

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΕΣΤΩΤΟΣ ΤΗΣ ΥΠΟΓΕΙΑΣ ΡΟΗΣ ΣΕ ΔΙΕΡΡΗΓΜΕΝΑ
ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ ΜΕ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΡΓΑΝΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΥΝΕΧΟΥΣ
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗΣ: ΟΦΙΟΛΙΘΙΚΟ ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ ΤΟΥ ΤΡΟΟΔΟΥΣ**

¹ΚΩΣΤΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, ²ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, ¹ΧΡΙΣΤΟΣ ΧΡΙΣΤΟΦΗ

¹Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης, Λευκωσία, Κύπρος, Cyprus Geological Survey

²Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Geology Department, University of Patras, Greece

Λέξεις Κλειδιά: Κύπρος, Τροόδος, Οφιόλιθοι, Πιεζομετρία, Διερρηγμένα πετρώματα
Key words: Cyprus, Troodos, Ophiolites, Piezometry, Fracture Rocks

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία διερευνάται το καθεστώς της υπόγειας ροής στα διερρηγμένα πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος του Τροόδου με την αξιολόγηση δεδομένων από αυτόματους καταγραφείς θερμοκρασίας και υπόγειας στάθμης, με ωριαίο βήμα, καθώς και με την συσχέτιση των δεδομένων αυτών με το ημερήσιο ύψος βροχόπτωσης. Η διερεύνηση επικεντρώνεται σε δύο χαρακτηριστικές περιοχές, στην περιοχή Σταυροβουνιού και στην περιοχή του Δάσους Λεμεσού.

Η υδροφορία στα οφιολιθικά πετρώματα του Τροόδου εξαρτάται από το βαθμό διάρρηξής τους, την ορυκτολογική τους σύσταση, το βαθμό πλήρωσης των διαρρήξεων με δευτερογενή αργιλικά ορυκτά και την υδραυλική σχέση μεταξύ των επιμέρους υδροφόρων συστημάτων. Η γενική κατεύθυνση της υπόγειας ροής ακολουθεί το τοπογραφικό ανάγλυφο, αλλά η πιεζομετρία δεν μπορεί να καθοριστεί με μεγάλη ακρίβεια. Η πιεζομετρία, καθώς και η θερμοκρασία του υπόγειου νερού ανταποκρίνονται άμεσα στα επεισόδια βροχής, γεγονός που υποδηλώνει μεγάλη διαχυτότητα (diffusivity, T/S). Ο εμπλουτισμός ακολουθεί το ανάλογο του «εμβόλου». Συχνά, η θερμοκρασία του υπόγειου νερού αυξάνει στα πρώτα στάδια του εμπλουτισμού, γεγονός που αποδίδεται στο ότι, η υπόγεια ροή γίνεται μέσω βαθύτερων ζωνών διάρρηξης.

Διαπιστώθηκαν πλευρικές διηθήσεις προς τους ιζηματογενείς σχηματισμούς, οι οποίοι έχουν χαμηλότερη πιεζομετρία, τόσο στην περιοχή Σταυροβουνιού όσο και στο δάσος Λεμεσού. Το ρήγμα του Αρακαπά λειτουργεί σαν υπόγειο «διάφραγμα», μικρής υδροπερατότητας, το οποίο διαχωρίζει τα υδροφόρα οφιολιθικά συστήματα της περιοχής σε δύο ζώνες.

**STUDY OF THE GROUNDWATER FLOW REGIME IN FRACTURE FORMATIONS
WITH DATA FROM DATALOGGERS: THE TROODOS OPHIOLITE COMPLEX**

KONSTANTINOU K., KALLERGIS G.

ABSTRACT

This paper presents the results of the investigations on the regime of groundwater flow in the fractured Troodos ophiolite complex through the evaluation of hourly groundwater level and temperature measurements in conjunction with daily precipitation data. The investigation focuses on two typical areas: the area of Stavrovouni and the Limasol forest area.

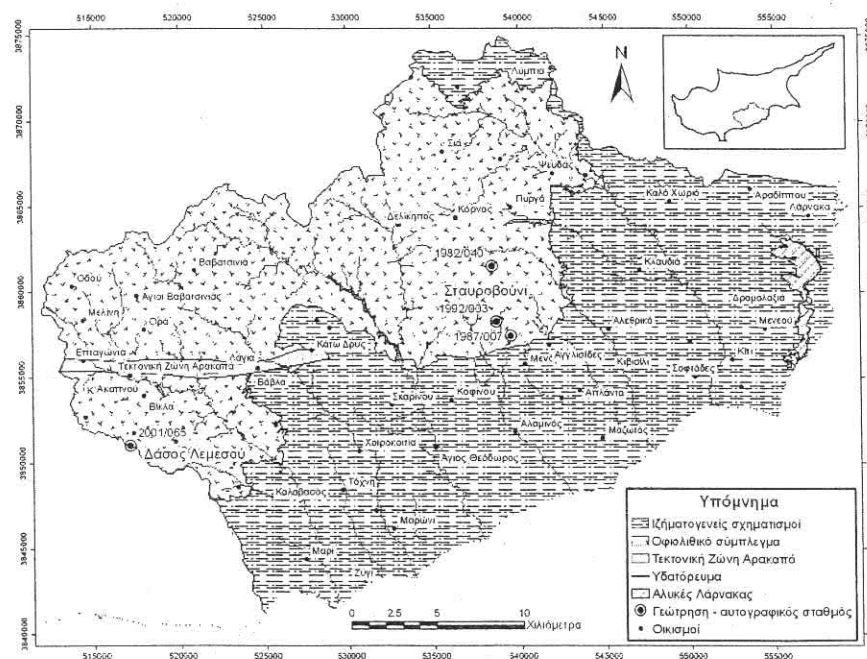
The occurrence of groundwater in the Troodos ophiolite complex depends on the extent of rock fracturing, rock mineralogy and the degree of fractures' filling with secondary clay minerals as well as on the hydraulic communication with other aquifer systems. The general groundwater flow direction coincides with the overall topography but piezometry can not be determined in detail. Piezometry and groundwater temperature show imitate response to precipitation events thus suggesting that the systems have increased diffusivity (T/S). Recharge follows the "piston" flow model. Often groundwater temperature rises during the first stages of recharge, suggesting that groundwater flows through deeper fracture zones.

Lateral discharges to the sedimentary formations, which are characterized by lower piezometry in both Stavrovouni and Limasol forest areas, have been assigned. The Arakapas fault zone acts as an underground "barrier" of low permeability that divides the groundwater bearing ophiolitic systems, in two parts.

