

## **ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΛΙΒΑΔΙΩΝ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΤΗΛΟΥ**

Περλέρος Β.<sup>1</sup>, Αντωνιάδης Κ.<sup>2</sup>, Δρακοπούλου Ε.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Γεωλόγος, Διονύσου 56, 152 34 Χαλάνδρι, [perleros@internet.gr](mailto:perleros@internet.gr)

<sup>2</sup> Γεωλόγος MSc, Μελ. Μερκούρη 43, 16232 Βύρωνα, [antoniades@synigoros.gr](mailto:antoniades@synigoros.gr)

<sup>3</sup> Γεωλόγος, Αισχύλου 4, 19009 Ντράφι-Πικέρμι

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η διερεύνηση των υδρογεωλογικών και περιβαλλοντικών συνθηκών έγινε στο πλαίσιο μελέτης για την οριοθέτηση του οικισμού Λιβαδιών ν. Τήλου. Στην περιοχή του οικισμού υπάρχει κοιμητήριο και για το λόγο αυτό ελήφθησαν υπόψη οι προδιαγραφές εκπόνησης υδροτεχνικής μελέτης που ορίζονται στην ΚΥΑ με αριθμό 26889/5769/30.8.98 (Καθορισμός δικαιολογητικών και διαδικασίας για τη μείωση των αποστάσεων των ιδρυόμενων ή επεκτεινόμενων κοιμητηρίων). Η εργασία έχει ως στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης του κοιμητηρίου στις αναπτυσσόμενες στην περιοχή υδροφορίες. Για το σκοπό αυτό διερευνήθηκαν τα γεωλογικά, υδρογεωλογικά, περιβαλλοντικά και υδροχημικά δεδομένα προκειμένου να:

- Συλλεχθούν γεωλογικά / υδρογεωλογικά δεδομένα για να εκτιμηθεί η σπουδαιότητα του αβαθούς υπόγειου νερού, σύμφωνα με τα εθνικά και διεθνή πρότυπα.
- Εκτιμηθεί η διεύθυνση κίνησης του αβαθούς υπόγειου νερού που συναντάται στην περιοχή.
- Εκτιμηθεί η χημεία και ποιότητα του αβαθούς υπόγειου νερού, ανάντη, κατάντη και κοντά στο κοιμητήριο.
- Εκτιμηθεί η πιθανότητα κίνησης χημικών συστατικών και μικροβιακών οργανισμών από την περιοχή του κοιμητηρίου κατάντη και προς τον οικισμό.
- Εντοπισθούν πιθανές πηγές μόλυνσης και ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος.
- Ελεγχθεί εάν επηρεάζεται το υπόγειο νερό - υδροφόρος ορίζοντας της ευρύτερης περιοχής από επιφανειακά και υπόγεια νερά τα οποία έρχονται σε επαφή με το χώρο του κοιμητηρίου.
- Προταθεί τρόπος παρακολούθησης της εξέλιξης των πιθανών προβλημάτων ρύπανσης

### **1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ**

Στα πλαίσια της μελέτης οι εργασίες που πραγματοποιήθηκαν είναι :

- Συγκέντρωση των υπαρχόντων γεωλογικών, υδρογεωλογικών μελετών και στοιχείων, καθώς και των αεροφωτογραφιών της περιοχής μελέτης.
- Απογραφή σημείων εμφάνισης ύδατος (Σ.Ε.Υ.) και μετρήσεις στάθμης.
- Χημικές αναλύσεις δειγμάτων νερού από επιλεγμένα Σ.Ε.Υ.
- Γεωλογική χαρτογράφηση της λεκάνης απορροής της περιοχής σε κλίμακα 1:2.000.

### **2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ - ΓΕΩΛΟΓΙΑ**

#### **2.1 Γεωμορφολογικά στοιχεία**

Η νήσος Τήλος έχει έκταση περίπου 63 km<sup>2</sup> και παρουσιάζει έντονο διαμελισμό και πολυσηχιδείς ακτές.

Μεταξύ των λόφων διαμορφώνονται πεδινές εκτάσεις με μεγαλύτερη τον Κάμπο του Μεγάλου Χωριού και την περιοχή ενδιαφέροντος, τα Λιβάδια. Ιδιαίτερο μορφολογικό χαρακτηριστικό της νήσου αποτελούν οι αποθέσεις των ηφαιστειακών τόφφων οι οποίοι έχουν καλύψει, στο βόρειο κυρί-

ως τμήμα, τις εσωτερικές μεταξύ των λόφων κοιλάδες συνθέτοντας μια ιδιαίτερη χαρακτηριστική ήπια μορφολογία.

Το έντονο ανάγλυφο που περικλείει την πεδινή περιοχή διασχίζουν αρκετοί χείμαρροι με μικρές λεκάνες απορροής.

Η παράκτια πεδινή έκταση μικρού υψομέτρου στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα πρέπει να αποτελούσε παλιότερα περιοδικά κατακλυζόμενη από νερά έκταση.

## 2.2 Γεωλογικές συνθήκες

Με βάση την γεωλογική χαρτογράφηση που πραγματοποιήθηκε στην περιοχή ενδιαφέροντος συναντώνται οι παρακάτω γεωλογικοί σχηματισμοί (IGME 1985, Χριστόδουλου, Τάταρης 1972, Roussos, 1978).

### ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Αλλουβιακές αποθέσεις. Σύγχρονες αποθέσεις που καλύπτουν την πεδινή παράκτια περιοχή ερυθροκάστανου χρώματος.

Πλευρικά Κορήματα και κώνοι κορημάτων.

Συγκεκριμένα κροκαλοπαγή. Χερσαίες παλιότερες αποθέσεις που περιλαμβάνουν ασβεστολιθικές κυρίως κροκάλες, άμμους και αργίλους με ασβεστιτικό συνδετικό υλικό.

Ηφαιστειακοί τόφφοι. Περιέχουν κομμάτια ανδεισιτικών, δακτικικών και ρυοδακτικικών λαβών και προέρχονται από εκρήξεις γειτονικών ηφαιστείων (Νίσυρος).

### ΖΩΝΗ ΠΙΝΔΟΥ – ΕΝΟΤΗΤΑ ΚΡΕΑΤΗΣ

Ραδιολαρίτες και πρώτος φλύσχης (hn-fl). Περιλαμβάνουν ερυθρούς κερατόλιθους με παρεμβολές μαργαϊκών ασβεστολίθων.

Ασβεστόλιθοι. Λεπτοπλακώδεις τεφροί έως λευκότεφροι πολυπτυχωμένοι ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις και κονδύλους πυριτολίθων.

Φλυσχοειδές. Κλασική σειρά που περιλαμβάνει εναλλαγές στρωμάτων αργίλων, ψαμμιτών, ασβεστολίθων και σωμάτων βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων.

