

## ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ Η ΠΑΡΟΥΣΙΑ $\text{NO}_3$ ΣΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΑΣΤΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ\*

Π. ΣΑΜΠΑΤΑΚΑΚΗΣ<sup>1</sup>, Π. ΓΑΪΤΑΝΑΚΗΣ<sup>1</sup>, Β. ΖΟΡΑΠΑΣ<sup>1</sup>

### ΣΥΝΟΨΗ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των υδρογεωλογικών προγραμμάτων του ΙΓΜΕ από το Α' και Β' Κ.Π.Σ.

Η περιοχή ενδιαφέροντος περιλαμβάνει την αστική και περιαστική ζώνη της πόλης της Καλαμάτας.

Για τις ανάγκες των εργασιών, χρησιμοποιήθηκε ένας δάκτυλος υδροσημείων αραχτά πυκνός (116), αποτελούμενος από υδρογεωτρονήσεις, φρέατα και θέσεις δειγματοληψίας επιφανειακών νερών. Από τα υδροσημεία αυτά ελήφθησαν σε τακτά χρονικά διαστήματα δείγματα νερού για ποιοτικό έλεγχο και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στάθμης στους υπόγειους υδροφόρους.

Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής έρευνας δομείται από Τεταρογενείς αποθέσεις και Νεογενείς σχηματισμούς. Ενώ στα βόρεια και ανατολικά περιθώρια της περιοχής κυριαρχούν οι σχηματισμοί της Ζώνης Τρίπολης και της Ζώνης Πίνδου Ολονού.

Τα στοιχεία των υδροχημικών αναλύσεων αποδεικνύουν ότι στα υπόγεια νερά της αστικής ζώνης της Καλαμάτας η παρουσία των  $\text{NO}_3$  είναι πάρα πολύ έντονη, πολλαπλάσια του ανώτατου ορίου των 50 mg/l. Αντίθετα η παρουσία των δύο άλλων δεικτών ρύπανσης του αζώτου,  $\text{NH}_4^+$  και  $\text{NO}_2^-$  είναι σχεδόν ανύπαρκτη.

Συνδυάζοντας αυτά τα υδροχημικά στοιχεία με τις υδρογεωλογικές δομές της περιοχής ενδιαφέροντος, συμπεραίνεται ότι η προέλευση των  $\text{NO}_3$  συνδέεται με αστικά λύματα (απορροφητικοί βόθροι, απώλειες του δικτύου αποχέτευσης). Το γεγονός ότι η υδροφορία αναπτύσσεται σε μικρό βάθος βοηθά στο να δημιουργείται ένα έντονο οξειδωτικό υδροχημικό περιβάλλον. Παράλληλα οι περιορισμένες αντλήσεις υπόγειων νερών στην αστική περιοχή δεν διευκολύνει τις διεργασίες απονίτρωσης και εξερισμού. Η απουσία  $\text{NO}_2^-$  και  $\text{NH}_4^+$  υποδηλώνει ότι η είσοδος των ρυπογόνων αζωτούχων ενώσεων στο υπόγειο νερό γίνεται σε μικρό βάθος όπου αφθονεί το οξυγόνο.

### ABSTRACT

The present investigation was carried out within the frames of the hydrogeological projects of IGME funded by the first and second EU Framework Supporting Programs. The area of interest includes the urban and regional zone of Kalamata city.

During the project implementation, a dense net of water points (116) was used consisting of water boreholes, wells and surface water sampling points. Water samples were collected from the above water points in regular time periods in order to proceed to the water qualitative control. Moreover, water level measurements were also conducted into the aquifers.

The greatest part of the area understudy is structured of Quaternary deposits and Neogenic formations, while formations of the Tripolis and Olonos – Pindos zones prevail in the north and eastern margins of the area.

The data obtained from the hydrochemical analyses suggest very high values of  $\text{NO}_3$  into the groundwater of the urban zone of Kalamata city, exceeding the maximum limits of 50 mg/l. Conversely, the values of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_2^-$  are negligible.

Combining the above hydrochemical data with the hydrogeological structures occurring at the understudy area, we can conclude that the origin of  $\text{NO}_3$  is connected to the urban wastes (sewers, leakages from the sewage net), given that the water develops in small depth under the surface thus creating a highly oxidizing hydrochemical environment. In parallel, abduction of nitrogen and ventilation conditions are not favoured by the restricted groundwater pumping in the urban areas.

The absence of  $\text{NO}_2^-$  and  $\text{NH}_4^+$  indicates that the intrusion of polluting nitrogen compounds into the groundwater takes place in small depth below the surface where oxygen is abundant.

\* HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AND PRESENCE OF  $\text{NO}_3$  INTO THE GROUNDWATER OF THE URBAN AND REGIONAL ZONE AT THE AREA OF KALAMATA CITY  
1. ΙΓΜΕ ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 70 ΑΘΗΝΑ - IGME MESOGHION 70 ATHENS

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις, στα πλαίσια των ερευνητικών υδρογεωλογικών προγραμμάτων του ΓΓΜΕ, με χρηματοδότηση από το Α' και Β' Κ.Π.Σ.

Οι χρονιζές περιόδους κατά τις οποίες αναπτύχθηκαν οι εργασίες υπαίθρου και εργαστηρίων ήταν δύο: 1992-93 και 1995-96. Συγκεκριμένα οι εργασίες υπαίθρου πραγματοποιήθηκαν προς το τέλος της ξηρής περιόδου (δηλ. Σεπτέμβριο - Οκτώβριο) και στο μέσον της υγρής περιόδου (δηλ. Δεκέμβριο - Ιανουάριο).

Χρησιμοποιήθηκε ένας κλίμακας 113 υδροσημείων για τη συλλογή στοιχείων στην ευρύτερη περιοχή Καλαμάτας. Τα υδροσημεία αυτά αποτελούνταν από υδρογεωτρούσεις, φρέατα και θέσεις επιφανειακών απορροών.

