εμφάνιση αυτής της ζώνης των σχιστολίθων και η πιθανή αναθόλωση που δημιουργούν κάτω από τα μάραθα που εμφανίζονται κατά μήκος της ζώνης αυτής, θεωρείται ότι δημιουργεί έναν «υδροστεγανό φραγμό» για την «μετανάστευση» των υφάλμυρων νερών προς τα νότια όπου βρίσκεται το κύριο ανάπτυγμα του καρστικού σχηματισμού και όπου εκδηλώνονται οι πηγές του Κάμπου Σοινιά. Αποτελεί δηλαδή, περιριστικό παράγοντα για την υδραυλική επιζουονία του τμήματος του σχηματισμού που είναι ανοιχτό στη θάλασσα με την κύρια εμφάνιση του. Κατά συνέπεια περιορίζει και την τεκμηρίωση της υπόθεσης ότι η υφαλίμνιση του καρστικού συστήματος γίνεται από το τμήμα του βόρειου άκρου του όπου είναι σε ανοιχτή επαφή με τη θάλασσα.

Η δεύτερη υπόθεση βασίζεται στην παραδοχή ότι το καρστικό σύστημα των μαριμάτων Μαραθώνα είναι σε υδραυλική επιζουονία με το καρστικό σύστημα των μαριμάτων Αγ. Μαρίνας, το οποίο αναπτύσσεται ανατολικά και είναι σε άμεση επαφή με τη θάλασσα και ότι η υφαλίμνισή του οφείλεται στην υπόγεια κίνηση νερών από τον έντονα υφάλμυρο καρστικό υδροφόρο της Αγ. Μαρίνας προς τον καρστικό υδροφόρο των μαριμάτων Μαραθώνα. Η πλήρης υφαλίμνιση του καρστικού σχηματισμού εξαρτάται άμεσα από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών που αναβλύζουν στο μέτωπο των πηγών της Δρακονέρας. Προέξεται για μέτωπο αναβλύσεων που εμφανίζονται στην επαφή των μαριμάτων Αγ. Μαρίνας με τις τεταγμένες αποθέσεις του υγρότοπου Σχοινιά. Από τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας τη χρονική περίοδο Μάιος '98, προκύπτει ότι τα νερά είναι έντονα υφάλμυρα με τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας 9.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και συγγέντωση χλωριόντων 2.953 mg/l.

Μεταξύ των δυο σχηματισμών παρεμβάλλεται η ευρεία έκταση της περιοχής του Λοιμικού στο βόρειο και νότιο άκρο της οποίας παρουσιάζονται εμφανίσεις των σχιστολίθων Ραμφοντίας ενώ όλη η άλλη έκταση της καλύπτεται από τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις (σχηματισμός Λοιμικού) (Εικ.1). Ως πλέον πιθανό τμήμα μέσω του οποίου συντελείται υπόγεια υδραυλική επιζουονία των δυο συστημάτων θεωρείται το νότιο και ειδικότερα η ζώνη μεταξύ των δυο καρστικών σχηματισμών νότια του οικισμού Αίρα. Στη ζώνη αυτή από τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν προέκυψε έντονη υφαλίμνιση του υδροφόρου οριζόνα με συγγεντώσεις χλωριόντων που φθάνει έως και 1500 mg/l. Επίσης πραγματοποιήθηκαν δυο γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις, S1 και S2 (Εικ.1), από τις όπου προέκυψε ότι η γεωλογική δομή της ζώνης αυτής διαμορφώνεται από την ακλόουθη λιθολογική στήλη (ΠΑΣΧΑΛΗΣ Μ., ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ Σ., 1999):

1. Σε βάθος από 0 έως 4-5 m εδαφικός μανδύας και προσχώσεις.
2. Από 4-5 m έως 41 m προαόλαση.
3. Από 41 m έως 125-140 m μάραθα.
4. Από 125-140 m έως και 400 m σχιστολίθοι.

Η διασκόπηση S2 που έγινε βόρεια του οικισμού Αίρα έδειξε την ακλόουθη λιθολογική στήλη:

1. Από 0 έως 1,5 m εδαφικός μανδύας.
2. Από 1,5 έως 5,5 m προαόλαση.
3. Από 5,5 έως 103 m σχιστολίθος στον οποίο μετά από βάθος 18 m καταγράφονται ενστροφές μαριμάτων.

4. Από 103 έως 400 m μάζμαρα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των διαζοπήσεων S1 και S2 στη ζώνη μεταξύ των δύο καρστικών σχηματισμών και κάτω από μικρού πάχους προσχώσεις αναπτύσσονται πετρώματα υψηλής υδροπερατότητας που διευκολύνουν τις συνθήκες υδραυλικής επικοινωνίας των καρστικών υδροφόρων.

