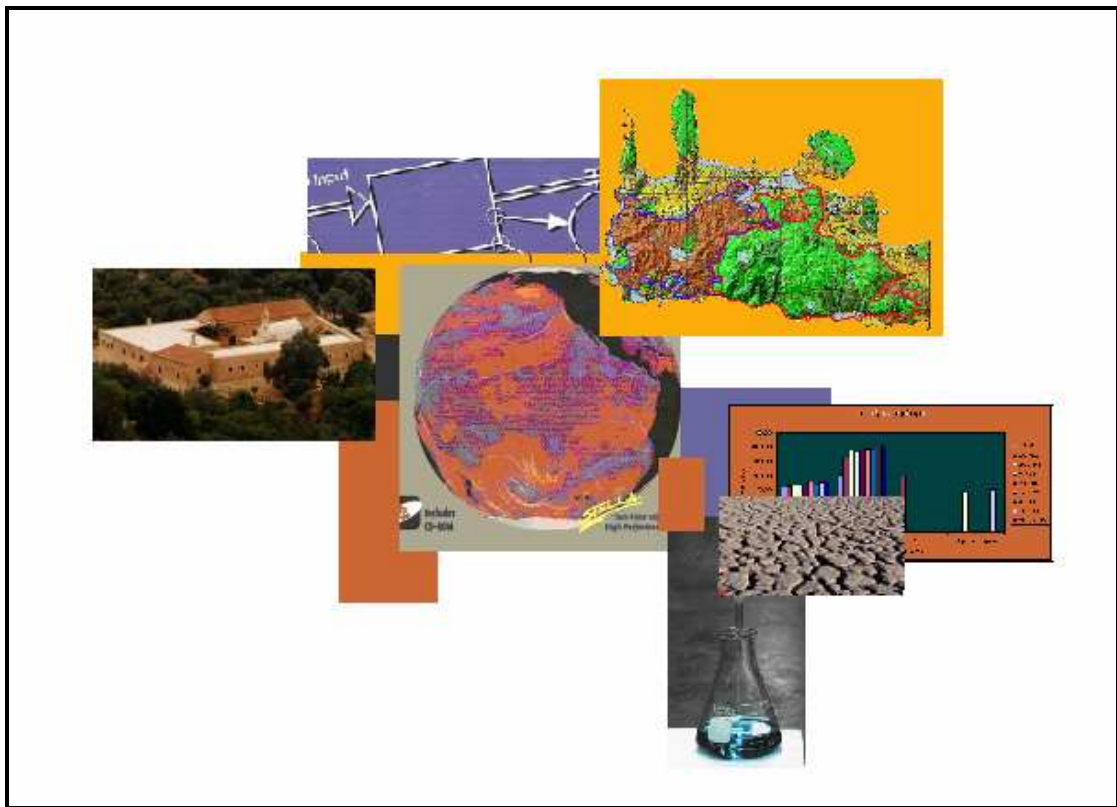




ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΩΝ  
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

## ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

### ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΙΕΡΑΣ ΜΟΝΗΣ ΑΓΙΑΣ ΚΥΡΙΑΚΗΣ. ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ



ΚΟΥΤΟΥΛΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ

Επιβλέπων: Δρ. Ν ΛΥΔΑΚΗΣ ΣΗΜΑΝΤΗΡΗΣ, Καθηγητής Εφαρμογών



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΧΗΜΙΚΩΝ  
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ**

## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

### **ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΙΕΡΑΣ ΜΟΝΗΣ ΑΓΙΑΣ ΚΥΡΙΑΚΗΣ. ΧΗΜΙΚΟΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ**

**ΚΟΥΤΟΥΛΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

**Επιβλέπων: Δρ. Ν ΛΥΔΑΚΗΣ ΣΗΜΑΝΤΗΡΗΣ, Καθηγητής Εφαρμογών**

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Δρ. Ν. Λυδάκης – Σημαντήρης, Καθηγητής Εφαρμογών  
Δρ. Ελευθερία Κατσίβελα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια  
Δρ. Παντελεήμων Σουπιός, Επίκουρος Καθηγητής

**ΧΑΝΙΑ ΜΑΪΟΣ 2007**

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b>	.....	<b>3</b>
<b>ΠΕΡΙΛΗΨΗ</b>	.....	<b>5</b>
<b>ABSTRACT</b>	.....	<b>5</b>
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	.....	<b>6</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝΤΟΣ –</b>		
<b>ΙΣΤΟΡΙΚΟ - ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ.....</b>		<b>16</b>
1.1 Περιγραφή της περιοχής μελέτης .....		16
1.2 Οικολογική Διαχείριση .....		18
1.3 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά - Γεωλογία .....		19
1.3.1. Στρωματογραφία.....		19
1.3.1.1. Αυτόχθονη σειρά- ιόνιος ζώνη .....		20
1.3.1.2. Αλλόχθονες σειρές τεκτονικό κάλυμμα Ομαλού - Τρυπαλίου.....		20
1.3.1.3. Τεκτονικό κάλυμμα φυλλιτών - χαλαζιτών .....		20
1.3.1.4. Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Τρίπολης.....		20
1.3.1.5. Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Πίνδου .....		21
1.3.1.6. Τεκτονικά καλύμματα εσωτερικών ζωνών.....		21
1.3.1.7. Νεογενείς σχηματισμοί.....		21
1.3.1.8. Τεταρτογενείς σχηματισμοί.....		22
1.3.2. Τα πετρώματα της Δυτικής Κρήτης.....		22
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΙΣΧΥΟΥΣΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ</b>		
<b>ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ .....</b>		<b>25</b>
2.1. Κανονισμοί της οδηγίας 98/83 για την ποιότητα του πόσιμου νερού. ....		25
2.1. Η οδηγία 2000/60/EC και η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας .....		27
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ</b>		
<b>ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ .....</b>		<b>29</b>
3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά.....		29
3.1.1 Αγωγιμότητα.....		29
3.1.2 pH.....		32
3.1.3 Σκληρότητα νερού .....		34
3.1.4 Ολικό στερεό υπόλειμμα (TS) 103-105 °C.....		42
Μέθοδος προσδιορισμού .....		43
3.2 Χημικά Χαρακτηριστικά .....		44
3.2.1 Ασβέστιο .....		44
3.2.2 Νιτρικά Ιόντα .....		45
3.2.3 Ιόντα Χλωρίου (Cl <sup>-</sup> ).....		50
3.2.4 Φωσφορικά Ιόντα .....		52
3.2.5 Ιόντα μαγνησίου.....		54
3.3 Μικροβιολογική εξέταση δειγμάτων .....		55
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....</b>		<b>58</b>
4.1 Βροχομετρικά στοιχεία περιοχής και παροχές πηγών. ....		58
4.2 Καταναλώσεις.....		61
4.3 Φυσικά χαρακτηριστικά.....		62
4.3.1 Θερμοκρασία .....		62
4.3.2 pH.....		64
4.3.3 Αγωγιμότητα.....		65

4.3.4	Ασβέστιο (Ca <sup>2+</sup> ) .....	66
4.3.5	Ολική Σκληρότητα .....	67
4.3.6	Ξηρό Υπόλειμα (TS) .....	69
4.4	Σύγκριση φυσικών χαρακτηριστικών .....	70
4.5	Χημικά χαρακτηριστικά .....	72
4.5.1	Ιόντα χλωρίου .....	72
4.5.2	Νιτρικά Ιόντα .....	73
4.5.3	Ιόντα Μαγνησίου .....	75
4.5.4	Φωσφορικά Ιόντα .....	76
4.6	Αναλύσεις ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηρίων .....	77
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ</b>		
<b>ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΜΟΝΗΣ ΑΓΙΑΣ ΚΥΡΙΑΚΗΣ ΣΕ</b>		
<b>ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ STELLA 7.0.1 RESEARCH .....</b>		
		<b>79</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>		
		<b>89</b>
	Συμπεράσματα ποιοτικών αναλύσεων και παροχών .....	89
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	91

## Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει τίτλο «Συμβολή στη διαχειριστική μελέτη των νερών της Ιεράς Μονής Αγίας Κυριακής. Χημικός και μικροβιολογικός έλεγχος».

Η διπλωματική αυτή εργασία έχει σαν σκοπό τον έλεγχο της ποιότητας του νερού ύδρευσης της Ιεράς Μονής Αγίας Κυριακής στο Βαρύπετρο Χανίων και πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών Διεργασιών του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης Παρ. Χανίων. Ο έλεγχος δεν περιορίστηκε μόνο στην πηγή υδροδότησης (υδρογεώτρηση) της Μονής αλλά σε συνεργασία και με το Εργαστήριο Υδρογεωχημικής Μηχανικής και Αποκατάστασης Εδαφών του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης και τον καθηγητή κ.Νικόλαο Νικολαΐδη καθώς και τον προπτυχιακό φοιτητή κ. Ευάγγελο Βουτσή επεκτάθηκε και σε επιφανειακά νερά της λεκάνης απορροής και που ουσιαστικά αποτέλεσε την περιοχή εργασίας μας για 12 και πλέον μήνες. Έτσι σε αυτή την εργασία επισυνάπτονται και στοιχεία παροχών για τις πηγές τις περιοχής, καθώς και μετρήσεις από το βροχομετρικό σταθμό που είχε τοποθετηθεί στην περιοχή από το Εργαστήριο Υδρογεωχημικής Μηχανικής και Αποκατάστασης Εδαφών και στοιχεία κατανάλωσης νερού. Ο τελικός στόχος λοιπόν είναι μέσω των στοιχείων ποιότητας του νερού, της μεταβολής της ποιότητας στο χρόνο με βάση τις καταναλώσεις και τις βροχοπτώσεις, να προταθεί ένα διαχειριστικό σχέδιο. Αυτό το σχέδιο είναι απαραίτητο ώστε να εξασφαλιστεί αφενός η υγεία των ανθρώπων της Μονής μιας και το νερό χρησιμοποιείται για να καλύψει όλες τις ανάγκες της Μονής, και αφετέρου να εξασφαλιστεί η σωστή των υδατικών πόρων της περιοχής. Σε αυτή τη διπλωματική εργασία λοιπόν παραθέτουμε και τις καταναλώσεις του μοναστηριού όσον αφορά το νερό ενώ τελικά δίνεται και μια μελλοντική πρόβλεψη των καταναλώσεων για διάφορες περιπτώσεις μέσω μοντελοποίησης των καταναλώσεων σε κατάλληλο λογισμικό ( *“STELLA RESEARCH MODELLING- HPS PRODUCT DEVELOPMENT TEAM”* )

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια παρουσίαση της περιοχής ενδιαφέροντος και δίνονται στοιχεία για τις γεωλογικές δομές και την στρωματογραφία της περιοχής.

Στο κεφάλαιο 2 δίνεται η ισχύουσα Ευρωπαϊκή νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα του νερού καθώς και η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας.

Στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά ποιότητας του νερού και οι μέθοδοι ανάλυσης τους.

Στο κεφάλαιο 4 δίνονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την προσομοίωση των μελλοντικών υδατικών αναγκών της Ιεράς Μονής Αγίας Κυριακής σε λογισμικό Stella 7.0.1 Research.

Στο κεφάλαιο 6 δίνονται τα συμπεράσματα από αυτή τη διπλωματική εργασία.

Ευχαριστώ θερμά τους:

Δρ Νικόλαο Λυδάκη Σημαντήρη, επιβλέποντα αυτής της διπλωματικής εργασίας, για την αμέριστη βοήθεια και συμπαράσταση του σε όλη τη διάρκεια αυτής της διπλωματικής εργασίας καθώς και για την κατανόηση που έδειξε στις δύσκολες στιγμές και στα προβλήματα που ανέκυψαν κατά την εκπόνηση της εργασίας αυτής.

Δρ Ελευθερία Κατσίβελα για την πολύτιμη βοήθεια και τις συμβουλές της ειδικά στον τομέα των μικροβιολογικών αναλύσεων.

Δρ Παντελή Σουπιό για την καλοσύνη που έδειξε όποτε χρειάστηκα τη βοήθεια του.

Δρ Ευάγγελο Τερζή για την καλοσύνη του, τις επιστημονικές του υποδείξεις και για την παραχώρηση του λογισμικού Stella.

Ευάγγελο Βουτσή, απόφοιτο πλέον του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης για τη συνεργασία του κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Θερμά ευχαριστώ τον κ. Κωνσταντίνο Βοζινάκη, γεωλόγο της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων Χανίων, κα. Αρετή Μεθυμάκη, Υπεύθυνη της βιβλιοθήκης του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας / Τμήμα Ανατολικής Κρήτης και την κα Θεοδοσία Φραντζεσκάκη, Πολιτικό Μηχανικό του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας / Τμήμα Δυτικής Κρήτης για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Επίσης ευχαριστώ θερμά τους συμφοιτητές μου, Μιχάλη Αναστόπουλο για την πολύτιμη βοήθεια του και τους Αλέξανδρο Χατζηχαραλαμπίδη, Γιώργο Ρίστα και Έυσταθία Λιζάρδου για την αμέριστη ηθική συμπαράσταση.

Τέλος ευχαριστώ τους γονείς μου για όλα όσα μου έχουν προσφέρει, αγαθά ανεκτίμητα και πολύτιμα που δεν γίνεται να περιγραφούν.

## **Περίληψη**

Στη διπλωματική αυτή εργασία έγινε χημική και μικροβιολογική ανάλυση των νερών της περιοχής της Ιεράς Μονής Αγίας Κυριακής Χανίων. Η εργασία ξεκίνησε το Μάρτιο του 2004 και περατώθηκε τον Ιανουάριο του 2005. Οι δειγματοληψία γινόταν μία φορά το μήνα. Συγκεκριμένα γινόταν λήψη δείγματος από το νερό δύο πηγών (Πηγή επτά Παίδων και πηγή κάστρου) καθώς από την υδρογεώτρηση της περιοχής. Στην περιοχή βόσκουν πολλά ζώα και αυτό μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την καθαρότητα των νερών της περιοχής που μέχρι σήμερα καταναλώνονταν χωρίς καμιά επεξεργασία.

Στη διπλωματική αυτή εργασία παρουσιάζονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά ποιότητας του νερού και δίνονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων που έγιναν στο εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών διεργασιών του τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Παραρτήματος Χανίων του ΤΕΙ Κρήτης.

Έγινε μοντελοποίηση των μελλοντικών υδατικών αναγκών της Ιεράς Μονής σε λογισμικό Stella 7.0.1 Research με βάση τις μέσες καταναλώσεις ανά εποχή και τα αποτελέσματα δίνονται στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο της εργασίας αυτής.

## **Abstract**

This study investigates the quality of the water of the Monastery of Agia Kyriaki at Baripetro, Chania. The study started on March 2004 and completed approximately at January 2005. The sampling was performed once a month as well as the chemical and microbiologically analysis. Each analysis was performed at the Laboratory of Environmental Chemistry and Biologically Processes established at the Technological Institute of Crete- Branch of Chania, Department of Natural Resources.

In this research are presented the water quality characteristics as well as the results that issues from this study. In addition a future water consumption modeling study is developed using the average seasonal consumption. The modeling was developed by the use of Stella 7.0.1 Research software.

## Εισαγωγή

Το νερό είναι πολύ σημαντικό για την ύπαρξη ζωής στην γη και αποτελεί τον σημαντικότερο φυσικό πόρο. Επίσης, το νερό είναι ένας από τους κυριότερους παράγοντες αποσάθρωσης πετρωμάτων και σχηματισμού ιζημάτων. Περίπου το 70% της επιφάνειας της πλανήτη καλύπτεται από νερό. Οι ωκεανοί ρυθμίζουν το κλίμα και είναι βιότοποι πολλών ζωντανών οργανισμών. Το νερό συνιστά το 60% ενός δένδρου και το 50-65% του βάρους των ζωικών οργανισμών, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου.

