

## ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΟΥ ΝΟΤΙΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ\*

Σ. ΠΑΝΙΛΑΣ<sup>1</sup>, Ι. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ<sup>2</sup>

### ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών των Τεταρτογενών αποθέσεων που υπέρχεινται της λιγνιτικής σειράς του νότιου τμήματος της λεκάνης Πτολεμαΐδας. Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στα κύρια στοιχεία και στα ιχνοστοιχεία νερού, διαπιστώνεται ότι ο ανώτερος υδροφόρος ορίζοντας έχει υποστεί οξείδωση υποβαθμωμένης ποιότητας του που οφείλεται στους εξής κυρίως λόγους:

- Την υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στο κεντρικό τμήμα
- Την διήθηση υψηλών ρυπαντικών φορτίων θειικών ιόντων του ρέματος Σουλού στον υδροφόρο πλέρσιον του ορυχείου του Ν. Πεδίου
- Τη διασάλευξη υψηλών ρυπαντικών φορτίων των απορροφητικών βόθρων και σκουπιδιότοπων στα περιθώρια της λεκάνης.

Η καταλληλότητα των υπόγειων νερών για τις υδρευτικές ανάγκες σε πολλές περιπτώσεις είναι επιβαρημένη, εξ' αιτίας της υψηλής συγκέντρωσης κυρίως σε αμμώνιο ( $\text{NH}_4$ ) και νιτρώδη ( $\text{NO}_3$ ). Διαπιστώθηκε ότι το 38 % των δειγμάτων έχουν υπερβεί την ανώτατη τιμή καταλληλότητας για πόση σε μία ή περισσότερες από τις παραμέτρους. Από την ανάλυση των ιχνοστοιχείων παρατηρήθηκε ότι μόνο σε λίγα δείγματα οι συγκεντρώσεις σε  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  και Cr βρίσκονται πάνω από τα επιτρεπτά όρια ποιότητας.

### ABSTRACT

The present paper deal with the groundwater quality in the Quaternary sediments overlying the lignite seam in the south area of Ptolemais basin. After the results of ground water analysis in the major and minor elements it is estimated that the upper aquifer has undergone significant water quality because of: The excess of nitrogenous fertilizer in the central area of Sarigiol - The water drainage of Soulou stream in to aquifer near the south field lignite mine, which is proved by high concentrations of sulphur ions - The drainage liquid which originated from septic tanks and landfills in the board area basin.

The groundwater utilization for drinking purpose in many case is not recommended because of the high concentrations of ammonia ( $\text{NH}_4$ ) and nitrate ( $\text{NO}_3$ ). Is also found that 38 % of the analysed samples have more than one parameters that exceed groundwater quality standards. In few samples the minor elements concentrations as  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{3+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$  and Cr are above drinking water standards.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** Πτολεμαΐδα, ποιότητα υπόγειων νερών, κύρια στοιχεία, ιχνοστοιχεία

**KEY WORDS:** Ptolemais, ground water quality, major elements, minor elements

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διερεύνηση της ποιότητας των υπόγειων νερών στο νότιο τμήμα της λεκάνης Πτολεμαΐδας απετέλεσε μέρος του ερευνητικού προγράμματος 'ΕΛΙΜΕΙΑ' (Πανίλας et. al 2000), που χρηματοδοτήθηκε από την ΓΕ-ΓΕΤ (ΕΠΕΤ II) και αφορά την ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων και μεθόδων τεχνητού εμπλουτισμού σε περιοχές υπαίθριων λιγνιτικών εξμεταλλεύσεων. Σύμφωνα με την απογραφή υφιστάμενων υδροληπτικών έργων υπόγειων νερών, από τις 344 γεωτρήσεις που απεγράφησαν, οι 282 χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών με ετήσια απόληψη  $23 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , 26 γεωτρήσεις αντλούν περί τα  $5,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  για την αποστράγγιση των λιγνιτοορυχείων της Δ.Ε.Η, 32 γεωτρήσεις καλύπτουν τις υδρευτικές ανάγκες των κοινοτήτων και της πόλης Κοζάνης και 4 γεωτρήσεις για βιομηχανική υδροδότηση.

Ο υδροφορέας που αναπτύσσεται στα τεταρτογενή ιζημάτα της λεκάνης Σαριγιάολ και αντλείται από τις γεωτρήσεις αυτές βρίσκεται υπό καθεστώς υπερεκμετάλλευσης (Dimitrakopoulos et.al 2000). Η συνεχιζόμενη διαχρονική ταπεινώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα με το διαπιστωμένο αρνητικό ελλειμματικό ισοζύγιο, αλλά και οι ανθρωπογενείς επιπτώσεις που γίνονται στα εδάφη της περιοχής με την υπερβολική χρήση γεωργικών λιπασμάτων και με την ανεξέλεγκτη διάθεση οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων, οδηγούν στην ποιοτική υποβάθμιση των υπόγειων νερών του τεταρτογενούς υδροφορέα που αποτελεί και την βασική πηγή υδροληψίας των κοινοτήτων και της πόλης Κοζάνης.