## 2.3 Τεκτονική

Η περιοχή ενδιαφέροντος που καλύπτεται από τα ιζήματα της ενότητας Κρεατής παρουσιάζει έντονο τεκτονισμό. Εξαιτίας των λεπτοπλακωδών ιζημάτων και των εναλλαγών εύκαμπτων και λιγότερο εύκαμπτων πετρωμάτων παρατηρούνται εφπιπτεύσεις και συνεχείς εναλλαγές των πετρωμάτων υπό μορφή λειπών. Οι κύριες διευθύνσεις των μεγαλύτερων ρηγμάτων και εφπιπτεύσεων που συναντώνται είναι περίπου Β-Ν με μικρές διαφοροποιήσεις προς τα ανατολικά και δυτικά. Ένα δεύτερο σύστημα μικρότερων διαρρήξεων είναι διεύθυνσης Α-Δ. Κατά μήκος των κυρίων αυτών διευθύνσεων αναπτύσσονται τόσο οι ακτές και οι λοφοσειρές όσο και τα ρέματα.

## 3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Η εξέταση των υδρογεωλογικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή της προς οριοθέτηση έκτασης έχει ως στόχο τη διερεύνηση των συνθηκών κυκλοφορίας του υπόγειου νερού και της τροφοδοσίας του, τον διαχωρισμό των επιμέρους υδροφοριών που αναπτύσσονται και την επίδραση αυτών στις κατασκευές που θα δημιουργηθούν. Στα πλαίσια της υδροτεχνικής μελέτης που εκπονήθηκε για την οριοθέτηση του οικισμού γύρω από το κοιμητήριο πραγματοποιήθηκε απογραφή των υφιστάμενων γεωτρήσεων και πηγαδιών της λεκάνης απορροής, μετρήσεις στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και λήφθηκαν δείγματα νερού για χημική και μικροβιολογική ανάλυση (Αντωνιάδης, Περλέρος, Δρακοπούλου 2001).

### 3.1 Υδρολιθολογική ταξινόμηση.

Η περιοχή ενδιαφέροντος παρουσιάζει σχηματισμούς ποικίλης υδρολιθολογικής συμπεριφοράς. Διακρίνονται με βάση την υδρολιθολογία οι παρακάτω σχηματισμοί:

#### Α. Πορώδεις σχηματισμοί

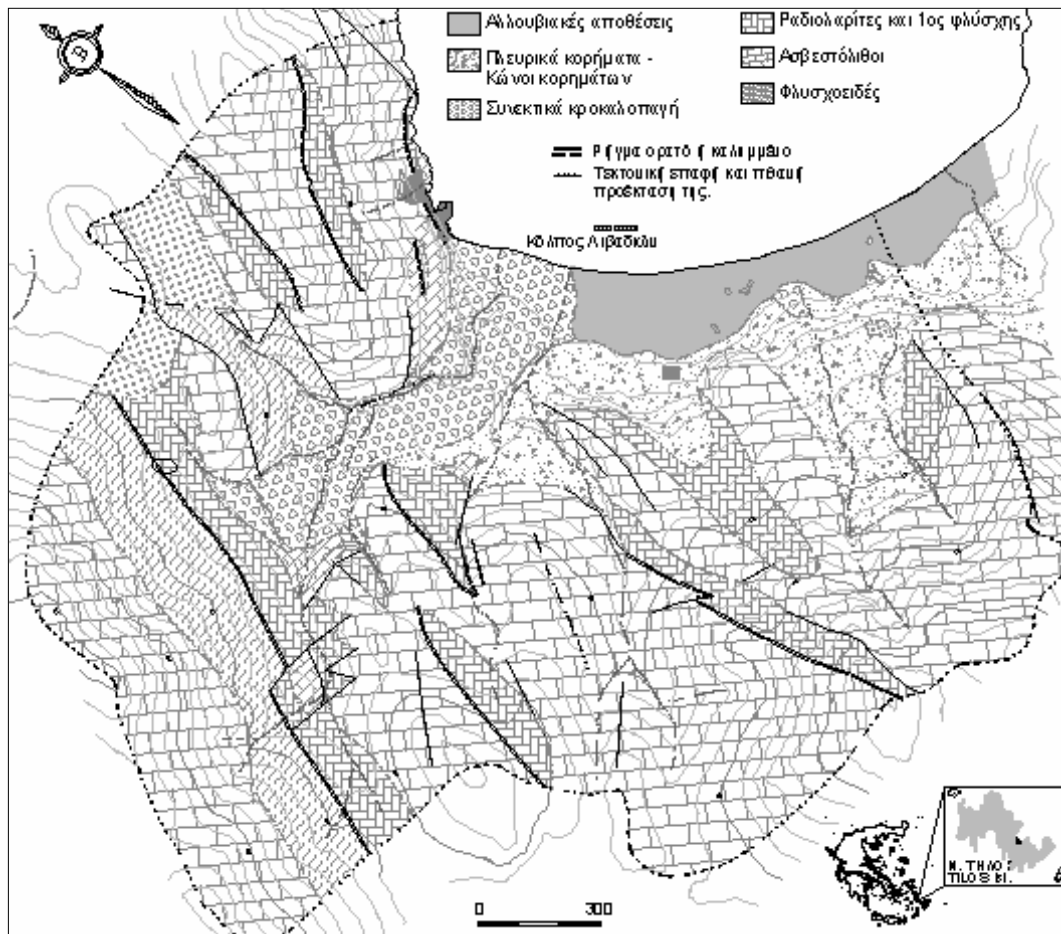
*Κοκκώδεις προσχωματικές αποθέσεις μέσης διαπερατότητας:* Κατατάσσονται εδώ τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων που καλύπτουν τμήματα των κλιτύων.

*Κοκκώδεις προσχλωματικές αποθέσεις μικρής έως μέσης διαπερατότητας* : Κατατάσσονται εδώ οι σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις και οι ηφαιστειακοί τόφφοι. Στις αλλουβιακές αποθέσεις αναπτύσσεται ασθενής υπόγεια υδροφορία.

**Β. Καρστικός σχηματισμοί**

*Ασβεστόλιθοι μέσης διαπερατότητας* : Κατατάσσονται εδώ οι λεπτοπλακώδεις πολυπτυχωμένοι ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις και κονδύλους πυριτιολίθων και κατά θέσεις παρεμβολές ροδόχρωμων ασβεστολίθων.

**Γ. Αδιαπέρατοι σχηματισμοί.** Πρακτικά αδιαπέρατοι ή εκλεκτικής κυκλοφορίας σχηματισμοί με μικρή έως πολύ μικρή υδροπερατότητα : Κατατάσσονται εδώ οι ερυθροί κερατόλιθοι με παρεμβολές μαργαϊκών ασβεστολίθων και η κλαστική σειρά του φλυσχοειδούς.