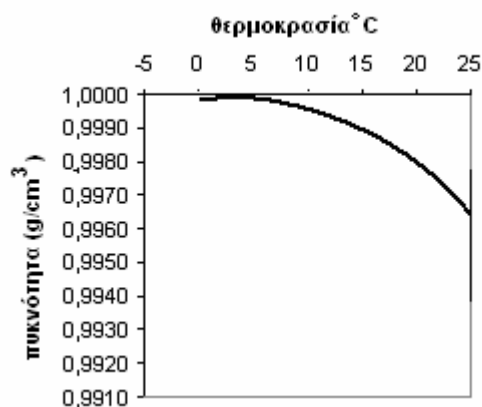
Οι χημικές ιδιότητες του νερού και ιδιαίτερα η διαλυτική του ικανότητα είναι πολύ σημαντικές για το οικοσύστημα. Πολλά χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις διαλύονται στο νερό και ορισμένες από αυτές μεταφέρονται με την επίγεια και υπόγεια κίνηση του νερού σε διάφορα σημεία της επιφάνειας της γης. Με παρόμοιο τρόπο οι θρεπτικές ουσίες διαλυμένες μέσα στο νερό διέρχονται τις ρίζες και μεταφέρονται σε ολόκληρο το φυτό.

Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα του νερού συνδέεται με τη διαβρωτική του ιδιότητα - το νερό διαβρώνει το υπόστρωμα ροής του και εμπλουτίζεται με φερτά υλικά. Ωστόσο το φαινόμενο της διάβρωσης δεν οφείλεται αποκλειστικά στη διαλυτική ικανότητα του νερού. Τόσο το νερό της βροχής, όσο και τα επιφανειακά και υπόγεια νερά δεν είναι ποτέ απόλυτα καθαρά. Κατά τη διαδρομή τους στον υδρολογικό κύκλο εμπλουτίζονται με αέριους ρύπους (π.χ διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου κ.ά.), οργανικές ενώσεις από εκτάσεις της ξηράς, ενώσεις αζώτου φωσφόρου και θείου από τις βιομηχανικές δραστηριότητες και τις γεωργικές εφαρμογές, άλατα όπως το όξινο ανθρακικό ασβέστιο, το χλωριούχο μαγνήσιο, το θειικό ασβέστιο κ.ά. Οι παραπάνω προσμίξεις σε πολλές περιπτώσεις αυξάνουν τη διαβρωτική ικανότητα του νερού.

Μία ακόμα ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα του νερού είναι η μεγιστοποίηση της πυκνότητάς του στους 4°C (Εικόνα 1). Μείωση της θερμοκρασίας του νερού μέχρι τους 4°C προκαλεί αύξηση της πυκνότητας και του βάρους του. Τα βαρύτερα αυτά στρώματα νερού βυθίζονται, προκαλώντας ανάμιξη των επιφανειακών στρωμάτων με τα βαθύτερα και εξισώνοντας έτσι τη θερμοκρασία στο σύνολο του όγκου μιας υδάτινης λεκάνης. Κάτω από τους 4°C η πυκνότητα του νερού μειώνεται (η πυκνότητα του νερού στην υγρή του μορφή είναι 0,99987 g/cm<sup>3</sup>, ενώ στη στερεή μορφή - πάγος - είναι 0,9164 g/cm<sup>3</sup>) με αποτέλεσμα μεγάλοι όγκοι νερού να μην παγώνουν ολοσχερώς,



όταν η θερμοκρασία είναι ίση με μηδέν ή μικρότερη, αλλά μόνο επιφανειακά. Εξαιτίας του ότι ο πάγος έχει μικρότερη πυκνότητα από το νερό, αυτός επιπλέει. Αν το νερό δεν παρουσίαζε την παραπάνω ιδιαιτερότητα, τα παγωμένα στρώματα της επιφάνειας θα βυθίζονταν και τα νέα επιφανειακά στρώματα θα πάγωναν και θα βυθίζονταν επίσης. Σύντομα όλη η υδάτινη έκταση θα αποτελούσε ένα συμπαγές στρώμα πάγου όπου καμιά μορφή ζωής δεν θα μπορούσε να επιβιώσει [1].



**Εικόνα 1.** Το νερό έχει μέγιστη πυκνότητα στους 4°C

Το νερό ως φυσικός πόρος, παρουσιάζει μερικές ιδιαιτερότητες. Κατ' αρχήν είναι ανανεώσιμος φυσικός πόρος, γιατί κάτω από ορισμένες συνθήκες είναι δυνατόν να γίνεται ετήσια ανάκτηση της ποσότητας που χρησιμοποιούμε. Επίσης παρουσιάζει κινητικότητα. Αυτό σημαίνει ότι οι διαφορετικές χρήσεις του είναι δυνατόν να γίνουν σε διαφορετικά σημεία, π.χ σε δύο διαφορετικά σημεία ενός ποταμού και είναι αλληλοεξαρτώμενες [2].

Το νερό όμως σε σύγκριση με άλλους φυσικούς πόρους, δεν είναι δυνατόν να υποκατασταθεί. Τα ειδικά χαρακτηριστικά του νερού ως φυσικού πόρου καθορίζουν τις συνθήκες, κάτω από τις οποίες μπορεί να στηριχθεί η αειφόρος ανάπτυξη.

Η ισχυρή διαλυτική ικανότητα του νερού επιφέρει σε πολλές περιπτώσεις την επιβάρυνση του με βλαβερές ουσίες. Ρύπανση υδάτινων πόρων ονομάζεται οποιαδήποτε μεταβολή των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων του νερού, λόγω της παρουσίας σε αυτό ουσιών σε ποσότητα που υπερβαίνει τα φυσιολογικά όρια και οδηγεί στη γενικότερη υποβάθμιση της ποιότητάς του. Η μεταβολή αυτή μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο, σε άλλους ζωικούς ή φυτικούς οργανισμούς, και γενικότερα να διαταράξει την ισορροπία των οικοσυστημάτων, σε μικρή ή μεγάλη γεωγραφική κλίμακα. Οι ρύποι διαλύονται στο νερό, επιπλέουν ή κατακάθονται στον πυθμένα και προέρχονται κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η άντληση

πετρελαίου, η χρήση λιπασμάτων, η διοχέτευση αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων σε υδάτινους αποδέκτες κ.α.

Το νερό θα αποτελέσει για τον επόμενο αιώνα το πιο πολύτιμο αγαθό για το ανθρώπινο είδος, μια και η αλόγιστη χρήση του μέχρι σήμερα καθώς και μεταβαλλόμενες κλιματολογικές συνθήκες το καθιστούν είδος σε ανεπάρκεια σε όλο και περισσότερα μέρη του κόσμου ενώ η διαχείρισή του μπορεί να αποτελέσει κλειδί για τον έλεγχο της εξουσίας. Έτσι ένα σημαντικό θέμα είναι και μια πιθανή διαμάχη για τη χρήση του νερού από γειτονικά κράτη. Οι αριθμοί δείχνουν ότι δε θα υπήρχε πρόβλημα νερού στον πλανήτη εάν ήταν δυνατόν να χρησιμοποιηθεί όλο το νερό που είναι διαθέσιμο. Αυτό όμως δε συμβαίνει γιατί οι ποσότητες του νερού που θεωρούνται υδάτινοι πόροι δεν είναι κατανεμημένοι στην επιφάνεια της γης σύμφωνα με την κατανομή του (παγκόσμιου) πληθυσμού. Επιπλέον, οι υδάτινοι πόροι δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι στο χρόνο. Στις περισσότερες περιπτώσεις στη χώρα μας, η χρονική κατανομή της διαθέσιμης ποσότητας του νερού είναι αντίθετη από τη χρονική κατανομή της απαίτησής του. Σε παγκόσμιο επίπεδο το Μάρτιο  $6.600 \text{ km}^3$  περισσότερο νερό είναι αποθηκευμένα στο έδαφος από ότι τον Οκτώβριο, έως τον Οκτώβριο  $6.000 \text{ km}^3$  περισσότερο νερό είναι αποθηκευμένο στους ωκεανούς από ότι το Μάρτιο. [1]

Διαφορετικές περιοχές του κόσμου αντιμετωπίζουν διαφορετικά προβλήματα σχετικά με την ύπαρξη, χρήση και έλεγχο των υδάτινων πόρων. Οι χρήσεις του νερού χαρακτηρίζουν και το είδος των προβλημάτων. Σε άλλες χώρες είναι σημαντική η χρήση για τη γεωργία (Ινδία, Κίνα), ενώ σε άλλες η χρήση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Νορβηγία).

Ένα βασικό πρόβλημα για πολλές περιοχές είναι η ελλιπής γνώση των υδατικών πόρων, άμεσα διαθέσιμων και δυνητικών, καθώς και στοιχείων για την απαίτηση του νερού.

Η ύπαρξη των υδατικών πόρων καθορίζεται από ένα σύνολο στοχαστικών παραμέτρων. Χρειάζεται γνώση της διακύμανσης αυτών των παραμέτρων με τον τόπο και το χρόνο.

Οι μετρήσεις για τους υδατικούς πόρους πρέπει:

- Να έχουν την κατάλληλη γεωγραφική κατανομή και πυκνότητα.
- Να καλύπτουν μεγάλα χρονικά διαστήματα
- Να έχουν ικανοποιητική συχνότητα

- Να είναι ακριβείς

Η εκτίμηση της διαθεσιμότητας του νερού βασίζεται σε πληροφορίες σχετικά με τις :

- Κλιματικές συνθήκες
  - Βροχόπτωση
  - Εξάτμιση
  - Θερμοκρασία
- Την υπάρχουσα ποσότητα του νερού
  - Επιφανειακού
  - Υπόγειου
- Την ποιότητα του νερού

Η γνώση της διαθεσιμότητας του νερού οδηγεί στο σωστό σχεδιασμό για τη χρήση του υδατικού πόρου με μεθόδους που δε διαταράσσουν τη δυνατότητα της ανανέωσης και επομένως της διατήρησής του. Εάν π.χ σχεδιάσουμε μια υδροληψία από ένα ποτάμι μεγαλύτερη από εκείνη που η ροή επιτρέπει, είναι φυσικά ζήτημα χρόνου η εμφάνιση της αδυναμίας υδροδότησης από το συγκεκριμένο ποτάμι. Αντίστοιχα στα υπόγεια νερά παρουσιάζεται το φαινόμενο της δημιουργίας ανισορροπίας είναι περισσότερο έντονο και η καταστροφή του υδάτινου πόρου μακροχρόνια.

Στη συνέχεια θα γίνει μια σύντομη αναφορά στις αρχές που διέπουν την ποιότητα των υπογείων νερών. Παρακάτω θα γίνει μια σύντομη αλλά πιο ειδική αναφορά στον τομέα της ρύπανσης του νερού και πιο συγκεκριμένα στις πηγές ρύπανσης των υπογείων νερών.

υπόγεια

### **Πηγές ρύπανσης.**

Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης των υπογείων νερών είναι

#### **1. Φυσική ρύπανση**

Το φυσικό περιβάλλον μέσα από το οποίο κινείται το υπόγειο νερό επηρεάζει την ποιότητά του. Τα νερά έχουν κατά κανόνα περισσότερα ανόργανα στοιχεία από τα επιφανειακά νερά.

Τα υπόγεια νερά δεν περιέχουν συνήθως παθογόνους μικροοργανισμούς λόγω του φιλτραρίσματος που συντελείται στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους.

Σε ξηρές περιοχές ο εμπλουτισμός των υπογείων νερών με άλατα είναι περιορισμένος. Σε περιοχές με έντονη εξάτμιση λόγω της ανύψωσης του νερού (τριχοειδή φαινόμενα) έχουμε μεγάλη απόθεση αλάτων στην επιφάνεια με αποτέλεσμα την επιτάχυνση της οξείδωσης των πετρωμάτων που με τη σειρά της ευνοεί τη μεταφορά και διάλυση στο νερό ασβεστίου και μαγνησίου. Συνεπώς έχουμε και αύξηση της σκληρότητας.

Τέλος, συχνό είναι το φαινόμενο σε παράκτιες περιοχές να έχουμε προβλήματα λόγω της διείσδυσης της θάλασσας στα υπόγεια υδροφόρα στρώματα και της εξάπλωσης του φυσικά παγιδευμένου αλμυρού νερού. Η διαδικασία αυτή επιταχύνεται με τις υπεραντλήσεις στις γεωτρήσεις, και οι συνέπειές της στην ποιότητα του εδάφους για καλλιέργειες μπορεί να είναι πολύ σοβαρές. Έντονη και παρατεταμένη διείσδυση αλμυρού νερού σε υδροφορείς και άντληση του νερού αυτού για άρδευση μπορεί να οδηγήσει σε ερημοποίηση της περιοχής.

## **2. Οικιακά απόβλητα**

Μια σοβαρή πηγή μόλυνσης των υπογείων νερών είναι η υπόγεια διάθεση οικιακών υγρών αποβλήτων στους ατομικούς βόθρους. Τα πιο κοινά συστήματα διάθεσης των οικιακών αποβλήτων είναι ο συνδυασμός των σηπτικών δεξαμενών για την κατακράτηση και το χώνεμα των στερεών και οι απορροφητικοί τάφροι βαθιάς διήθησης.

Η ταφή των στερεών αποβλήτων (χωματερές) μπορεί να προκαλέσει ρύπανση με πολύ σοβαρές συνέπειες στο οικοσύστημα λόγω της έκλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των σκουπιδιών. Το νερό έκλυσης είναι πλούσιο σε νιτρικά ιόντα, χλωρίοντα, αμμωνιακά ιόντα, σίδηρο, μόλυβδο, χαλκό, νάτριο, αμμωνία και μια ποικιλία οργανικών ουσιών, πολλές από τις οποίες είναι πολύ τοξικοί ρύποι [27].

## **3. Βιομηχανικές πηγές.**

Οι βιομηχανίες παράγουν μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων μέσα από τις διαδικασίες παραγωγής, επεξεργασίας και ψύξης. Οι βιομηχανίες χημικών και παρόμοιων προϊόντων παράγουν απόβλητα αρκετά πιο επικίνδυνα από αυτά των άλλων βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Κυριότερο πρόβλημα που δημιουργείται είναι οι αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στο νερό [27].

#### 4. Γεωργικές πηγές

Ένα μέρος της βροχόπτωσης ή του νερού άρδευσης που εφαρμόζεται στα εδάφη διηθείται μέσω του επιφανειακού εδάφους μεταφέροντας στη μάζα του διαλυμένες ουσίες.

Επιπλέον, στοιχεία λιπασμάτων μπορούν να μεταφερθούν και να μετακινηθούν προς το υπόγειο νερό που βρίσκεται κάτω από καλλιεργούμενες εκτάσεις. Το μεγαλύτερο πρόβλημα ρύπανσης των υπογείων νερών είναι η συνεχής αύξηση των νιτρικών ιόντων σε αυτό (νιτρορύπανση). Επειδή τα αζωτούχα λιπάσματα είναι εκείνα που επιβαρύνουν τα υπόγεια νερά, είναι αναγκαίο, κατά τη χρήση τους να λαμβάνεται μέριμνα ώστε να ελέγχονται οι ποσότητες νιτρικών που προστίθενται στο έδαφος καθώς και ο τρόπος και ο χρόνος εφαρμογής τους. Με τη χρήση κατάλληλων μεθόδων μπορεί να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα της αζωτούχου λίπανσης και να μειωθεί η ποσότητα των νιτρικών που χάνεται από το έδαφος στα υπόγεια νερά.

Τα αζωτούχα λιπάσματα είναι πολύ διαλυτά στο νερό και τα νιτρικά ιόντα είναι πολύ ευκίνητα στο έδαφος, σε αντίθεση με τα φωσφορικά ή το κάλιο, τα οποία είναι δυσκίνητα και μπορεί να μετακινηθούν εύκολα μόνο όταν το έδαφος είναι πλούσιο σε οργανική ουσία ή είναι ελαφριάς μηχανικής σύστασης. Εφ' όσον τα νιτρικά είναι ευκίνητα, είναι αντιληπτό ότι εύκολα μπορούν να εκκλυθούν με το νερό και να μεταφερθούν στα κατώτερα στρώματα. Η έκπλυση των νιτρικών από το έδαφος προς τους υπόγειους υδάτινους πόρους προκαλεί τη ρύπανσή τους με κίνδυνο να καταστεί το νερό ακατάλληλο για ύδρευση. Σύμφωνα δε με τις σχετικές Οδηγίες της (Ευρωπαϊκής Ένωσης) το πόσιμο νερό δεν πρέπει να έχει νιτρικά περισσότερα από 50 mg/L γιατί αλλιώς θεωρείται ακατάλληλο.