## 2. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Το νότιο τμήμα της λεκάνης Πτολεμαΐδας γνωστό με το όνομα Σαριγιάολ ανήκει στη τεκτονική τάφρο Μοναστηρίου-Φλώρινας-Πτολεμαΐδας (Παυλίδης, 1985). Αποτελεί κλειστή λεκάνη που οριοθετείται βόρεια από το ασθενές τεκτονικό έξαρμα του Κομάνου που την χωρίζει μορφολογικά και υδρολογικά από το κύριο μέρος της εσωτερικής λεκάνης Πτολεμαΐδας-Βεγορίτιδας. Τρία κύρια υδροφόρα συστήματα αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή του νοτίου τμήματος της λεκάνης Πτολεμαΐδας:

1. Το υδροφόρο σύστημα που αναπτύσσεται στους χαλαρούς σχηματισμούς των τεταρτογενών ιζημάτων που υπέρκεινται της λιγνιτικής σειράς η οποία αποτελεί το στεγανό δάπεδό του. Οι επάλληλοι υδροφορείς που σχηματίζονται μέσα σ' αυτούς εμφανίζονται ενιαίοι σε μεγάλη έκταση παρά τις τοπικές παρεμβολές αργιλιτών και αργιλομαργαλιτών αποσφηνουμένων ενστρούσεων και φακών. Πιεζομετρικές παρατηρήσεις (Λουλούδης 1991, Δημητριάδου et.al 1996) έδειξαν ότι δεν υπάρχει σχέση μεταξύ των καρστικών νερών των ορεινών περιθωρίων της λεκάνης και του υπόγειου νερού του υδροφορέα των τεταρτογενών της χαμηλής πεδινής ζώνης. Ο υδροφορέας αυτός αποτελεί το κύριο έως σήμερα εκμεταλλεύσιμο σύστημα που βρίσκεται υπό καθεστώς υπερεκμετάλλευσης με το διαπιστωμένο αρνητικό ελλειμματικό ισοζύγιο της τάξης των  $7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  ετησίως.
2. Το υδροφόρο σύστημα που αναπτύσσεται στα κοκκώδη ιζημάτα που υπόκεινται των λιγνιτών. Λόγω των κλιμακωτών ρηγιμάτων ο υδροφορέας έχει τοπικά μόνο διερευνηθεί με τρεις γεωτρήσεις στην περιοχή του έξαρματος του Κομάνου. Νοτιότερα βυθίζεται σημαντικά και δεν υπάρχουν πληροφορίες.
3. Το βαθύ πλούσιο καρστικό υδροφόρο σύστημα που αναπτύσσεται μέσα στους αποκαρστωμένους και διαορηγμένους τριαδικούς ασβεστολίθους του Σκοπού του νότιου Βεργίου και του νότιου Άσκιου, το οποίο εκτονώνεται από τις υψηλών παροχών πηγές Νεράϊδας που έχουν κατακλυσθεί από την τεχνητή λίμνη Πολυφύτου.
4. Μικροί σε έκταση και δυναμικό επιζορμαμένοι καρστικοί υδροφόροι αναπτύσσονται στους μικρούς διάσπαρτους όγκους των κρητιδικών ασβεστολίθων, σημαντικότερος των οποίων είναι ο επιζορμαμένος υδροφορέας Μαυροδενδρίου-Ποντοκόμης στις ΝΔ παρυφές της λεκάνης Σαριγιάολ.

## 3. ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

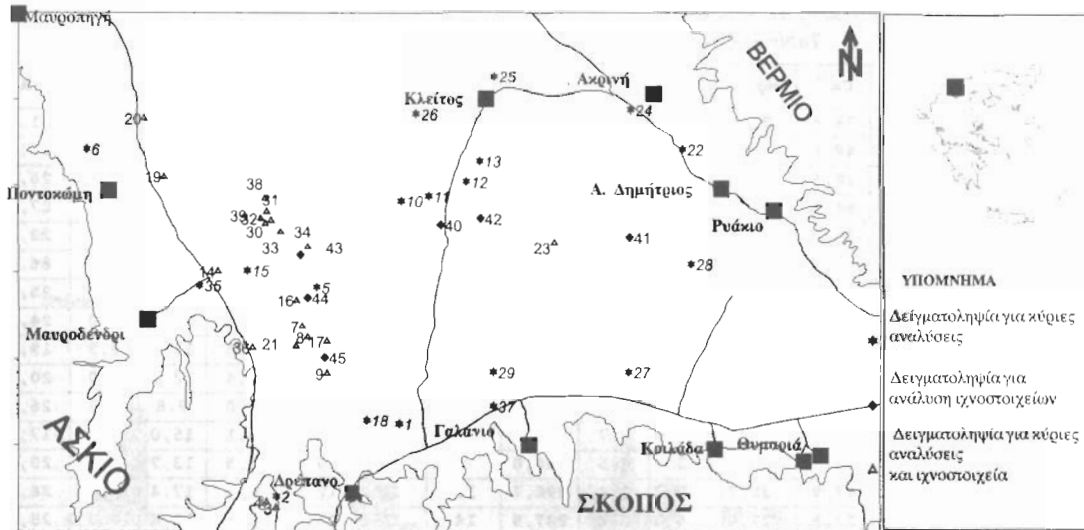
### 1) Δειγματοληψία νερού – Μέθοδοι ανάλυσης

Για τον προσδιορισμό της ποιότητας των νερών του ανώτερου υδροφόρου ορίζοντα που αναπτύσσεται στις τεταρτογενείς αποθέσεις της ευρύτερης περιοχής του Σαριγιάολ ελήφθησαν από 45 γεωτρήσεις δείγματα νερού. Από αυτές πραγματοποιήθηκαν 39 αναλύσεις για τον προσδιορισμό των κύριων φυσικοχημικών παραμέτρων τους και σε 26 γεωτρήσεις προσδιορίστηκαν 16 εκ των κυριότερων ιχνοστοιχείων (Ιουλ.1998). Επαναληπτικές αναλύσεις (Ιουλ.1999) έγιναν σε 8 γεωτρήσεις. Στον χώρο της Ειζόνας 1 απεικονίζονται τα σημεία δειγματοληψίας των υπόγειων νερών του ανώτερου υδροφόρου ορίζοντα.

Τα δείγματα του νερού αναλύθηκαν στο Χημείο του Α.Η.Σ Καρδιάς της Δ.Ε.Η και στο Κέντρο Δοκιμών Ερευνών και Προτύπων (Κ.Δ.Ε.Π) της Δ.Ε.Η στην Παλλήνη Αττικής.