1. Εισαγωγή

Στο οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους συνυπάρχουν όλα τα πετρώματα που αποτελούν την οφιολιθική ακολουθία (Gass 1989). Με βάση παλαιοντολογικά ευρήματα σε ιζήματα που επικάθονται των οφιολίθων, η ηλικία της ακολουθίας εκτιμάται ότι είναι κενομάνια-τουρώνια (Blome & Irwin 1985) και με βάση ραδιοχρονολογήσεις η απόλυτη ηλικία της προσδιορίστηκε $91,6 \pm 1,4$ εκατ. χρόνια (Mukasa & Ludden 1987). Με βάση τις ισχύουσες απόψεις (Moore et al 1984 και Robertson & Dixon 1984), το οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους σχηματίστηκε κατά μήκος μίας ζώνης διεύρυνσης, πίσω από το όριο καταβύθισης του παλαιωκεανού της Τηθύος, κάτω από την Ευρασιατική πλάκα. Η τοποθέτηση ηπειρωτικού φλοιού κάτω από το Τροόδους προκάλεσε τη σταδιακή ανύψωσή του με αποτέλεσμα τον έντονη διάρρηξη των πετρωμάτων καθώς και τη διάβρωση ενός μεγάλου μέρους του συμπλέγματος.

Το οφιολιθικό σύμπλεγμα αποτελεί την κυρίαρχη γεωλογική και γεωμορφολογική μορφή της Κύπρου (έχει έκταση 2.630 Km^2 ή 27,5% της Κύπρου), υποδιαιρείται δε σε τέσσερις ενότητες: (α) τα πετρώματα του μανδύα, (β) τα πλουτώνια πετρώματα, (γ) τα φλεβικά πετρώματα (σύστημα πολλαπλών φλεβών και οριζοντίας βάσης) και (δ) τα ηφαιστειακά πετρώματα.



Εικ. 1. Απλοστευμένους γεωλογικός χάρτης - Χάρτης αναφοράς

Fig. 1. Simplified geological map - Location map

Τα οφιολιθικά υδροφόρα συστήματα απαντούν σε μεγάλα υψόμετρα και σε κάθε περίπτωση σε μεγαλύτερο υψόμετρο από τους ιζηματογενείς υδροφόρους που τα περιβάλλουν. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι η ροή του υπόγειου νερού περιορίζεται μόνο μέχρι κάποιο βάθος, προκαλεί την ανάπτυξη υδραυλικής κλίσης από τους οφιολίθους προς τους ιζηματογενείς σχηματισμούς. Ως εκ τούτου, αναπτύσσεται πλευρική τροφοδοσία από τους οφιολίθους προς τους ιζηματογενείς υδροφόρους.

Για τη διερεύνηση του καθεστώτος της υπόγειας ροής στους οφιόλιθους έχει εγκατασταθεί δίκτυο από 25 αυτόματους καταγραφείς της στάθμης και της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού, με ωριαίο βήμα, το οποίο αποτελεί τμήμα του δικτύου των 90 τέτοιων σταθμών του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης.

2. Πιεζομετρία

Στα οφιολιθικά πετρώματα αναπτύσσεται υδροφορία του τύπου «δευτερογενούς», κυρίως, πορώδους, η οποία εξαρτάται κυρίως από το βαθμό τεκτονισμού και την ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων. Συνήθως, η υδροφορία δεν είναι ομοιογενής και αναπτύσσεται σε μεμονωμένα συστήματα στα οποία αποδίδεται ο όρος «υδροφόρα συστήματα». Τα υδροφόρα συστήματα ελέγχονται από την έκταση των διαρρηγμένων ζωνών, την υδραυλική τους επικοινωνία με άλλα συστήματα και από το βαθμό πλήρωσης των ρωγμών με δευτερογενή αργιλικά ορυκτά. Ο ακριβής καθορισμός της γεωμετρίας και της πιεζομετρίας των συστημάτων αυτών είναι εξαιρετικά δύσκολος, απαιτεί δε πυκνό δίκτυο πιεζόμετρων με μικρό βήμα καταγραφής. Η αναπλήρωση των αποθεμάτων εξαρτάται μεταξύ άλλων από το ύψος βροχόπτωσης και από το εάν οι διαρρηγμένες ζώνες φτάνουν μέχρι την επιφάνεια ή έχουν υδραυλική επικοινωνία με άλλες ζώνες που δέχονται εμπλουτισμό (Κωνσταντίνου 2004).

Η επικρατούσα κατεύθυνση της υπόγειας ροής ακολουθεί γενικά τη μορφολογία του εδάφους, γεγονός που αποδίδεται στο ότι ο βαθμός διάρρηξης και κατ' επέκταση το πορώδες (δευτερογενές) των πετρωμάτων μειώνεται με το βάθος. Σε περιοχές όμως με υψηλό βαθμό τεκτονισμού μπορεί να υπάρξει ενιαία πιεζομετρία (Κωνσταντίνου 2004). Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αξιολογείται το καθεστώς της υπόγειας ροής με χρήση αυτόματων καταγραφών στάθμης και θερμοκρασίας, για δύο αντιπροσωπευτικές περιοχές στο νότιο τμήμα του οφιολιθικού συμπλέγματος, στην περιοχή Σταυροβουνιού και στην περιοχή του δάσους Λεμεσού (Βλ. Εικ. 1). Οι καταγραφές είναι ωριές και συσχετίστηκαν με το ύψος της ημερήσιας βροχόπτωσης.

Η διακύμανση της στάθμης στην περιοχή Σταυροβουνιού, την περίοδο 1983–1987, ήταν μεταξύ 275 και 350m α.ε.θ. (Κωνσταντίνου 2004). Η αξιοποίηση του υδροφόρου άρχισε το 1979 και εντατικοποιήθηκε τη δεκαετία του 1990, γεγονός που προκάλεσε σημαντική κάθοδο της στάθμης. Ως εκ τούτου, η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με τον εμπλουτισμό δεν είναι εφικτή. Στην περιοχή λειτουργούν τέσσερις αυτόματοι αισθητήρες στάθμης και θερμοκρασίας (Βλ. Εικ. 1), δύο στο βόρειο τμήμα της (σταθμοί 1983/033, 1982/040) και δύο στο νότιο (σταθμοί 1987/007 και 1992/003).

