

## ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΣΣΗΝΗΣ, Ν.ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ

Παναγόπουλος Γ., Πυτικάκης Ε., Κατσάνου Κ. και Λαμπράκης Ν.

Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας και Γεωφυσικής, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 26500, Ρίο, G.Panagopoulos@upatras.gr, nlambrakis@upatras.gr.

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, εξετάστηκε η λιθολογία των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής της Μεσσηνίας, με βάση την οποία ταξινομήθηκαν οι υδροφόροι ορίζοντες της ευρύτερης περιοχής. Αυτοί κατατάσσονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: στους υδροφόρους ορίζοντες των κοκκωδών σχηματισμών, στους οποίους περιλαμβάνονται οι αλλουβιακές αποθέσεις και οι Πλειοπλειστοκαινικοί σχηματισμοί, και στους υδροφόρους ορίζοντες των ανθρακικών πετρωμάτων.

Με βάση τα αποτελέσματα των επιτόπιων και εργαστηριακών χημικών αναλύσεων, διαπιστώθηκε μία σχετικά αυξημένη αλατότητα του καρστικού υδροφόρου της περιοχής και αποδίδεται σε φυσικούς μηχανισμούς ανάμιξης του γλυκού με το θαλασσινό νερό. Επίσης, προσδιορίστηκαν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στο υπόγειο νερό του Πλειοπλειστοκαινικού υδροφορέα, σαν συνέπεια των εντατικών λιπάνσεων με αμμωνιακά και θειικά λιπάσματα στις εκτεταμένες καλλιεργούμενες περιοχές.

### 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

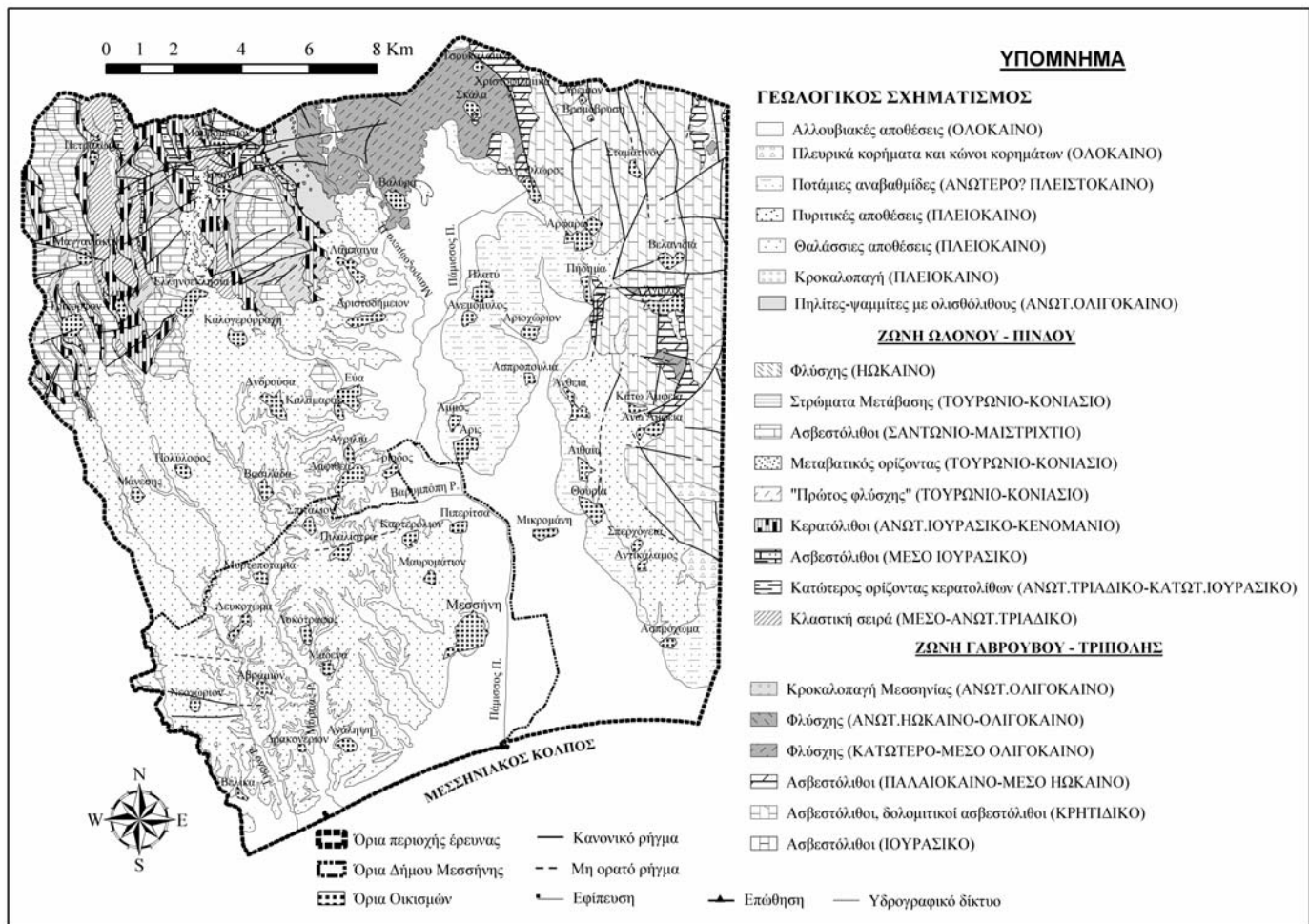
Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στο νοτιοδυτικό μέρος της Πελοποννήσου, ανήκει στο Νομό Μεσσηνίας και καταλαμβάνει το κεντρικό και δυτικό τμήμα της κοιλάδας του Πάμισσου ποταμού. Είναι λοφώδης περιοχή, με μέσο υψόμετρο, που στα διοικητικά όρια του Δήμου Μεσσηνίας ανέρχεται σε 100 m περίπου και στην ευρύτερη περιοχή έρευνας σε 220 m.