Η ποσότητα του νιτρικού αζώτου που χάνεται προς τα υπόγεια ή επιφανειακά νερά εξαρτάται από τις βροχοπτώσεις και την άρδευση, την κλίση του εδάφους, τη μηχανική σύσταση, τη διηθητικότητα, το βαθμό φυτοκάλυψης καθώς και από το σύστημα διαχείρισης των καλλιεργειών [27].

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Συμβολή στη διαχειριστική μελέτη των νερών της Ιεράς Μονής Αγίας Κυριακής. Χημικός και μικροβιολογικός έλεγχος» δεν περιορίζεται μόνο στον έλεγχο της ποιότητας του παρεχόμενου νερού, το οποίο μάλιστα δεν διαχωρίζεται σε νερό ύδρευσης και νερό άρδευσης. Το μοναστήρι αποτελεί ένα κλειστό περιβάλλον και αυτό κάνει ευκολότερο τον έλεγχο των καταναλώσεων, ο οποίος γίνεται μέσω των αντίστοιχων μετρητών στο αντλιοστάσιο της γεώτρησης. Πρέπει εδώ να αναφέρουμε ότι η βασική παροχή πόσιμου νερού κατανάλωσης στο μοναστήρι είναι η γεώτρηση που βρίσκεται 100 περίπου μέτρα νοτιότερα από το χώρο της Μονής. Το αντλιοστάσιο απεικονίζεται στην εικόνα 2.

#### Υδρογεώτρηση στην Ιερά Μονή της Αγ. Κυριακής Χανίων.

Η γεώτρηση έχει βάθος 160 m, όπου δεν έχει συναντήσει ασβεστόλιθο αλλά μόνο σχιστόλιθο και χαλίκια. Αυτό σημαίνει ότι η γεώτρηση δεν έχει φτάσει στον υπόγειο υδροφόρο, αλλά αντλεί νερό μόνο από επιφανειακές απορροές νερού, οι οποίες εξαρτώνται από τις εκάστοτε βροχοπτώσεις. Η στάθμη του νερού βρίσκεται στα 12 m, ενώ αν αντλεί η γεώτρηση 4 m<sup>3</sup>/hr τότε η στάθμη κατεβαίνει στα 60 m. Τους καλοκαιρινούς μήνες κυρίως αλλά και σε περιόδους υγρασίας παρατηρείται στο νερό θολρότητα, ενώ απαντώνται και πολλά φερτά υλικά, πράγμα που δημιουργεί υποψίες για την καταλληλότητα του νερού για ύδρευση χωρίς επεξεργασία [3,4].

Δίπλα στην προαναφερθείσα γεώτρηση υπάρχει μία αποτυχούσα γεώτρηση του Οργανισμού Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης (ΟΑΔΥΚ) βάθους περίπου 60 m που δεν λειτουργεί.

Τα κατασκευαστικά στοιχεία της υδρογεώτρησης συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

#### **Πίνακας 1:** Κατασκευαστικά στοιχεία υδρογεώτρησης. [3]

##### **Στοιχεία Γεώτρησης Στοιχεία γεώτρησης**

---

Διάμετρος Διάτρησης: 12 ½ ίντσες

Διάμετρος Τελικής σωληνώσεως 6 ¾ ίντσες

Διάμετρος χαλικόφιλτρου 3-15 εκατοστά

Τύπος φίλτρων: γέφυρας

Άνοιγμα φίλτρων: 2 ½ χιλιοστά

Πιεζόμετρο: σωλήνας 3.4 ίντσες σε βάθος 96 μέτρων

Βάθος τοποθέτησης αντλίας 87m

---

Η τροφοδοσία της γεώτρησης γίνεται από το παρακείμενο ρυάκι, ενώ όταν η ελεύθερη στάθμη του νερού κατέβει κάτω του χαλικόφιλτρου της γεώτρησης (24μ), το νερό

γίνεται θολό. Οι πηγές κάστρου και 7 παίδων βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από τη γεώτρηση.



**Εικόνα 2.** Το αντλιοστάσιο της γεώτρησης της Ιεράς Μονής Αγίας Κυριακής Χανίων. Στην γύρω περιοχή υπάρχουν περιφραγμένα χωράφια όπου βοσκούν ζώα αλλά και καλλιεργήσιμες περιοχές κυρίως με ελαιόδεντρα και πορτοκαλιές. Εδώ μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις (όπου ο κίνδυνος συνίσταται κυρίως στην πιθανή ρύπανση των νερών της περιοχής από τα λιπάσματα) είναι κυρίως κατάντι της περιοχής του μοναστηριού ενώ ανάντι της περιοχής της Μονής έχουμε κυρίως βοσκοτόπια. Τόσο απέναντι από την κύρια είσοδο της Μονής όσο και στην αρχή του μονοπατιού που οδηγεί στην πηγή Κάστρου (περίπου 500 μέτρα νοτιότερα) υπάρχουν περιφραγμένες μάντρες με ζώα (πηγή πιθανής μικροβιακής μόλυνσης του νερού). Απασχολούσε λοιπόν από καιρό τις μοναχές της Ιεράς Μονής Αγίας Κυριακής Χανίων το κατά πόσον είναι πόσιμο το νερό που καταναλώνεται. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα είναι ήταν και ο κύριος στόχος αυτής της διπλωματικής εργασίας. Η μελέτη δεν έμεινε στα στενά όρια της Μονής αλλά μέσω βροχομετρικού σταθμού έγινε μέτρηση των υδατοπτώσεων για ένα χρόνο έτσι ώστε να δημιουργήσει μια πλήρη εικόνα των τδρολογικών δεδομένων της περιοχής. Έτσι συνολικά για την περιοχή πραγματοποιήθηκαν 2 μελέτες όπου η μια ασχολείται με την υδρογεωλογία της περιοχής και έγινε από Εργαστήριο Υδρογεωχημικής Μηχανικής και Αποκατάστασης Εδαφών του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης, ενώ το άλλο μέρος το οποίο κυρίως θα αναπτυχθεί σε αυτή τη διπλωματική εργασία είναι ο έλεγχος της ποιότητας των νερών της περιοχής.

Στη διπλωματική αυτή εργασία έγινε τακτικός χημικός έλεγχος καθώς και έλεγχος μικροβιακού φορτίου σε χρονικό διάστημα ενός υδρολογικού κύκλου και συγκεκριμένα την περίοδο Μάρτιος 2004 έως Ιανουάριο 2005. Ένα δείγμα νερού όμως εκφράζει μόνο την στιγμιαία κατάσταση της πηγής του για την συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας και δεν μας δίνει καμιά άλλη πληροφορία για τη χρονική μεταβολή των διαφόρων χαρακτηριστικών του, και μάλιστα σε ένα σύστημα υδατοπτώσεων - εδάφους – πετρωμάτων - νερού όπου κάθε άλλο παρά αφύσικη θα είναι μια χρονική μεταβολή σε μια ή και περισσότερες παραμέτρους ποιότητας του νερού.

Το νερό ακολουθεί έναν ορισμένο κύκλο στη φύση, εισρέει με τα κατακρημνίσματα στο έδαφος και από εκεί ένα μέρος εξατμίζεται, ένα άλλο μέρος χρησιμοποιείται από τα φυτά, ενώ ένα τμήμα συγκρατείται ως υγρασία στο έδαφος. Μέρος από το νερό των κατακρημνισμάτων ρέει επιφανειακά χωρίς να εισχωρήσει στο έδαφος με κατεύθυνση προς τη θάλασσα. Τα νερά που διηθούνται στο έδαφος είτε εμπλουτίζουν τα υπόγεια στρώματα είτε ξαναβγαίνουν στην επιφάνεια με τη μορφή πηγών και τροφοδοτούν με νερό τα ρέματα. Οι δειγματοληψίες στην προς έλεγχο λεκάνη απορροής που σχηματίζεται στην περιοχή της Ιεράς Μονής Αγ. Κυριακής πραγματοποιήθηκαν σε μηνιαία βάση με διακύμανση των ημερών δειγματοληψίας, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες.

Στην παρούσα εργασία έγινε έλεγχος στο νερό που παρέχεται από την υδρογεώτρηση της περιοχής, στο νερό από το εποχιακό ρυάκι που διασχίζει την κοιλάδα καθώς και σε δύο πηγές που βρίσκονται σε υψηλότερο υψόμετρο (πηγή Κάστρου που φαίνεται στην εικόνα 3 και πηγή Επτά Παίδων που φαίνεται στην εικόνα 4). Στα επόμενα κεφάλαια γίνεται εκτενής περιγραφή της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε, και δίνονται τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από την εργασία αυτή.





Εικόνα 3. Πηγή Κάστρου. [4]



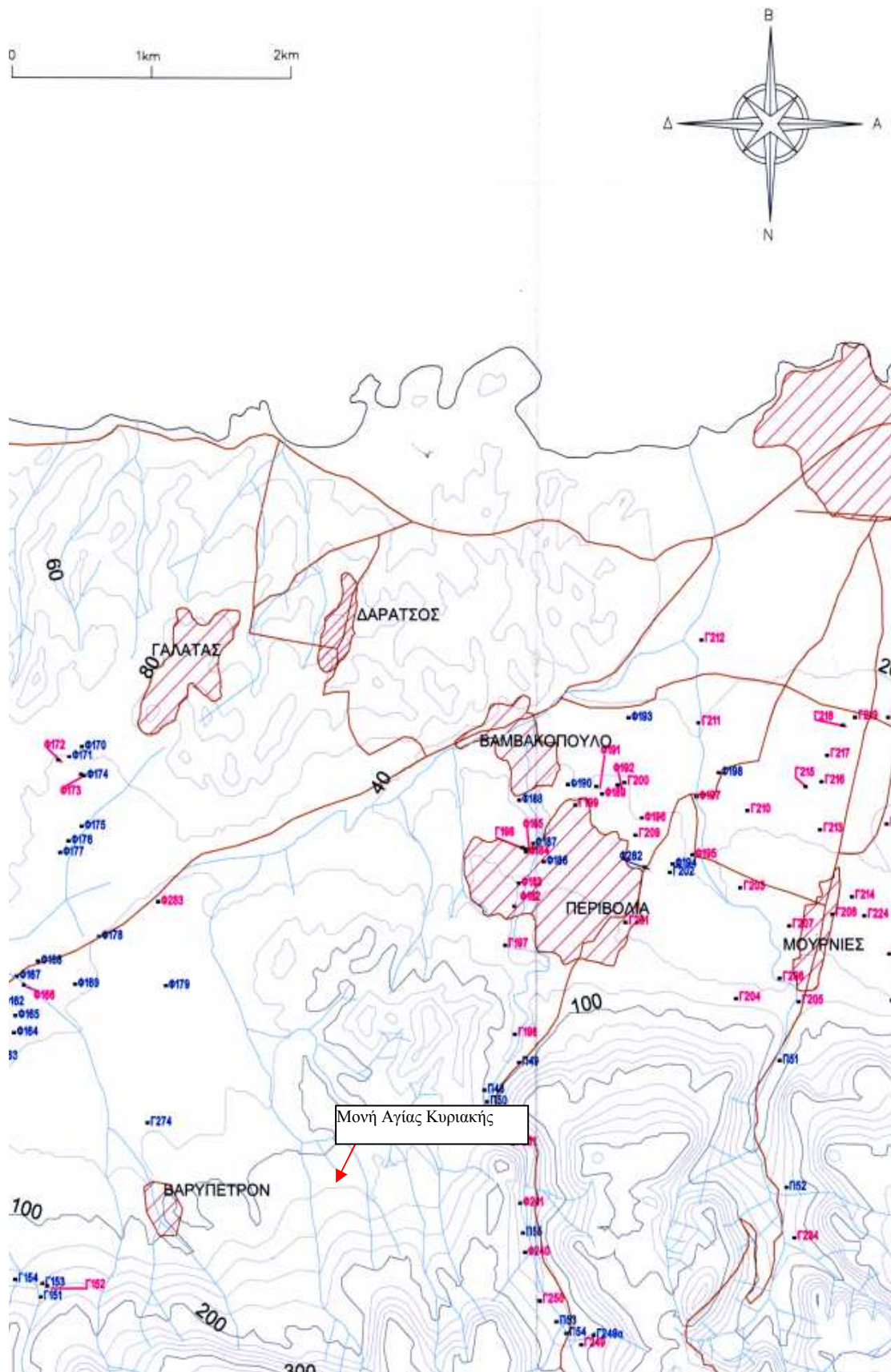
Εικόνα 4. Η χτιστή είσοδος της πηγής Επτά Παίδων.

## **Κεφάλαιο 1. Παρουσίαση της περιοχής ενδιαφέροντος – Ιστορικό - δραστηριότητες.**

### **1.1 Περιγραφή της περιοχής μελέτης**

#### **Αγία Κυριακή**

Η αδελφότητα της Ιεράς Μονής Χρυσοπηγής κατά την τελευταία δεκαετία αναστήλωσε το παλιό μετόχι της Αγίας Κυριακής, στο Βαρύπετρο Κυδωνίας, σε απόσταση 12 χλμ. από τα Χανιά. Το μετόχι, μνημείο του 17ου αιώνα, βρίσκεται σε θαυμάσια περιοχή, η οποία περιλαμβάνει αισθητικό δάσος, μικρό φαράγγι, που το χειμώνα διασχίζεται από χείμαρρο, και πολλά σπηλαιώδη παρεκκλήσια, στα οποία οδηγούν μονοπάτια κατάλληλα διαμορφωμένα. Βάσει περιβαλλοντικής μελέτης πραγματοποιείται η ανάπλαση του αισθητικού δάσους. Επιδιώκεται η εξασφάλιση της φυσικής ποικιλότητας της περιοχής και η διαφύλαξη της ισορροπίας των οικοσυστημάτων και της πλούσιας χλωρίδας και πανίδας, με την προστασία των φυτών και των ζώων. Για το σκοπό αυτό γίνονται συστηματικά απελευθερώσεις πουλιών σε συνεργασία με το Ελληνικό Κέντρο Προστασίας και Προστασίας Άγριας Ζωής (ΕΛ.ΚΕ.Π.Α.Ζ.). Ταυτόχρονα καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια για τον έλεγχο της βόσκησης των ποιμνίων και την ενημέρωση των κυνηγών, ότι η περιοχή αποτελεί οικολογικό βιότοπο. Στην εικόνα 1.1 παρουσιάζεται ο χάρτης της περιοχής ενδιαφέροντος.



Εικόνα 1.1. Χάρτης Περιοχής Ενδιαφέροντος [5].



## 1.2 Οικολογική Διαχείριση

### **Βιολογική καλλιέργεια.**

Μία από τις κύριες δραστηριότητες της Μονής Χρυσοπηγής είναι η καλλιέργεια της γης, η οποία γίνεται με τη μέθοδο της βιολογικής γεωργίας, τον κατεξοχήν παραδοσιακό τρόπο, με συνέπεια και σεβασμό στην ορθόδοξη παράδοση, σύμφωνα με την οποία η Κτίση θεωρείται ιερή. Στην εικόνα 1.2 φαίνεται μια πανοραμική άποψη της Ιεράς Μονής, ενώ στην εικόνα 1.3 φαίνεται μια γενική άποψη της περιοχής.



Εικόνα 1.2. Ιερά Μονή Αγίας Κυριακής.

Η δράση αυτή της Μονής συνδέεται και συμπορεύεται με τις διεθνείς πρωτοβουλίες του Οικουμενικού Πατριαρχείου στον τομέα της προστασίας του περιβάλλοντος. Η καταπολέμηση των ζιζανίων στο έδαφος δεν γίνεται με τη χρήση δηλητηριωδών ζιζανιοκτόνων αλλά με μηχανικά μέσα. Τα χόρτα που απομακρύνονται δίνονται ως τροφή στα ζώα και τα πουλερικά ή καταλήγουν στο κομπόστ, ενώ εκείνα που απομένουν στο χωράφι ενσωματώνονται στο έδαφος με επιφανειακό όργωμα. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζεται ο καθαρισμός του εδάφους και παράλληλα η τροφή των παραγωγικών ζώων. Η συστηματική βιολογική καλλιέργεια των κτημάτων της Ιεράς Μονής Χρυσοπηγής αποφέρει την παραγωγή μεγάλης ποσότητας βιολογικών προϊόντων, τα οποία χρησιμοποιούνται για εσωτερική κατανάλωση, δηλαδή για τη διατροφή της αδελφότητας και των πολυάριθμων επισκεπτών, και για την προώθηση στο εμπόριο.