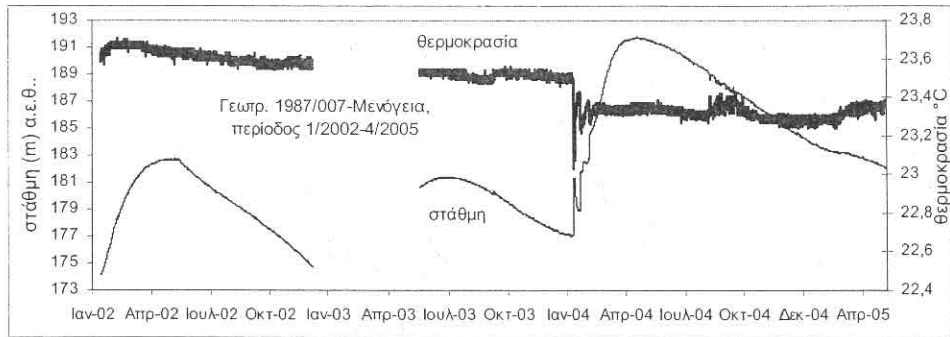
Ο πρώτος αισθητήρας βρίσκεται στη γεώτρηση 1987/007-Μενόγεια, στο νότιο τμήμα του Σταυροβουνιού. Την περίοδο 1/2002–4/2005, η διακύμανση της στάθμης και της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού, ήταν μεταξύ 173 και 192m α.ε.θ., και μεταξύ 22,8 και 23,7°C, αντίστοιχα (Εικ. 2). Ο αισθητήρας παρέμεινε εκτός λειτουργίας την περίοδο 1/2003–5/2003.

Ο δεύτερος αισθητήρας τοποθετήθηκε στη γεώτρηση 1982/040-Πυργά, στο βόρειο τμήμα του Σταυροβουνιού και λειτουργεί από τον Ιούνιο του 2003 μέχρι και σήμερα (4/2005). Την περίοδο 6/2003–4/2005, η στάθμη κυμαινόταν μεταξύ 320m και 329m, ενώ η θερμοκρασία διατηρείτο σταθερή περίπου στους 20,25°C (Εικ. 3).

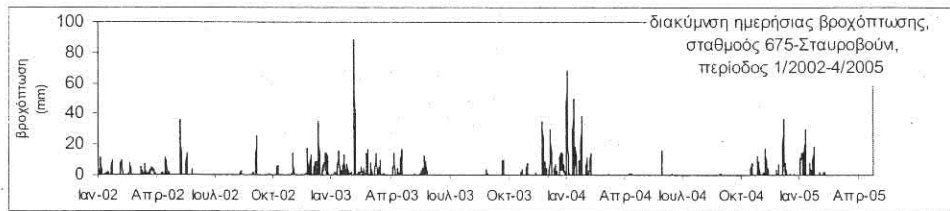
Ο τρίτος αισθητήρας τοποθετήθηκε στη γεώτρηση 1984/028-Πυργά, στο βόρειο τμήμα του Σταυροβουνιού και λειτουργεί από τον Ιανουάριο του 2002 (μέχρι και σήμερα – 4/2005). Την περίοδο 1/2002–4/2005, η στάθμη κυμάνθηκε μεταξύ 142 και 147m α.ε.θ. και η θερμοκρασία μεταξύ 21 και 22°C (Εικ. 4). Η στάθμη βρίσκεται σε βάθος 115m περίπου μέτρων.

Ο τέταρτος αισθητήρας τοποθετήθηκε στη γεώτρηση 1992/003-Πυργά και λειτουργεί από το Μάιο του 2003 (Εικ. 5). Την περίοδο 5/2003–4/2005, η στάθμη κυμάνθηκε από 236m έως 247m, ενώ η θερμοκρασία από 22,4 έως 22,9°C. Ο αισθητήρας στάθμης παρέμεινε εκτός λειτουργίας την περίοδο 2/2004–6/2004.

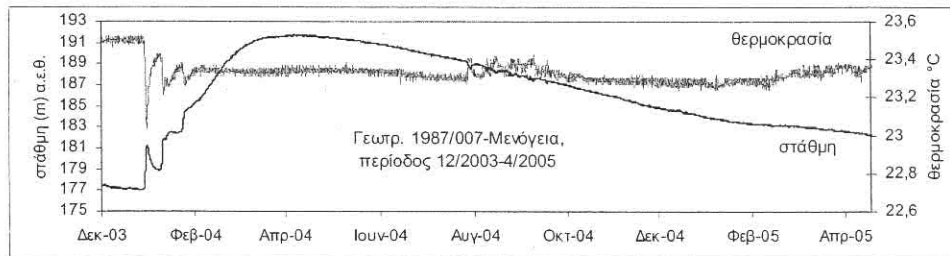
Η διερεύνηση της πιεζομετρίας του υδροφόρου του δάσους Λεμεσού, στο δυτικό τμήμα της περιοχής έρευνας πραγματοποιήθηκε με την αξιολόγηση των μετρήσεων από τον αυτόματο καταγραφέα που έχει τοποθετηθεί στη γεώτρηση 2001/065-Σανίδα, ο οποίος λειτουργεί από το Μάιο 2003 (Εικ. 6).



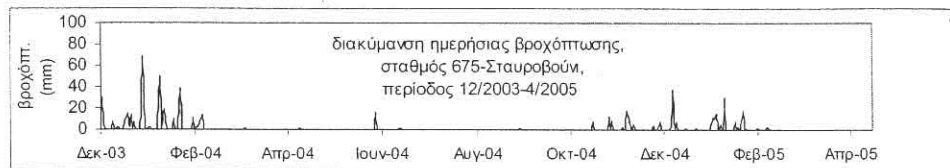
(1)



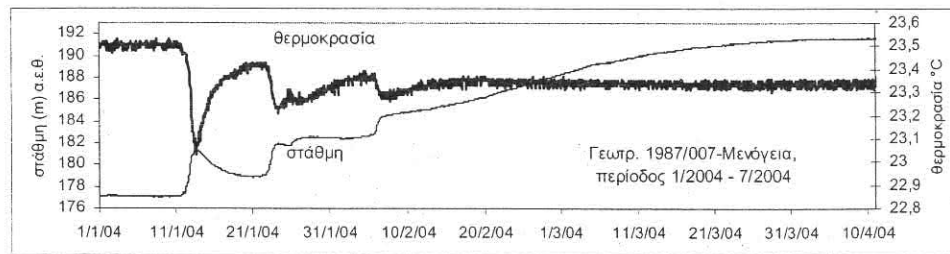
(2)



(3)