Από τον κλίμακα αυτό των υδροσημείων ελήφθησαν δείγματα νερού και πραγματοποιήθηκαν σταθμημετρήσεις την ίδια περίοδο (Οκτώβριο και Δεκέμβριο 1992, Σεπτέμβριο 1995 και Ιανουάριο 1996). Σε ένα μόνο περιορισμένο αριθμό υδροσημείων τα οποία βρίσκονται ανατολικά της Καλαμάτας, οι μετρήσεις και οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1996 - 97.

Το χρονικό διάστημα, στη διάρκεια του οποίου εκτελούνταν οι εργασίες υπαίθρου την κάθε φορά ήταν διάρκειας 5 ημερών.

Το γεγονός ότι εντός της αστικής ζώνης της Καλαμάτας εντοπίστηκαν πολλά φρέατα και υδρογεωτρούσεις, ακόμα και εντός υπογείων σε κτίρια, επέτρεψε τη δημιουργία ενός πυκνότερου δικτύου σταθμών από υδροσημεία των οποίων οι μεταξύ τους αποστάσεις κατά μέσο όρο δεν ξεπερνούσαν τα 500 μ., τουλάχιστον εντός της αστικής ζώνης.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή έρευνας βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Μεσσηνιακού Κόλπου, ο οποίος με τη σειρά του οριοθετείται από τη Χερσόνησο της Μάνης προς Α και αυτή της Πυλίας προς τα Δ. Πρόκειται για μια τεκτονική τάφρο που χαρακτηρίζεται από έντονη μεταλλική τεκτονική δράση, η οποία άρχισε στο Μ. Πλειόκαινο (MARIOLAKOS, FOUNTOULIS, LOGOS, LOZIOS - 1989). Μετά το τέλος αυτής της περιόδου συνεχίστηκε εντονότερη με κατακόρυφες κινήσεις και πλήθος κλιμακωτών μεταπτώσεων προς το εσωτερικό της. Το γεγονός αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία οριζογενών ζωνών και τη σεισμική τους δράση με αποκορύφωμα αυτή στις 13-9-1986 όπου ενεργοποιήθηκαν οι ζώνες Νέδωνα - Κορώνης - Αλαγονίας και Κισσαρισίας. Αρσέπολης (FYTROLAKIS, N., 1987).

Το περιθώριο της τάφρου αποτελείται από σχηματισμούς του Αλπικού Ορογενούς, οι οποίοι ως αυτόνομες γεωτεκτονικές ενότητες συγχροτούν και την πολύπλοκη τεκτονική δομή της οροσειράς του Ταΰγετου και είναι η ενότητα της Μάνης, η φαλλιακή ενότητα, η ενότητα Τρίπολης - Γαβρόβου και η ενότητα Ολόνου - Πίνδου.

Η ευρύτερη περιοχή έρευνας (αστική και περιαστική ζώνη Καλαμάτας) δομείται κύρια από τους Μεταλλικούς σχηματισμούς (ΨΩΝΗΣ, Κ., 1983) που είναι οι παρακάτω (σχ. 1):

- Αλλουβιακές αποθέσεις, στις οποίες επιζωοτούν αιώνια υλικά από χροιάδες, λατύπες, χαλίκια, αργίλους και άμους.
- Πλειστοκαινικές αποθέσεις προερχόμενες κυρίως από υλικά διαβρωτικών διεργασιών στα πετρώματα του υποβάθρου και τα οποία μέσω του ποταμού Νέδωνα και των άλλων χειμάρων, μεταφέρθηκαν στις χαμηλότερες περιοχές της λεκάνης της πόλης. Αποτελούνται κύρια από κόκκινες - κασιτανές αργίλους και αργιλούχους άμους, με παρεμβολές χροαλοπαγών και λατύπων διαφόρων μεγεθών.

## 3. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Με βάση τις γεωλογικές δομές και από την ανάλυση των υδρομετρήσεων που συγκεντρώθηκαν συμπεραίνεται ότι:

- α) Στην ευρύτερη περιοχή της Καλαμάτας οι επιμέρους υδροφορίες που αναπτύσσονται εντός των Πλειοκαινικών και Πλειστοκαινικών σχηματισμών, καθώς και εξείνες εντός των ασβεστολίθων, δεν είναι απομονωμένες μεταξύ τους, αλλά υπάρχει πλευρική τροφοδοσία των υδροφοριών των κοκκωδών σχηματισμών από τις καρστικές υδροφορίες. Αυτό επιβεβαιώνεται από την ανάγνωση του χάρτη των ισοπιεζομετρικών καμπυλών (σχ. 2), όπου οι υδραυλικές κλίσεις παρουσιάζουν μια ομαλή μετάβαση από την υδροφορία των καρστικών προς την υδροφορία των κοκκωδών σχηματισμών.

- β) Η υδραυλική κλίση που ποικίλλει από την ανάγνωση των ισοπιεζομετρικών καμπυλών εντός της ζώνης των ασβεστολίθων και των νεότερων είναι 2/100 περίπου. Ένώ εντός της χαμηλής ζώνης, όπου η υδροφορία

ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΝΟ3- ΣΕ ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ

| ΗΜΕΡ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟ-ΛΗΨΙΑΣ | ΥΔΡΟΣ ΗΜΕΙΟ | ΝΟ3- (ppm) | ΥΔΡΟΣ ΗΜΕΙΟ | ΝΟ3- (ppm) | ΥΔΡΟΣ ΗΜΕΙΟ | ΝΟ3- (ppm) | ΥΔΡΟΣ ΗΜΕΙΟ | ΝΟ3- (ppm) | ΥΔΡΟΣ ΗΜΕΙΟ | ΝΟ3- (ppm) | ΥΔΡΟΣ ΗΜΕΙΟ | ΝΟ3- (ppm) | ΥΔΡΟΣ ΗΜΕΙΟ | ΝΟ3- (ppm) |      |      |
|--------------------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|------|------|
| Οκτ. 92                  | Φ1          | 24,8       | Φ14         | 86,8       | Φ27         | 24,8       | Φ40         | 248        | Γ53         |            | Γ74         | 31         | Φ87         | 111,6      | Γ100 |      |
| Δεκ 92                   |             | 21,7       |             | 124        |             | 31         |             | 322,4      |             |            |             | 24,8       |             | 124        |      |      |
| Σεπ. 95                  |             |            |             | 135,4      |             | 19,84      |             | 218,86     |             |            |             | 9,3        |             | 155        |      | 1,24 |
| Ιαν. 96                  |             | 14,88      |             | 114,7      |             | 13,02      |             | 248        |             |            | 308,14      |            |             | 118,42     |      | 0    |
| Οκτ. 92                  | Γ2          | 24,8       | Φ15         | 93         | Φ28         | 99,2       | Φ41         | 198,4      | Γ57         |            | Γ75         | 1,24       | Φ88         | 55,8       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 49,6       |             | 80,6       |             | 155        |             | 148,8      |             |            |             | 6,2        |             | 74,4       |      |      |
| Σεπ 95                   |             | 31         |             | 78,12      |             | 86,8       |             | 111,6      |             |            | 68,2        |            | 9,3         | 75,02      |      |      |
| Ιαν. 96                  |             | 48,98      |             | 109,12     |             | 155        |             | 98,58      |             |            | 21,7        |            | 7,44        | 34,72      |      |      |
| Οκτ. 92                  | Φ3          | 124        | Φ16         | 279        | Φ29         | 164,3      | Φ42         | 155        | Γ62         |            | Γ76         | 24,8       | Φ89         | 21,7       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 186        |             | 297,6      |             | 151,9      |             | 105,4      |             |            |             | 3,1        |             | 24,8       |      |      |
| Σεπ 95                   |             | 108,5      |             | 285,2      |             | 142,6      |             | 210,8      |             |            | 18,6        |            | 15,5        | 24,8       |      |      |
| Ιαν. 96                  |             | 120,9      |             | 341        |             | 282,1      |             | 156,24     |             |            | 0           |            | 0,62        | 8,68       |      |      |
| Οκτ. 92                  | Φ4          | 71,3       | Φ17         | 86,8       | Φ30         |            | Φ43         | 96,72      | Γ63         |            | Γ77         | 0          | Φ90         | 55,8       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 102,3      |             | 99,2       |             |            |             | 78,74      |             |            |             | 0          |             | 31         |      |      |
| Σεπ 95                   |             | 108,5      |             | 93         |             | 20,46      |             | 105,4      |             |            | 3,1         |            | 0           | 77,5       |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 76,88      |             | 108,5      |             | 21,7       |             | 71,92      |             |            | 0           |            | 4,34        | 14,88      |      |      |
| Οκτ. 92                  | Φ5          | 31         | Φ18         | 229,4      | Φ31         | 106,02     | Φ44         | 0          | Γ64         |            | Γ78         | 6,2        | Φ91         | 99,2       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 24,8       |             | 186        |             | 148,8      |             | 74,4       |             |            |             | 12,4       |             | 111,6      |      |      |
| Σεπ. 95                  |             | 34,1       |             | 220,1      |             | 155        |             | 122,14     |             |            | 49,6        |            | 9,3         | 155        |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 21,7       |             | 197,78     |             | 213,28     |             | 115,94     |             |            | 28,52       |            | 1,86        | 85,56      |      |      |
| Οκτ. 92                  | Φ6          | 49,6       | Φ19         | 111,6      | Φ32         | 43,4       | Φ45         | 136,4      | Γ65         | 12,4       | Γ79         | 12,4       | Φ92         | 49,6       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 55,8       |             | 99,2       |             | 49,6       |             | 124        |             |            | 15,5        |            | 12,4        | 52,7       |      |      |
| Σεπ. 95                  |             | 93         |             | 108,5      |             | 46,5       |             | 77,5       |             |            | 6,2         |            | 9,3         | 77,5       |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 119,66     |             | 125,86     |             | 41,54      |             | 70,68      |             |            | 0           |            | 4,96        | 83,08      |      |      |
| Οκτ. 92                  | Φ7          | 0          | Φ20         | 62         | Φ33         | 223,2      | Φ46         | 119,04     | Γ66         |            | Γ80         | 34,1       | Γ93         | 49,6       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 6,2        |             | 18,6       |             | 198,4      |             | 117,8      |             |            |             | 49,6       |             | 49,6       |      |      |
| Σεπ 95                   |             | 0          |             | 46,5       |             | 226,3      |             | 115,94     |             |            | 0           |            | 74,4        | 93         |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 1,86       |             | 42,16      |             | 339,14     |             | 173,6      |             |            | 0,62        |            | 39,06       | 41,54      |      |      |
| Οκτ 92                   | Φ8          | 62         | Φ21         |            | Φ34         |            | Φ47         |            | Γ67         |            | Γ81         |            | Γ94         | 37,2       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 55,8       |             |            |             |            |             |            |             |            |             |            |             | 24,8       |      |      |
| Σεπ. 95                  |             | 52,7       |             | 117,8      |             | 489,8      |             | 173,6      |             |            | 9,3         |            | 2,48        | 49,6       |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 58,9       |             | 106,64     |             | 430,9      |             | 212,66     |             |            | 4,34        |            | 0           | 35,96      |      |      |
| Οκτ 92                   | Φ9          | 124        | Φ22         | 52,7       | Φ35         | 49,6       | Φ48         | 79,36      | Γ68         |            | Γ82         |            | Γ95         | 49,6       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 155        |             | 43,4       |             | 68,2       |             | 78,74      |             |            |             |            |             | 24,8       |      |      |
| Σεπ 95                   |             | 127,1      |             | 80,6       |             | 155        |             | 87,42      |             |            | 0           |            | 3,1         | 37,2       |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 228,16     |             | 59,52      |             | 198,4      |             | 128,96     |             |            | 0,62        |            | 4,96        | 11,78      |      |      |
| Οκτ 92                   | Φ10         | 55,8       | Φ23         | 136,4      | Φ36         | 68,2       | Φ49         | 49,6       | Φ70         | 0          | Γ83         |            | Γ96         |            |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 43,4       |             | 9,3        |             | 117,8      |             | 80,6       |             |            | 0           |            |             |            |      |      |
| Σεπ 95                   |             | 58,9       |             |            |             | 53,94      |             | 117,8      |             |            | 15,5        |            | 18,6        | 0,62       |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 88,04      |             | 218,86     |             | 288,3      |             | 120,9      |             |            | 12,4        |            | 9,3         | 0,62       |      |      |
| Οκτ. 92                  | Φ11         | 155        | Φ24         | 446,4      | Φ37         |            | Γ50         |            | Γ71         | 124        | Φ84         | 6,2        | Φ97         | 55,8       |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 192,2      |             | 223,2      |             |            |             |            |             | 113,46     |             | 1,24       |             | 49,6       |      |      |
| Σεπ. 95                  |             | 198,4      |             | 316,2      |             | 185,38     |             | 155        |             | 49,6       |             | 9,3        |             | 49,6       |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 169,26     |             |            |             | 235,6      |             | 204,6      |             | 81,84      |             | 10,54      |             | 43,4       |      |      |
| Οκτ. 92                  | Φ12         | 124        | Φ25         |            | Φ38         | 117,8      | Γ51         |            | Γ72         | 0          | Φ85         | 12,4       | Φ98         | 62         |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 148,8      |             |            |             | 99,2       |             |            |             | 1,24       |             | 24,8       |             | 115,32     |      |      |
| Σεπ 95                   |             | 172,98     |             | 35,34      |             | 114,7      |             | 12,4       |             | 27,9       |             | 21,7       |             | 83,7       |      |      |
| Ιαν. 96                  |             | 136,4      |             | 39,68      |             | 103,54     |             | 6,82       |             | 26,04      |             | 18,6       |             | 32,86      |      |      |
| Οκτ 92                   | Φ13         | 186        | Φ26         | 6,2        | Φ39         | 43,4       | Φ52         |            | Γ73         | 3,1        | Φ86         | 269,7      | Γ99         | 161,2      |      |      |
| Δεκ 92                   |             | 403        |             | 18,6       |             | 43,4       |             |            |             | 3,1        |             | 279        |             | 155        |      |      |
| Σεπ 95                   |             | 155        |             | 0,62       |             | 37,2       |             | 517,08     |             | 21,7       |             | 235,6      |             | 192,2      |      |      |
| Ιαν 96                   |             | 359,6      |             | 17,36      |             | 37,2       |             | 308,14     |             | 5,58       |             | 122,14     |             | 164,92     |      |      |