Ακολούθησε η εξής διαδικασία ανάλυσης των φυσικοχημικών παραμέτρων:

- Το pH και η ειδική αγωγιμότητα προσδιορίστηκαν με αγωγιμόμετρο τύπου TOA CM-405 και πεχάμετρο τύπου CRISON 2001 αντίστοιχα.
- Τα στοιχεία Ασβέστιο (Ca), Μαγνήσιο (Mg), Κάλιο (K) και Νάτριο (Na) προσδιορίστηκαν με τον φασματογράφο επαγωγικού πλάσματος, μετά από κατάλληλες επεξεργασίες των διηθημάτων των δειγμάτων.
- Τα όξινα ανθρακικά ( $\text{HCO}_3^-$ ) προσδιορίστηκαν μετά τον προσδιορισμό της αλκαλικότητας με τιτλοδότηση ορισμένου όγκου των δειγμάτων με διάλυμα θειικού οξέος 0.1 N μέχρι pH 4,6
- Τα υπόλοιπα ανιόντα προσδιορίστηκαν με τον ιοντικό χρωματογράφο HPLC, τύπου DIONEX DX-120
- Όλα τα ιχνοστοιχεία προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο "Υψηλής Βύθισης" ή "Μέθοδος Απ.Φ.ατος" τύπου Perkin Elmer plasma 1000, μετά από κατάλληλες προετοιμασίες των οξινισμένων, με νιτρικό οξύ, δειγμάτων.



**Εικόνα 1: Σημεία δειγματοληψίας των υπόγειων νερών του Νοτίου τμήματος Λεκάνης Πτολεμαΐδας**  
**Figure 1: Location of the sampling sites of groundwater in South Ptolemais basin**

## 2) Παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων (Πίνακας 1) προκύπτουν ότι:

- Οι τιμές του pH κυμαίνονται από 7,1 έως 8,3 που χαρακτηρίζουν τα νερά από ουδέτερα έως βασικά. Με μεγαλύτερες συχνότητες εμφανίζονται οι τιμές 7,5 έως 8 (Εικ.2)
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 345 έως 1510  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Στην πλειονότητα τους οι τιμές παρουσιάζονται χαμηλές (Εικόνα 2) που μαρτυρούν ότι τα υπόγεια νερά ανανεώνονται σχετικά γρήγορα. Οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας αυξάνουν από τα ανατολικά προς τα δυτικά περιθώρια της λεκάνης
- Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου κυμαίνονται από 32,9 έως 123,6  $\text{mg}/\text{l}$  και μαγνησίου μεταξύ 2,4 και 149,4  $\text{mg}/\text{l}$  (Εικόνα 2). Οι μικρότερες τιμές των ιόντων του  $\text{Ca}^{2+}$  εμφανίζονται στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης με τάση αύξησης προς από Ν και προς ΒΔ. Αντίθετα οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του  $\text{Mg}^{2+}$  βρίσκονται επικεντρωμένες στο Νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης.
- Οι τιμές των ιόντων νατρίου κυμαίνονται μεταξύ 2,7 και 38  $\text{mg}/\text{l}$ , με τα περισσότερα δείγματα να έχουν συγκεντρώσεις κάτω των 20  $\text{mg}/\text{l}$ .
- Οι τιμές των ιόντων χλωρίου κυμαίνονται στα περισσότερα δείγματα σε χαμηλά επίπεδα κάτω των 25  $\text{mg}/\text{l}$  (Εικόνα 2). Εξάιρεση αποτελεί το δείγμα με κωδικό 6 που παρουσιάζει υψηλή τιμή 459  $\text{mg}/\text{l}$ . Επαναληπτική ανάλυση νερού της ίδιας γεώτρησης τον Φεβ. του 1999 έδωσε  $\text{Cl}$  558  $\text{mg}/\text{l}$ . Πρόκειται για τοπική ρύπανση του υδροφόρου από παρακείμενο τυροκομείο. Η χωρική κατανομή των ιόντων χλωρίου δείχνουν μια ομαλή αύξηση των τιμών από τα ανατολικά περιθώρια προς το κεντρικό τμήμα της λεκάνης Σαριγιοζιλ και με τις υψηλότερες τιμές να λαμβάνει ο υδροφορέας πλησίον της περιοχής του ορυχείου του Ν. Πεδίου.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων στα κύρια στοιχεία  
Table 1: Chemical analyses results in the major elements