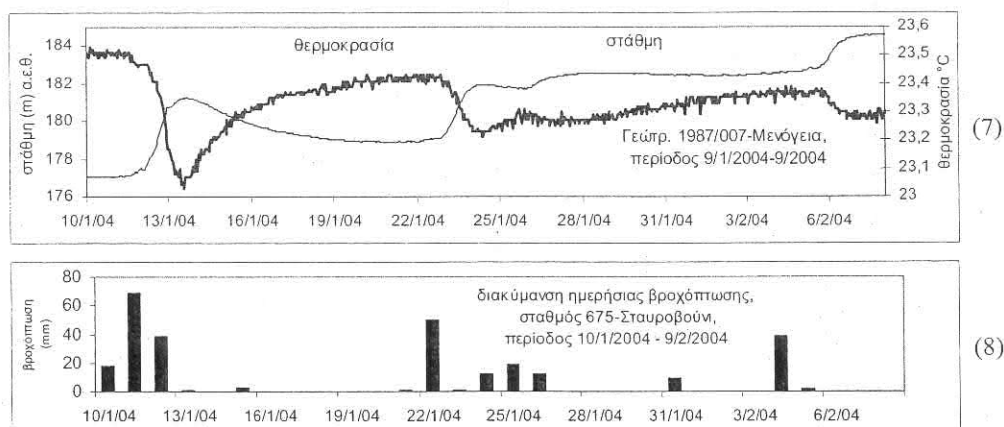
(4)



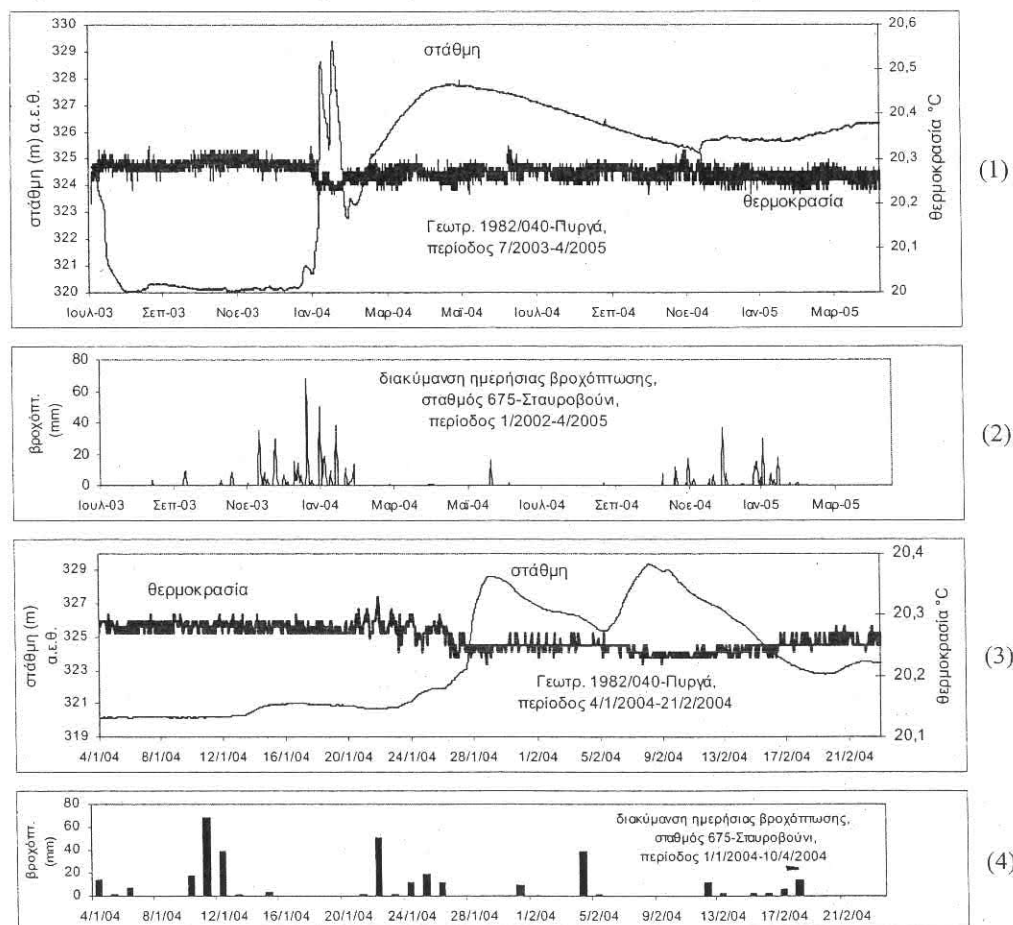
(5)



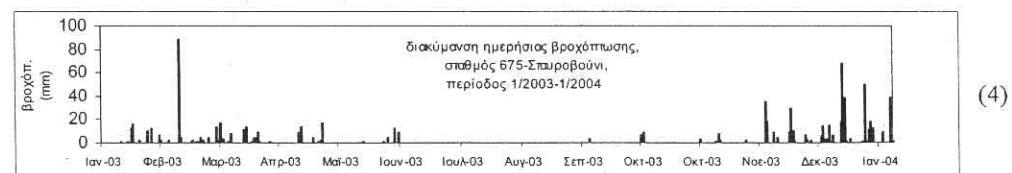
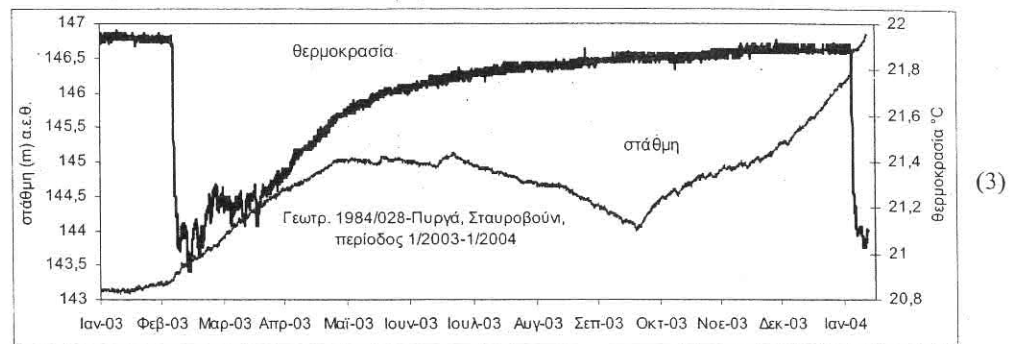
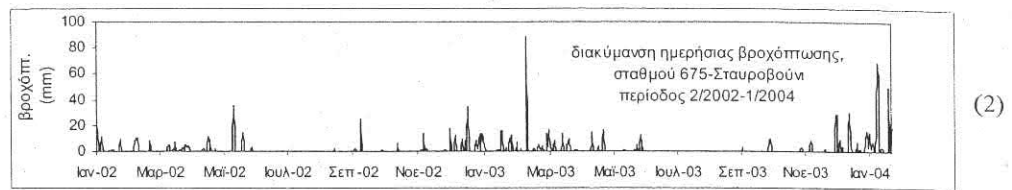
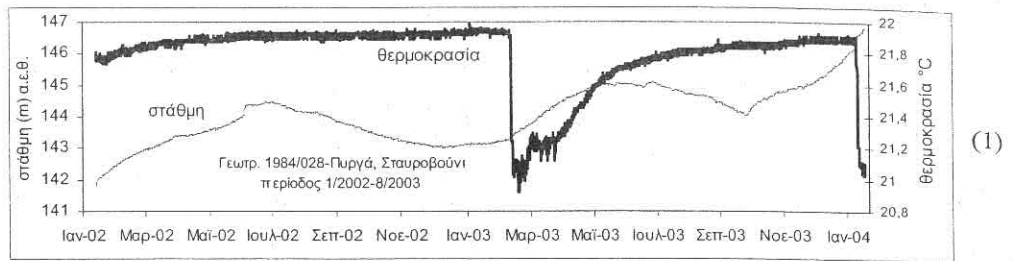
(6)