Εικόνα 1.3. Γενική άποψη της πανίδας της περιοχής γύρω από την Ιερά Μονή.

### **1.3 Γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά - Γεωλογία**

Το μεγαλύτερο τμήμα της Κρήτης (3/4 της επιφάνειας περίπου) είναι ορεινό. Τα βασικά ορεινά συγκροτήματα του νησιού είναι προς τα δυτικά τα Λευκά όρη (2.454 μ.), στο κεντρικό τμήμα ο Ψηλορείτης (ή Ίδη, 2.456 μ.) και προς τα ανατολικά το όρος Δίκτη (2.147 μ.) και τα όρη Σητείας (1.476 μ.). Προς τα δυτικά και νότια οι υπώρειες των ορέων είναι απότομες και φθάνουν με μεγάλη κλίση προς τη θάλασσα, ενώ προς τα βόρεια του νησιού το ανάγλυφο είναι πιο ήπιο και λοφώδες (πεδιάδες Χανίων, Ρεθύμνου και Μαλλίων). Η μεγαλύτερη πεδιάδα του νησιού βρίσκεται στο νότιο-κεντρικό τμήμα του (πεδιάδα Μεσσαράς), ενώ στο νότιο ανατολικό αναπτύσσεται η πεδιάδα της Ιεράπετρας. Υπάρχουν τέλος αρκετά οροπέδια τα κυριότερα των οποίων είναι του Λασιθίου και του Ομαλού.

Το υδρογραφικό δίκτυο είναι πυκνό στο δυτικό τμήμα του νησιού, ενώ στο ανατολικό δεν είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένο. Το απότομο ανάγλυφο και η συχνή εναλλαγή διαπερατών και αδιαπέραστων γεωλογικών σχηματισμών σε συνδυασμό με το μικρό εύρος του νησιού έχει ευνοήσει το σχηματισμό χειμάρρων και την εμφάνιση πηγών και όχι τον σχηματισμό μεγάλων ποταμών. [4][6]

#### **1.3.1. Στρωματογραφία**

Η Κρήτη αποτελείται από ένα αυτόχθονο έως παραυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που περιλαμβάνει την ημιμεταμορφωμένη ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων και τους

υποκείμενους ασβεστολίθους, δολομίτες, με παρεμβολές σχιστολίθων, ένα αλλόχθονο σύστημα αποτελούμενο από διάφορα επιμέρους καλύμματα επωθημένο πάνω στο αυτόχθονο και από τα νεότερα ιζήματα του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς.

#### **1.3.1.1. Αυτόχθονη σειρά- Ιόνιος ζώνη**

Περιλαμβάνει την ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων που χαρακτηρίζεται από την λεπτοστρωματώδη ανάπτυξη ισχυρά ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων - μαρμάρων ,στους οποίους παρεμβάλλονται πυριτόλιθοι με μορφή λεπτών στρώσεων, κονδύλων ή φακών, σχιστολίθους κυρίως πυριτικούς που βρίσκονται με μορφή ένστρωσης στη βάση των πλακωδών κρυσταλλικών ασβεστολίθων, και παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους έως μάρμαρα και δολομίτες. Τα ανθρακικά της Ιονίου ζώνης αναπτύσσονται κυρίως στα κεντρικά τμήματα των ορεινών όγκων (Λευκά ορη, Ψηλορείτης, Ταλαία Ορη, Δίκη, Σελένα και Θριπτή) και σποραδικά σε άλλα τμήματα ιδιαίτερα στο Νομό Ρεθύμνου.

#### **1.3.1.2. Αλλόχθονες σειρές τεκτονικό κάλυμμα Ομαλού - Τρυπαλίου**

Αποτελεί το κατώτερο τεκτονικό κάλυμμα της νήσου Κρήτης και βρίσκεται επωθημένο επάνω στην αυτόχθονη σειρά των λεπτοπλακωδών κρυσταλλικών ασβεστολίθων. Εμφανίζει μεγάλη εξάπλωση στη Δυτική Κρήτη και αναπτύσσεται σε μεγάλο τμήμα των Λευκών Ορέων.

#### **1.3.1.3. Τεκτονικό κάλυμμα φυλλιτών - χαλαζιτών**

Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται από φυλλίτες, μεταψαμμίτες, χαλαζίτες και σχιστόλιθους, κροκαλοπαγή, ποικίλης σύστασης. Συχνά παρεμβάλλονται μαύροι λεπτοστρωματώδεις και κατακερματισμένοι κρυσταλλικοί ασβεστολίθοι, χαλαζιτικές φλέβες, δολομίτες

#### **1.3.1.4. Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Τρίπολης**

Το τεκτονικό κάλυμμα της ζώνης Τρίπολης συναντάται επωθημένο είτε απευθείας πάνω στους Πλακώδεις ασβεστολίθους της Ιονίου ζώνης, είτε και κυρίως πάνω σε υπολείμματα της φυλλιτικής - χαλαζιτικής σειράς με αποτέλεσμα να παρουσιάζει έντονο κερματισμό στη βάση του. Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς του φλύσχη και τους μεσο-παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους και δολομίτες που είναι έντονα τεκτονισμένοι. Τα ανθρακικά πετρώματα της Τρίπολης παρουσιάζουν μεν μεγάλο

πάχος, έχουν όμως εξαιτίας των επωθήσεων και των ρηγμάτων κατατμηθεί και συναντώνται πολλές φορές ως τεκτονικά ράκη πάνω στους υποκείμενους τεκτονικά σχηματισμούς. Εξαιτίας της θέσης τους ως υπερκείμενοι των φυλλιτών και λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων διαδραμματίζουν ιδιαίτερο ρόλο στη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών λεκανών της Κρήτης.

#### **1.3.1.5. Τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Πίνδου**

Το τεκτονικό κάλυμμα της Πίνδου συναντάται με μικρές γενικά ανθρακικές εμφανίσεις λεπτοπλωδών ασβεστολίθων με ενστρώσεις πυριτιολίθων, στρώματα κερατολίθων και μεγαλύτερα αναπτύγματα του φλύσχη. Η ενότητα της Πίνδου συναντάται κυρίως επωθημένη πάνω στην αντίστοιχη της Τρίπολης και τοπικά πάνω στους φυλλίτες.

#### **1.3.1.6. Τεκτονικά καλύμματα εσωτερικών ζωνών.**

Η ενότητα των οφιολίθων-κρυσταλλοσχιτωδών είναι ένα σύνθετο πολύμεικτο τεκτονικό κάλυμμα με μεγάλη ποικιλία λιθολογικών σχηματισμών διαφόρου ηλικίας. Στην ενότητα αυτή συμμετέχουν οφιολίθοι (σερπεντινίτες, βασάλτες, περιδοτίτες, γάβροι κ.α.), μεταμορφωμένα πετρώματα (γενύσιοι, αμφιβολίτες), ανθρακικά πετρώματα ηλικίας Α.Τριαδικού έως Α.Κρητιδικού, φλυσχοειδή ιζήματα, γρανίτες κ.α. Στο σύνολο της ενότητας αυτής καταγράφονται διάφορες υποενότητες με χαρακτηριστικές ονομασίες όπως καλύμματα Αρβης, Μιαμού, Βάτου, Αστερουσίων, Οφιολιθικό κάλυμμα.

#### **1.3.1.7. Νεογενείς σχηματισμοί**

Τα νεογενή και πλειοπλειστοκαινικά ιζήματα αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις στο σύνολο της Κρήτης. Επικάθονται ασύμφωνα στους αλπικούς σχηματισμούς. Αποτελούνται από ιζήματα χερσαίας, ποτάμιας, υφάλμυρης και θαλάσσιας φάσης. Παρουσιάζουν ανομοιομορφία τόσο ως προς την ηλικία τους όσο και ως προς τη λιθολογία τους. Αποτελούνται από εκτεταμένες αποθέσεις μαργών, κροκαλών και μαργαϊκών ασβεστολίθων. Βιβλιογραφικά, ανάλογα κυρίως από τη θέση εμφάνισης τους έχουν δοθεί διαφορετικές ονοματολογίες των διαφόρων φάσεων τους (π.χ. σχηματισμοί Αγ. Βαρβάρας, Φοινικιάς κλπ).

Στη δυτική Κρήτη στο βόρειο τμήμα αναπτύσσονται λατυποκροκαλοπαγή των Τοπολίων αποτελούνται από ισχυρά συγκολλημένες με ασβεστιτικό συνδετικό υλικό

ανθρακικές κυρίως λατύπες προερχόμενες μόνο από τους σχηματισμούς των ζωνών Τρίπολης και Πίνδου. Παρόμοιες αποθέσεις μεγάλου πάχους συναντώνται και στην περιοχή Παλαιόχωρας - Στομίου. Οι αποθέσεις αυτές συμπεριφέρονται ως καρστικοί σχηματισμοί.

#### **1.3.1.8. Τεταρτογενείς σχηματισμοί**

Τα τεταρτογενή ιζήματα είναι τοποθετημένα πάνω σε όλους τους σχηματισμούς τόσο του αλπικού υποβάθρου όσο και των νεογενών αποθέσεων και αποτελούνται από χερσαίες, θαλάσσιες έως λιμνοθαλάσσιες αποθέσεις, άμμων, κροκαλών, αργίλων και χαλίκων ασύνδετων έως ελαφρά συγκολλημένων.

#### **1.3.2. Τα πετρώματα της Δυτικής Κρήτης**

Η γεωλογία της περιοχής θα μπορούσε να είναι μονότονη, μια που σε σχέση με την υπόλοιπη Κρήτη, τα πετρώματα που υπάρχουν είναι πολύ λίγα. Όμως οι διαδικασίες που επέδρασαν πάνω σε αυτά ήταν τόσο έντονες και ποικίλες που το τελικό αποτέλεσμά τους, το σημερινό ανάγλυφο, είναι εντυπωσιακό.

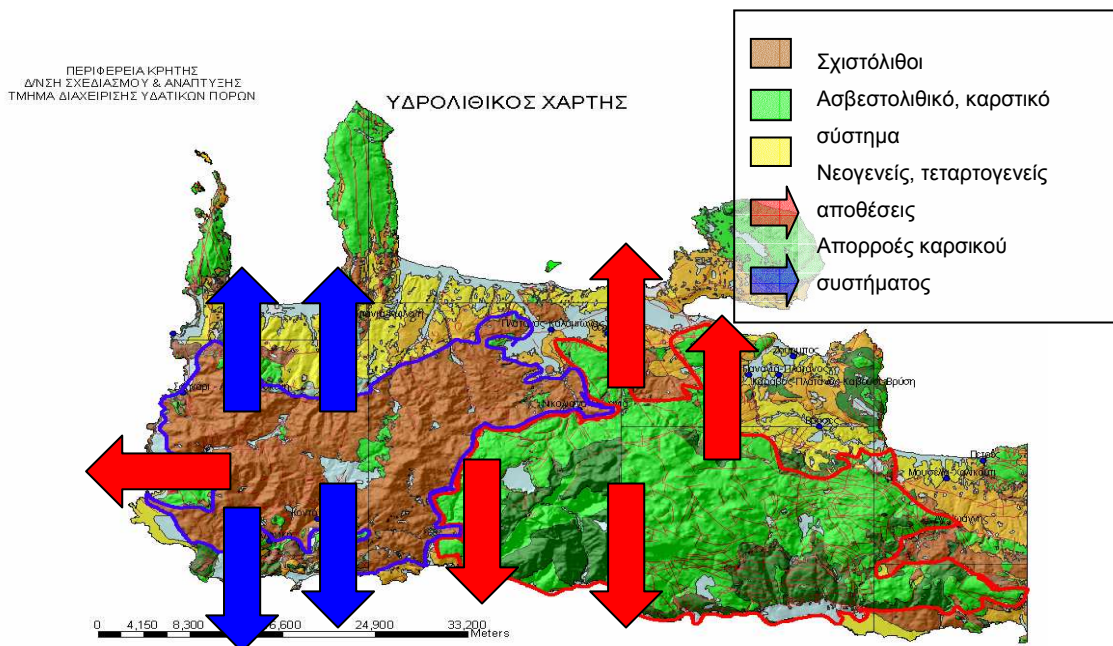
Συνολικά στον κύριο κορμό της οροσειράς των Λευκών Ορέων υπάρχουν δύο κυρίως ομάδες πετρωμάτων, των Πλακωδών Ασβεστολίθων και του Τρυπαλίου. Η σημαντικότερη και αυτή που κατέχει το μεγαλύτερο όγκο είναι η ομάδα πετρωμάτων των «Πλακωδών Ασβεστολιθών». Είναι τα πετρώματα που σε όλο το νησί σχηματίζουν τη ραχοκοκαλιά πάνω στην οποία βρίσκονται όλες οι υπόλοιπες ομάδες, παράλληλα, είναι και τα πιο βαθιά πετρώματα που γνωρίζουμε στην Κρήτη, εφόσον δεν ξέρουμε τι υπάρχει κάτω από αυτά. Αν και στην Κρήτη η ηλικία των πετρωμάτων της ομάδας ξεκινάει από τα 300 περίπου εκατομμύρια χρόνια από σήμερα, στα Λευκά Όρη υπάρχουν μόνο τα ανώτερα τμήματα της ομάδας. Έτσι, στις ανατολικές παρυφές της οροσειράς υπάρχουν γκρίζοι δολομίτες και ασβεστόλιθοι ηλικίας 200 εκατομμυρίων χρόνων., ενώ στον κεντρικό κορμό της οροσειράς εμφανίζονται τα νεώτερα πετρώματα.

Από τα πιο χαρακτηριστικά είναι ο στρωματολιθικός δολομίτης, ένα σκούρο ταινιωτό πέτρωμα με λωρίδες αποθέσεων σιδήρου, που δημιουργείται από τους στρωματόλιθους, οργανισμούς που ζουν σε νερά χωρίς οξυγόνο. Αυτοί οι οργανισμοί που απορροφούν τα διαλυμένα οξείδια του σιδήρου και απελευθερώνουν οξυγόνο, έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην εμφάνιση του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα της γης πριν από 2 δισεκατομμύρια χρόνια. Τμήματα των πετρωμάτων αυτών συναντούνται μέσα

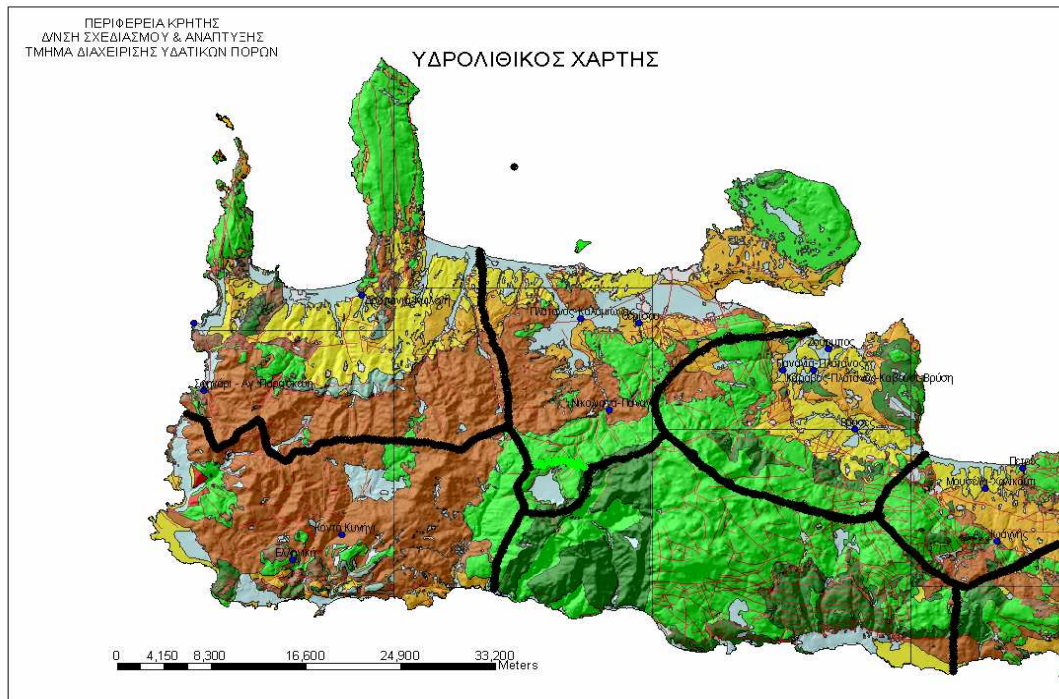


στο φαράγγι στις Σαμαριάς, κυρίως στο ανώτερο και δυτικό του τμήμα, καθώς και με τη μορφή ογκόλιθων στην κοίτη του ρέματος.