Σχήμα 1. Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής Λιβαδίων Τήλου

**3.2 Αναπτυσσόμενες υδροφορίες.**

Στην περιοχή έρευνας αναπτύσσονται οι παρακάτω υδροφορίες (Αντωνιάδης, Περλέρος, Δρακοπούλου 2001) :

**Καρστική υδροφορία.** Το μικρό ύψος βροχής στην περιοχή σε συνδυασμό με τις συχνές εναλλαγές καρστικών (ασβεστόλιθοι) και αδιαπέρατων σχηματισμών (ραδιολαρίτες, φλύσχης) δεν επιτρέπουν την δημιουργία εκτεταμένων καρστικών λεκανών. Οι μικρές καρστικές λεκάνες που σχηματίζονται, εκφορτίζονται είτε μέσω μικρών πηγών είτε απ' ευθείας στη θάλασσα στην περίπτωση που είναι ανοιχτές προς αυτή. Στην τελευταία περίπτωση το υπόγειο νερό παρουσιάζεται εντόνως υφάλμυρο μετά από μικρής κλίμακας αντλήσεις (Δάνδολος ΙΓΜΕ, 1986).

Προσχωματική υδροφορία. Στην πεδινή περιοχή των Λιβαδιών αναπτύσσεται αβαθής υπόγεια υδροφορία μικρού δυναμικού. Η ασθενής αυτή υδροφορία εκμεταλλεύονταν παλιότερα μέσω πηγαδιών για το πότισμα λαχανικών και δένδρων. Σήμερα η εκμετάλλευση αυτή έχει σχεδόν εγκαταλειφθεί, τόσο εξαιτίας της έντονης υποβάθμισης του υπογείου ορίζοντα (υφαλμύριση και ρύπανση από μικροβιολογικό φορτίο) όσο και λόγω της αλλαγής χρήσης των αγροτεμαχίων.

## 4 ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ

### 4.1 Νομικό πλαίσιο.

Το Προεδρικό Διάταγμα 1128/80 το οποίο αφορά την ίδρυση ή επέκταση κοιμητηρίων προβλέπει ότι «Τα ιδρύομενα ή επεκτεινόμενα κοιμητήρια δέον να απέχουν τουλάχιστον 250 μ. εκ του άκρου του εγκεκριμένου σχεδίου πόλεως, 100 μ. εκ φρεάτων και 50 μ. εκ πηγών ποσίμου ύδατος και εν πάση περιπτώσει να μη δημιουργούνται κίνδυνοι ρυπάνσεως ή μόλυνσεως του υδροφόρου ορίζοντος του τροφοδοτούντος τα εν λόγω φρέατα ή πηγάς...», επίσης «...Απαγορεύεται η έγκριση νέου ή επέκτασης υφιστάμενου σχεδίου πόλεως, η ανόρυξη φρέατος πόσιμου ύδατος και η ίδρυση νέων νοσοκομείων ή κλινικών εις αποστάσεις μικροτέρας των ως άνω καθοριζόμενων εξ υφισταμένων κοιμητηρίων...». Το άρθρο 29 (παρα. γ) του νόμου 2508/97 ορίζει ότι «Η κατά το ανωτέρω Προεδρικό Διάταγμα 1128/80 απόσταση των μέτρων για την έγκριση ή επέκταση σχεδίου πόλης από υφιστάμενα μέχρι του παρόντος κοιμητήρια, δύναται να μειωθεί μέχρι τα 50 μέτρα, με την υπόθεση ότι μεταξύ του προς επέκταση σχεδίου πόλης και του κοιμητηρίου υπάρχουν κοινόχρηστοι χώροι ή χώροι πράσινου και επιπλέον δεν προκύπτει κίνδυνος ρύπανσης ή μόλυνσης του υπογείου υδροφόρου στρώματος, αποδεικνυόμενου από υδρογεωτεχνική μελέτη...». Τέλος, με την υπ αρ. 26882/5769/1998 Κοινή Υπουργική Απόφαση ορίζονται τα δικαιολογητικά που απαιτούνται και η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για τη μείωση των παραπάνω οριζόμενων αποστάσεων. Έτσι για την ίδρυση ή επέκταση νεκροταφείου πρέπει να ελεγχθούν οι υδρογεωλογικές - περιβαλλοντικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής ώστε να μην προκύπτει κίνδυνος ρύπανσης ή μόλυνσης του υπογείου υδροφόρου στρώματος.

Έχει διαπιστωθεί ότι ρυπαντές προερχόμενοι από νεκροταφεία μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά τη χημεία ενός υδροφόρου ορίζοντα. Περιοχές στις οποίες αναπτύσσονται αβαθείς υδροφόροι ορίζοντες, όπως τα Λιβάδια Τήλου, είναι πιο επιδεκτικές στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που οφείλονται στην ύπαρξη κάποιου κοιμητηρίου.

### 4.2 Δείκτες ελέγχου ποιότητας υπόγειου νερού.

Όπως προαναφέρθηκε στην περιοχή των Λιβαδιών αναπτύσσεται ένας αβαθής, ασθενής υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας το βάθος του οποίου κυμαίνεται από 0,50 έως 3,90 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους. Κατά τη διάρκεια των εργασιών υπαίθρου συλλέχθηκαν και δείγματα υπόγειου νερού τα οποία απεστάλησαν σε εξειδικευμένο εργαστήριο προκειμένου να αναλυθούν. Οι παράμετροι που μπορεί να επηρεάζονται από το κοιμητήριο και που εν προκειμένω χρησιμοποιούνται ως δείκτες είναι: το μικροβιακό φορτίο, η αμμωνία, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, ο ολικός οργανικός άνθρακας (Total Organic Carbon [TOC]), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand [COD]), και το βιοχημικώς απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand [BOD]). Άλλες παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν το pH και η αγωγιμότητα. Οι παραπάνω "δείκτες" μπορεί να επηρεάζονται και από άλλες πηγές ρύπανσης. Επομένως για να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, που οφείλονται στο κοιμητήριο, πρέπει να ληφθούν υπόψη οι γεωλογικές, υδρογεωλογικές συνθήκες και οι οποιεσδήποτε δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος. Στην δεύτερη φάση αναλύθηκαν δείγματα νερού για τους παραπάνω παραμέτρους καθώς και για βαρέα μέταλλα (Αρσενικό, Κάδμιο, Χρώμιο, Χαλκό, Μόλυβδο, Νικέλιο, Ψευδάργυρο, Κυανιούχα, Σίδηρο).