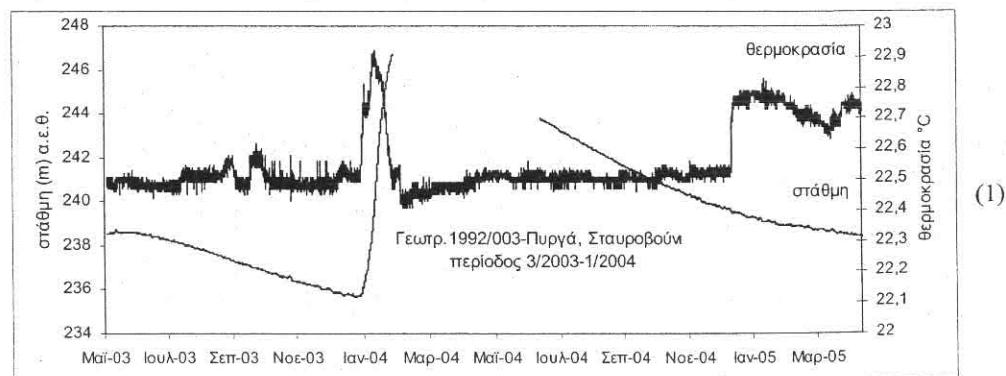
Εικ. 2. Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης και θερμοκρασίας στη γεώτρηση 1987/007-Μενόγεια
 Fig. 2. Groundwater and temperature fluctuation at BH 1987/007-Menogeia

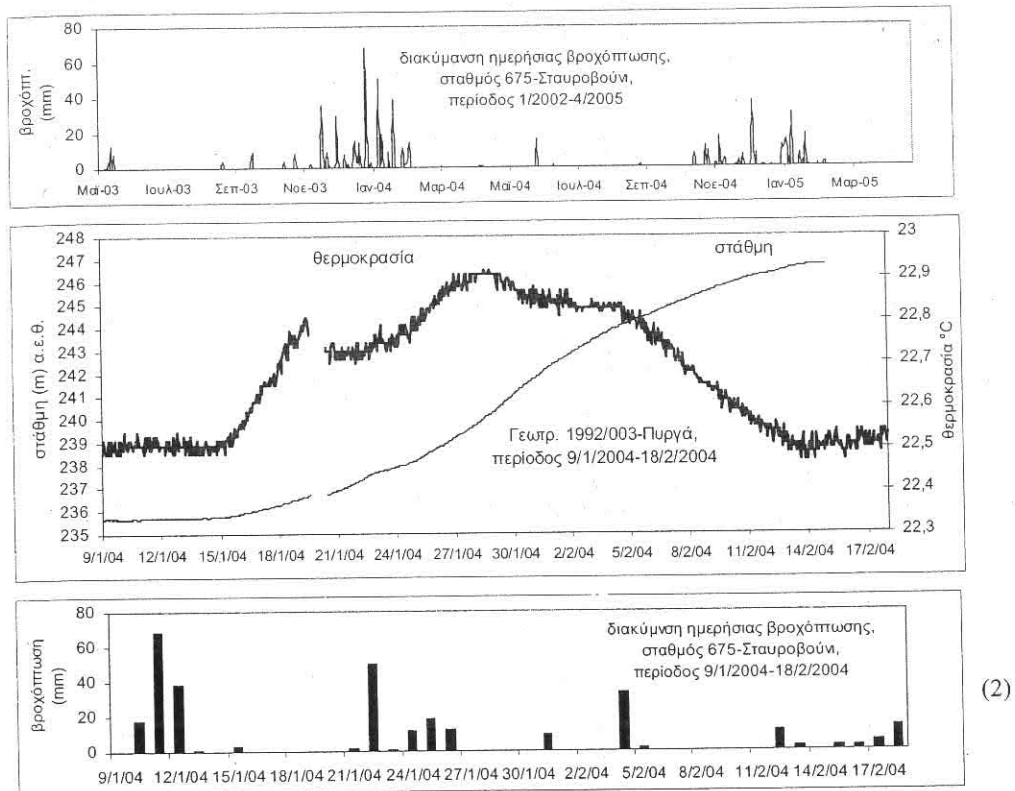


Εικ. 3. Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης και θερμοκρασίας στη γεώτρηση 1982/040-Πυργά
 Fig. 3. Groundwater and temperature fluctuation at BH 1982/040-Pyrga