Κωδ.	pH	Ε. C μS/cm	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	SiO <sub>2</sub>	Fe+++	T.H
1	7,3	595	78,6	28,3	7,9	0,8	323,3	16,7	14,8	22,5	0,5	16,6	0,0	31,2
2	7,7	543	48,6	35,3	5,6	0,8	272,1	8,2	47,7	10,5	0,0	21,2	0,0	26,6
*3 <sup>1</sup>	7,6	506	48,6	34,8	3,5	0,7	285,5	6,4	29,2	12,5	0,0	21,1	0,0	26,4
*4 <sup>1</sup>	7,7	515	64,3	27,9	2,9	0,3	306,2	11,7	5,1	15,0	0,0	8,5	0,0	27,5
5	7,8	499	45,0	30,1	13,5	0,7	214,7	25,7	38,7	5,5	0,8	15,7	0,0	23,6
*6	7,7	1510	98,6	149,4	33,0	2,6	336,7	459,1	26,5	14,5	0,1	23,2	0,0	86,0
*7 <sup>1</sup>	7,8	515	43,6	36,6	20,0	0,7	250,1	22,7	32,3	6,0	0,8	16,3	0,0	25,9
*8 <sup>1</sup>	7,8	528	33,6	38,8	19,5	0,8	295,2	11,3	9,9	7,5	0,5	19,5	0,0	24,3
9 <sup>1</sup>	7,9	423	32,9	26,6	17,0	0,1	237,9	16,3	7,6	13,5	0,6	15,4	0,3	19,1
10	7,7	424	41,4	23,5	5,5	0,7	213,5	9,6	8,2	27,0	0,4	12,2	0,0	20,0
*11	7,5	504	33,6	43,1	5,2	1,3	251,3	13,8	18,7	33,5	2,0	9,8	0,3	26,1
12	8,0	352	36,4	20,5	10,0	0,7	220,8	6,4	6,0	8,0	2,1	15,0	0,0	17,5
13	7,7	383	45,0	22,2	3,7	0,5	194,0	6,3	9,5	26,0	0,3	13,7	0,1	20,4
14 <sup>1</sup>	7,6	539	47,9	35,7	5,2	0,4	296,7	13,5	12,6	12,0	0,0	17,4	0,1	26,6
15	7,5	535	57,1	27,4	6,0	0,4	287,9	14,2	17,3	16,5	0,0	18,4	0,0	25,5
16 <sup>1</sup>	7,8	483	37,1	34,0	10,0	0,7	273,3	7,1	9,5	6,0	0,5	17,2	0,0	23,2
17 <sup>1</sup>	7,8	447	37,9	36,2	13,5	0,7	247,7	16,3	12,1	11,5	1,6	17,8	0,0	24,3
*18	7,1	783	62,9	53,1	12,5	0,8	378,2	20,6	16,3	24,0	1,2	17,7	0,0	37,5
*19 <sup>1</sup>	7,5	922	101,4	46,2	8,3	0,4	339,1	30,5	59,1	37,5	0,0	16,0	0,1	44,3
20 <sup>1</sup>	7,3	1050	123,6	54,4	13,0	0,3	362,3	37,6	91,6	37,5	0,0	15,2	0,0	53,2
21 <sup>1</sup>	7,7	565	46,4	39,6	14,5	0,8	261,1	23,8	26,3	7,5	0,5	17,6	0,0	27,9
22	7,6	358	43,2	20,0	4,6	0,7	201,3	3,3	3,0	26,4	0,0	21,4	0,0	19,0
23 <sup>1</sup>	7,7	360	36,0	23,9	5,3	0,8	183,0	6,2	2,0	39,7	0,0	22,0	0,2	18,8
24	7,7	345	56,0	17,0	3,7	0,9	176,9	4,5	2,1	30,6	0,0	20,0	0,3	21,0
25	7,4	399	62,4	5,9	5,9	0,7	189,1	5,3	5,8	27,8	0,0	15,0	0,0	18,0
26	7,3	356	76,0	2,4	4,1	0,7	244,0	5,4	6,0	24,3	0,0	9,0	0,3	19,9
27	7,5	564	56,0	30,5	13,5	1,8	323,3	3,8	6,0	30,4	0,0	19,0	0,1	26,5
28	7,8	475	60,0	18,3	2,7	0,7	274,5	3,4	28,4	3,9	0,0	9,5	0,0	22,5
29	7,6	418	39,2	25,3	8,4	0,7	244,0	2,7	2,6	6,2	0,0	23,8	0,1	20,2
30 <sup>1</sup>	8,0	665	58,8	46,1	10,8	0,9	214,0	90,0	78,0	4,6	0,7		0,0	33,6
31 <sup>1</sup>	8,0	670	65,7	48,7	9,9	0,9	226,0	86,0	83,0	4,1	0,6		0,0	36,4
32 <sup>1</sup>	7,9	721	66,7	48,2	14,6	0,6	183,0	110,0	83,0	6,7	1,0		0,0	36,5
33 <sup>1</sup>	8,1	678	70,9	50,5	10,0	0,8	266,0	47,0	95,0	13,9	0,7		0,0	38,5
34 <sup>1</sup>	7,9	594	58,1	37,2	12,7	1,8	311,0	26,0	61,0	1,1	0,7		0,3	29,8
35	7,5	741	72,9	40,5	4,9	0,5	339,0	12,4	13,3	31,5	0,8	12,7	0,0	34,8
36 <sup>1</sup>	7,6	689	70,7	58,4	6,8	0,2	328,2	19,1	66,5	33,5	0,3	20,6	0,0	41,7
37	7,8	1305	42,9	117,6	38,0	9,0	976,0	26,9	6,6	4,5	0,7	27,6	0,0	59,1
38 <sup>1</sup>	8,3	598	64,3	40,2	10,2	1,7	268,4	32,0	55,0	6,5	0,0		0,0	32,6
39 <sup>1</sup>	7,9	786	69,6	48,6	27,3	0,8	115,9	136,0	99,0	5,3	0,4		0,0	37,3

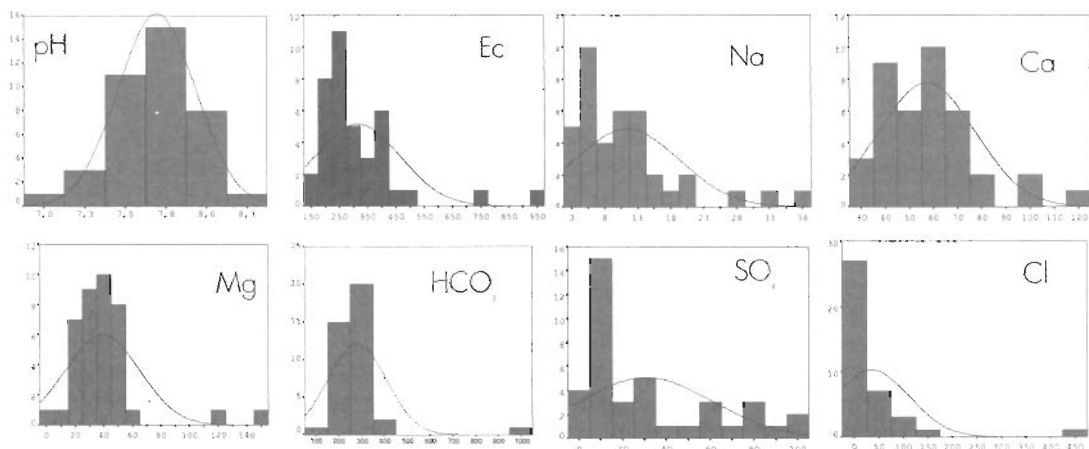
Οι κωδικοί με αστερίσκο δείχνουν ότι έγιναν και δεύτερες αναλύσεις σε διαφορετική περίοδο. Οι κωδικοί με δείκτη (1) δηλώνουν γεωτρήσεις στα νερά των οποίων έγιναν αναλύσεις για προσδιορισμό ιχνοστοιχείων.