### 4.3 Συλλογή δειγμάτων.

Η διερεύνηση της ποιότητας του αβαθούς υπόγειου νερού πραγματοποιήθηκε με συγκεκριμένη μεθοδολογία για να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν επιπτώσεις στο περιβάλλον (Αντωνιάδης Κ. Α. 2000, Driscoll, F.G., 1986), και στη συνέχεια να συλλεχθούν πρόσθετα στοιχεία σχετικά με την ρύπανση – μόλυνση και τις τιμές αναφοράς.

I) Κατά την πρώτη φάση συλλέχθηκαν δείγματα υπόγειου νερού από έξι υπάρχοντα πηγάδια (Φ5, Φ1, Φ8, Φ11, Φ12 και Φ24) που βρίσκονται κατάντη του κοιμητηρίου. Δεν υπήρχε διανοιγμένο πηγάδι ανάντη του κοιμητηρίου για να συλλεχθεί και αναλυθεί δείγμα νερού.

II) Κατά την δεύτερη φάση συλλέχθηκαν δείγματα νερού από τέσσερα πηγάδια εκ των οποίων τα 3 τελευταία βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από το κοιμητήριο (Φ5, Φ17, Φ23, Φ35). Η ανάλυση για βαρέα μέταλλα είχε σκοπό την εκτίμηση ρύπανσης από χώρο διάθεσης απορριμμάτων που βρίσκεται εντός του κυρίως ρέματος και ανάντη του οικισμού. Το δείγμα από το Φ5 αναλύθηκε για να συγκριθούν τα αποτελέσματα με αυτά της πρώτης φάσης.

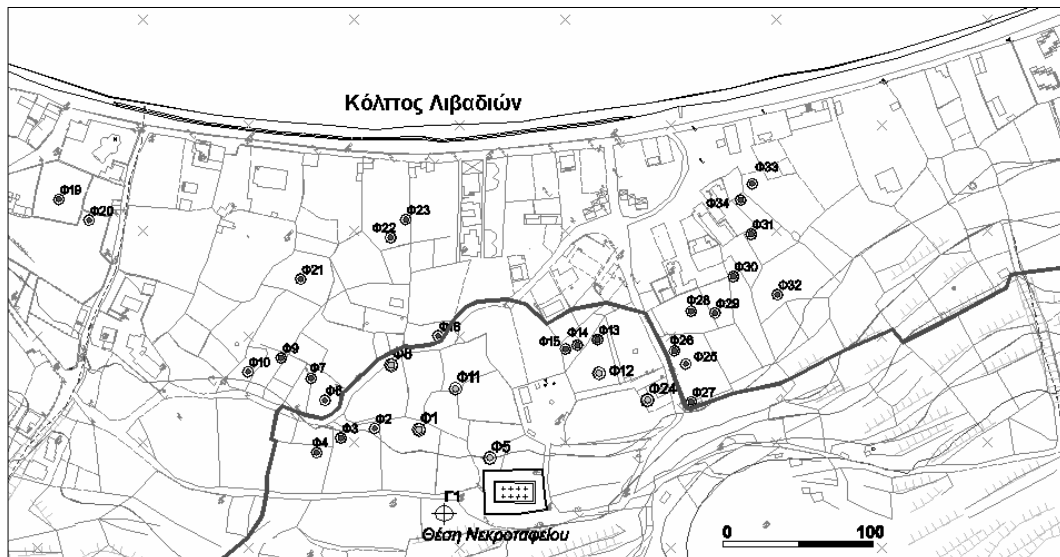
III). Τα δείγματα απεστάλησαν σε έγκυρο εργαστήριο και αναλύθηκαν για τις εξής παραμέτρους: pH, Αγωγιμότητα, Χλωριούχα, Μικροβιακό φορτίο, COD, TOC, BOD, Αμμωνία, Νιτρικά, Νιτρώδη. Τα δείγματα της δεύτερης φάσης αναλύθηκαν και για τα προαναφερθέντα βαρέα μέταλλα.

IV) Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην τεχνική της λήψης των υδροχημικών δειγμάτων για να εξασφαλιστεί ότι τα δείγματα που συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν είναι αντιπροσωπευτικά της χημείας του υπόγειου νερού (της περιοχής από την οποία συλλέχθηκαν). Ας σημειωθεί ότι τα δείγματα ελήφθησαν στις 23 Νοεμβρίου 2000 & στις 10 Οκτωβρίου 2001, μετά από παρατεταμένες περιόδους ανομβρίας (περίπου 10 μηνών σύμφωνα με τους κατοίκους). Όλα τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη δειγματοληψία καθαρίστηκαν προσεκτικά πριν από την λήψη του πρώτου δείγματος και κατόπιν κάθε φορά μεταξύ των διαδοχικών δειγματοληψιών. Πρώτα συλλέχθηκαν τα δείγματα νερού από τα πιο απομακρυσμένα πηγάδια και ακολούθησε η συλλογή αυτών που προέρχονταν από τα πηγάδια που είναι τοποθετημένα κοντύτερα στο κοιμητήριο. Η μέτρηση της στάθμης του νερού έγινε με σταθμήμετρο ακρίβειας  $\pm 0.3$  εκατοστά. Πριν τη λήψη των δειγμάτων αφαιρέθηκε το νερό και διάφορα σκουπίδια που ευρίσκονταν μέσα στο πηγάδι. Η διαδικασία αυτή θεωρείται απαραίτητη για να διασφαλιστεί (όσο είναι δυνατόν) η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος. Σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική πρέπει να αφαιρείται τρεις με πέντε φορές ο όγκος του νερού που περιέχεται στο πηγάδι. Αν πριν την αφαίρεση των τριών έως πέντε όγκων νερού το πηγάδι "αδειάσει" (εκκενωθεί) τότε η δειγματοληψία πραγματοποιείται μόλις το νερό επανέρθει στο 90% της αρχικής στάθμης, ή μέσα σε 24 ώρες από το άδειασμά του (όποιο από τα δύο συμβεί πρώτο). Τα πηγάδια από τα οποία συλλέχθηκαν τα δείγματα, για την παρούσα μελέτη, "άδειασαν" μόλις αφαιρέθηκε ο πρώτος όγκος νερού που περιέχονταν στο πηγάδι. Δεδομένου ότι το υπέδαφος της περιοχής ενδιαφέροντος παρουσιάζει σχετικά μικρή υδραυλική αγωγιμότητα (Κ) δεν υπήρξε γρήγορη επαναφορά της στάθμης του υπόγειου νερού, και ως εκ τούτου τα δείγματα συλλέχθηκαν ύστερα από 24 ώρες (Barcelona et al 1985, Barcelona 1984). Κατά την διάρκεια της εκκένωσης του στάσιμου νερού καταγράφηκαν και ορισμένες χαρακτηριστικές παράμετροι όπως: pH, αγωγιμότητα, θερμοκρασία και το σύνολο των διαλυμένων στερεών (Total dissolved solids, TDS). Οι παράμετροι αυτές καταγράφησαν στην αρχή (πριν αφαιρεθεί οποιαδήποτε ποσότητα νερού), μετά την αφαίρεση του μισού όγκου και αφότου το πηγάδι "άδειασε". Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στα δοχεία όπου συλλέχθηκε το δείγμα νερού στο οποίο θα γινόταν ανάλυση για μικροβιακό φορτίο, η προμήθεια των οποίων έγινε από το χημικό εργαστήριο και ήταν αποστειρωμένα. Μετά τη συλλογή τους τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε θερμό ("cooler") με πάγο για να διατηρήσουν θερμοκρασία περίπου 4 βαθμών Κελσίου, ενώ παραδόθηκαν στο εργαστήριο για ανάλυση μέσα στις προβλεπόμενες προθεσμίες. Στο εργαστήριο παραδόθηκε για ανάλυση μια φιάλη όγκου 1,5 lt εμφιαλωμένου νερού του εμπορίου και διπλό δείγμα από το πηγάδι Φ5 (κατά την πρώτη φάση). Αυτό θεωρήθηκε απαραίτητο για να διασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων και ότι δεν θα υπάρξουν στα δείγματα ρυπαντές από άλλη πηγή.