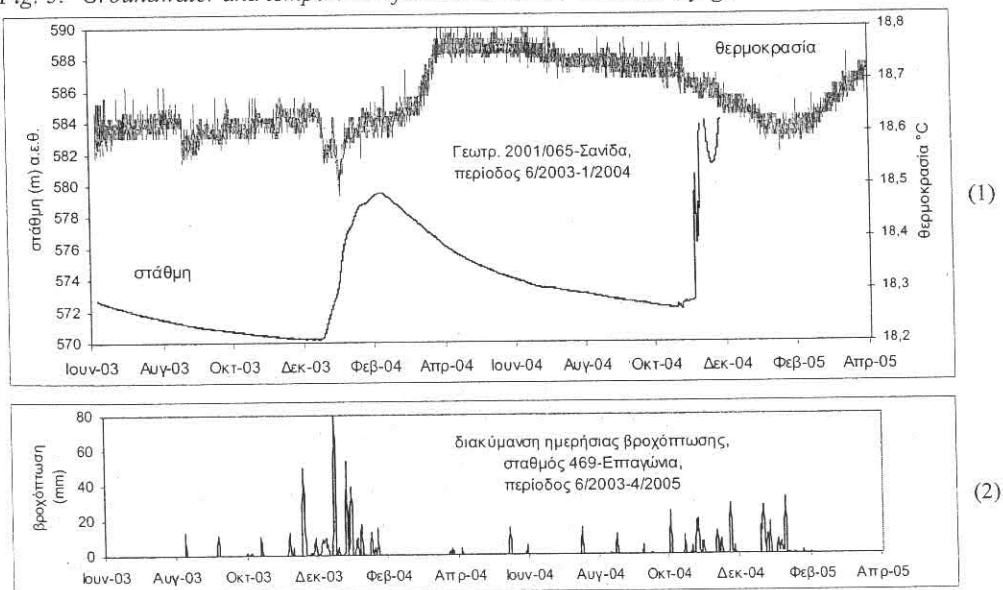


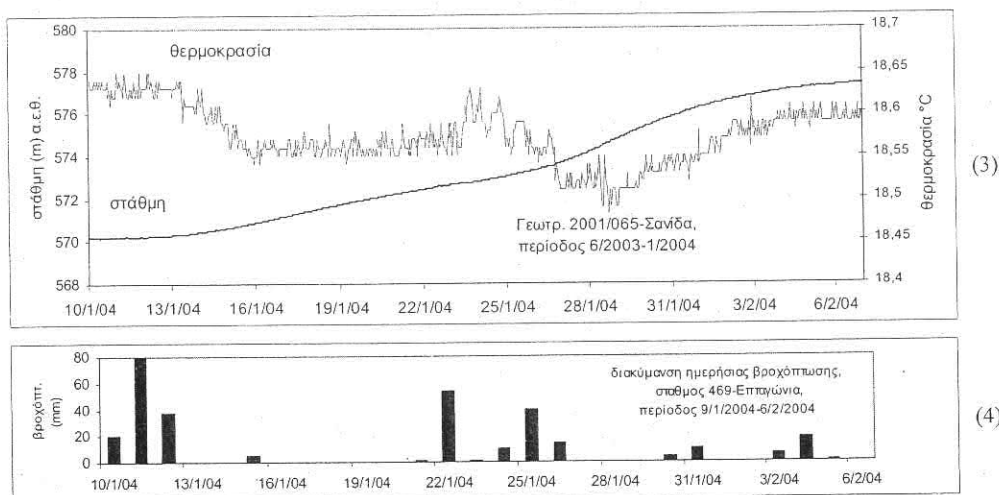
Εικ. 4. Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης και θερμοκρασίας στη γεώτρηση 1984/028–Πυργά
 Fig. 4. Groundwater and temperature fluctuation at BH 1984/028-Pyrga





Εικ. 5. Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης και θερμοκρασίας στη γεώτρηση 1992/003-Πυργά
Fig. 5. Groundwater and temperature fluctuation at BH 1992/003-Pyrga





Εικ. 6. Διακύμανση πιεζομετρικής στάθμης και θερμοκρασίας στη γεώτρηση 2001/065-Σανίδα
 Fig. 6. Groundwater and temperature fluctuation at BH 2001/065-Sanida

Ο αισθητήρας στάθμης παρέμεινε εκτός λειτουργίας την περίοδο 1/2003-5/2003. Η γεώτρηση βρίσκεται σε υψόμετρο 620m, στο νότιο τμήμα της τεκτονικής ζώνης του Αρακαπά. Από τις καταγραφές του αισθητήρα μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για το καθεστώς εμπλουτισμού του υδροφορέα. Κατά την περίοδο αυτή η στάθμη κυμαινόταν μεταξύ 570m και 584m α.ε.θ.. Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού κυμαινόταν μεταξύ 18,55 και 18,75°C.

3. Συζήτηση

Οι ωριαίες καταγραφές της στάθμης και της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού ερμηνεύουν αρκετά ικανοποιητικά το μηχανισμό του εμπλουτισμού.

Στο γεώτρηση 1987/007-Μενόγεια, μετά την περίοδο του εμπλουτισμού παρατηρείται γραμμική κάθοδος της στάθμης. Η συσχέτιση της αυξομειώσης της στάθμης και της θερμοκρασίας με την ημερήσια βροχόπτωση είναι εκπληκτική, αφού η ανταπόκριση της στάθμης και της θερμοκρασίας είναι άμεση. Μετά από υψηλές βροχοπτώσεις προκαλείται άμεση μείωση της θερμοκρασίας και άνοδος της στάθμης. Στις 10, 11 και 12 Ιανουαρίου του 2004, μετά από συνολική βροχόπτωση 120mm, ενεργοποιήθηκε ανύψωση της υπόγειας στάθμης και μείωση της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού μόλις δύο μέρες μετά την αρχή της βροχόπτωσης. Το πάχος της ακόρεστης ζώνης είναι 40m. Σε διάστημα 24 ωρών η στάθμη ανήλθε κατά 4,2m, ενώ η θερμοκρασία σε 36 ώρες μειώθηκε κατά 0,45°C (Εικ. 2). Το γεγονός αυτό φανερώνει ότι, το σύστημα έχει υψηλή «διαχυτότητα» (T/S), και ως εκ τούτου θα πρέπει να τυγχάνει της ανάλογης μικροβιολογικής προστασίας.

Την περίοδο 7/2003-4/2005, η στάθμη στη γεώτρηση 1982/040-Πυργά παρουσιάζει μικρή διακύμανση (320 έως 329m α.ε.θ.), ενώ η θερμοκρασία διατηρείται σχεδόν σταθερή στους 20,25°C. Μετά από έντονες βροχοπτώσεις προκαλείται άμεση άνοδος μόνον της στάθμης. Το επεισόδιο βροχόπτωσης του πρώτου δεκαήμερου του Ιανουαρίου του 2004 προκάλεσε άνοδο της υπόγειας στάθμης κατά 80cm και με υστέρηση τεσσάρων ημερών ενώ η θερμοκρασία παρέμεινε σταθερή. Το πάχος της ακόρεστης ζώνης είναι 60m. Και αυτό το σύστημα έχει υψηλή «διαχυτότητα», αλλά δεν πρέπει να έχει άμεση επικοινωνία με την επιφάνεια. Εκτιμάται ότι, ο εμπλουτισμός του συστήματος γίνεται μέσω υδραυλικής επικοινωνίας με άλλα συστήματα, είναι δε λιγότερο τρωτό σε ρύπανση.