Σύμφωνα με την κατάταξη κατά Köppen, το κλίμα της περιοχής ανήκει στον Csa κλιματικό τύπο, είναι δηλαδή εύκρατου τύπου, με ξηρό καλοκαίρι και θερμοκρασία που υπερβαίνει τους 26.5 °C κατά το θερμότερο μήνα. Έπειτα από λεπτομερή επεξεργασία των μετεωρολογικών – υδρολογικών δεδομένων, προέκυψε ότι το μέσο ετήσιο ύψος βροχής στην περιοχή μελέτης ανέρχεται σε 891,9 χιλιοστά. Η περιοχή είναι κυρίως αγροτική, με βασική ασχολία των κατοίκων την καλλιέργεια της ελιάς ενώ σε πολύ μικρότερες εκτάσεις υπάρχουν και άλλες καλλιέργειες όπως αραβόσιτος, κηπευτικά κ.λ.π.

### 2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η υπό μελέτη περιοχή βρίσκεται εντός της ρηξιγενούς ταφρογενούς λεκάνης «Καλαμάτας – Αβραμιού». Η λεκάνη, που ανήκει γεωλογικά στο χώρο των ζωνών Τρίπολης και της επωθημένης επί αυτής ζώνης Πίνδου, δημιουργήθηκε στο Ανώτερο Πλειόκαινο από τη δράση BBD διευθυνόμενων κανονικών ρηγμάτων (Zelilidis and Doutsos, 1992).

Οι αλλουβιακές αποθέσεις καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της περιοχής (Εικόνα 1) και έχουν ένα μέσο πάχος 20 m. Χαρακτηρίζονται από εξαιρετική ετερογένεια και ανομοιομορφία, τόσο ως προς την οριζόντια όσο και ως προς την κατακόρυφη διεύθυνση και συνίστανται από εναλλασσόμενα στρώματα κροκάλων, χαλίκων, άμμων, αργίλων και πηλών. Οι αποθέσεις αυτές φιλοξενούν έναν ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα ο οποίος τροφοδοτείται από άμεση κατείσδυση του νερού των βροχοπτώσεων και από πλευρικές διηθήσεις νερού του Πάμισσου ποταμού, μέσω των αδρομερών υλικών της κοίτης του.