### 3) Διευρυμένο διάγραμμα DUROV

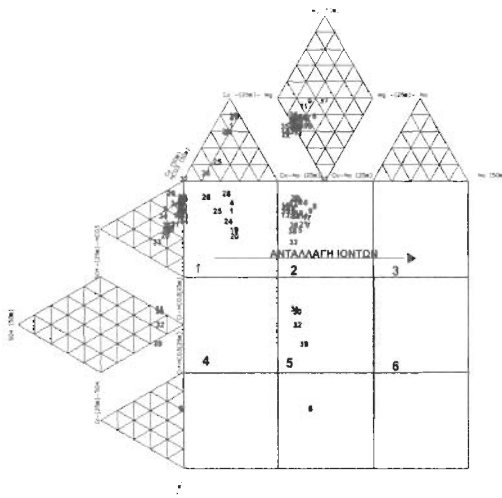
Το διευρυμένο διάγραμμα του Duron, αναπτύχθηκε από τον Lloyd (1965) για την απεικόνιση των υδροχημικών τύπων των υπόγειων νερών. Τα δείγματα των υπόγειων νερών στο διάγραμμα της Εικόνας 3 κατατάσσονται κυρίως στις υποπεριοχές 1 και 2 και κατά δεύτερο λόγο στις υποπεριοχές 5 και 8.

Στην υποπεριοχή 1 τα επικρατούμενα ιόντα είναι ασβεστούχα οξυανθρακικά. Προέχεται για νερά των ζωνών τροφοδοσίας εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφόρων. Τα υπόγεια νερά αυτά προέρχονται από τα περιθώρια της λεκάνης κυρίως στο Β-ΒΑ τμήμα (Κλείτος, κωδ. 25, 26), Αζρινή (κωδ. 24) και στο δυτικό τμήμα της περιοχής Ποντοκόμης (κωδ. 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39). Η επικράτηση των ιόντων του ασβεστίου μπορεί να αποδοθεί στη διάλυση των ανθρακικών χροαλοπαγών, λατεριτα-

γών, αμμοχάλικων και άλλων ζοζιοφόδων υλικών ανθρακικής κυρίως σύστασης των κώνων κορημάτων που αναπτύσσονται στα περιθώρια της λεκάνης.



**Εικόνα 2. Ιστογράμματα συχνοτήτων στα κύρια στοιχεία των υπόγειων υερών**  
**Figure 2. Histogram frequencies of major elements in the groundwater**



**Εικ. 3. Διευρυμένο διάγραμμα Durov-Piper**  
**Fig.3 Expanded diagram Durov-Piper**

Στην υποπεριοχή 2 όπου επικρατούν στην πλειονότητα τα περισσότερα δείγματα, έχουμε κυριαρχία των ιόντων  $Mg^{2+}$  και  $HCO_3^-$  που δύναται να φανερώσουν ανταλλαγή ιόντων με το  $Ca^{2+}$ . Καταλαμβάνουν το κεντρικό και νότιο τμήμα της λεκάνης. Στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής από Μαυροδένδρι μέχρι τις περιοχές Δρεπάνου και Γαλανίου, πηγή του μαγνησίου για τα υπόγεια νερά της περιοχής αυτής θα πρέπει να αποτελούν κυρίως τα οφιολιθικά πετρώματα τα οποία αναπτύσσονται τόσο επιφανειακά όσο και υπογείως.

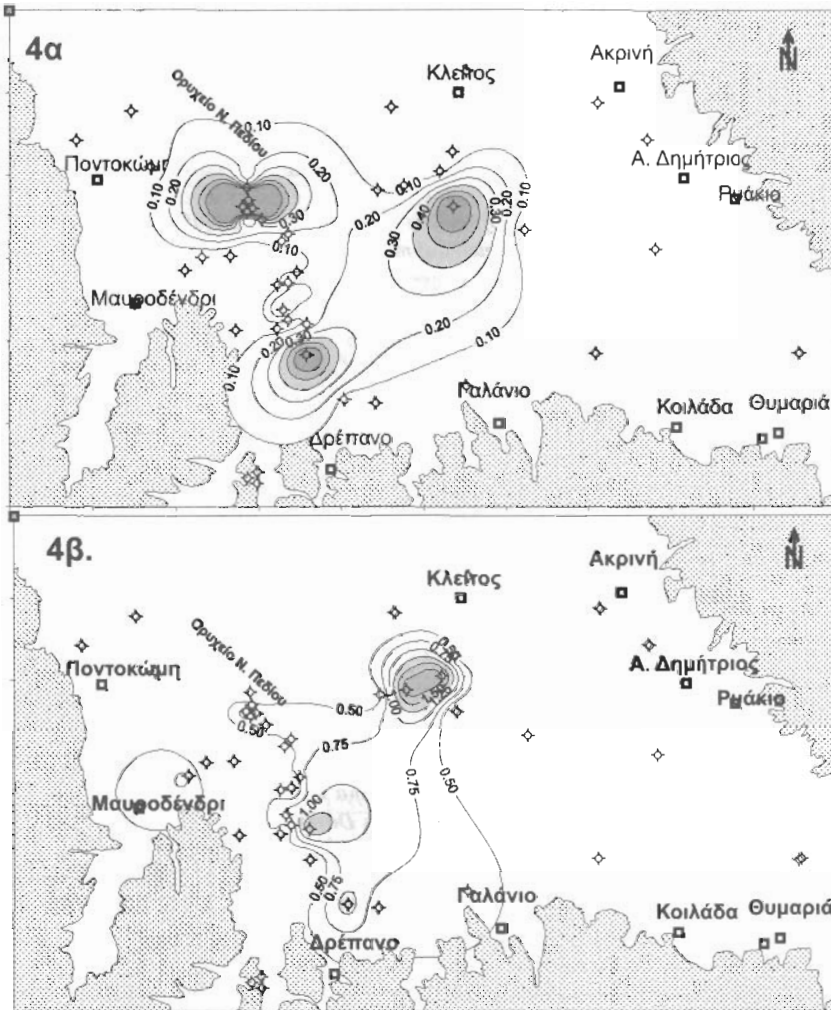
Στην υποπεριοχή 5 τα δείγματα νερού αναπορισμένα σε αριθμό αποτελούν ξεχωριστή ομάδα και καταλαμβάνουν ανάπτυξη κατά μήκος των πρανών του λιγνιτωρυχείου του Ν. Πεδίου. Οι υψηλές συγκεντρώσεις των ιόντων  $SO_4^{2-}$  και  $Cl^-$  δεν πρέπει να δικαιολογούνται από την επίδραση των λιγνιτικών στρωμάτων που βρισκονται σε επαφή με τα υδροφόρα στρώματα (Πανίλας, Καλλέργης 1997), αλλά κυρίως από την τροφοδοσία του ρέματος Σουλού που παρουσιάζει πολύ υψηλές συγκεντρώσεις σε  $SO_4^{2-}$  (Dimitrakopoulos et al., 1991).