Την περίοδο 1/2002-1/2004, η στάθμη στη γεώτρηση 1984/028-Πυργά παρουσιάζει μικρή διακύμανση (142 έως 147m α.ε.θ.), αλλά επηρεάζεται από τοπική άντληση και ως εκ τούτου η ανταπόκριση του εμπλουτισμού στην υπόγεια στάθμη δεν είναι ευκρινής. Αυτό μπορεί όμως να

γίνει με την αξιολόγηση των μεταβολών της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού, η οποία κυμαίνεται από 21°C έως 22°C (Εικ. 4). Η έναρξη του εμπλουτισμού συνοδεύεται με απότομη μείωση της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού κατά 0,9°C. Η σχετικά υψηλή θερμοκρασία δικαιολογείται από το μεγάλο βάθος της στάθμης (περίπου 115m).

Στη γεώτρηση 1992/003-Πυργά (Εικ. 5), η στάθμη, κατά την περίοδο 5/2003-4/2005 παρουσιάζει μικρή διακύμανση, (235,5 έως 247m α.ε.θ.). Μικρή είναι επίσης και η διακύμανση της θερμοκρασίας (από 22,5 έως 22,9°C). Το επεισόδιο βροχόπτωσης του πρώτου δεκαημέρου του Ιανουαρίου του 2004 προκάλεσε άνοδο τόσο της στάθμης, όσο και της θερμοκρασίας. Ο επιρρεασμός άρχισε μόλις τέσσερις μέρες μετά το επεισόδιο. Ο ρυθμός ανύψωσης της στάθμης ήταν 40cm τη μέρα και διήρκεσε τριάντα μέρες, προκαλώντας έτσι 12m συνολική άνοδο της στάθμης. Αντίθετα, η θερμοκρασία του υπόγειου νερού αυξήθηκε αρχικά κατά 0,4°C (15/1/04-29/1/04, από 22,5-22,9°C) και σε διάστημα ενός μηνός επανήλθε στις αρχικές της τιμές (29/1/04-28/2/04 από 22,9-22,4°C). Η αύξηση της θερμοκρασίας αποδίδεται στη ροή τύπου «εμβόλου», δηλαδή ο εμπλουτισμός γίνεται μέσω βαθύτερων συστημάτων.

Από την αξιολόγηση της πιεζομετρίας της περιοχής Σταυροβουνίου προκύπτει ότι, δεν αναπτύσσεται ενιαία πιεζομετρία, παρά το ότι τα πετρώματα είναι ιδιαίτερα διεργημένα. Ο υδροφόρος παρουσιάζει αρκετά υψηλότερη πιεζομετρία από την πιεζομετρία στις κρητίδες, νότια του Σταυροβουνίου. Η διαφορά αυτή αποδίδεται στη μικρή υδροπερατότητα των λαβών, οι οποίες παρεμβάλλονται μεταξύ του υδροφόρου του Σταυροβουνίου και των κρητίδων των Λευκάρων. Η διαφορά στην πιεζομετρία μεταξύ των δύο υδροφόρων ξεπερνά τα 100m και προκαλεί υδραυλική κλίση της τάξης του 5%, προς τις κρητίδες, η οποία ευθύνεται για την πλευρική τροφοδοσία των κρητίδων από τους οφιόλιθους (Κωνσταντίνου 2004).

Στη γεώτρηση 2001/065-Σανίδα, στη περιοχή του δάσους Λεμέσου, την περίοδο 5/2003-4/2005, τόσο η διακύμανση της στάθμης είναι 14m (570 έως 584m α.ε.θ.), ενώ η θερμοκρασία του υπόγειου νερού παρουσίαζε μικρή διακύμανση, από 18,55°C έως 18,75°C (Εικ. 6). Η γεώτρηση βρίσκεται σε υψόμετρο 620m α.ε.θ., στο νότιο τμήμα της τεκτονικής ζώνης του Αρακαπά. Το επεισόδιο βροχόπτωσης του Δεκεμβρίου του 2004 (Εικ. 6), ενεργοποίησε τη διαδικασία ανύψωσης της στάθμης, μόλις δύο μέρες μετά την εκδήλωσή του. Ο ρυθμός ανύψωσης της υπόγειας στάθμης ήταν 30cm τη μέρα και διήρκεσε τριάντα μέρες, προκαλώντας έτσι άνοδο της στάθμης κατά 9m. Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού κυμάνθηκε μεταξύ 18,51 και 18,63°C. Αρχικά παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασίας ενώ αργότερα, η θερμοκρασία αυξήθηκε ενώ αυξανόταν και η στάθμη. Αυτό μπορεί να ερμηνευτεί με το ότι, το σύστημα αυτό δέχεται τόσο άμεσο εμπλουτισμό όσο και έμμεσο, μέσω βαθύτερων συστημάτων. Κατά την περίοδο Ιουνίου-Δεκεμβρίου παρατηρείται συνεχής πτώση της στάθμης, η οποία αποδίδεται κυρίως σε εκφόρτιση του υδροφορέα μέσω πλευρικών διηθήσεων προς νότο, σε υδροφορείς με χαμηλότερο υψόμετρο και όχι σε άντληση. Αυτό δικαιολογείται από το ότι, η στάθμη υπερβαίνει τα 570m α.ε.θ., το ανάγλυφο έχει γενική κλίση προς νότο και από το ότι στην περιοχή δεν εμφανίζονται σημαντικές πηγές.

Παρά το ότι δεν υπάρχουν συστηματικές μετρήσεις στάθμης στο βόρειο τμήμα της τεκτονικής ζώνης του Αρακαπά, από μεμονωμένες παρατηρήσεις προκύπτει ότι η ζώνη διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην πιεζομετρία των οφιολιθικών υδροφόρων συστημάτων. Η τεκτονική ζώνη του Αρακαπά αποτελεί ένα απολιθωμένο ρήγμα μετασχηματισμού, στη ζώνη του οποίου υπάρχουν εκχύσεις προσκεφαλοειδών λαβών, οι οποίες είναι έντονα εξαλιωμένες. Κατά συνέπεια, η ζώνη αυτή λειτουργεί ως υπόγειο διάφραγμα, μικρής υδροπερατότητας, η οποία διαχωρίζει τα υδροφόρα οφιολιθικά συστήματα της περιοχής σε δύο ζώνες. Βόρεια της ζώνης ανορύχθηκαν γεωτρήσεις με αρτεσιανισμό (2000/082-Ανθρακός), ενώ η υπόγεια στάθμη, κοντά στη ζώνη είναι σχετικά αβαθής. Το γεγονός αυτό ευθύνεται για την αυξημένη εδαφική υγρασία σε κάποια τμήματα της τεκτονικής ζώνης, στην οποία οφείλεται η πυκνότερη βλάστηση. Η βλάστηση σε συνδυασμό με την υψηλή εξάτμιση από το έδαφος, καταναλώνουν μεγάλο μέρος της εδαφικής υγρασίας με συνεπακόλουθο το βόρειο τμήμα της ζώνης να εκφορτίζεται με μικροπηγές και όχι με μεγάλες πηγές.