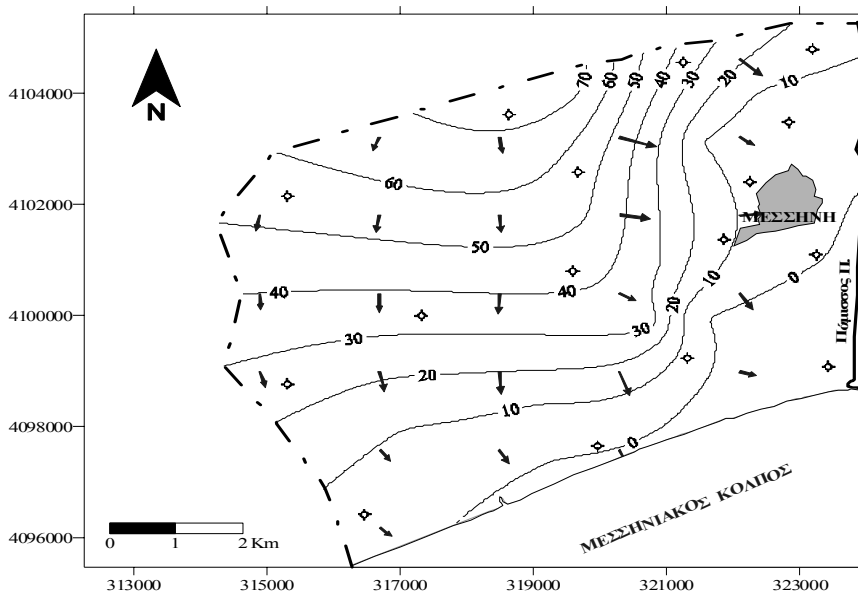
Εικόνα 1. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής έρευνας (Perrier, 1975).

Τα Πλειοπλειστοκαινικά θαλάσσια προέλευσης ιζημάτα αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα άμμων, ψαμμιτών, ιλύων και κροκαλοπαγών και το πάχος τους κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέτρα στα δυτικά της περιοχής έως και περισσότερο από 250 m στα ανατολικά της (Ζεληλίδης, 1988). Τα ιζημάτα αυτά σχηματίζουν έναν ελεύθερο και τοπικά μερικώς υπό πίεση υδροφόρο ορίζοντα, μέσης μεταβιβασιμότητας  $120 \text{ m}^2/\text{day}$  και μέσης υδραυλικής αγωγιμότητας  $6.2 \text{ m/day}$ . Η τροφοδοσία του γίνεται κυρίως από την άμεση κατέισδυση των βροχοπτώσεων, ενώ στην επαφή των ιζημάτων με τα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης Πίνδου υφίστανται ισχυρή πλευρική τροφοδοσία από τον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα. Έτσι εξηγούνται οι μεγάλες παροχές, μεγαλύτερες των  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  της πηγής του Αγίου Παύλου και των γεωτρήσεων μικρού βάθους στα ανάντη της πηγής.

Ιδιαίτερη σημασία για την υδατοοικονομία της περιοχής παρουσιάζει ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης Τριπόλεως, ο οποίος εκτονώνεται με πηγές πολύ μεγάλων παροχών, που συνολικά ξεπερνούν τα  $24000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Είναι πολύ γνωστές οι πηγές Πηδήματος και οι πηγές Αγίου Φλώρου που τροφοδοτούν τον Πάμισσο ποταμό. Είναι πηγές υπερχειλίσσης και συνδέονται με τα ΒΒΔ διεύθυνσης ρήγματα που οριοθετούν το ανατολικό τμήμα της τάφρου Καλαμάτας-Αβραμίου (Ζεληλίδης και Κοντόπουλος, 1992).

### 3 ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑ

Ο πιεζομετρικός χάρτης που ακολουθεί, αντιστοιχεί στην υγρή περίοδο του έτους 2003 του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα των Πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Πιεζομετρικός χάρτης της υγρής περιόδου του έτους 2003 του Πλειοπλειστοκαινικού υδροφορέα.

Η γενική διεύθυνση ροής του υπόγειου νερού είναι περίπου Β-Ν προς τη θαλάσσια περιοχή του κόλπου της Καλαμάτας. Στο ανατολικό τμήμα του υδροφόρου ορίζοντα η διεύθυνση ροής μετατρέπεται σε ΒΒΔ έως περίπου Α-Δ, προς τον Πάμισσο ποταμό, γεγονός που υποδηλώνει υδραυλική επικοινωνία και πιθανή πλευρική τροφοδοσία του επιφανειακού από το υπόγειο νερό.

Η μέση υδραυλική κλίση του υδροφόρου ανέρχεται σε 15‰ περίπου, ενώ οι μικρότερες τιμές, παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή του ποταμού Πάμισσου, όπου η υδροπερατότητα των ιζημάτων αναμένεται αυξημένη, λόγω αύξησης του κοκκομετρικού μεγέθους των υλικών του υδροφορέα.