Άλλες ομάδες πετρωμάτων που βρίσκονται στην οροσειρά των Λευκών Ορέων είναι η ομάδα των ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων του Τρυπαλίου, τα σχιστολιθικά κυρίως πετρώματα της ομάδας των Φυλλιτών-χαλαζιτών και ασβεστόλιθοι της ομάδας της Τρίπολης. Τα πετρώματα του Τρυπαλίου εμφανίζονται μόνο στη δυτική Κρήτη και είναι οι χαρακτηριστικοί λευκοί ασβεστόλιθοι (μάρμαρα) των κορυφών των Λευκών Ορέων που σκεπάζουν τους Πλακώδεις ασβεστόλιθους ή οι λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με τις τρύπες που συναντούνται από τους Λάκκους μέχρι και τον Ομαλό, ή στο όρος Τρυπάλι στα ανατολικά της οροσειράς. Η ηλικία τους είναι από 200 έως 140 εκατομμύρια χρόνια. Τα υπόλοιπα πετρώματα σκεπάζουν και αυτά τους Πλακώδεις ασβεστόλιθους, αλλά έχουν όμως πολύ μικρή εμφάνιση, κυρίως στα ανατολικά και δυτικά περιθώρια της οροσειράς, αν και στην υπόλοιπη Κρήτη καλύπτουν μεγάλες εκτάσεις. Διασχίζοντας κανείς το φαράγγι της Σαμαριάς, περνάει από τα πετρώματα του Τρυπαλίου, που βρίσκονται στο Ξυλόσκαλο, στα κατώτερα πετρώματα της ομάδας των Πλακωδών ασβεστολίθων, με πρώτα τους τυπικούς πλακώδεις ασβεστόλιθους, τους σχιστόλιθους του Γκίγκιλου και το στρωματολιθικό δολομίτη στο τέλος των σκαλοπατιών. Από το μέσο περίπου του φαραγγιού και μέχρι την έξοδο στην Αγία Ρουμέλη τα πετρώματα είναι αποκλειστικά πλακώδεις ασβεστόλιθοι [4,6].



Σχήμα 1.1: Υδρολιθικός χάρτης Νομού Χανίων [7].



Σχήμα 1.2: Υδρολιθικός χάρτης με τις λεκάνες απορροής των ποταμών του Νομού Χανίων. [7]

## Κεφάλαιο 2. Ισχύουσα νομοθεσία σχετικά με την ποιότητα του νερού

Στη χώρα μας ο χαρακτηρισμός της ποιότητας των πόσιμων υδάτων καθορίζεται με την Κοινή Υπουργική Απόφαση, με αριθμό Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/Β/11-07-2001) « για την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.» σε συμμόρφωση προς την Οδηγία του 98/83 του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

Λαμβάνοντας υπόψιν την Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001 θα πραγματοποιηθεί σύγκριση με τις αναλύσεις των νερών στο μοναστήρι της Αγίας Κυριακής, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσον τα ύδατα μπορούν να χαρακτηριστούν πόσιμα.

### 2.1. Κανονισμοί της οδηγίας 98/83 για την ποιότητα του πόσιμου νερού.

Η Ευρωπαϊκή οδηγία 98/83 και κατ' επέκταση η ΚΥΑ Υ2/2600/2001 αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και σαν στόχο έχει

- Την προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στην ρύπανση και μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, μέσω της εξασφάλισης ότι είναι υγιεινό και καθαρό.

Στον πίνακα 2.1 αναφέρονται τα όρια που ορίζει η νομοθεσία για τη συγκέντρωση βακτηρίων στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης. [8]

**Πίνακας 2.1** Μικροβιολογικές παράμετροι στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης σύμφωνα με την Οδηγία 98/83

Μικροβιακή παράμετρος	Μονάδα έκφρασης αποτελεσμάτων	Παραμετρική τιμή
<i>Escherichia coli</i> ( <i>E.coli</i> )	απουκίες /100 ml	0
Ολικά κολοβακτηρίδια	απουκίες /100 ml ( μέθοδος μεμβρανών 37° C)	0
Κοπρανώδη κολοβακτηρίδια	απουκίες /100 ml ( μέθοδος μεμβρανών 44° C)	0
Εντερόκοκοι	απουκίες /100 ml	0

**Πίνακας 2.2 Όρια ποιότητας πόσιμου νερού. [8]**

A/a	Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση	Παρατηρήσεις
1	θερμοκρασία	°C	12	25	
	συγκέντρωση σε ιόντα				
2	υδρογόνου	μονάδα pH	6,5<pH<9,5	9,5	
3	Αγωγιμότητα	μS/cm, 20°C	400	2500	Σε αντιστοιχία με τη συγκέντρωση μεταλλοίωντων στο δείγμα
4	Χλώριο	mg/L Cl <sup>-</sup>	25	250	
5	Θειικά Ιόντα	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25	250	
6	Πυρίτιο	mg/L SiO <sub>2</sub>			
7	Ασβέστιο	mg/L Ca <sup>2+</sup>	100		
8	Μαγνήσιο	mg/L Mg <sup>2+</sup>	30	50	
9	Νάτριο	mg/L Na <sup>+</sup>	20	200	
10	Κάλιο	mg/L K <sup>+</sup>	10	12	
11	Αργίλιο	mg/L Al <sup>3+</sup>	0,05	0,2	
12	Ολική Σκληρότητα	mg/L Ca <sup>2+</sup>	30(ή 150 mg/l CaCO <sub>3</sub> )		Αναφέρεται σε νερά που έχουν υποστεί αποσκλήρυνση
13	Ξηρό υπόλειμμα	mg/L 180° C		1500	
14	Διαλυμένο οξυγόνο	% O <sub>2</sub> κορεσμού			Τιμή κορεσμού >75% εκτός των υπογείων νερών
15	Ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα	mg/L CO <sub>2</sub>			
16	Νιτρικά	mg/L NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	25	50	
17	Νιτρώδη	mg/L NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>		0,5	
18	Αμμώνιο	mg/L NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,05	0,5	
19	Άζωτο	mg/L N		1	
20	Σίδηρος	mg/L Fe	50	200	
21	Μαγγάνιο	mg/L Mn	20	50	
22	Χαλκός	mg/L Cu	2000		
23	Ψευδάργυρος	mg/L Zn	100		
24	Φώσφορος	mg/L P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	400	5000	
25	Φθόριο	μg/l F <sup>-</sup> 8-12 C°		1500	
		25-30 C°		700	
26	Χλώριο υπολλειματικό	μg/l Cl <sup>-</sup>			
27	Άργυρος	μg/l Ag		10	

## **2.1. Η οδηγία 2000/60/EC και η εναρμόνιση της Ελληνικής νομοθεσίας**

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60 για τη Διαχείριση των Υδάτων [9] εκδόθηκε στις 23 Οκτωβρίου 2000 ως αποτέλεσμα της διαπιστωμένης ανάγκης για σφαιρική αντιμετώπιση της πολιτικής του νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η συγκεκριμένη Οδηγία παρουσιάζει πολλά κοινά σημεία με τα συστήματα διαχείρισης των υδατικών πόρων που εφαρμόζονται σήμερα στις ΗΠΑ, την Αυστραλία, τη Νέα Ζηλανδία καθώς και μεγάλα τμήματα της Αφρικής και της Ασίας. Οι βασικοί στόχοι της Οδηγίας είναι:

- προστασία και αναβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων και των υδροβιότοπων καθώς και των χερσαίων οικοσυστημάτων σε σχέση με τις ανάγκες τους σε νερό
- προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης του ύδατος μέσω μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων πόρων
- βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος μέσω κατάλληλων μέτρων ελέγχου
- σταδιακή μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων
- αντιμετώπιση των επιπτώσεων πλημμύρων και ξηρασιών

Σύμφωνα με την οδηγία, η ποιότητα του νερού πρέπει να ελέγχεται, μέσω αξιόπιστων συστημάτων παρακολούθησης και με σταθερή συχνότητα μετρήσεων. Απαιτείται ο καθορισμός ειδικών χημικών και βιολογικών μεθόδων και η χρήση κατάλληλων δεικτών. Τα υπάρχοντα δίκτυα μετρήσεων, αν και αρκετά πυκνά σε μερικές περιοχές, είναι κατανομημένα ανομοιόμορφα και μετρούν λίγες και διαφορετικές μεταβλητές, ανάλογα με τη σκοπιμότητα του κάθε δικτύου. Η συνέχεια των χρονοσειρών διακόπτεται συχνά, διότι δεν υπάρχουν εξασφαλισμένη χρηματοδότηση, συντήρηση και εξειδικευμένο προσωπικό. Κατά συνέπεια, η ποιότητα της παραγόμενης πληροφορίας είναι μειωμένη, ενώ η αδυναμία ελέγχου των μεθόδων και πρωτοκόλλων δειγματοληψίας δημιουργεί αμφιβολίες για την αξιοπιστία της. Η κατάσταση επιβαρύνεται από την διαδεδομένη πρακτική πολλών φορέων να μην χορηγούν τα αναλυτικά στοιχεία που διαθέτουν, ιδίως όταν αυτά έχουν συλλεγεί στα πλαίσια μελετών ή ερευνητικών προγραμμάτων. Η διόρθωση των ανωτέρω αδυναμιών, η οργάνωση κατάλληλων δικτύων ανά υδατική λεκάνη και η εξασφάλιση της μονιμότητας των μετρήσεων συνιστούν ένα πρόγραμμα εξαιρετικά φιλόδοξο, που η υλοποίησή του θα απαιτήσει μεγάλα κονδύλια, πολύ χρόνο και οδυνηρή αναδιάρθρωση αρμοδιοτήτων [9,10].

Η εφαρμογή της Οδηγίας προγραμματίζεται να ολοκληρωθεί σε 15 έτη (2015). Ωστόσο τα πρώτα τέσσερα χρόνια (μέχρι το 2004) αποτέλεσαν μια καθοριστική περίοδο καθώς στο διάστημα αυτό θα έπρεπε να έχουν ολοκληρωθεί μια σειρά δράσεων, όπως η εναρμόνιση της σχετικής ελληνικής νομοθεσίας με την Οδηγία. ο καθορισμός φορέων διαχείρισης, ο προσδιορισμός υδρολογικών περιφερειών με αναφορά στις περιβαλλοντικές πιέσεις, ο προσδιορισμός πολιτικής τιμολόγησης του ύδατος, ο καθορισμός ποιοτικών στόχων για το υδάτινο περιβάλλον, κ.α [9,10].

## Κεφάλαιο 3. Χαρακτηριστικά ποιότητας νερού και μεθοδολογία προσδιορισμού

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται τα χαρακτηριστικά ποιότητας του νερού και δίνεται αναλυτικά η μεθοδολογία προσδιορισμού τους

Τα φυσικά χαρακτηριστικά που εξετάσαμε ήταν

1. pH
2. Αγωγιμότητα
3. Θερμοκρασία
4. Ολική σκληρότητα (σε mg CaCO<sub>3</sub> /L)
5. Ολικό ξηρό υπόλειμμα(TS-105° C)

Τα χημικά χαρακτηριστικά που εξετάσαμε ήταν

6. Ιόντα Χλωρίου (σε mg Cl<sup>-</sup>/L)
7. Ιόντα μαγνησίου (σε mg Mg<sup>2+</sup>/L)
8. Ιόντα ασβεστίου (εκφρασμένα σε mg Ca<sup>++</sup>/L και mg/L CaCO<sub>3</sub>)
9. Νιτρικά ιόντα (σε mg NO<sup>-3</sup>/L)
10. Φωσφορικά PO<sup>-3</sup><sub>4</sub> (σε mg/L)
11. Θειικά ιόντα (έγινε μια ενδεικτική μέτρηση για να δούμε τα ενδεικτικά επίπεδα στα οποία κυμαίνονται οι συγκεντρώσεις θεικών)

Επίσης έγινε μικροβιολογικός έλεγχος

12. Έλεγχος ολικών κολοβακτηριδίων
13. Έλεγχος κοπρανωδών κολοβακτηριδίων

### 3.1 Φυσικά χαρακτηριστικά

#### 3.1.1 Αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα εκφράζει την ικανότητα ενός διαλύματος να επιτρέπει την διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτή η ικανότητα εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, την ολική τους συγκέντρωση καθώς και από την θερμοκρασία. Διαλύματα των περισσότερων ανόργανων ενώσεων είναι σχετικά καλοί αγωγοί ενώ αντίθετα οργανικές ουσίες που δεν δίστανται σε υδατικά διαλύματα παρουσιάζουν μικρή αγωγιμότητα.

## Ορισμοί-Μονάδες μέτρησης

1. Η αγωγιμότητα ενός υλικού μπορεί να εκφραστεί με το αντίστροφο της αντίστασης, R:

$$G = \frac{1}{R}$$

όπου η αντίσταση μετράται σε ohm και η αγωγιμότητα σε  $\text{ohm}^{-1}$  (συχνά αναφέρεται σε mho). **Η αγωγιμότητα ενός διαλύματος μετράται με χρήση δύο χημικά αδρανών ηλεκτροδίων. Για να αποφεύγεται η πόλωση μεταξύ των επιφανειών των ηλεκτροδίων η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό σήμα.**

Η αγωγιμότητα ενός διαλύματος είναι ανάλογη της επιφάνειας A του ηλεκτροδίου και αντιστρόφως ανάλογη της μεταξύ τους απόστασης l.

$$G = k \cdot \frac{A}{l}$$

Η σταθερά αναλογίας k καλείται «ειδική αγωγιμότητα» και είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του διαλύματος. Οι μονάδες του k είναι  $1/\text{ohm}\cdot\text{cm}$  ή mho/ ανά εκατοστό. Η συνήθης μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το  $\mu\text{mho}/\text{cm}$ .

Στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) αντίστοιχο του ohm είναι το Siemens (S) και η ειδική αγωγιμότητα μετράται σε mS/m.  $1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{mhos}/\text{cm}$ , και  $1 \mu\text{S}/\text{cm} = 10^{-3} \text{ mS}/\text{cm}$  ενώ  $1 \text{ dS}/\text{m}$  είναι ίσο με  $1 \mu\text{mhos}/\text{cm}$ .

Η ισοδύναμη αγωγιμότητα  $\Lambda$  ενός δείγματος είναι η αγωγιμότητα ανά μονάδα συγκέντρωσης. Καθώς η συγκέντρωση τείνει στο μηδέν, το  $\Lambda$  τείνει σε μια σταθερά που αναφέρεται σαν  $\Lambda_0$ . Η ισοδύναμη αγωγιμότητα  $\Lambda$  αποτελεί ποσοτικό δείκτη της συμμετοχής ενός ιόντος στη συνολική αγωγιμότητα του διαλύματος, στο οποίο βρίσκεται. Η τιμή της για κάθε είδος ιόντων σε ένα διάλυμα εκφράζει την αγωγιμότητα διαλύματος που περιέχει ένα γραμμοισοδύναμο από το ιόν αυτό σε κυβελίδα όπου τα ηλεκτρόδια απέχουν 1 cm. Η ισοδύναμη αγωγιμότητα δίνεται από τη σχέση.

$$\Lambda = 0,001k/\text{concentration}$$



Όπου οι μονάδες των  $\Lambda$ ,  $k$ , και της συγκέντρωσης είναι  $\text{mho}\cdot\text{cm}^2/\text{ισοδύναμο}$ ,  $\text{mho}/\text{cm}$ , και  $\text{ισοδύναμο}/L$  αντίστοιχα [11,12].