Ένα δείγμα στην υποπεριοχή 8 που χαρακτηρίζεται από υψηλή συγγέντρωση σε  $Cl^-$  αφορά το νερό της γεώτρησης (κωδ.6) που έχει ρυπαίνεται από τα απόβλητα καύσιμης του ορυκτού.

#### 4) Καταλληλότητα νερού για ύδρευση

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία των υπόγειων νερών της λεκάνης Σαριγιάλ, εξετάζεται η καταλληλότητα αυτών από πλευράς ποσιμότητας.

Διαπιστώνεται ότι τα ιόντα του μαγνησίου στα περισσότερα δείγματα παρουσιάζονται αυξημένα και επομένως ως προς το ιόν αυτό η ποσιμότητα είναι μέτρια. Οι περιεκτικότητες σε αμμώνιο ( $\text{NH}_4$ ) και νιτρώδη ( $\text{NO}_2$ ) σε 16 από τα δείγματα που εξετάστηκαν ισούνται ή ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας ( $\text{NH}_4 = 0,5 \text{ mg/l}$ ,  $\text{NO}_2 = 0,1 \text{ mg/l}$ ). Τα νερά αυτά εντοπίζονται στο κεντρικό και ΝΔ τμήμα της λεκάνης του Σαριγιάλ, καθώς και στις γεωτρήσεις στράγγισης της Δ.Ε.Η πλησίον του Ν. Πεδίου. Στην Εικόνα 4α και 4β παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή των συγκεντρώσεων σε νιτρώδη και αμμωνιακά που παρουσιάζουν τιμές πάνω από τα ανώτατα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας. Οι υψηλές συγκεντρώσεις στις περιοχές αυτές σχετίζονται κυρίως με την υπερλίπανση των εδαφών για την βελτίωση της απόδοσης των καλλιεργειών σε συνδυασμό με αυξημένες υδραυλικές αγωγιμότητες του αβαθή υδροφόρου ορίζοντα.



Εικόνα 4α. Χάρτης κατανομής ίσων συγκεντρώσεων σε νιτρώδη ( $\text{NO}_2$ ). Εικόνα 4β. Χάρτης κατανομής ίσων συγκεντρώσεων σε αμμωνιακά ( $\text{NH}_4$ ). Οι σκιασμένες περιοχές δείχνουν τιμές πάνω από τα επιτρεπτά ανώτατα όρια ποσιμότητας.

Figure 4β. Areal distribution map of nitrate concentrations ( $\text{NO}_2$ ). Figure 4β. Spatial distribution map of ammonium concentrations ( $\text{NH}_4$ ). The shaded areas show values above drinking water standards.

Υπηρεσία Βελτιοθηκή "Θεοφοροστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

Από τον προσδιορισμό των 16 ιχνοστοιχείων σε 26 δείγματα νερού (Πίνακας 2) διαπιστώνεται ότι σε μικρό αριθμό γεωτρήσεων οι συγκεντρώσεις σε  $Fe^{3+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Ba^{2+}$  και  $Cr$  βρίσκονται πάνω από τα επιτρεπτά όρια ποιότητας, τα νερά των οποίων μάλιστα φέρουν ταυτόχρονα και το πρόβλημα με τα  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  και  $NH_4^+$ . Στα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία οι συγκεντρώσεις δεν είναι ανιχνεύσιμες.

Με βάση τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι τα νερά των 28 γεωτρήσεων εκ του συνόλου των 45 στις οποίες έγιναν δειγματοληψίες, υπερβαίνουν τα ανώτατα αποδεκτά όρια ποιότητας σε συγκεντρώσεις ενός ή περισσότερων από τα ιόντα και ιχνοστοιχεία που δίνονται σ' αυτόν, Πίνακας 3 (αυτό συμβαίνει όπου σημειώνεται ο σταυρός) και επομένως χαρακτηρίζονται κατ' αρχήν μη πόσιμα χωρίς προηγούμενη επεξεργασία για βελτίωση τους με ανάμιξη νερών πολύ καλής ποιότητας.

Οι κύριες παρεμβάσεις επομένως που πρέπει να γίνουν άμεσα είναι η ελάττωση των λιπασμάτων, η μη ελεύθερη διάθεση των αποβλήτων (υγρών και στερεών) και η μείωση των ποσοτήτων νερών που διατίθενται για αρδεύσεις προκειμένου να υπάρξει ελάττωση "επιστροφών" από το νερό άρδευσης, που ως γνωστό επιβαρύνουν σημαντικά την ποιότητα των υπόγειων νερών στην κατεύθυνση αυτή. Επιπλέον θα πρέπει να αποφεύγεται η ανόρυξη γεωτρήσεων για υδρευτικές ανάγκες στα κατάντη των κοινοτήτων λόγω της χρήσης των απορροφητικών βόθρων που βρίσκονται στα ανάντη τμήματα αυτών.