Το υδραυλικό φορτίο εμφανίζει θετικές τιμές σε όλη την έκταση του υδροφόρου, ακόμη και στις παράκτιες περιοχές, γεγονός που αποκλείει την περίπτωση υπαλμύρισης των υπόγειων νερών, λόγω αναστροφής της φυσικής υδραυλικής βαθμίδας προς τη θάλασσα, παρά τις εντατικές αντλήσεις στην παράκτια ζώνη

Εντούτοις, φαινόμενα υφαλμύρινσης παρατηρήθηκαν στον καρστικό υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρήθηκε αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στην καρστική πηγή του Αγίου Φλώρου, όπου οι συγκεντρώσεις των ιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$  ξεπερνούν τα 100 και 170 mg/l αντίστοιχα. Αντίθετα, στη γειτονική πηγή του Πηδήματος, οι συγκεντρώσεις των ιόντων αυτών κείνται σε πολύ χαμηλά επίπεδα. Οι πηγές του Αγίου Φλώρου βρίσκονται σε απόσταση περίπου 16 km από την ακτή και σε απόλυτο υψόμετρο περίπου +15 m. Ο μηχανισμός μίξης του γλυκού με το θαλασσινό νερό μπορεί να εξηγηθεί με σιφωνοειδή κυκλοφορία, δηλαδή αναρρόφηση αλμυρού νερού από τη ζώνη αλμυρού νερού, λόγω μεγάλης ταχύτητας ροής του γλυκού νερού και άφιξη του υφαλμυρού νερού στην πηγή, κάτω από την επίδραση όχι της βαρύτητας αλλά της πίεσης.

Οι διαφορές στη χημική σύσταση των δύο πηγών αποδίδονται σε διαφορετικό καρστικό δίκτυο τροφοδοσίας, που στην περίπτωση της πηγής Πηδήματος δε συνδέεται με τους αγωγούς κυκλοφορίας αλμυρού νερού. Ανάλογες υδροχημικές διεργασίες, έχουν αναφερθεί και στη γειτονική περιοχή της Τριφυλίας (Παναγόπουλος και Λαμπράκης, 2001).

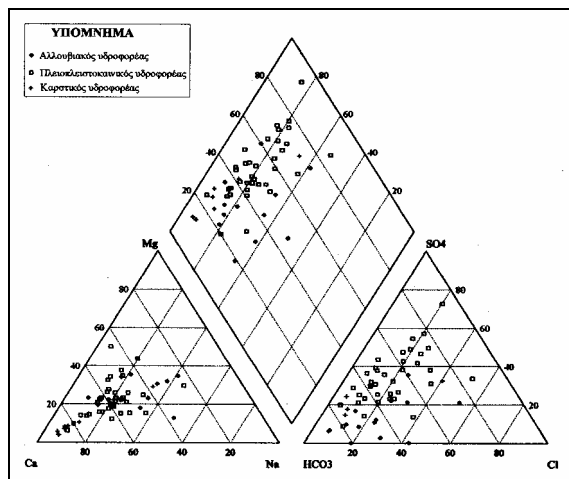
#### 4 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η χημική σύσταση των υπόγειων νερών της περιοχής έρευνας διερευνήθηκε μετά από εκτεταμένη δειγματοληψία σε περισσότερα από 70 υδροσημεία (γεωτρήσεις και πηγές) κατά την υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους 2002-03 (Μάιος), σε συνδυασμό με επιτόπιες και εργαστηριακές χημικές αναλύσεις, οι οποίες παρατίθενται στον πίνακα 1 που ακολουθεί.

Πίνακας 1. Μέσες συγκεντρώσεις των χημικών στοιχείων (mg/l) στους υδροφορείς της περιοχής έρευνας.