### **Μέτρηση αγωγιμότητας**

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετρούν την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσομένου ρεύματος. Τα αγωγιμόμετρα συνήθως αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσομένου ρεύματος, γέφυρα Wheatstone και ηλεκτρόδιο αγωγιμότητας.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αντίθεση με την αγωγιμότητα των μετάλλων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η εξάρτηση της ειδικής αγωγιμότητας από τη θερμοκρασία επιτάσσει οι μετρήσεις των άγνωστων διαλυμάτων να γίνονται στην ίδια θερμοκρασία με τις μετρήσεις των προτύπων διαλυμάτων που χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση του αγωγιμόμετρου. Επίσης, η παρουσίαση των αποτελεσμάτων πρέπει να συνοδεύεται από τη θερμοκρασία, στην οποία έγιναν οι μετρήσεις για να μπορούν αυτά να έχουν νόημα [11,12].

Κατά τη μέτρηση της αγωγιμότητας πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη βάση στα παρακάτω:

1. Πριν από οποιαδήποτε μέτρηση διασφαλίζουμε την ορθότητα λειτουργίας του οργάνου με βαθμονόμηση. Αυτό γίνεται με τη μέτρηση ειδικών προτύπων διαλυμάτων ( στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκε χρήση προτύπου  $500 \mu\text{S}/\text{cm}$  στους  $20^\circ \text{C}$ ) ελέγχοντας έτσι το κατά πόσον η ένδειξη του οργάνου συμφωνεί με την τιμή της αγωγιμότητας για το συγκεκριμένο πρότυπο σε καθορισμένες πάντα συνθήκες μέτρησης. Αν η ένδειξη του οργάνου βρίσκεται εκτός της τιμής  $G \pm$  ανοχή αγωγιμότητας που φέρει το πρότυπο γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου με χρήση σειράς κατάλληλων προτύπων.
2. Ακολούθως μεταφέρεται μία ποσότητα από το δείγμα σε απολύτως καθαρό ποτήρι βρασμού.
3. Πριν την μέτρηση το ηλεκτρόδιο του αγωγιμόμετρου εκπλένεται με απιονισμένο νερό και απομακρύνεται στη συνέχεια η περιττή υγρασία με ελαφρύ τίναγμα .
4. Κατά τη μέτρηση της αγωγιμότητας μαζί με την εισαγωγή του ηλεκτροδίου εισάγεται στο δείγμα και ο αισθητήρας καταγραφής της θερμοκρασίας.

Η ανώτατη παραδεκτή τιμή αγωγιμότητας για το πόσιμο νερό όπως αυτή ορίζεται στο (ΦΕΚ 892/Β/11-07-2001) είναι τα  $2.500 \mu\text{S}/\text{cm}$  στους  $20^\circ \text{C}$ .

### 3.1.2 pH

Η μέτρηση του pH αποτελεί μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση της ποιότητας του πόσιμου νερού. Σε δεδομένη θερμοκρασία το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα .

Το pH εκφράζει τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου σε ένα υδατικό διάλυμα και η τιμή του εξαρτάται από τη θερμοκρασία του διαλύματος.

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Με το pH δε μετράται η οξύτητα ή η αλκαλικότητα του διαλύματος όμως τιμές pH μικρότερες του 7 δείχνουν μια τάση προς την οξύτητα ενώ τιμές pH μεγαλύτερες του 7 δείχνουν μια τάση προς την αλκαλικότητα. Το αποσταγμένο νερό έχει pH=7.

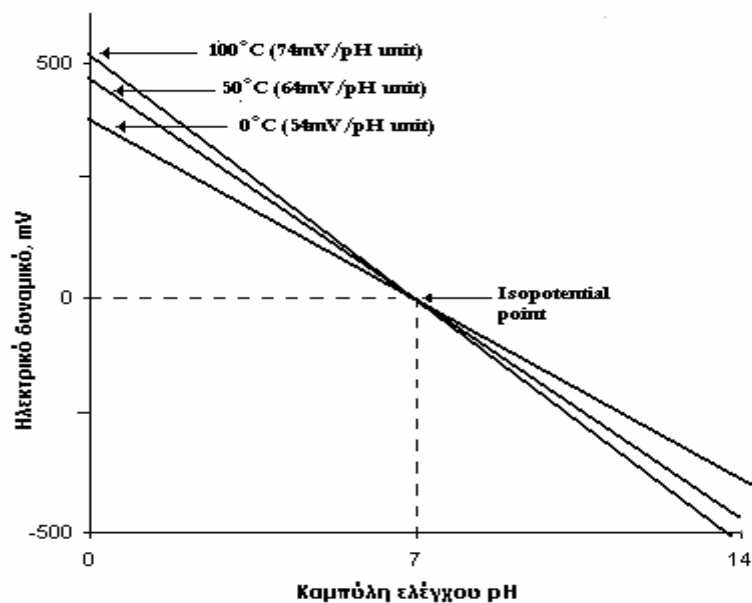
$$pH = -\log[H^+] = -\log 10^{-7} = 7 [11]$$

Τα περισσότερα φυσικά νερά έχουν pH από 4-9.

#### **Ηλεκτρομετρική μέθοδος προσδιορισμού**

Αρχή μεθόδου: Η βασική αρχή του ηλεκτρομετρικού προσδιορισμού του pH βασίζεται στον προσδιορισμό της ενεργότητας των ιόντων υδρογόνου ποτενσιομετρικά, με τη χρήση ενός ηλεκτροδίου αναφοράς και ενός μέτρησης. Τα σύγχρονα ηλεκτρόδια pH περιλαμβάνουν το ηλεκτρόδιο αναφοράς και το ηλεκτρόδιο μέτρησης σε ένα στέλεχος, και ονομάζονται συνδυασμένα ηλεκτρόδια [11].

Το pH προκύπτει από την ηλεκτρεγερτική δύναμη (διαφορά δυναμικού) που δημιουργείται ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.1.



**Διάγραμμα 3.1** Απόκριση τυπικού ηλεκτροδίου pH συναρτήσει της θερμοκρασίας [12].

### Μέτρηση pH.

Κατά την διαδικασία μέτρησης του pH ακολουθούμε την ίδια διαδικασία όπως και στη μέτρηση της αγωγιμότητας.

Κατά τη μέτρηση του pH πρέπει να δίνουμε ιδιαίτερη βάση στα παρακάτω:

1. Πριν από οποιαδήποτε μέτρηση διασφαλίζουμε την ορθότητα των μετρήσεων του οργάνου με βαθμονόμηση. Αυτό γίνεται με τη μέτρηση ειδικών προτύπων διαλυμάτων ( στο εργαστήριο κάναμε χρήση προτύπων 4.01 και 7.00 στους 20° C της κλίμακας του pH) ελέγχοντας έτσι το κατά πόσον η ένδειξη του οργάνου συμφωνεί με την τιμή pH του προτύπου σε καθορισμένες πάντα συνθήκες μέτρησης. Αν η ένδειξη του οργάνου βρίσκεται εκτός της τιμής pH που φέρουν τα πρότυπα γίνεται βαθμονόμηση του οργάνου με βάση τα καθορισμένα πρότυπα που φέρει στο λογισμικό το συγκεκριμένο όργανο.
2. Μεταφέρουμε μία ποσότητα από το δείγμα σε απολύτως καθαρό ποτήρι βρασμού

3. Το ηλεκτρόδιο υάλου πριν την εισαγωγή του στο δείγμα εκπλύνεται με απιονισμένο νερό και απομακρύνεται στη συνέχεια η περιττή υγρασία με ελαφρύ τίναγμα του οργάνου.

4. Κατά τη μέτρηση του pH μαζί με το ηλεκτρόδιο υάλου εισάγεται στο δείγμα και ο αισθητήρας θερμοκρασίας. Έτσι το όργανο κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις σύμφωνα με την θερμοκρασία που επηρεάζει την μέτρηση του pH όπως δείχνει το σχήμα 3.1.

### **Παρεμποδίσεις:**

Το ηλεκτρόδιο υάλου δεν επηρεάζεται από το χρώμα, τη θολερότητα, τα κολλοειδή διαλύματα και τις οξειδωτικές ουσίες που υπάρχουν στα διαλύματα. Αντίθετα η επικάλυψη του ηλεκτροδίου με ελαιώδεις ουσίες ή και αιωρούμενα στερεά μπορεί να επηρεάσει την τιμή μέτρησης του pH. Αυτή η επικάλυψη μπορεί να απομακρυνθεί με ελαφρό στέγνωμα ή και πλύσιμο του ηλεκτροδίου με απορρυπαντικό και ξέβγαλμα του ηλεκτροδίου με απιονισμένο νερό. Εφόσον απαιτείται γίνεται και επιπρόσθετη έκλυση του ηλεκτροδίου με διάλυμα αραιού υδροχλωρικού οξέος [11,12,].

### **3.1.3 Σκληρότητα νερού**

#### **Ορισμοί-Μονάδες μέτρησης**

Παλαιότερα, η σκληρότητα ύδατος οριζόταν σαν ένα μέτρο της ικανότητάς του να κόβει τον αφρό του σαπουνιού. Ο αφρός «κόβει» κυρίως από τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου. Ολική σκληρότητα ορίζουμε το άθροισμα των συγκεντρώσεων ασβεστίου και μαγνησίου μαζί εκφρασμένες σε mg/L ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ). Η πόση μέτρου (σε σκληρότητα) νερού δεν φαίνεται να ευθύνεται για τη συσσώρευση πετρών στα νεφρά.

Τα επιφανειακά νερά έχουν συνήθως χαμηλή σκληρότητα, ενώ τα υπόγεια, που έρχονται σε μεγαλύτερη επαφή με πετρώματα, παρουσιάζουν αρκετά μεγαλύτερη λόγω της μεγαλύτερης διάλυσης των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου [14].

Σκληρό θεωρείται το νερό που περιέχει μεγάλες ποσότητες αλάτων, κυρίως του ασβεστίου και του μαγνησίου με ανθρακικά ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) ή όξινα ανθρακικά (διττανθρακικά,  $\text{HCO}_3^-$ ) ιόντα ή ιόντα υδροξυλίου ( $\text{OH}^-$ ). Μέταλλα που συμβάλλουν στην σκληρότητα είναι τα  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , και  $\text{HCO}_3^-$ . Η ολική σκληρότητα του νερού μετριέται

σε: γερμανικούς βαθμούς ( Od) ή σε γαλλικούς βαθμούς ( Of ) ή σε mg/L CaO ή σε mg/L CaCO<sub>3</sub>, με την αντιστοιχία: **1 Od=10 mg/L CaO=17,8 mg/L CaCO<sub>3</sub> =1,78 Of.**

Στον πίνακα 3.1 βλέπουμε τη διάκριση του νερού όσον αφορά τη σκληρότητα του με βάση την κλίμακα γερμανικών βαθμών.

**Πίνακας 3.1 Χαρακτηρισμός του νερού με βάση τη σκληρότητα. [15]**

**Κλίμακα Γερμανικών βαθμών (Od)**

---

0-4 πολύ μαλακό
4-8 μαλακό
8-12 μετρίως σκληρό
12-18 αρκετά σκληρό
18-30 σκληρό
>30 πολύ σκληρό

---

Όταν αναφερόμαστε στη σκληρότητα τη διακρίνουμε σε ολική, ανθρακική, και μη ανθρακική. Η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, ίση με το άθροισμα της ανθρακικής και μη ανθρακικής σκληρότητας.

Η ανθρακική σκληρότητα αντιστοιχεί στην παροδική σκληρότητα και η μη ανθρακική στη μόνιμη ή παραμένουσα σκληρότητα. Η παροδική σκληρότητα οφείλεται στην ύπαρξη διττανθρακικών ιόντων στο νερό, τα οποία μπορούν να απομακρυνθούν με βρασμό σύμφωνα με τη γενική εξίσωση:

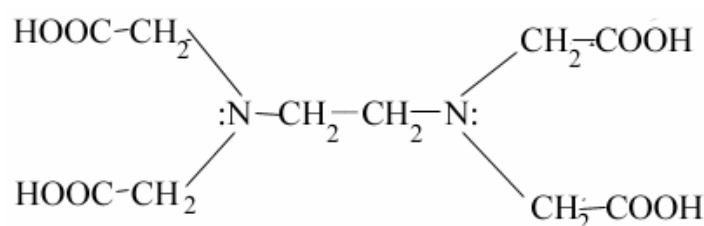


Η μόνιμη σκληρότητα οφείλεται στην ύπαρξη των ιόντων Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>. Η σκληρότητα αυτή δε μειώνεται με βρασμό του νερού.

Όταν η σκληρότητα αριθμητικά είναι ίση ή και μικρότερη της διττανθρακικής αλκαλικότητας όλη η σκληρότητα χαρακτηρίζεται σαν ανθρακική ενώ η μη ανθρακική δεν συμμετέχει.

**Συμπλοκομετρική Ογκομετρική Μέθοδος προσδιορισμού της σκληρότητας με EDTA**

Το αιθυλενοδιάμινο-τετραοξικό οξύ (EDTA) και τα άλατα του αποτελούν διαλυτές ενώσεις στο νερό. Ο συντακτικός τύπος του EDTA παρουσιάζεται στο σχήμα 3.2.



**Σχήμα 3.2.** Συντακτικός τύπος του αιθυλενοδιάμινο-τετραοξικού οξέος (EDTA).

Με το σύμβολο του EDTA υποδηλώνονται όχι μόνο τα αδιάστατα μόρια του οξέος αλλά και τα ανιόντα που προκύπτουν από τον ιονισμό του. Το τετρασθενές ανιόν του EDTA,  $Y^{4-}$  δρα ως εξασχιδής υποκαταστάτης. Η σύνδεση του  $Y^{4-}$  με ένα μεταλλοϊόν γίνεται με τα δύο άτομα αζώτου και τα τέσσερα καρβοξυλικά οξυγόνα, τα οποία διαθέτουν από ένα αδέσμευτο ζεύγος ηλεκτρονίων το καθένα, και τα οποία συνεισφέρουν για τον σχηματισμό δοτικών ομοιοπολικών δεσμών.

Η σχεδόν κατά αποκλειστικότητα χρησιμοποίηση του EDTA στις συμπλοκομετρικές ογκομετρήσεις οφείλεται στα ειδικά πλεονεκτήματα αυτού έναντι των άλλων αμινοπολυκαρβονικών οξέων, (τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις), Τα κυριότερα πλεονεκτήματα του EDTA είναι:

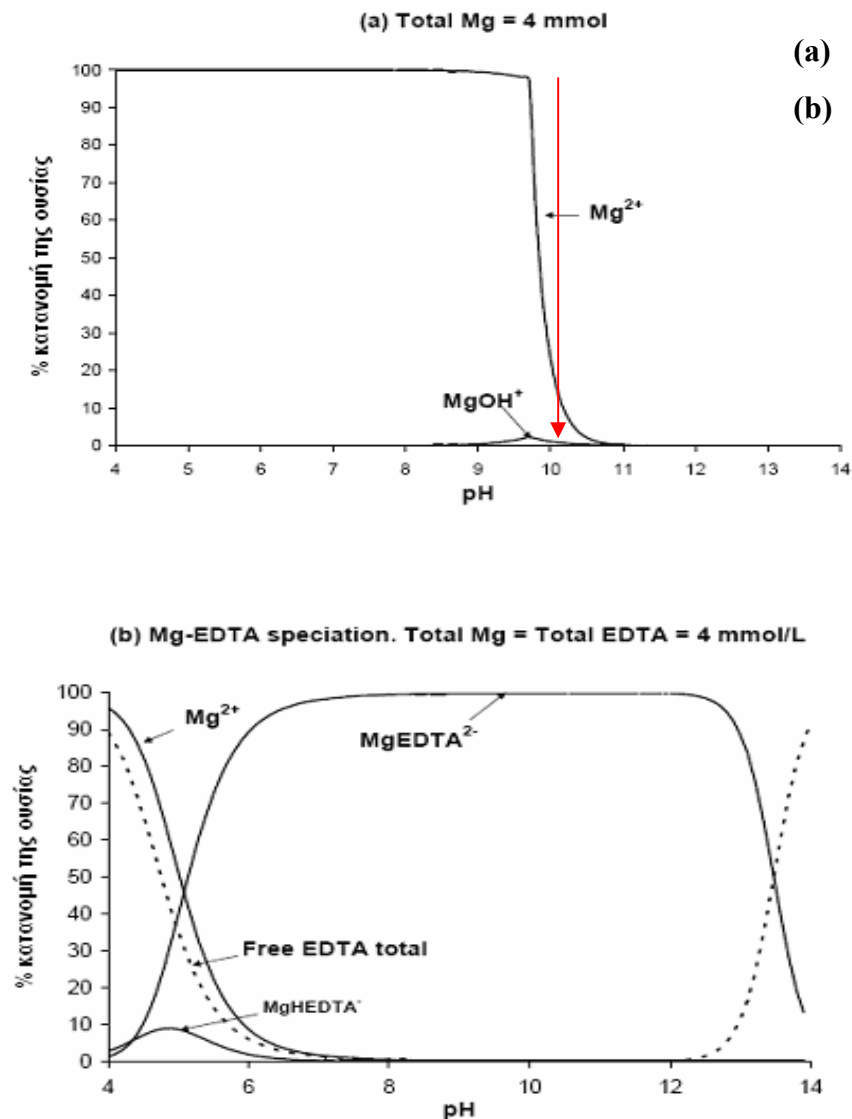
1. Το τετρασθενές ανιόν του EDTA,  $Y^{4-}$ , σχηματίζει πολύ σταθερά σύμπλοκα με τα περισσότερα μεταλλοϊόντα σε αναλογία 1:1. Μάλιστα πολλά από τα σύμπλοκα είναι τόσο σταθερά, ώστε δεν παρουσιάζουν τις χαρακτηριστικές αντιδράσεις των απλών κατιόντων.
2. Επειδή οι τιμές των σταθερών σχηματισμού των συμπλόκων μετάλλου-EDTA (M-EDTA) κυμαίνονται μεταξύ ευρύτατων ορίων για τα διάφορα μεταλλοϊόντα, είναι δυνατόν να επιτευχθεί κάποια εκλεκτικότητα με έλεγχο του pH, στο οποίο εκτελείται η ογκομέτρηση. Έτσι τα μεταλλοϊόντα κατατάσσονται σε τρεις ομάδες ανάλογα τις τιμές των σταθερών σχηματισμού των συμπλόκων τους με EDTA [16].