Φ. Φρέατα  
Γ. Γεωτρήσεις

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

πίνακας Ι

αναπτύσσεται σε πλειστοκαινικές και ολοκαινικές αποθέσεις, η υδροαλιζική γλίση εξασθενεί και υποδηλώνει ότι επιζωοτούν ουνθήκες περιορισμένης ζίνησης, σχεδόν στασιμότητας του υπόγειου νερού.

#### 4. ΓΕΝΙΚΑ ΥΑΡΟΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Ελήφθησαν δείγματα νερού από 92 υδροσημεία (σχ.1). Με βάση το διάγραμμα Piper οι υδροχημικοί χαρακτήρες των υπόγειων νερών της περιοχής ενδιαφέροντος κατατάσσονται μεταξύ των "χλωριούχων - θειικών - ασβεστούχων - μαγνησιούχων και διανθρακικών - ασβεστούχων - μαγνησιούχων" (σχ.3).

Από την κατανομή των υδροχημικών χαρακτηρισμών των δειγμάτων στο διάγραμμα Piper προκύπτουν τρεις ομαδοποιήσεις. Η πρώτη ομάδα κατατάσσεται στο "πεδίο" των χλωριούχων - θειικών - ασβεστούχων και μαγνησιούχων νερών. Η δεύτερη ομάδα δειγμάτων συγκεντρώνεται στο "πεδίο" των διανθρακικών μαγνησιούχων και η τρίτη βρίσκεται στα όρια των "πεδίων" διανθρακικών μαγνησιούχων - διανθρακικών ασβεστούχων. Η τελευταία ομάδα αντιπροσωπεύει ως επί το πλείστον υδροσημεία εκτός αστικής ζώνης και απομακρυσμένα από την αστικοποίηση. Αντίθετα η πρώτη και η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει δείγματα από υδροσημεία ως επί το πλείστον από την αστική ζώνη όπου εντοπίζονται και οι μεγαλύτερες επιβαρύνσεις στην ποιότητα των υπόγειων νερών.

#### 5. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις σειρές δειγματοληψιών και ισάριθμων υδροχημικών αναλύσεων. Η πρώτη και η δεύτερη σειρά τον Οκτώβριο και τον Δεκέμβριο του 1992, η τρίτη και η τέταρτη σειρά τον Σεπτέμβριο 1995 και τον Ιανουάριο 1996.

Οι αναλύσεις έγιναν σε δείγματα που ελήφθησαν από 92 υδροσημεία του δικτύου και προσδιορίστηκαν οι τιμές σε τρεις δείκτες ρύπανσης:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , οι οποίοι έχουν γενικό χαρακτήρα και παρουσιάζουν ως γνωστόν μεγάλη κινητικότητα μέσα στο υπόγειο νερό.