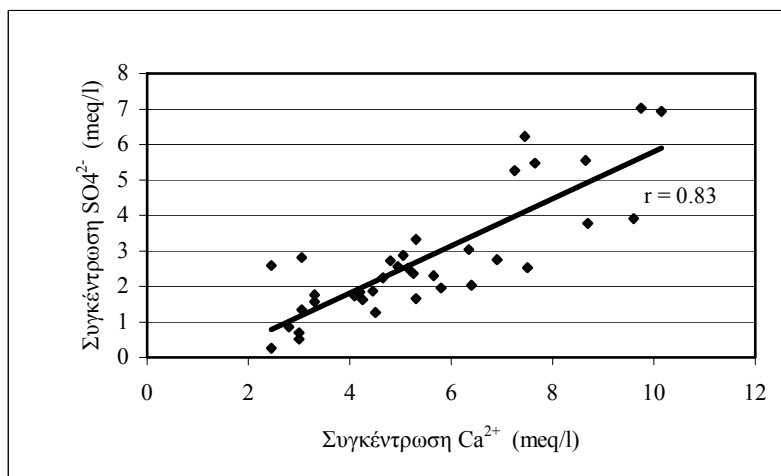
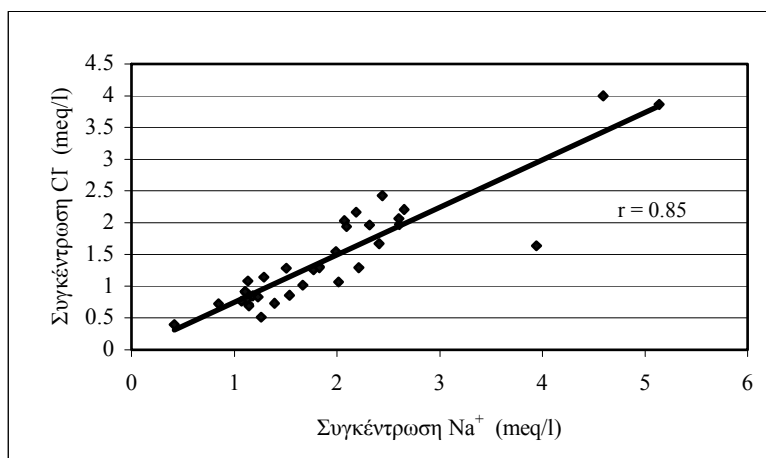
Υδροφορέας	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{HCO}_3^-$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{NH}_4^+$
Αλλουβιακός	81.9	24.8	56.1	2.8	291.6	66.5	60.4	13.4	0.19	0.10
Πλειστοκαινικός	106.8	25.4	43.7	3.3	228.3	49.5	128.5	69.2	0.45	0.09
Ανθρακικό	107.1	12.6	25.0	1.4	285.1	39.1	67.2	20.6	0.08	0.01

Στο διάγραμμα Piper που ακολουθεί (Εικόνα 3), παρατηρείται μια σταδιακή μετάβαση των δειγμάτων από τον τύπο  $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}\text{-HCO}_3^-$  στον τύπο  $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}$ . Το νερό του Πλειοπλειστοκαινικού υδροφορέα, εμφανίζει μια σχετικά αυξημένη αλατότητα, με μέση τιμή ηλεκτρικής αγωγιμότητας περίπου 840  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



Εικόνα 3. Διάγραμμα Piper των υπόγειων νερών του καρστικού, Πλειοπλειστοκαινικού και αλλουβιακού υδροφόρου ορίζοντα.

Χαρακτηριστικά είναι επίσης τα διαγράμματα ιοντικών συγκεντρώσεων που παρουσιάζονται στην εικόνα 4, όπου φαίνεται η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των ιόντων  $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$ , όπως επίσης και των ιόντων  $\text{Ca}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}$ .



Εικόνα 4. Διαγράμματα ιοντικών συγκεντρώσεων  $\text{Na}^+\text{-Cl}^-$  και  $\text{Ca}^{2+}\text{-SO}_4^{2-}$  στον Πλειοπλειστοκαινικό υδροφορέα.