- Τα μεταλλοϊόντα της πρώτης ομάδας που μπορούν να ογκομετρηθούν σε όξινα διαλύματα (pH 1-4) είναι
- Τα μεταλλοϊόντα της δεύτερης ομάδας που μπορούν να ογκομετρηθούν σε ασθενώς όξινα έως και ουδέτερα διαλύματα (pH 4-7)

- Τα μεταλλοϊόντα της τρίτης ομάδας που συμπλοκοποιούνται σε αλκαλικό περιβάλλον ( pH 8-11)

3. Όλα τα σύμπλοκα ιόντα του EDTA με μεταλλοϊόντα είναι ευδιάλυτα και, ως εκ τούτου, δεν προκύπτουν σφάλματα εξαιτίας συγκαθιζήσεως.

Στο σχήμα 3.3 παρουσιάζονται τα δύο διαγράμματα κατανομής των ιόντων  $Mg^{2+}$  και των ενώσεων Mg/EDTA σαν συνάρτηση του pH. Στην πρώτη περίπτωση απουσιάζει το EDTA ενώ στην δεύτερη περίπτωση βλέπουμε τη κατανομή παρουσίας 4 mmol/L EDTA [16].



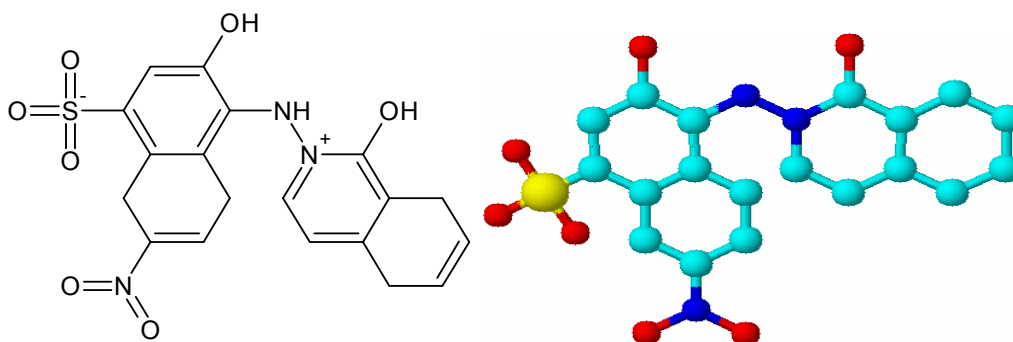
Σχήμα 3.3 : Κατανομή  $Mg^{2+}$  και ενώσεων Mg/EDTA σαν συνάρτηση του pH σε ένα διάλυμα που περιέχει (a) 4 mmol Mg , (b) 4 mmol Mg και 4 mmol EDTA.[18,19]

Παρατηρούμε πως ο σχηματισμός του μαγνησιακού άλατος  $\text{EDTA MgEDTA}^{2-}$  εμποδίζει το σχηματισμό του δυσδιάλυτου  $(\text{MgOH})_{2(s)}$  στην περιοχή  $\text{pH}=10$

Επιλέγουμε η ανάλυση να γίνεται στην περιοχή αυτή του  $\text{pH}$  ( $\text{pH}=10\pm 0,1$ ) σαν συμβιβασμό μεταξύ της ιδιότητας των συμπλόκων του EDTA να γίνονται πιο σταθερά με την αύξηση του  $\text{pH}$  και της ανάγκης να εμποδίσουμε την καθίζηση των μεταλλοίωντων ( $\text{Ca}^{+2}$  και  $\text{Mg}^{+2}$ ), τα οποία και θέλουμε να προσδιορίσουμε.

4. Διατίθεται στο εμπόριο σε ικανοποιητικό βαθμό καθαρότητας και σε προσιτή τιμή ενώ δίνει ευδιάκριτα τελικά σημεία ογκομετρήσεως. Το τελικό σημείο στις συμπλοκομετρικές ογκομετρήσεις δίδεται κυρίως με τη χρήση μεταλλοχρωμικών δεικτών.[16]

Οι μεταλλοχρωμικοί δείκτες είναι οργανικές ενώσεις, που σχηματίζουν χηλικά σύμπλοκα με τα μεταλλοϊόντα, τα οποία έχουν διαφορετικό χρώμα από το χρώμα του ελεύθερου δείκτη. Για να είναι αποτελεσματικοί οι μεταλλοχρωμικοί δείκτες στον προσδιορισμό του τελικού σημείου της ογκομέτρησης πρέπει οι σταθερές σχηματισμού των συμπλόκων τους με τα υπό προσδιορισμό μεταλλικά ιόντα να είναι πολύ μικρότερες από τις αντίστοιχες σταθερές σχηματισμού των συμπλόκων των ιόντων με το EDTA. Για τον προσδιορισμό της ολικής σκληρότητας στο εργαστήριο έγινε χρήση δείκτη Eriochrome Black T (εικόνα 3.4).

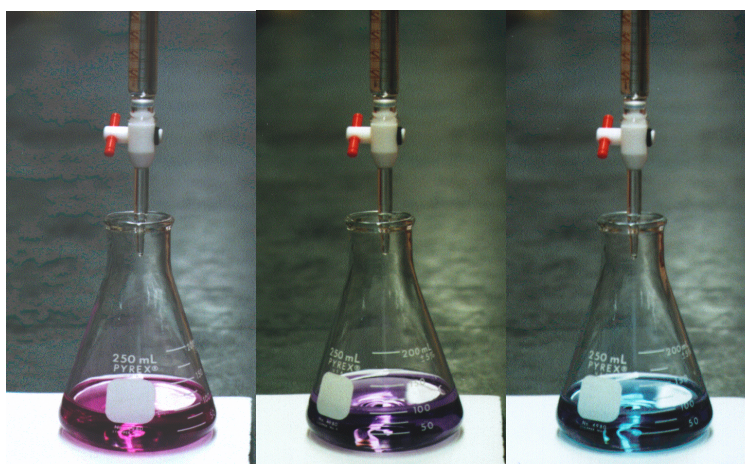


Εικόνα 3.4. Το μέλαν εριόχρωμα T (*Eriochrome Black T*) ( $\text{C}_{19}\text{H}_{16}\text{O}_7\text{S}_1$ )

Όταν μια συγκεκριμένη ποσότητα δείκτη όπως το Eriochrome-Black T προστεθεί σε ένα υδατικό διάλυμα που περιέχει  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  σε αλκαλικό  $\text{pH}$  ( $\text{pH}=10 \pm 0,1$ ) το διάλυμα χρωματίζεται κόκκινο, το οποίο είναι το χρώμα του μεταλλοχρωμικού δείκτη Eriochrome Black T όταν είναι συμπλοκοποιημένος με μέταλλα. Τη σταθεροποίηση του  $\text{pH}$  στο 10 την επιτυγχάνουμε με χρήση ρυθμιστικού



διαλύματος αμμωνίας-χλωριούχου αμμωνίου ( $\text{NH}_3\text{-NH}_4\text{Cl}$ ) 10%. Όταν το EDTA προστεθεί ογκομετρικά μέσω πρότυπου διαλύματος 0,01M, συμπλοκοποιούνται και το Ca και το Mg και όταν όλα τα κατιόντα συμπλοκοποιηθούν το διάλυμα γίνεται μπλε (το χρώμα του ελεύθερου δείκτη). Οι διαδοχικές αλλαγές χρώματος του δείκτη Eriochrome Black T παρουσιάζονται στο σχήμα 3.5.



**Σχήμα 3.5.** Διαδοχικές αλλαγές χρώματος του δείκτη Eriochrome Black T κατά την ογκομέτρηση μεταλλοίωντων με δ/μα EDTA

### Υπολογισμοί

Η ολική σκληρότητα σε ισοδύναμο  $\text{CaCO}_3$  ( $\text{mg CaCO}_3/\text{L}$ ) υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\text{CaCO}_3 \text{ mg/L} = \frac{A \cdot B}{\text{mL}_{\text{δειγματος}}} \cdot 10^3 \quad (\text{εξίσωση 1})$$

Όπου:

A, mL πρότυπου διαλύματος EDTA 0,01 M που καταναλώθηκαν κατά την τιτλοδότηση

B, mg  $\text{CaCO}_3$  που αντιστοιχούν σε 1,00 mL πρότυπου διαλύματος EDTA

### Διαδικασία προσδιορισμού του συντελεστή B

Ο συντελεστής B ουσιαστικά αντιστοιχίζει στο πρότυπο διάλυμα EDTA μια συγκέντρωση  $\text{CaCO}_3$  σε  $\text{mg/L}$  και στην πραγματικότητα μπορεί να διορθώσει τυχόν

απόκλιση της ονομαστικής συγκέντρωσης του διαλύματος EDTA από την πραγματική. Για αυτό ο συντελεστής B πρέπει να προσδιορίζεται κάθε φορά που παρασκευάζουμε καινούργιο πρότυπο διάλυμα EDTA, ή ακόμη και αν το διάλυμα EDTA έχει τιτλοδοτηθεί, επαναλαμβάνεται η διαδικασία αν αυτό έχει αποθηκευτεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Παρασκευάζουμε πρότυπο διάλυμα 1,0 mg/ml CaCO<sub>3</sub> με χρήση 0,500 gr CaCO<sub>3</sub> (ξηραμένο για 2,5 ώρες στους 105° C ) και διάλυση του σε 0,50 L απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια το βράζουμε για να απομακρυνθεί το CO<sub>2</sub> και αφού κρυώσει προσθέτουμε λίγες σταγόνες δείκτη ερυθρό του μεθυλίου και συμπληρώνουμε απιονισμένο νερό έως τα 500 mL για να αναπληρώσουμε την ποσότητα νερού που εξατμίστηκε κατά το βρασμό. Το πρότυπο αυτό διάλυμα χρησιμοποιείται για την παρασκευή δύο άλλων προτύπων διαλυμάτων με συγκεντρώσεις 0,5 mg/mL και 0,1 mg/mL [12].

Τα πρότυπα αρχικά έχουν βαθύ κόκκινο χρώμα. Στη συνέχεια με τη μεταβολή του pH στο 10 (προσθήκη αμμωνίας) χρωματίζεται πορτοκαλί ενώ κατά το πέρας της ογκομέτρησης γίνονται μπλε σκούρο [12].

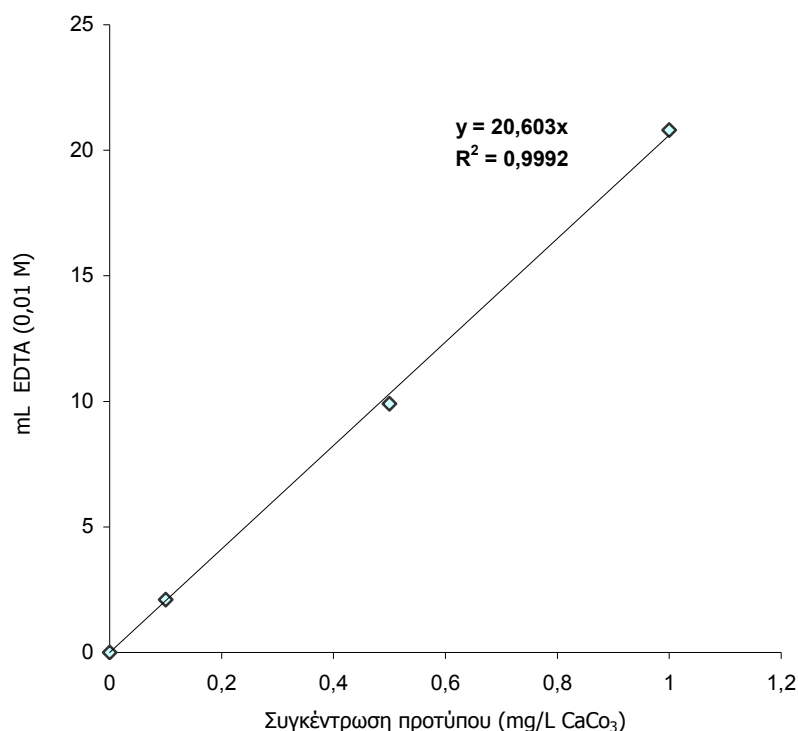
Στη συνέχεια κάνουμε ογκομέτρηση στα τρία προαναφερθέντα πρότυπα όπως ακριβώς και στα δείγματα νερού. Τελικά με χάραξη καμπύλης αναφοράς (mg/L CaCO<sub>3</sub> - mg πρότυπου διαλύματος EDTA 0,01M) προκύπτει ο συντελεστής B:

$$B = \frac{k}{mL_{\text{πρότυπου}}}$$

όπου k : κλίση της ευθεία που προκύπτει

**Πίνακας 3.2** Πίνακας τιμών καμπύλης ογκομέτρησης πρότυπου διαλύματος ανθρακικού ασβεστίου με 0,01M διάλυμα EDTA.

συγκέντρωση πρότυπου διαλύματος ανθρακικού ασβεστίου (mg/L)	mL πρότυπου διαλύματος EDTA (0,01M)
0,1	2,1
0,5	9,9
1	20,8



**Σχήμα 3.6.** Καμπύλη ογκομέτρησης προτύπου διαλύματος ανθρακικού ασβεστίου με διάλυμα 0,01 M EDTA.

### Υπολογισμοί

Στους προσδιορισμούς που πραγματοποιήθηκαν κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας, ο συντελεστής B υπολογίστηκε σε  $B=1,025$ , όπως προκύπτει από τις τιμές του πίνακα 3.2 και διαγράμματος 3.6.

### Παρατηρήσεις

- Ο θεωρητικός συντελεστής B για συμπλοκομετρικό διάλυμα EDTA 0.01 M είναι  $B=1$ , δηλαδή 1 ml EDTA συμπλοκοποιεί 1 mg CaCO<sub>3</sub> (ή αντίστοιχα 0,4008 mg Ca<sup>+</sup>). Η απόκλιση της πειραματικής τιμής του συντελεστή B από την θεωρητική, οφείλεται κατά μεγάλη πιθανότητα σε απόκλιση της πραγματικής συγκέντρωσης του διαλύματος EDTA από την θεωρητική (0,01 M). Έτσι για τη μείωση του ποσοστού σφάλματος (σφάλμα τιτλομετρικής ανάλυσης), είναι απαραίτητο να χαράσσεται η καμπύλη προσδιορισμού του συντελεστή B τουλάχιστον όταν έχουμε παρασκευάσει νέο διάλυμα EDTA .