Από όλο αυτό το πλήθος των 273 αναλύσεων (ΠΙΝ.

1) προκύπτει ότι:

- Επιβαρύνσεις από  $\text{NO}_3^-$  εντοπίζονται σε ελάχιστα δείγματα, σποραδικά. Ο δε τρόπος εμφάνισης των υποδηλώνει ότι δεν υπάρχουν μόνιμες εστίες μόλυνσης. Το χαμηλότερο επίπεδο ανίχνευσης στις αναλύσεις των δειγμάτων ήταν 0,015 mg/l.
- Το  $\text{NH}_4^+$  δεν εντοπίστηκε σε κανένα δείγμα νερού με χαμηλότερο επίπεδο εργαστηριακής ανίχνευσης 0,007 mg/l.
- Τα  $\text{NO}_3^-$  έχουν έντονη παρουσία στα υπόγεια νερά ιδιαίτερα στην αστική ζώνη της Καλαμάτας, όπου οι τιμές ξεπερνούν τα 100 mg/l σε όλα τα δείγματα νερού όλων των περιόδων δειγματοληψίας.

**ΠΙΝ. II περιεκτικότητα  $\text{NO}_3^-$  σε δείγματα υπόγειων νερών ευρύτερης περιοχής Καλαμάτας**

| ΚΩΔ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | ΗΜ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | $\text{NO}_3$ (ppm) |
|----------------|------------------|---------------------|
| Γ107           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ108           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ109           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ110           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ111           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ112           | Οκτ-96           | 48,36               |
| Γ118           | Οκτ-96           | 1,24                |
| Γ113           | Οκτ-96           | 96,72               |
| Γ114           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ115           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ116           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ117           | Οκτ-96           | 8,68                |
| Γ120           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ124           | Οκτ-96           | <1,86               |
| Γ107           | Μαρ-97           | <1,86               |
| Γ108           | Μαρ-97           | 39,68               |
| Γ109           | Μαρ-97           | <1,86               |
| Γ110           | Μαρ-97           | <1,86               |
| Γ111           | Μαρ-97           | <1,86               |
| Γ112           | Μαρ-97           | 52,7                |
| Γ113           | Μαρ-97           | 79,36               |
| Γ114           | Μαρ-97           | <1,86               |
| Γ115           | Μαρ-97           | <1,86               |
| Γ116           | Μαρ-97           | <1,86               |
| Γ117           | Μαρ-97           | 3,72                |
| Γ118           | Μαρ-97           | 8,06                |
| Γ119           | Μαρ-97           | 0,62                |
| Γ120           | Μαρ-97           | 11,16               |
| Γ121           | Μαρ-97           | 8,68                |
| Γ124           | Μαρ-97           | 8,68                |

**ΠΙΝ. III περιεκτικότητα  $\text{NO}_3^-$  σε δείγματα επιφανειακών νερών ευρύτερης περιοχής Καλαμάτας**

| ΚΩΔ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | ΗΜ/ΝΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ | $\text{NO}_3$ (ppm) |
|----------------|------------------|---------------------|
| 60             | Οκτ-96           | <1,86               |
| 61             | Οκτ-96           | <1,86               |
| 105            | Οκτ-96           | 6,2                 |
| 106            | Οκτ-96           | <1,86               |
| 102            | Οκτ-96           | 1,86                |
| 103            | Οκτ-96           | <1,86               |
| 104            | Οκτ-96           | <1,86               |
| 60             | Μαρ-97           | <1,86               |
| 61             | Μαρ-97           | <1,86               |
| 102            | Μαρ-97           | <1,86               |
| 103            | Μαρ-97           | <1,86               |
| 104            | Μαρ-97           | 8,68                |
| 106            | Μαρ-97           | 6,82                |

Ενώ πάνω από το όριο των 50 mg/l βρίσκονται οι τιμές αρωματών δειγμάτων από υδροσημεία της περιφερειακής ζώνης της Καλαμάτας. Κάτι ανάλογο έχει επισημανθεί και σε παλαιότερες ανάλογες ερευνητικές εργασίες (ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ- ΤΗΝΙΑΚΟΣ- ΛΑΖΑΡΟΥ- ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, 1997).

Ελάχιστη υδροσημεία από τον κάναβο, ο οποίος χρησιμοποιήθηκε είναι εντελώς απαλλαγμένα από την παρουσία  $\text{NO}_3^-$ . Οι "καθαρές" περιοχές εντοπίζονται εκτός αστικής ζώνης. Πρόκειται για τις περιοχές βορειοδυτικά, βόρεια και ανατολικά της Καλαμάτας, αγροτικές, ημιαγροτικές και δασικές (σχ. 4). Στα υδροσημεία 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 120, 121, 123, 124, τα οποία βρίσκονται εκτός αστικής ζώνης της Καλαμάτας, οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν τον Οκτώβριο 1996 και τον Απρίλιο 1997 (ΠΙΝ. II).

Αυτή η χρονική διαφοροποίηση σε σχέση με τις περιόδους δειγματοληψίας των άλλων υδροσημείων (ΠΙΝ. I) δεν θα πρέπει να θεωρείται ουσιαστική στην εξαγωγή συμπερασμάτων προς τις καθαρές περιοχές.

Στα υδροσημεία αυτά η παρουσία των  $\text{NO}_3^-$  είναι σχεδόν μηδενική εκτός του υδροσημείου 113, στο οποίο οι τιμές διατηρούνται πάνω από τα 70 mg/l.

Η έντονη και σταθερή παρουσία  $\text{NO}_3^-$  στα υπόγεια νερά της αστικής ζώνης της Καλαμάτας, απεικονίζεται σε δύο χάρτες (σχ. 4 και 5) διαφορετικών περιόδων, ξηρής και υγρής. Η ρύπανση αυτή πιθανά οφείλεται σε λύματα αστικής προέλευσης: απορροφητικούς βόθρους, διαρροές δικτύου αποχέτευσης, απόρριψη λυμάτων στην επιφάνεια του εδάφους, παράλο που λειτουργεί βιολογικός καθαρισμός.