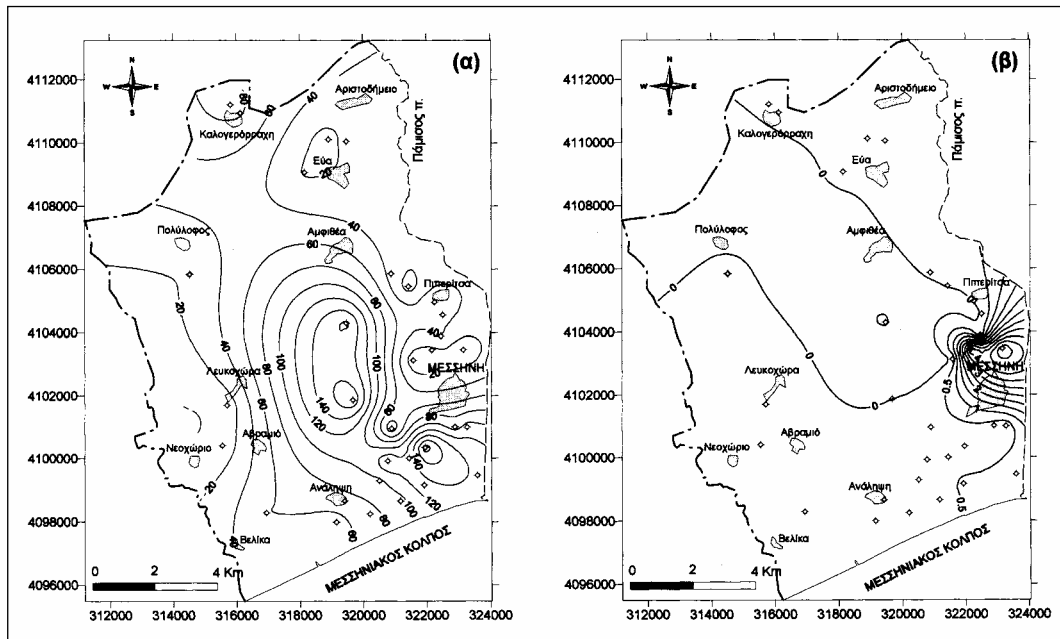
Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των ιόντων αυτών, συνδέονται με διάλυση των υφάλμυρης προέλευσης ορυκτών του υδροφορέα, όπως π.χ. αλίτης, γύψος, ανυδρίτης, δεδομένου ότι όπως προαναφέρθηκε δεν υφίσταται διείσδυση της θάλασσας προς την ενδοχώρα.

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 1, το νερό του Πλειοπλειστοκαινικού υδροφορέα παρουσιάζεται έντονα επιβαρημένο σε νιτρικά και νιτρώδη ιόντα, ενώ αντίθετα οι υπόλοιποι υδροφορείς παρουσιάζουν αρκετά μικρότερες συγκεντρώσεις.

Στην εικόνα 5 που ακολουθεί, παρουσιάζεται η κατανομή των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων στον υδροφόρο ορίζοντα των Πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων της περιοχής έρευνας.

Ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων παρατηρούνται στη νότια και δυτική περιοχή της Μεσσηνίας, ενώ σχετικά αυξημένες τιμές εμφανίζονται σε όλη την έκταση του υδροφόρου. Η κατανομή των νιτρωδών ιόντων, δημιουργεί έναν εκτεταμένο θύσσανα ρύπανσης βόρεια της Μεσσηνίας, όπου οι τιμές ξεπερνούν ακόμη και τα 5 mg/l.

Η υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού του Πλειοπλειστοκαινικού υδροφορέα αποδίδεται στις εντατικές λιπάνσεις που πραγματοποιούνται στις καλλιεργούμενες ζώνες, καθώς επίσης και σε πιθανές διαρροές από απορροφητικούς βόθρους ή διαρροές του δικτύου αποχέτευσης των λυμάτων. Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί σε επίσης έντονο βαθμό και στη γειτονική περιοχή της Καλαμάτας (Σαμπατακάκης κ.ά., 2001).



Εικόνα 5. Κατανομή των νιτρικών (α) και νιτρωδών (β) ιόντων στον Πλειοπλειστοκαινικό υδροφόρα της περιοχής έρευνας (οι συγκεντρώσεις δίδονται σε mg/l).

## 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την υδρογεωλογική – υδροχημική έρευνα στην περιοχή Μεσσήνης προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Τα υπόγεια νερά συγκεντρώνονται στα υδροφόρα στρώματα των λεπτόκοκκων γεωλογικών σχηματισμών (αλλουβιακές αποθέσεις, ποτάμιες αναβαθμίδες, θαλάσσιες αποθέσεις) αλλά και στα ανθρακικά πετρώματα των ζωνών Ωλονού-Πίνδου και Τριπόλεως. Στα ανθρακικά πετρώματα Τριπόλεως η υδροφορία είναι πολύ σημαντική. Απ' αυτά πηγάζουν οι πηγές του Πάμισσου ποταμού.

Η υδραυλική επικοινωνία των υδροφόρων αυτών οριζόντων επιτυγχάνεται με πλευρική τροφοδοσία των λεπτόκοκκων σχηματισμών από τα ανθρακικά πετρώματα, χωρίς να διαμορφώνεται κοινή πιεζομετρική επιφάνεια μεταξύ τους.