**Πίνακας 2: Αναλύσεις ιχνοστοιχείων (Περίοδος δειγματοληψίας Ιούλιος 1998)**  
**Table 2: Chemical analyses results for minor elements (July 1998)**

Όνομασία Γεώτρησης	Κωδ	Al <sup>+++</sup> μg/l	Fe <sup>+++</sup> μg/l	Mn <sup>++</sup> μg/l	Cu <sup>++</sup> μg/l	Zn <sup>++</sup> μg/l	P μg/l	Ag μg/l	As3+ μg/l	Cd <sup>++</sup> μg/l	Cr μg/l	Hg <sup>++</sup> μg/l	Ni μg/l	Pb <sup>++</sup> μg/l	B μg/l	Ba <sup>++</sup> μg/l	F <sup>-</sup> μg/l
Standard B.	3	<10	60	<2	<2	37	<100	<10	<20	<5	45,9	<5	<10	<20	21	14	110
Inter. B.	4	21	114	3,8	<2	12,3	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<50	<10	18	50
ΥΚΖ-3	7	85	335	54,3	<2	20,9	<100	<10	<20	<5	12,9	<5	<10	<20	<10	54	100
ΥΚΖ-4	8	59	105	8	22,5	14,6	<100	<10	<20	<5	29,5	<5	<10	<20	36	34	
Β. ΔΕΥΑΚ	9	25	114	50,4	14,8	20,9	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	26	59	100
Κοιν. Μαυρο.	14	16	82	<2	5,5	373	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	32	20	60
ΥΚΖ-5	16	58	166	5,1	<2	16,4	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	30	33	120
ΥΚΖ-1	17	31	135	11	<2	<10	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	25	47	
Κοιν. Ποντοκ	19	25	90	3,5	<2	18,7	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	<10	31	60
Κοιν. Ποντοκ	20	26	76	<2	<2	<10	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	34	33	50
ΥΚΖ-7	21	27	103	8	<2	20,8	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	20	51	100
Ομαδική	23	20	62	<2	3,7	13,9	<100	<10	<20	<5	56	<5	<10	<20	15	36	
ΥΝΠ 105	30	<10	34	4,5	<5	3,3		<5	<20	<5	<5	<5	<5	<20	33	48	140
ΥΝΠ 106	31	<10	41	10,7	<5	<2		<5	<20	<5	<5	<5	<5	<20	18	51	140
ΥΝΠ 108	32	<10	46	<8	<5	<2		<5	<20	<5	<5	<5	<5	<20	<10	50	180
ΥΝΠ 115	33	<10	26	4,5	<5	4,2		<5	<20	<5	<5	<5	<5	<20	<10	45	110
ΥΝΠ 117	34	44	312	31	<5	545		<5	<20	20	<5	<5	<5	<20	28	130	
Ευσταθιάδης	36	<10	75	<2	<2	260	<100	<10	<20	<5	<20	<5	40	<50	17	18	
ΥΝΠ 89	38	<10	16,2	4,6	<5	8,9	240	<5	<20	<5	<5	<5	<5	<20	<10	28	100
ΥΝΠ 107	39	<10	20,6	<2	<5	5,9	460	<5	<20	<5	<5	<5	<5	<20	<10	46	250
Ελευθεριάδη	40	36	80	<2	<2	32,5	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	16	17	70
Καζαντζίδης	41	<10	91	<2	<2	80	<100	<10	<20	<5	66	<5	<10	<20	28	28	50
Βαρυτιμίδης	42	446	2650	60,7	30,8	74,5	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	15	45	100
ΥΠΟ	43	27	7350	32	25,7	173	310	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	16	107	150
ΥΚΖ-6	44	29	115	18,9	<2	51,5	<100	<10	<20	<5	<10	<5	<10	<20	30	57	40
ΥΚΖ-2	45	24	77	<2	<2	<10	<100	<10	<20	<5	29	<5	<10	<20	<10	19	

Πίνακας 3. Υπέρβαση ανωτάτων ορίων ποσιμότητας  
Table 3. Values above drinking water standards

Κωδ.ικ.	Αρ.Μητρώου Γεωτρ	Mg	Fe <sup>3+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Mn <sup>++</sup>	Al <sup>++3</sup>	Cd <sup>+2</sup>	Cr	Ba <sup>2+</sup>	Χρήσεις νερού
5	90 (ΥΚΖ 6)			+		+						Γεώτρηση Υδρ. Κοζάνης
7	159 (ΥΚΖ 3)		+	+		+	+					>>
17	319 (ΥΚΖ 1)			+		+						>>
21	399 (ΥΚΖ 7)			+		+						>>
43	81 (ΥΠΟ)		+			+					+	>>
9	161 (ή Β ή 810)		+	+		+	+					>>
19	394				+							Γεώτρ. Υδρ.Ποντοκόμης
20	395				+	+						>>
18	352	+		+								Αντλ/σιο Δρέπανου
24	381		+									Αντλ/σιο Άκρινής
35	50			+								Κοινοτ. Μαυροδενδρίου
37	368	+		+								Αντλ/σιο Γαλάνης
10	261					+						Ιδιωτική Γεωτρ
1	34			+								Γεώτρηση Ιδιωτική
6	130	+										Ιδιωτική Γεωτρ
11	266		+	+								Ιδιωτική Γεωτρ
12	270			+								Ιδιωτική Γεωτρ
23	53		+								+	Ιδιωτική Γεωτρ
26	71 (Ρ3)		+									Ιδιωτική Γεωτρ
30	425 (ΥΝΠ 105)			+		+						Γεωτρήσεις ΔΕΗ
31	426 (ΥΝΠ 106)			+		+						>>
32	428 (ΥΝΠ 108)			+		+						>>
33	430 (ΥΝΠ 115)			+		+						>>
34	437 (ΥΝΠ 117)		+	+		+			+			>>
38	422 (ΥΝΠ 89)					+						>>
39	427 (ΥΝΠ 107)					+						>>
41	8									+		Ιδιωτική Γεωτρ
42	284		+			+	+	+				Ιδιωτική Γεωτρ