#### 4.4 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων χημικής ανάλυσης.

Το αβαθές υπόγειο νερό που αναπτύσσεται στους σχηματισμούς δεν θεωρείται ως σημαντικός υδροφόρος ορίζοντας και προφανώς δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πηγή πόσιμου νερού. Στο παρελθόν έχει χρησιμοποιηθεί για το πότισμα των καλλιεργειών. Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται στους Πίνακες 1 και 2. Η υψηλή περιεκτικότητα όλων των δειγμάτων σε χλώριο, καθώς και οι υψηλές τιμές αγωγιμότητας δείχνουν υψηλό βαθμό υφαλμύρισης. Παράλληλα, η παρουσία των ανιχνευμένων ρυπαντών το καθιστά ακατάλληλο για τις περισσότερες χρήσεις. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στο γεγονός ότι σε τρία δείγματα (από Φ5, Φ12 & Φ14) εμφανίζεται σχετικά υψηλή συγκέντρωση Αμμωνίας. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του χημικού εργαστη-

ρίου η παρουσία κολοβακτηριδίων στο δείγμα εμφιαλωμένου νερού που χρησιμοποιήθηκε ως δείκτης (Φ33) οφείλεται είτε στην κακή συντήρηση – διατήρηση του νερού κατά την αποθήκευσή του στο κατάστημα πώλησης, είτε στην διαδικασία εμφιάλωσης.



Σχήμα 2. Χάρτης σημείων εμφάνισης ύδατος περιοχής κοιμητηρίου

#### 4.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων με ανώτατα επιτρεπτά όρια και χαρακτηριστικές τιμές ρύπων.

Το υπόγειο νερό στην περιοχή ενδιαφέροντος δεν είναι πόσιμο και δεν είναι κατάλληλο για την πλειοψηφία των χρήσεων. Οι τιμές που παρατηρήθηκαν στα αναλυθέντα δείγματα, συγκρίθηκαν με αυτές που έχουν καθορισθεί για τη διάθεση αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες, καθώς και με τις χαρακτηριστικές τιμές των ρύπων σε διάφορα νερά και απόβλητα. Οι προδιαγραφές και οι ανώτατες τιμές των δεικτών ρύπανσης ποικίλλουν για τις διάφορες κατηγορίες νερού και αποβλήτων προς διάθεση σε φυσικούς αποδέκτες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η υπ. Αριθ. 22374/91/94 απόφαση Νομάρχη Θεσσαλονίκης με την οποία ορίζονται οι «Όροι διαθέσεως των λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και καθορισμός της ανώτερης τάξεως χρήσεως των υδάτων τους στο Νομό Θεσσαλονίκης» καθώς και η υπ. αριθ. 179182/656/79 απόφαση του Νομάρχη Αττικής «Περί διαθέσεως υγρών αποβλήτων από τις παραγωγικές διαδικασίες των βιομηχανιών περιοχής μείζονος πρωτευούσης δια του δικτύου υπονόμων και των ρευμάτων που επιτρέπονται στον Κ.Α.Α και που εμποτεύονται από τον Ο.Α.Π., με αποδέκτη τη θαλάσσια περιοχή Κερατσινίου Πειραιώς». Σε αυτές ορίζονται τα ανώτατα επιτρεπτά όρια διάθεσης αποβλήτων ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση των υδάτων. Ως συγκριτικά στοιχεία παρατίθενται οι κατώτερες τιμές από τα επιτρεπτά όρια σε αποδέκτες που δεν προορίζονται για χρήση πόσιμου ύδατος ή για κολύμβηση ή για διάθεση σε ρέματα. Σημειώνεται ότι σε άλλες παρόμοιες αποφάσεις τα ανάλογα όρια είναι υψηλότερα ή και χαμηλότερα ανάλογα με την προοριζόμενη χρήση των υδάτων: π.χ. Τιμές στα δείγματα 7,2 έως 8,2. Όρια στις αποφάσεις Νομαρχών, 6 – 9. Νιτρώδη και Νιτρικά : Τιμές μηδενικές για  $\text{mgNO}_2/\text{lt}$  & από 0 έως 14 για  $\text{mgNO}_3/\text{lt}$ . Οι τιμές αυτές είναι χαμηλότερες, τόσο από τα επιτρεπτά όρια διάθεσης αποβλήτων στις αποφάσεις Νομαρχών (3  $\text{mg/l}$  για τα Νιτρώδη και 50  $\text{mg/l}$  για τα Νιτρικά, όσο και από την ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση στο πόσιμο νερό. Αμμωνία : Οι τιμές στην πρώτη (Α) φάση σε δύο από τα έξι δείγματα είναι 8 και 14-25  $\text{mg NH}_4/\text{lt}$  (Φ12 & Φ5 / Φ5B αντίστοιχα). Στη Β' φάση μετρήθηκαν 6  $\text{mg NH}_4/\text{lt}$  στο Φ5, 14 $\text{mg NH}_4/\text{lt}$  στο Φ17, 3  $\text{mg NH}_4/\text{lt}$  στο Φ35. Κατώτερη τιμή από τα επιτρεπτά όρια διάθεσης, σύμφωνα με τις αποφάσεις των Νομαρχών είναι 10  $\text{mgNH}_4/\text{lt}$ .