Το μικρό βάθος του υδροφόρου, ο οποίος αναπτύσσεται εντός των πλειστοκαινικών αποθέσεων, ευνοεί σημαντικά την κατείδωση των ρύπων και προσφέρει ταυτόχρονα ένα υψηλό οξειδωτικό περιβάλλον για τις αζωτούχες ενώσεις. Γι' αυτό και δεν υπάρχουν περιθώρια αμμωνιοποίησης. Απόδειξη ότι στις αναλύσεις το  $\text{NH}_4^+$  βρίσκεται σε τιμές μη ανιχνεύσιμες ( $< 0,007 \text{ mg/l}$ ) σε όλα τα δείγματα. Μια εξίσου σημαντική παρατήρηση είναι ότι η απουσία  $\text{NO}_2^-$  στις επιβαρημένες με  $\text{NO}_3^-$  ζώνες, υποδηλώνει ότι δεν υπάρχει διαδικασία ελάττωσης του δυναμικού οξειδοαναγωγής, η οποία προκαλεί την σταδιακή "απονίτρωση" ( $\text{NO}_3^- \oplus \text{NO}_2^- \oplus \text{N}_2$ ). Σ' αυτό συμβάλλει εκτός από το μικρό βάθος του υπόγειου νερού και η απουσία συχνών αντλήσεων, διαδικασία η οποία θα διευκόλυνε την εξαέρωση του αζώτου. Εξάλλου οι αντλήσεις υπόγειων νερών είναι πολύ περιορισμένες επιβεβαιώνεται και από την απουσία φαινομένων υφαλμύρωσης από θαλάσσια διείσδυση (σχ.6), πλην εκείνης η οποία οφείλεται σε φυσικά αίτια.

Η μεταφορά ρύπων μέσω των επιφανειακών απορροών από περιοχές πιο απομακρυσμένες θα πρέπει να αποκλειστεί για δύο λόγους: πρώτον γιατί οι λεκάνες απορροής εκτείνονται σε περιοχές όπου δεν υφίστανται αγροτικές καλλιέργειες, αλλά ούτε και αστικές δραστηριότητες και δεύτερον όλες οι δειγματοληψίες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν σε επιφανειακά νερά σε συγκεκομημένους σταθμούς παρακολούθησης (υδροσημεία 60, 61, 102, 103, 104, 105, 106) (σχ. 1) απέδειξαν ότι η παρουσία των  $\text{NO}_2^-$  είναι πολύ περιορισμένη έως μηδενική (ΠΙΝ. III).

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

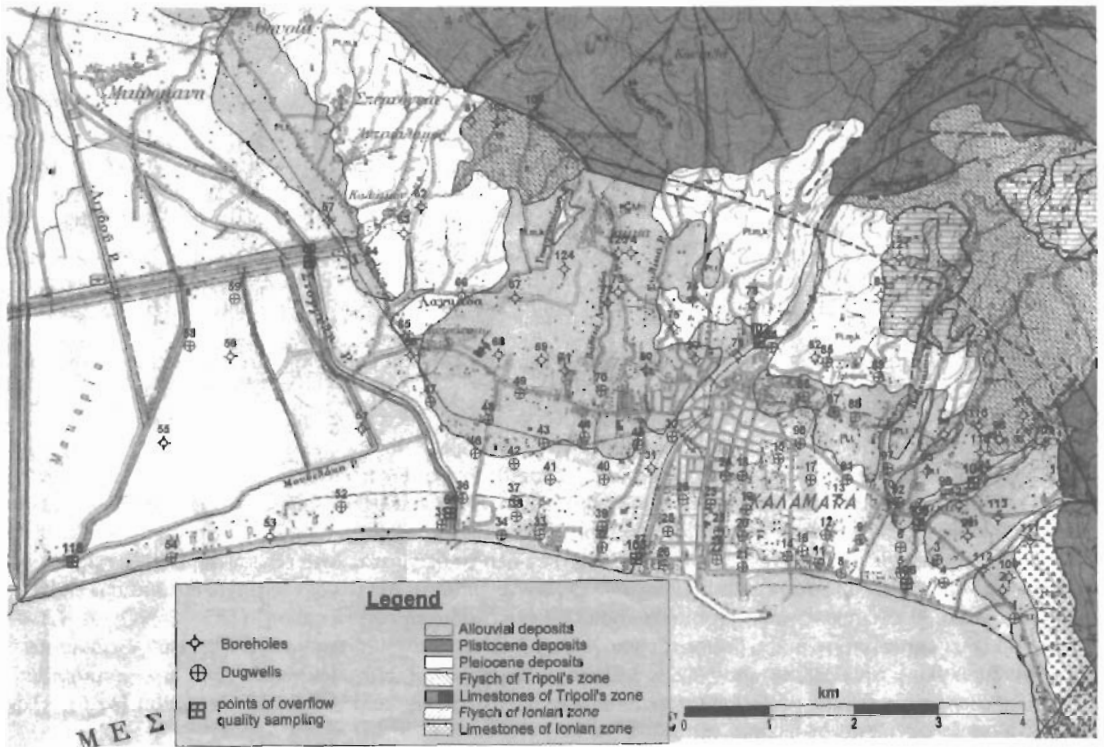
Οι υπόγειοι υδροφόροι στην αστική ζώνη Καλαμάτας δέχονται μία μόνιμη επιβάρυνση από αστικά λύματα, τα οποία καταλήγουν στα υπόγεια νερά είτε μέσω απορροφητικών βόθρων και απολειών του δικτύου αποχέτευσης, είτε με κατείδωση λόγω απόρριψης λυμάτων στην επιφάνεια του εδάφους.