4. Συμπεράσματα

Από τα δεδομένα που αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους, προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Στα οφιολιθικά πετρώματα αναπτύσσονται υδροφόρα συστήματα των οποίων η υδροφορία εξαρτάται από το βαθμό διάρρηξής τους, την ορυκτολογική τους σύσταση, τη μεταξύ τους υδραυλική επικοινωνία και από το βαθμό πλήρωσης των ρωγμών με αργιλικά ορυκτά.
- Τα οφιολιθικά υδροφόρα συστήματα συνήθως παρουσιάζουν πλευρικές διηθήσεις προς τους ιζηματογενείς σχηματισμούς, οι οποίοι έχουν χαμηλότερη πιεζομετρία.
- Η γενική κατεύθυνση της υπόγειας ροής ακολουθεί το τοπογραφικό ανάγλυφο, αλλά η πιεζομετρία δεν μπορεί να καθοριστεί με λεπτομέρεια.
- Η πιεζομετρία των υδροφόρων συστημάτων στους οφιολίθους, καθώς και η θερμοκρασία του υπόγειου νερού ανταποκρίνονται άμεσα στα μεγάλα επεισόδια βροχής, γεγονός που φανερώνει ότι τα συστήματα έχουν υψηλή «διαχυτότητα» (T/S). Ο εμπλουτισμός ακολουθεί το ανάλογο του «εμβόλου». Μερικές μέρες ή και ώρες μετά την εκδήλωση σημαντικών επεισοδίων βροχής, παρατηρείται αλλαγή τόσο της στάθμης, όσο και της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου, η θερμοκρασία του υπόγειου νερού αυξάνει στα πρώτα στάδια του εμπλουτισμού, γεγονός που αποδίδεται στο ότι, η υπόγεια ροή γίνεται μέσω βαθύτερων ζωνών διάρρηξης.
- Στο νότιο τμήμα του Σταυροβουνιού παρατηρήθηκε άνοδος της υπόγειας στάθμης κατά 4,2m και πτώση της θερμοκρασίας κατά 0,45°C, εντός 24 και 36 ωρών αντιστοίχως, γεγονός που φανερώνει ότι τα συστήματα χαρακτηρίζονται από υψηλή διαχυτότητα. Σε μια περίπτωση παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού με την άνοδο της υπόγειας στάθμης υποδηλώνοντας ότι η ροή γίνεται μέσω βαθύτερων συστημάτων. Στο βόρειο τμήμα υπάρχει ανταπόκριση της στάθμης, αλλά η θερμοκρασία μειώνεται μετά από επεισόδια βροχής, γεγονός που φανερώνει άμεσο εμπλουτισμό.
- Στο δάσος της Λεμεσού, το υψόμετρο της υπόγειας στάθμης κυμαίνεται μεταξύ 570 και 583m α.ε.θ.. Τα σύστημα χαρακτηρίζονται επίσης από υψηλή διαχυτότητα και παρατηρείται ανάκαμψη της στάθμης και μείωση της θερμοκρασίας του υπόγειου νερού με υστέρηση μόλις δυο ημερών μετά από έντονα επεισόδια βροχής. Κατά την περίοδο Ιουνίου-Δεκεμβρίου παρατηρείται συνεχής κάθοδος της πιεζομετρίας, γεγονός που αποδίδεται σε πλευρικές διηθήσεις προς νότο, σε υδροφόρους με χαμηλότερη πιεζομετρία. Το ρήγμα του Αρακαπά λειτουργεί ως υπόγειο διάφραγμα, μικρής υδροπερατότητας, το οποίο διαχωρίζει τα υδροφόρα οφιολιθικά συστήματα σε δύο ζώνες.
- Η συνδυασμένη χρήση δεδομένων στάθμης και θερμοκρασίας, από αισθητήρες συνεχούς καταγραφής, μπορεί να δώσει χρήσιμα συμπεράσματα σχετικά με το μηχανισμό εμπλουτισμού σε υδροφόρα συστήματα διερρηγμένων πετρωμάτων.

5. Βιβλιογραφία

- Blome, C.D. & Irwin, W.P. 1985. Equivalent radiolarian ages from ophiolitic terrains of Cyprus and Oman. *Geology*, v. 13: pp.401-404.
- Gass, I.G. 1989. Magmatic processes at and near constructive plate margins as deduced from the Troodos (Cyprus) and Semail Nappe (N. Oman) ophiolites. In: Saunders, A.D. & Norry, M.J. (eds), *Magmatism in the ocean basins*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ. 42: pp. 1-15.
- Κωνσταντίνου, Κ.Α. 2004. Υδρογεωλογικές Συνθήκες της Περιοχής Λάρνακας - Βασιλικού, Κύπρος. Πανεπιστήμιο Πατρών. Διδακτορική διατριβή, σ.472.
- Moors, E.M. & Vine, F.J. 1971. The Troodos Massif, Cyprus and other ophiolites as oceanic crust: evaluation and implications. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A268: pp. 433-466.
- Mukasa, S.B. & Ludden, J.N. 1987. Uranium-lead ages of plagiogranites from the Troodos ophiolite, Cyprus, and their tectonic significance. *Geology*, v. 15: pp.825-828.
- Moore, E.M., Robinson, P.T., Malpas, J. & Xenophontos, C. 1984. A model for the origin of the Troodos Massif, Cyprus and other mid east ophiolites. *Geology*, v. 12: pp.500-503.

7th HELLENIC HYDROGEOLOGICAL CONFERENCE - ATHENS 2005

- Robertson, A.H.F. & Dixon, J.E. 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: Dixon, J.E., and Robertson, A.H.F., eds., The geological evolution of the Eastern Mediterranean. Geological Society of London Special Publication: No. 17: pp.1-74.
- Simonian, K.O. & Gass, I.G. 1978. Arakapas fault belt Cyprus: A fossil transform fault. Geological Society of America Bulletin, v. 89, p. 1220-1230.