Οι υδραυλικές κλίσεις στα περιθώρια των υδροφόρων οριζόντων των ποτάμιων κυρίως αναβαθμιδών αναμένονται κατά θέσεις στα ανατολικά της περιοχής αυξημένες, λόγω ισχυρής πλευρικής τροφοδοσίας από τους δολομιτικούς ασβεστόλιθους της ζώνης Τριπόλεως.

Οι υδροφόροι των αλλουβιακών αποθέσεων έχουν σημαντική πλευρική τροφοδοσία από τον ποταμό Πάμισσο, λόγω τροφοδοσίας τους από αυτόν.

Η ποιότητα των υπόγειων νερών είναι επιβαρημένη εξ' αιτίας κυρίως της παρουσίας αζώτου με τις μορφές νιτρικών ιόντων, αμμωνίας και νιτρωδών ιόντων, που οφείλεται σε λιπάνσεις αλλά και σε βόθρους.

Τέλος, αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων παρουσιάζουν τα υπόγεια νερά των Πλειοπλειστοκαινικών σχηματισμών με τις υψηλότερες τιμές να εντοπίζονται κατά μήκος θυσάνου που δημιουργείται βόρεια της πόλης της Μεσσήνης. Οι αλλουβιακοί σχηματισμοί που παρουσιάζουν επίσης αυξημένες τιμές στις συγκεντρώσεις των ενώσεων του αζώτου, στις θέσεις όπου υπάρχει άμεση τροφοδοσία από τον Πάμισσο ποταμό έχουν χαμηλές συγκεντρώσεις νιτρικών. Στα ανθρακικά πετρώματα οι συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Παναγόπουλος, Γ. και Λαμπράκης, Ν., 2001. Έρευνα της ποιότητας του υπόγειου νερού του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα της ΝΔ Τριφυλίας σε σχέση με τις υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Δελτίο της Ε.Γ.Ε., Τόμος ΧΧΧΙΥ/5, 1885-1992. Πρακτικά 9<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2001.
- Perrier, R., 1975. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλίμακας 1:5000, Φύλλο Μελιγαλάς, Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα.
- Σαμπατακάκης, Π., Γαϊτανάκης, Π., και Ζοράπας, Β., 2001. Υδρογεωλογικές συνθήκες και η παρουσία ΝΟ<sub>3</sub> στα υπόγεια νερά της αστικής και περιαστικής ζώνης της Καλαμάτας. Δελτίο της Ε.Γ.Ε., Τόμος ΧΧΧΙΥ/5, 1933-1940. Πρακτικά 9<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2001.
- Zelilidis, A., and Doutsos, Th., 1992. An Interference pattern of Neotectonic faults in the southwestern Part of the Hellenic Forearc Basin, Greece. Z. dt. Geol. Ges., 143, 95-105.
- Ζεληλίδης, Α. 1988. Μεταμειοκαινική εξέλιξη της ΝΔ Πελοποννήσου. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, 282pp.
- Zelilidis, A., and Kontopoulos, N., 1992. Pliocene-Pleistocene fluvial/wave-dominated deltaic sedimentation: the Pamisos delta, Southwest Peloponnesus. Greece. Geol. Mag 131(5), 653-668.

## ABSTRACT

### **HYDRO GEOLOGICAL CONDITIONS AND GROUNDWATER QUALITY DEGRADATION IN MESSINI REGION.**

Panagopoulos, G., Pytikakis, E., Katsanou, K. and Lambrakis, N.

*Department of Applied Geology and Geophysics, School of Geology, University of Patras, 26500, Rio, G.Panagopoulos@upatras.gr, nlambrakis@upatras.gr*

The aquifers of the Messini region were categorized on the basis of lithology of different geological formations and are presented in this study. They are classified in two main categories: the porous media aquifers, in which are included the alluvial deposits and the Pleio-pleistocene formations, and the karst aquifers of carbonate rocks.

Based on field and laboratorial chemical analyses, a relatively increased salinity of the karst aquifer was confirmed and is attributed to natural mixing mechanisms between fresh and seawater. Also, high concentrations of nitrates and nitrites were determined in the groundwater of the Pleio-pleistocene aquifer, as a consequence of intensive fertilization with ammonium and sulfate fertilizers.