Το γεγονός ότι οι τιμές των  $\text{NO}_3^-$  διατηρούνται μόνιμα υψηλές σημαίνει ότι αφενός υφίστανται μόνιμες πηγές ρύπανσης και αφετέρου ότι οι διεργασίες αυτοκαθαρισμού των υπόγειων νερών είναι περιορισμένες.

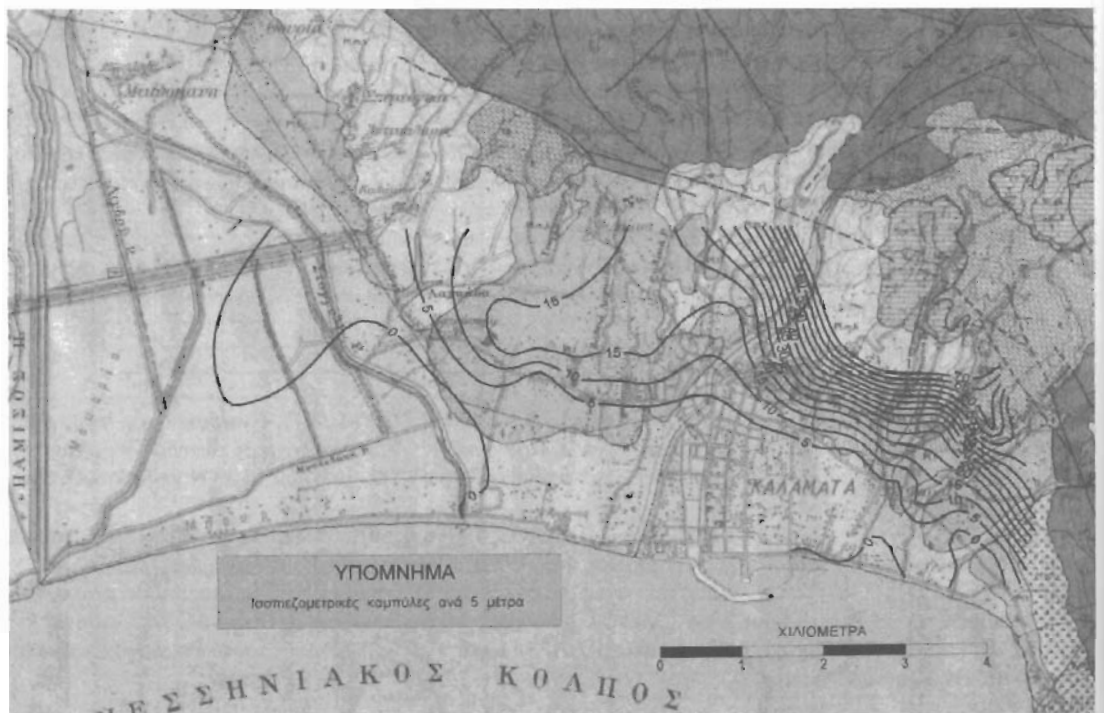
Δεν παρατηρούνται φαινόμενα διαρκούς ουσόσφραυσης, κι' αυτό προκύπτει από τις ακανόνιστες διαφοροποιήσεις των τιμών των  $\text{NO}_3^-$ .

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

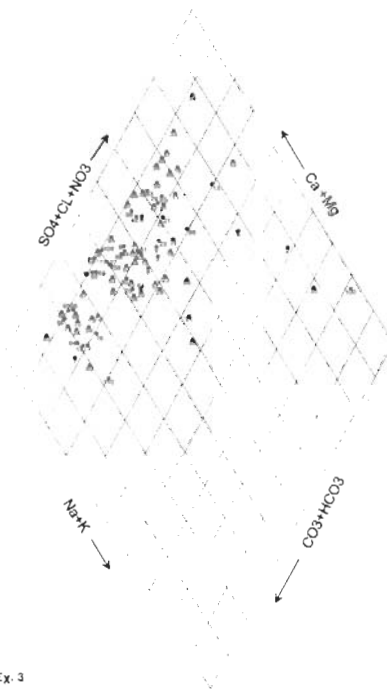
- ΛΑΜΠΡΑΚΗΣ, Ν., ΤΗΝΙΑΚΟΣ, Α., ΛΑΖΑΡΟΥ, Α., ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ. (1997): Νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης υδροφόρων οριζώντων Πελοποννήσου. Πρακτικά 4<sup>ου</sup> Υδρογεωλογικού συνεδρίου με έμφαση σε θέματα ποιότητας και μόλυνσης-ρύπανσης του υπόγειου νερού. Σελ. 163-178, 14-16 Νοεμβρίου. Θεσσαλονίκη.
- MARIOLAKOS, I., FOUNTOULIS, I., LOGOS, E., LOZIOS, S. (1989): Surface faulting caused by the Kalamata (Greece) earthquakes (13-9-86). Tectonophysics, 163, 197-203, Elsevier Sc. Publ. B.V., Amsterdam.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., (1987): "Οι σεισμοτεκτονικές συνθήκες στη Μεσσηνία και τα μετασεισμικά φαινόμενα των σεισμών της 13 Σεπτεμβρίου 1986". Μεταλλειολογικά - Μεταλλουργικά Χρονικά 64, 7-12, Αθήνα.
- ΨΩΝΗΣ, Κ. (1987): "Γεωλογικός χάρτης φύλλο ΚΑΛΑΜΑΤΑ, κλ.1:50.000". Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών. Αθήνα.