Προκύπτει λοιπόν ότι τα δείγματα Α φάσης από το Φ5 και το δείγμα Β' φάσης από το Φ17 έχουν συγκέντρωση υψηλότερη από αυτή που προβλέπεται στις αποφάσεις Νομαρχών. Τιμές BOD 5 σε

νερά και απόβλητα: Τιμές στα δείγματα από 2 έως 52 mgO<sub>2</sub>/lt, που είναι παρόμοιες με τιμές που παρατηρούνται σε νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί (>10), ή νερά αποβλήτων μετά την κατεργασία (10-20). Η κατώτερη τιμή των επιτρεπτών ορίων διάθεσης, σύμφωνα με αποφάσεις Νομαρχιών είναι 40 mg/lt. Το δείγμα από το Φ23 παρουσιάζει την μεγαλύτερη τιμή 52 mg/lt. Τιμές COD σε νερά και απόβλητα : Τιμές στα δείγματα 17 – 251 mgO<sub>2</sub>/lt. Κατώτερη τιμή από τα επιτρεπτά όρια διάθεσης, σύμφωνα με αποφάσεις Νομαρχιών 120 mg/lt. Χαρακτηριστική τιμή ακατέργαστων οικιακών λυμάτων 420 mg/lt. Προκύπτει δηλαδή ότι στα δείγματα από Φ23, Φ12 & Φ8 το COD είναι υψηλότερο από το όριο (251mg/lt & 161mg/lt αντίστοιχα).

Πίνακας 1. Αποτελέσματα ανάλυσης δειγμάτων υπόγειου νερού Α' φάσης (για ρυπαντές που ανιχνεύθηκαν)

Μετρούμενη Παράμετρος	Πηγάδια Λήψης Δειγμάτων / απόσταση από κοιμητήριο							
	Φ1/ 55μ.	Φ5 /Φ5B 8μ.	Φ8 / 90μ.	Φ11 / 58μ.	Φ12 / 75μ.	Φ24 / 83μ.	Φ33 <sup>5</sup>	Όρια <sup>6</sup>
pH		7,4/7,5	7,5	7,4	7,4	7,8	8,2	6,5-9,5
μS/cm (αγωγ.)	13530	4650/4700	17550	9280	17520	2450	988	2500
Cl mg/lt	4414	1341/1379	5679	2707	5566	566	75	200
NH <sub>4</sub> mg/lt	0	14/25	0	0	8	0	0	0,5
NO <sub>3</sub> mg/lt	1	3/4	1	0	3	0	0	50
T.O.C mgC/lt	3,3	12/15	14	1,8	25	1,6	0,8	-
B.O.D <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /lt	2	8/9	15	1	22	0	0	-
C.O.D mgO <sub>2</sub> /lt	17	56/71	161	11	251	9	5	-
KBK <sup>1</sup> Ανά 100 ml	11	25/370	63	210	280	450	0	0
OK <sup>2</sup> Ανά 100 ml	6500	8200/29000	11400	24700	26000	32000	74	0
OAB <sup>3</sup> 37° C Ανά 1 ml	11000	15000 / 39000	21000	32000	35000	44000	460	-
ΣΚ <sup>4</sup> Ανά 100 ml	2400	3900/18300	5200	13600	15200	24100	2	0

Πίνακας 2. Αποτελέσματα ανάλυσης δειγμάτων υπόγειου νερού Β' Φάσης(για ρυπαντές που ανιχνεύθηκαν)

Μετρούμενη παράμετρος	Πηγάδια Λήψης Δειγμάτων / απόσταση από μάντρα νεκροταφείου				
	Φ5/8μ.	Φ17/ 460μ.	Φ23/ 180μ.	Φ35/ 450μ.	Όρια <sup>6</sup>
pH	7,8	7,9	7,5	7,7	6,5-9,5
μS/cm (αγωγ.)	3000	1750	11400	4900	2500
Cl mg/lt	1376	560	9175	3488	200
NH <sub>4</sub> mg/lt	8,8	0	0	1,3	0,5
NO <sub>3</sub> mg/lt	6	14	0	3	50
T.O.C mgC/lt	16	5	64	12	-
B.O.D <sub>5</sub> mgO <sub>2</sub> /lt	8	3	52	6	-
C.O.D mgO <sub>2</sub> /lt	55	20	226	39	-
KBK <sup>1</sup> Ανά 100 ml	106	0	11	0	0
OK <sup>2</sup> Ανά 100 ml	7800	1370	5800	4600	0
OAB <sup>3</sup> 37° C Ανά 1 ml	13500	3600	9400	8200	-
ΣΚ <sup>4</sup> Ανά 100 ml	920	24	670	125	0
Σίδηρος mg/lt	10	0,04	1,2	4,1	0,2

1.Κολοβακτηριδιοειδή Κοπράνων, 2. Ολικά Κολοβακτηριδιοειδή, 3.Ολικός αριθμός βακτηρίων 37 C, 4. Στρεπτόκοκκοι κοπράνων 5. Δείγμα από εμφιαλωμένο νερό, 6. Όρια πόσιμου νερού

Μικροβιακή μόλυνση: Οι δείκτες τις μικροβιακής μόλυνσης δείχνουν ότι "...το νερό εμφανίζει έντονη μικροβιακή μόλυνση κοπρανώδους προελεύσεως". Τα επίπεδα μόλυνσης υποδεικνύουν νερά μέτρια (1000-5000 κολοβακτηρίδια/100 ml) έως έντονα μολυσμένα (10000-100000 κολοβακτηρίδια / 100 ml) και οι τιμές είναι εκτός οποιονδήποτε επιτρεπτών ορίων, η ορίων διάθεσης. Από τα μέταλλα μετρήθηκαν τιμές μόνο για σίδηρο. Σε δύο δείγματα Φ10 & Φ 435 οι τιμές είναι μεγαλύτερες από αυτές στις αποφάσεις Νομαρχών (2mg/l). Σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα η υψηλότερη περιεκτικότητα σιδήρου μπορεί να οφείλεται και στην απόθεση απορριμμάτων στην ευρύτερη περιοχή.

#### 4.6 Εκτίμηση της μέσης γραμμικής ταχύτητας (Seepage Velocity).

Η μέση γραμμική ταχύτητα, που εκπροσωπεί την ταχύτητα κίνησης του υπόγειου νερού μεταξύ δύο σημείων, υπολογίζεται από τον τύπο  $V_s = K I / n_e$  (Fetter, 1980, 1993, 1994), όπου  $K$  η υδραυλική αγωγιμότητα,  $I$  η υδραυλική κλίση της πιεζομετρικής επιφάνειας και  $n_e$  το ενεργό πορώδες (effective porosity). Για την εκτίμηση της υδραυλικής αγωγιμότητας χρησιμοποιήθηκαν οι μετρήσεις της ανόδου στάθμης του νερού (μετά την ολική αφαίρεσή του) από το πηγάδι Φ8. Αυτές εισήχθηκαν στην εφαρμογή Aqtesolv (Geragthy & Miller, Inc) με βάση την οποία υπολογίστηκε το  $K = 7.8 \times 10^{-5}$  m/min (0.11 m/day). Ως κλίση της πιεζομετρικής επιφάνειας χρησιμοποιήθηκε η τιμή που προκύπτει μεταξύ των πηγαδιών Φ5 και Φ8 η οποία είναι  $I = 0.0035$ . Το ενεργό πορώδες λαμβάνεται ίσο με  $n_e = 0,10$  (U.S.EPA, 1989). Έτσι  $V_s = 0.11$  m/day  $\times 0.0035 \div 0.1 = 0.0039$  m/day. Δηλαδή η κίνηση διάμεσου του εδάφους εκτιμάται 1.4 μέτρα το χρόνο, ή 70 μέτρα στα 50 χρόνια.