Η τρίτη υπόθεση αποδίδει την υφαλίμωση στην πιθανή επέκταση των μαρμάρων Μαραθώνα προς νότο, κάτω από τις αποθέσεις του Κάμπου Μαραθώνα και του υγρότοπου του Σχοινιά και την ανοιχτή επαφή τους με τη θάλασσα μέσα στον όρμο του Μαραθώνα. Η υπόθεση αυτή τεκμηριώνεται από τις υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων που κυμαίνονται από 600 mg/lι έως 1.000 mg/lι στις προσχώσεις που παρεμβάλλονται μεταξύ του αναπτύγματος των μαρμάρων Μαραθώνα και της θάλασσας δεδομένου, ότι στην περιοχή αυτή δεν γίνονται σημαντικές αντλήσεις από τον προσχωματικό υδροφόρο. Από την εκτέλεση γεωηλεκτρικών διαζοπήσεων S3, S4, και S5 (Ειγ.1) διαπιστώθηκε ότι τα μάζμαρα του Μαραθώνα βυθίζονται κάτω από τις προσχώσεις σε βάθος 50 - 60 m και παρουσιάζουν έντονες ενδείξεις κυκλοφορίας θαλασσινού νερού μέσα στον όγκο τους.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Το καρστικό σύστημα των μαρμάρων Μαραθώνα, είναι κατά ένα μικρό τμήμα του ανοιχτό στη θάλασσα στο βόρειο άκρο της εμφάνισής του και στην υπόλοιπη περιμετρο του περιβάλλεται κυρίως από υδροστεγανούς αλλά και σχηματισμούς μέτριας έως χαμηλής υδροπερατότητας. Η έκταση της επιφανειακής εμφάνισης του σχηματισμού είναι 20,5 Km², ο όγκος των βροχοπτώσεων που δέχεται 11,3 x 10⁶ m³/έτος και ο όγκος της κατεϊσδυσης 6,2 x 10⁶ m³/έτος.
- Οι πηγές εκδηλώνονται στο Ν-ΝΑ άκρο του σχηματισμού των μαρμάρων Μαραθώνα με ένα ευρύ μέτωπο αναβλύσεων. Πρόκειται για πηγές, οι οποίες εκφορτίζουν το καρστικό σύστημα των μαρμάρων, παρουσιάζουν μόνη ροή και συνολική ετήσια παροχή 13,6 x 10⁶ m³. Η μέση ετήσια παροχή είναι υπερδιπλάσια της μέσης ετήσιας ποσότητας νερού που κατεισδύει και εμπλουτίζει τον καρστικό υδροφόρο, γεγονός που υποδηλώνει την εισροή σημαντικής ποσότητας υπόγειων νερών.
- Όσον αφορά την υδροχημική τους σύσταση, παρουσιάζουν υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας (μέση τιμή 4.277 μS/cm) και υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων (μέση τιμή 1.137 mg/lι). Οι τιμές αυτές υποδηλώνουν την έντονη ποιοτική υποβάθμιση του καρστικού υδροφόρου, λόγω υφαλίμωσης.

Από τη διερεύνηση των συνθηκών υφαλίμωσης των πηγών, προκύπτουν τρεις διαφορετικές υποθέσεις οι οποίες αξιολογούνται ως ακολούθως.

1. Η πρώτη υπόθεση σύμφωνα με την οποία η υφαλίμωση του καρστικού συστήματος αποδίδεται στην άμεση επαφή των μαρμάρων Μαραθώνα με την θάλασσα και αρχάς μπορεί να θεωρηθεί ως η πλέον πιθανή. Λόγω όμως της διαμόρφωσης των γεωτεκτονικών συνθηκών μπορεί σχεδόν να αποκλεισθεί.
2. Η δεύτερη υπόθεση αποδίδει την υφαλίμωση της καρστικής υδροφορίας των μαρμάρων Μαραθώνα, στην υδραυλική επικοινωνία του σχηματισμού με τον έντονα υφάλμυρο σχηματισμό των μαρμάρων Αγίας Μαρίνας. Από την αξιολόγηση των υδρογεωλογικών συνθηκών, των αποτελεσμάτων των υδροχημικών αναλύσεων και των γεωφυσικών διαζοπήσεων προκύπτει ότι είναι η πλέον ισχυρή υπόθεση.
3. Τέλος η τρίτη υπόθεση, που αποδίδει την υφαλίμωση στην άμεση επαφή του καρστικού συστήματος με τη θάλασσα σε αρωγή απόσταση από την επιφανειακή εμφάνιση τους στον όρμο Μαραθώνα είναι λιγότερο ισχυρή. Αξίζει να σημειωθεί πως επειδή η τρίτη υπόθεση δεν τεκμηριώνεται πλήρως, δεν αποκλείεται να ισχύει σε συνδυασμό με τη λειτουργία της δεύτερης υπόθεσης που είναι και η κύρια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ Γ., 1977. *Γεωλογικός χάρτης κλ. 1:50.000*, φύλλο Ραφήνα.Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΛΟΖΙΟΣ Σ.,1993. *Τεκτονική Ανάλυση Μεταμορφωμένων Σχηματισμών Βορειοανατολικής Αττικής*. Διδακτορική Διατριβή - Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- ΜΕΛΙΣΣΑΡΗΣ Π., ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ Ξ., 1999. *Υδρογεωλογική Μελέτη Κάμπου Μαραθώνα Ν.Αττικής*. Υπουργείο Γεωργίας - Γενική Δ/νση Εργων Έργων & Γεωρ/νων Διαφορώσεων - Δ/νση Γεωλογίας - Υδρολογίας.