Σχ. 1 Γεωλογικός χάρτης και υδροσημεία παρακολούθησης  
 Fig. 1 Geological map and hydrocontrol points of control



Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεοφάνους" π.τ.μήν Γεωλογίας Α.Π.Θ.  
 Fig. 2 Map of equal-potential lines of January 1996

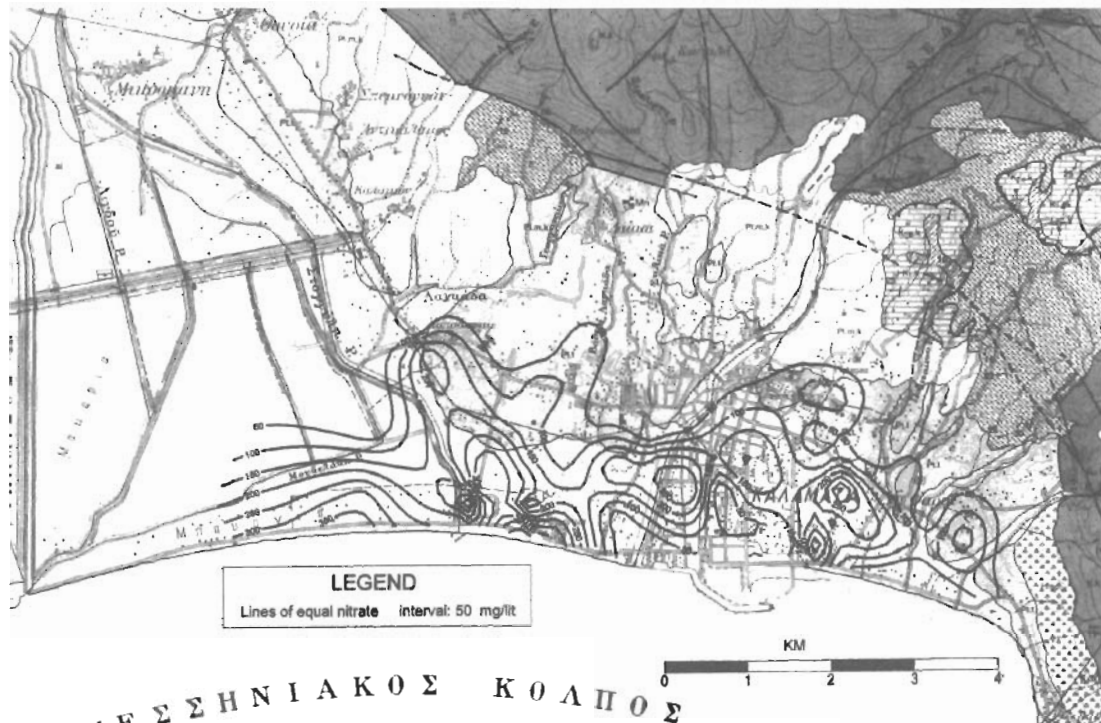


Εκ. 3

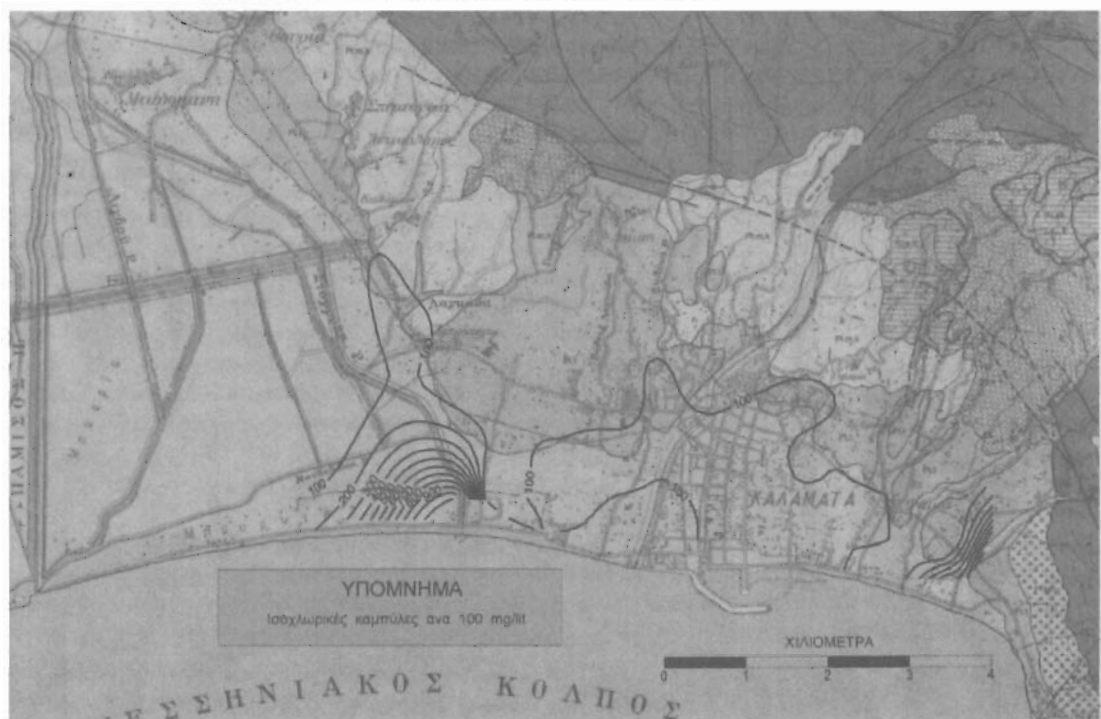
Σχ. 3. Ταξινόμηση δειγμάτων νερού από τους υπόγειους υδροφόρους ενρύτερης περιοχής Καλαμάτας.  
 Fig.3. Sorting of water samples from aquifers of greater kalamata.



Σχ. 4 Χάρτης ίσoανιτρικών καμπύλων περιόδου Σεπτεμβρίου 1995  
 Fig. 4 Map of equal nitrate's lines (period: September 1995)



Σχ. 5 Χάρτης ισονιτρικών καμπυλών περιόδου Ιανουαρίου 1996  
Fig. 5 Map of equal nitrate's lines (period: January 1996)



Σχ. 6 Χάρτης ισοαζώτιων καμπυλών περιόδου Σεπτεμβρίου 1995  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεσσαλονίκης - Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.