### 5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ ΣΤΟ ΚΟΙΜΗΤΗΡΙΟ

Προκειμένου να εκτιμηθεί η μόλυνση και ρύπανση που προέρχεται από το κοιμητήριο πρέπει να αξιολογηθεί το σύνολο των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί μέχρι σήμερα καθώς και τα στοιχεία όπως παρουσιάστηκαν ανωτέρω (Καλλέργης 1986, Κουϊμτζής 1997). Αναλυτικότερα :

- Ο οικισμός έχει μικρό πληθυσμό και ως εκ τούτου το κοιμητήριο κατέχει μικρή έκταση και είναι σχετικά μικρής δυναμικότητας.
- Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις υπαίθρου οι εδαφικοί σχηματισμοί στην περιοχή του κοιμητηρίου έχουν μέτρια έως μικρή υδραυλική αγωγιμότητα ( $K$ ).
- Τα δείγματα συλλέχθηκαν μετά από μεγάλη περίοδο ανομβρίας και ενδέχεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερες τιμές συγκέντρωσης λόγω έλλειψης «μέσου αραίωσης».
- Από τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων, εκτιμάται ότι το αβαθές υπόγειο νερό έχει υψηλούς ρύπους ιδιαίτερα στα δείγματα που περιέχουν αμμωνία. Για την πλειοψηφία των δεικτών όμως, πλην των μικροβιακών, οι τιμές ευρίσκονται εντός των ορίων που ορίζονται για απόρριψη αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες.
- Οι περισσότεροι δείκτες που προσδιορίζουν ρύπανση από κοιμητήριο, δεν είναι, συγκριτικά, σε τόσο υψηλά επίπεδα όσο το μικροβιακό φορτίο και δεν μειώνονται σε συνάρτηση με την απόσταση.
- Η μικροβιακή μόλυνση είναι κοπρανώδους προέλευσης.
- Η εκτιμώμενη κίνηση του υπόγειου νερού είναι κυρίως προς τα ανατολικά, με συνιστώσες βορειοανατολικά και νοτιοανατολικά και όχι προς τον πυρήνα του υπάρχοντος οικισμού.
- Διαφαίνεται λοιπόν ότι ρύποι μεταφέρονται προς την παράκτια ζώνη και από άλλες πηγές ρύπων & μόλυνσης λόγω μεγαλύτερης υδραυλικής αγωγιμότητας των σχηματισμών (κροκαλοπαγή κλπ) και της ροής των υδάτων.
- Παρατηρήθηκε ότι στο ανώτερο τμήμα της λεκάνης απορροής της περιοχής ευρίσκεται χώρος ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων. Ο χώρος αυτός αποτελεί σημαντική πηγή ρύπανσης και συμβάλλει στην αύξηση των τιμών των ρυπαντών που χρησιμοποιήθηκαν σαν δείκτες ελέγχου των περιβαλλοντικών συνθηκών.
- Από τις αναλύσεις των δειγμάτων, σε συνδυασμό με τις γεωλογικές υδρογεωλογικές συνθήκες προκύπτει ότι οι σχετικά μεγάλες ξενοδοχειακές μονάδες σε συνδυασμό με τους σηπτικούς βόθρους των οικιών αποτελούν σημαντικές πηγές ρύπανσης και μόλυνσης της περιοχής.

*Εκτιμάται λοιπόν ότι το πρόβλημα μόλυνσης & ρύπανσης δεν οφείλεται αποκλειστικά στην ύπαρξη του κοιμητηρίου. Γίνεται αποδεκτό ότι το κοιμητήριο συνεισφέρει σε μικρό ποσοστό στην ρύπανση*



ση – μόλυνση του αβαθούς υπόγειου νερού, ενώ θεωρείται ότι δεν είναι η αποκλειστική πηγή διοχέτευσης των εν λόγω ρύπων στο περιβάλλον σε μεγάλες ποσότητες και σημαντικές αποστάσεις. Το πρόβλημα λοιπόν δεν εντοπίζεται στην ύπαρξη ή όχι του κοιμητηρίου, αλλά στον έλεγχο των δραστηριοτήτων και την εφαρμογή μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος σε όλες τις πιθανές πηγές μόλυνσης & ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής.

## 6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΤΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ

Το αβαθές υπόγειο νερό αποτελεί μικρού δυναμικού υδροφορία. Λόγω της υφαλμύρισης και χημείας του καθίσταται, στις περισσότερες των περιπτώσεων, προβληματική η εκμετάλλευσή του.

Σύμφωνα με τη διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών προκύπτει ότι συντρέχουν οι προϋποθέσεις για μείωση των αποστάσεων του ορίου του οικισμού από το κοιμητήριο δεδομένου ότι:

- ❖ Το κοιμητήριο δεν είναι η κύρια πηγή της παρατηρούμενης μόλυνσης & ρύπανσης.
- ❖ Οι υδρογεωλογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για τη μείωση της απόστασης δεδομένου των μικρών κλίσεων εδάφους της χαμηλής υδραυλικής αγωγιμότητας των σχηματισμών, της ασήμαντης και μειωμένης χρήσης του υπόγειου νερού και των ενδείξεων ότι αυτό ευρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο από 3 μέτρα στην περιοχή που είναι ακριβώς κάτω από το κοιμητήριο.
- ❖ Δεν υπάρχουν σε κοντινή απόσταση «φρέατα» ή πηγές πόσιμου νερού οι οποίες να κινδυνεύουν να ρυπανθούν από το κοιμητήριο.
- ❖ Μπορούν να εντοπιστούν οι πιθανές πηγές ρύπανσης και μόλυνσης και να ληφθούν μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος (αποχετεύσεις κλπ).
- ❖ Από τα υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα διαφαίνεται ότι η εξασθένηση της συγκέντρωσης των ρυπαντών στο υπόγειο νερό, είναι σχετικά γρήγορη σε συνάρτηση με την απόσταση από το κοιμητήριο. Τούτο μάλιστα είναι ιδιαίτερα σημαντικό δεδομένης της μικρής δυναμικότητας του εν λόγω κοιμητηρίου και της δυσκολίας κίνησης του υπόγειου νερού στην περιοχή του κοιμητηρίου (70 μέτρα σε 50 χρόνια).