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στα κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία υπόγειου νερού, διαπιστώνεται ότι ο ανώτερος υδροφόρος ορίζοντας έχει υποστεί σημαντική ποιοτική υποβάθμιση των νερών του που οφείλεται κυρίως σε ανθρωπογενείς δράσεις, λόγω υπερλιπάνσεων, χρήσης φυτοφαρμάκων, διάθεσης αποβλήτων και επιβάλλεται η λήψη άμεσων μέτρων.

Η υψηλή φόρτιση του σε NO<sub>3</sub><sup>-</sup> θα πρέπει να αποδοθεί εκτός από τις δράσεις των "πηγών" αζώτου που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους και στη χρήση απορροφητικών βόθρων στις κοινότητες που βρίσκονται προς τα περιθώρια της λεκάνης. Άμεσα μέτρα προστασίας θα πρέπει να ληφθούν στις γεωτρήσεις ύδρευσης που βρίσκονται στα κατάντη αυτών των περιοχών.

Η καταλληλότητα των υπόγειων νερών για τις υδρευτικές ανάγκες είναι σε πολλές περιπτώσεις πολύ κακή δεδομένου ότι είναι επιβαρυνμένα ιδιαίτερα στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας του Σαριγιζιόλ, εξ' αιτίας της υψηλής συγγέντρωσης κυρίως σε αμμώνιο (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) και νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>). Από τα 45 δείγματα που εξετάστηκαν από ισόριθμες γεωτρήσεις, διαπιστώθηκε ότι σε 28 γεωτρήσεις τα νερά τους έχουν υπερβεί την ανώτατη τιμή καταλληλότητας για πόση σε μια ή περισσότερες από τις παραμέτρους και επομένως για την χρήση τους πρέπει να ληφθούν μέτρα βελτίωσης της ποιότητας.

Η ανάλυση σε 16 ιχνοστοιχεία έδειξε ότι μόνο οι συγκεντρώσεις σε Fe<sup>3+</sup>, Mn<sup>3+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ba<sup>2+</sup> και Cr βρίσκονται σε λίγα δείγματα πάνω από τα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας ενώ τα υπόλοιπα ιχνοστοιχεία δεν είναι ανιχνεύσιμα.

#### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τους χημικούς και τεχνικούς της Δ.Ε.Η που έκαναν τις χημικές αναλύσεις καθώς και τις αρμόδιες Διευθύνσεις της Δ.Ε.Η ευχαριστούμε θερμά από την θέση αυτή.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- DIMITRAKOPOULOS D., LOULLOUDIS G., KOUMANTAKIS J., (1991). Environmental impacts in relation to the Ground water mines of P.P.C Greece. 4<sup>th</sup> International Mineral Water Association Congress, Ljubljana (Slovenia)-Portschach (Austria), September 1991 pp. 243-254
- ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι., & ΠΑΛΙΑΔΗΣ Ζ., (1996). Ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων και τεχνητού εμπλουτισμού σε περιοχές υπαίθριων λιγνιτικών εξμεταλλεύσεων. Περίπτωση Νότιου Πεδίου Πτολεμαΐδας. **Συνέδριο Τ.Ε.Ε. Τμήμα Κεντρ. & Δυτ. Θεσσαλίας, Λάρισα.**
- DIMITRAKOPOULOS D., KOUMANTAKIS I., ROUTIOS G., & HELIADIS (1998). Development of a groundwater management system and methods of artificial recharges in area with open pit exploitations. Case of South Field Open Pit. West Macedonia, Greece. Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production. 1998 Balkema.
- DIMITRAKOPOULOS D., GRIGORAKOU E., & KOUMANTAKIS I., (2000). Ground water modeling of the South lignite field, West Macedonia, Greece. 7<sup>th</sup> Int. Mine Water Association Congress, Mine water and the Environment. Ustron Poland 2000 pp.519-529
- ΠΑΝΙΛΑΣ Σ., ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ Κ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι., (2000). Ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων και μεθόδων τεχνητού εμπλουτισμού σε περιοχές υπαίθριων λιγνιτικών εξμεταλλεύσεων. Πιλοτική εφαρμογή στο ορυχείο του νότιου πεδίου του λιγνιτικού πεδίου Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου και σύνδεση με την ευρύτερη περιοχή Κοζάνης- Πτολεμαΐδας. Τεύχος 4 Υδροχημεία. Έκθεση αδημοσίευτη ΙΓΕΤ.
- ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ Γ., (1991). Υδρογεωλογικές συνθήκες Νότιου Λιγνιτοφόρου πεδίου Πτολεμαΐδας. Προβλήματα υπόγειων νερών και αντιμετώπιση τους κατά την εξμετάλλευση. Διδακτορική Διατριβή Ε.Μ.Π Αθήνα 1991.
- ΠΑΝΙΛΑΣ Σ., & ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ Γ., (1997). Διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και της υδροχημείας των υπόγειων νερών στο λιγνιτικό πεδίο της Δράμας. 4<sup>ο</sup> Υδρογεωλογικό Συνέδριο Θεσ/νίκη 1997 σσ. 393-407.
- ΠΑΥΛΙΔΗΣ Σ., (1985). Νεοτεκτονική εξέλιξη λεκάνης Φλώρινας-Βεγορίτιδας-Πτολεμαΐδας. Διδακτορική διατριβή Α.Π.Θ Θεσ/νίκη 1985.