Θεωρείται επομένως ότι μπορεί να μειωθεί η απόσταση του ορίου του ρυμοτομικού σχεδίου από το κοιμητήριο. Η ζώνη προστασίας από το κοιμητήριο περιγράφεται από περιφέρεια ακτίνας 75 μέτρων, με κέντρο το μέσο του κατόπτη εξωτερικού τοίχου. Η απόσταση αυτή θεωρείται επαρκής για την εξασθένηση και αντιμετώπιση της ρύπανσης & μόλυνσης που μπορεί να προέρχεται από το κοιμητήριο και όχι βέβαια ασφαλής απόσταση για την διάνοιξη φρεάτων για οποιαδήποτε χρήση (λαμβάνοντας υπόψη και τις υπάρχουσες συνθήκες). Παράλληλα, πρέπει να ληφθούν και ορισμένα μέτρα που αφορούν, τόσο την προστασία από ρύπους προερχόμενους από το κοιμητήριο όσο και από τις υπόλοιπες πηγές ρύπανσης. Συγκεκριμένα: 1. Κατασκευή περιφερειακού στραγγιστηρίου, 2. Έλεγχος στάθμης νερού μετά από υγρή περίοδο και περιοδική λήψη δειγμάτων. 3. Δενδροφύτευση, τόσο του κοιμητηρίου όσο και της περιβάλλουσας ζώνης προστασίας (δημιουργία κοινόχρηστου χώρου πρασίνου). 4. Να μην επιτρέπεται η χρήση της αβαθούς υπόγειας υδροφορίας, 5. Τοπογραφική αποτύπωση και έλεγχος στάθμης όλων των πηγαδιών.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αντωνιάδης Κ. Α. 2000. "Geological, hydrogeological and chemical investigation results from a leaking underground storage tank site, Chicago, Illinois, USA", 5ο Διεθνές Συνέδριο για τη ρύπανση του Περιβάλλοντος, Θεσσαλονίκη.
- Αντωνιάδης Κ., Περλέρος, Β., Δρακοπούλου Ε. 2001. Υδροτεχνική μελέτη κοιμητηρίου Λιβαδιών ν.Τήλου. Δήμος Τήλου.
- Απόφαση Νομάρχη Θεσσαλονίκης, αριθ. 22374/91/94 με την οποία ορίζονται οι «Όροι διαθέσεως των λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και καθορισμός της ανώτερης τάξεως χρήσεως των υδάτων τους στο Νομό Θεσσαλονίκης».
- Απόφαση του Νομάρχη Αττικής αριθ. 179182/656/79 «Περί διαθέσεως υγρών αποβλήτων από τις παραγωγικές διαδικασίες των βιομηχανιών περιοχής μείζονος πρωτεύουσής δια του δικτύου υπονόμων και των ρευμάτων που επιτρέπονται στον Κ.Α.Α και που εποπτεύονται από τον Ο.Α.Π., με αποδέκτη τη θαλάσσια περιοχή Κερατσινίου Πειραιώς».
- ASTM, 1992, standards on groundwater and vadose zone investigations, ASTM, Philadelphia, Pennsylvania.
- Barchelona, M.J., Gibb, J.P., Helfrich, J.A., and Garske, E.E., 1985. Practical Guide for Ground Water Sampling.

- Barchelona, M.J. 1984. Determinations in Ground Water.
- Δάνδολος Η., 1986. Έκθεση αποτελεσμάτων γεωτρητικών εργασιών στη νήσο Τήλο, ΙΓΜΕ.
- Driscoll, F.G., 1986, Groundwater and wells, 2nd edition, Johnson Filtration systems, Inc., St. Paul -Minnesota.
- Fetter C.W. 1994. Applied Hydrogeology, Macmillan Publishing Company.
- Fetter C.W. 1993. Contaminant Hydrogeology, Macmillan Publishing Company.
- ΙΓΜΕ, 1985 Γεωλογικός Χάρτης Τήλου 1:50000.
- Καλλέργη Γ. Α. 1986. Εφαρμοσμένη Υδρογεωλογία, έκδοση ΤΕΕ.
- Κουϊμτζή Θ. Α. 1997. Χημεία περιβάλλοντος, εκδόσεις Ζήτη.
- Fetter C.W. 1994. Macmillan College Software Applied Hydrogeology 3rd Edition.
- Roussos N., 1978. Contribution a l' etude geologique de l' arc Egeen. L' ile de Tilos. These de 3e cycle.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1989. Statistical Analysis of Groundwater Monitoring. Data of RCRA Facilities – Interim Final Guidance.
- Χριστοδούλου, Γ. Και Τάταρη, Α., 1972. Περί Γεωλογικής δομής της νήσου Τήλου (Δωδεκάνησος). (Στρωματογραφία, Πετρολογία και Τεκτονική διερεύνησις). Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., ΙΧ, 2,1, σ. 28-80, Αθήνα.

## ABSTRACT

### **INVESTIGATION OF HYDROGEOLOGICAL AND ENVIRONMENTAL CONDITIONS WITH RESPECT TO THE EXISTANCE OF A CEMETERY WITHIN THE REGION OF THE LIVADIA VILLAGE AT THE ISLAND OF TILOS**

Perleros V.<sup>1</sup>, Antoniadis C.<sup>2</sup>, Drakopoulou, E.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Geologist, 56 Dionysou str., 152 34, Halandri, perleros@internet.gr*

<sup>2</sup> *Geologist Msc, 43 Mel.Merkouri str., 16232 Vironas, antoniades@synigoros.gr.*

<sup>3</sup> *Geologist,, 4 Eschylou str, 19009 Drafi-Pikermi*

The hydrogeological and environmental conditions were investigated, as dictated by national legislation, in order to define the boundaries of the Livadia village, at the island of Tilos. However, since a cemetery is located near the village, an additional study had to be performed, to estimate the possibility to decrease the distance required by law (250 m), between the cemetery and the village boundaries. This study investigated the impact of the cemetery on groundwater and surrounding environment by utilizing the geological, hydrogeological, environmental and chemical data in order to:

- Evaluate the significance of underground water according to national and international standards.
- Evaluate the flow of underground water.
- Evaluate the chemistry of underground water upgradient, downgradient and near the cemetery.
- Evaluate the possibility of compound and microbiological load migration from the cemetery and downgradient towards the village.
- Locate other possible sources of contamination within the wider area of investigation.
- Estimate the influence of the cemetery on surface and underground water
- Recommend a groundwater monitoring system.