- Τα ιόντα μαγνησίου,  $Mg^{2+}$ , απαιτείται να είναι παρόντα στο διάλυμα για την επίτευξη ενός σαφούς σημείου αλλαγής χρώματος. Σε αντίθετη περίπτωση η αλλαγή χρώματος δεν είναι σαφής και το σφάλμα που βαρύνει τον προσδιορισμό αυξάνει. Σε τέτοια περίπτωση προστίθεται, συμπλοκομετρικά ουδέτερο μαγνησιακό άλας EDTA σε ελάχιστη ποσότητα. Αυτό αυξάνει τη συγκέντρωση των ιόντων μαγνησίου επιβάλλει όμως την πραγματοποίηση λευκού προσδιορισμού.[12]

### 3.1.4 Ολικό στερεό υπόλειμμα (TS) 103-105 °C

Με τον όρο στερεά ή στερεό υπόλειμμα εννοούμε την περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε σωματίδια.

Οι φυσικοί αποδέκτες δέχονται μεγάλες ποσότητες στερεών, τα οποία προέρχονται κυρίως από τη φυσική αποσάθρωση του εδάφους και των διαφόρων πετρωμάτων καθώς και από τα υγρά απόβλητα. Οι μηχανισμοί που συμβάλλουν στον εμπλουτισμό του νερού σε στερεά είναι

#### 1. Απασβέστωση και απόπλυση

Περιλαμβάνει τον μηχανισμό απόπλυσης και διάλυσης του ορυκτού ασβεστίτη ( $CaCO_3$ ) από τα πετρώματα και τη μεταφορά του στο νερό.

- Ασβεστικό νερό: Προέρχεται από ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, έχει χαμηλή συγκέντρωση σε  $SO_4^{2-}$  και χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

#### 2. Αποδολομιτοποίηση

Λαμβάνει χώρα σε καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες από ασβεστόλιθους και δολομίτικους ασβεστόλιθους αλλά σε συνδυασμό με γυψούχα πετρώματα.

Το υπόγειο νερό στις περισσότερες περιπτώσεις βρίσκεται σε ισορροπία ως προς τον ασβεστίτη ( $CaCO_3$ ) και το δολομίτη ( $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ ) [23].

Τα ενδεικτικά μεγέθη των διάφορων κατηγοριών στερεών είναι:

- Αιωρούμενα διαμέτρου 0,1-10  $\mu m$ .
- Κολλοειδή διαμέτρου 1 nm-0,1  $\mu m$ .

Διαλυμένα διαμέτρου 0,2 nm-1 nm

Επιπτώσεις:

- Σε αρκετές περιπτώσεις μεταφέρουν σε προσροφημένη κατάσταση διάφορες τοξικές ουσίες που είναι δυνατόν να είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία.

## Μέθοδος προσδιορισμού

Η μέθοδος προσδιορισμού περιλαμβάνει το σύνολο των διαλυμένων και μη διαλυμένων (αιωρούμενων) στο νερό ουσιών. Αρχικά μεταφέρεται στο ζυγό στεγνή κωνική φιάλη της οποίας η μάζα προσδιορίζεται με ακρίβεια χιλιοστού του γραμμαρίου ( $M_1$ ). Ακολούθως μεταφέρεται στη φιάλη ποσότητα δείγματος (80 mL στην πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε στην εργασία αυτή. Γίνεται ζύγιση στο ζυγό της μάζας κωνικής φιάλης + δείγματος ( $M_2$ ) και ακολούθως μεταφέρεται στο φούρνο για ξήρανση στους 105 °C για 24 ώρες. Στη συνέχεια γίνεται ξανά ζύγιση της φιάλης ( $M_3$ ). Η ίδια μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και για ξήρανση σε άλλες θερμοκρασίες. Η αύξηση του βάρους της φιάλης μετά την ξήρανση μας δίνει την εκατοστιαία περιεκτικότητα σε στερεό υπόλειμμα [13].

### Υπολογισμοί

Η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε στερεό υπόλειμμα προκύπτει από τη σχέση

$$\% \text{ κ.β στερεό υπόλειμμα (TS)} = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \cdot 100\%$$

όπου  $M_3$ : Μάζα φιάλης μετά την ξήρανση στους 105° για 24 ώρες

$M_2$ : Μάζα φιάλης + δείγματος νερού

$M_1$ : Μάζα κενής φιάλης

Ενώ

$$(\text{TS}) \text{ στερεό υπόλειμμα σε mg/L} = (\text{TS}) \% \text{ κ.β στερεό υπόλειμμα} \cdot 10^4$$

Για τη μείωση του ποσοστού σφάλματος της μεθόδου γίνεται ξήρανση πριν την αρχική ζύγιση  $M_1$  για 1 ώρα της κενής φιάλης και στη συνέχεια τοποθετείται στον ξηραντήρα για να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Η μέτρηση της μάζας της κενής φιάλης  $M_1$  γίνεται αμέσως μετά την απομάκρυνσή της από τον ξηραντήρα για να μην έχουμε σφάλμα στη μέτρηση της μάζας από την υγρασία στα τοιχώματά της. Φροντίζουμε η φιάλη να μην είναι θερμή κατά τη ζύγιση καθώς η ανοδική κίνηση του θερμού αέρα στα εξωτερικά τοιχώματα της φιάλης μπορεί να επηρεάσει τη μέτρησή μας.

Αντίστοιχη διαδικασία ακολουθείται και κατά την αφαίρεση της φιάλης από τον φούρνο μετά την ξήρανση.

Δεν υπάρχει άμεση επαφή των χεριών ή άλλου μέρους του σώματος με τις φιάλες ξήρανσης γιατί ακόμα και η λιπαρότητα του δέρματος μπορεί να επηρεάσει τη μέτρηση σε μια μέθοδο που στηρίζεται σε μεταβολές ακόμα και σε λίγα χιλιοστά του γραμμαρίου.

Οι μετρήσεις μάζας σε όλα τα στάδια της μεθόδου προσδιορισμού πρέπει απαραίτητα να γίνονται στον ίδιο ζυγό για απαλοιφή ενός πιθανού συστηματικού σφάλματος που βαρύνει το ζυγό.

## **3.2 Χημικά Χαρακτηριστικά**

### **3.2.1 Ασβέστιο**

Το ασβέστιο είναι ένα στοιχείο, που εντοπίζεται σε κάθε δείγμα νερού και συνήθως μάλιστα, στη μεγαλύτερη αναλογία σε σχέση με τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία. Συνδέεται άμεσα με την φυσική σύσταση του νερού και ενώνεται με όξινα ανθρακικά και ανθρακικά ανιόντα, δίνοντας τα επικρατέστερα άλατα που συναντώνται στο πόσιμο νερό, στα οποία οφείλεται εν μέρει η σκληρότητα. Ωστόσο, από την ισχύουσα υγειονομική διάταξη δεν υπάρχει κάποιο ανώτατο επιτρεπτό όριο για το ασβέστιο παρά μόνο ενδεικτικό επίπεδο (100 mg/L) γύρω στο οποίο κυμαίνονται οι διάφορες τιμές συγκεντρώσεων. Το γεγονός ότι δεν έχει επιβληθεί ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή για την ποσότητα του ασβεστίου δηλώνει πως δεν συντρέχει κανένας λόγος ανησυχίας για την ανθρώπινη υγεία, από την πιθανή και μεμονωμένη υπερβολική αύξηση του ασβεστίου σε ορισμένα νερά που προορίζονται για κατανάλωση. Το ασβέστιο που περιέχεται στο πόσιμο νερό βρέθηκε, από προγενέστερες μελέτες, να παρουσιάζει μια ευεργετική αντιτοξική συμπεριφορά, δεδομένου ότι αποτρέπει - μέσω μιας αντίδρασης - την απορρόφηση και κατά συνέπεια βοηθά στη μείωση των επιβλαβών επιπτώσεων τοξικών στοιχείων όπως είναι το κάδμιο και ο μόλυβδος. Εντούτοις, αυτή η προστατευτική ιδιότητα του ασβεστίου, είναι περιορισμένη ποσοτικά, γεγονός που σημαίνει ότι η αποτελεσματική δράση του στοιχείου ενδεχομένως και να εκλείψει για μεγάλες ποσότητες επιβλαβών ουσιών [12,17,18,24].

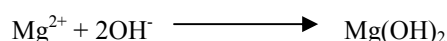
### **Μεθοδολογία προσδιορισμού**

Ο προσδιορισμός των ιόντων  $\text{Ca}^{2+}$  πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο ογκομέτρησης με 0,01 M EDTA (όπως περιγράφεται στο 3.1.3) σε pH 12. Πιο συγκεκριμένα όγκος δείγματος 50 ml μεταφέρεται σε κωνική φιάλη και σε αυτήν προστίθεται διάλυμα

δείκτη Calcon. Στη συνέχεια με αραιό διάλυμα NaOH 0,05 M μεταβάλλουμε το pH στο 12. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το EDTA σχηματίζει σταθερά σύμπλοκα με τα περισσότερα από τα μεταλλοϊόντα. Γι'αυτό, η εκλεκτικότητα του είναι σχεδόν μηδαμινή, όσον αφορά τον προσδιορισμό ενός κατιόντος σε μείγμα κατιόντων (το πρόβλημα της ογκομετρήσεως ενός μεταλλοϊόντος παρουσία άλλων μεταλλοϊόντων είναι ανάλογο προς το πρόβλημα του προσδιορισμού ενός οξέος σε μείγμα οξέων). Η εκλεκτικότητα μπορεί να βελτιωθεί με μια από τις παρακάτω μεθόδους.

### Έλεγχος του pH.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι και η ογκομέτρηση των ιόντων ασβεστίου σε διάλυμα που περιέχει και ιόντα μαγνησίου. Η ογκομέτρηση είναι εφικτή με ρύθμιση του pH σε τιμές >12 και δείκτη calcon ή murexide ή καλσεινή. Σε αυτή την τιμή του pH τα ιόντα Mg δεσμεύονται από τα υδροξύλια (σε περίσσεια) προς σχηματισμό του δυσδιάλυτου άλατος Mg(OH)<sub>2</sub> σύμφωνα με την αντίδραση



Είναι λοιπόν κατανοητό ότι το δυσδιάλυτο άλας Mg(OH)<sub>2</sub> δεν παρεμβαίνει στην αντίδραση συμπλοκοποίησης κατά την προσθήκη του EDTA και έτσι γίνεται εφικτός ο προσδιορισμός του ασβεστίου στο διάλυμα μας [12,16,17,18,19,20,21,22,25].

### 3.2.2 Νιτρικά Ιόντα

Ο πιο διαδεδομένος ρυπαντής που αναγνωρίζεται στο υπόγειο νερό, είναι το διαλυμένο άζωτο με τη μορφή της νιτρικής ρίζας (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Η μεγάλη διάδοσή του οφείλεται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες, αγροτικές ή βιομηχανικές και την απόρριψη, (επιφανειακή ή υπόγεια), λυμάτων, κοπράνων ζώων και άλλων αζωτούχων ρυπαντών στο περιβάλλον.

Το άζωτο στο υπόγειο νερό προέρχεται γενικά, από πηγές αζώτου που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους, στην εδαφική ζώνη ή και σε ρηχές υπεδαφικές ζώνες όπου θάβονται απόβλητα πλούσια σε άζωτο.

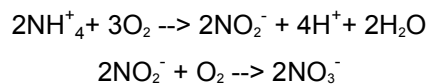
Εμπλουτισμός των επιφανειακών νερών με αζωτούχες ενώσεις προέρχεται από

- ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

- τη δέσμευση ατμοσφαιρικού αζώτου στο νερό (ηλεκτρική ή φωτοχημική δέσμευση με κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις).
- από τους μηχανισμούς διάβρωσης και απόπλυσης των εδαφών της λεκάνης απορροής, με τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά.
- Παντός είδους απόβλητα που εισρέουν στο νερό.
- Από μικροβιακές δράσεις.

Χωρίς τέτοιους εμπλουτισμούς σε άζωτο, οι μέγιστες συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 10 ως 1000  $\mu\text{g/l}$  [23].

Οι ρηχοί υδροφόροι ορίζοντες σε πολύ υδροπερατά υλικά ή σε ρηγματωμένα πετρώματα, δίνουν υπόγειο νερό πλούσιο σε  $\text{NO}_3^-$  γιατί το νερό των υδροφόρων αυτών περιέχει υψηλή συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου. Τα  $\text{NO}_3^-$  είναι η σταθερή μορφή του αζώτου σε οξειδωτικό περιβάλλον. Ο μηχανισμός δημιουργίας της νιτρικής ρίζας (νιτροποίηση) φαίνεται στις παρακάτω αντιδράσεις, οι οποίες πραγματοποιούνται με τη βοήθεια βακτηρίων.



Η πρώτη αντίδραση καταλύεται από το βακτήριο *nitrosomonas* και η δεύτερη από το βακτήριο *nitrobacter*.

Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 3.3) μπορούμε να δούμε κάποια χαρακτηριστικά των νιτρικών ιόντων που αφορούν τις συνήθεις τιμές συγκέντρωσης στο πόσιμο νερό, την πηγή προέλευσης και την επίδραση που μπορούν να έχουν στον ανθρώπινο οργανισμό.



**Πίνακας 3.3.** Προέλευση, όρια ασφάλειας και επιδράσεις των νιτρικών ιόντων στο νερό. [23]

Συστατικό	Κύρια προέλευση	Συνήθης τιμή συγκέντρωσης στο νερό σε mg/l	Επίδραση
Νιτρική ρίζα (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Ατμόσφαιρα, υπολείμματα χλωρίδας, λιπάσματα, ζωικά περιττώματα	Συνήθως <10	Μείωση O <sub>2</sub> διαλελυμένου στο νερό Ευτροφισμός Καρκινογόνα. Περιεκτικότητα >100 mg/L δίνει πικρή γεύση στο νερό και δημιουργεί διαταραχές στη φυσιολογία του οργανισμού. Νερό από ρηγά πηγάδια, με περιεκτικότητα >45 mg/L έχει αναφερθεί ότι προκαλεί μεθαιμοσφαιριναιμία στα βρέφη (κύνωση βρεφών). Η ασθένεια εμφανίζεται και στους ενήλικους στην περίπτωση έλλειψης ενός ενζύμου που οδηγεί στην αναγωγή των νιτρικών σε νιτρώδη.

Η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό δεν πρέπει να ξεπερνά τα 50 mg/L. [8]

#### **Μέθοδος προσδιορισμού**

Η μέθοδος προσδιορισμού που εφαρμόστηκε είναι η φασματομετρία μοριακής απορρόφησης στην περιοχή του υπεριώδους.

Η μέθοδος στηρίζεται στην απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας από το δείγμα σε μήκος κύματος 220 nm. Σε αυτό το μήκος κύματος τα NO<sub>3</sub><sup>-</sup> παρουσιάζουν μέγιστη απορρόφηση. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται μόνο για δείγματα με μικρή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.

Για την άρση των παρεμποδίσεων εκτός από τη μέτρηση της απορρόφησης στα 220 nm γίνεται και μέτρηση της απορρόφησης στα 275 nm. Η απορρόφηση σε αυτό το μήκος κύματος δεν επηρεάζεται από τη συγκέντρωση νιτρικών επειδή το νιτρικό ιόν NO<sub>3</sub><sup>-</sup> δεν απορροφά στα 275 nm. Η οργανική ουσία όμως, που μπορεί να υπάρχει στο δείγμα, καθώς και άλλες παρεμποδίζουσες ουσίες, όπως ενώσεις του σιδήρου, απορροφούν και σε αυτό το μήκος κύματος και έτσι η μέτρηση της απορρόφησης της υπεριώδους ακτινοβολίας σε αυτό το μήκος κύματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διόρθωση των μετρήσεων μας.

Στο εργαστήριο παρασκευάσαμε πρότυπα των 0, 1, 2, 5 και 8 ppm νιτρικού αζώτου (NO<sub>3</sub>-N) με χρήση στερεού KNO<sub>3</sub>, το οποίο είχε ξηρανθεί για 2 ώρες στους

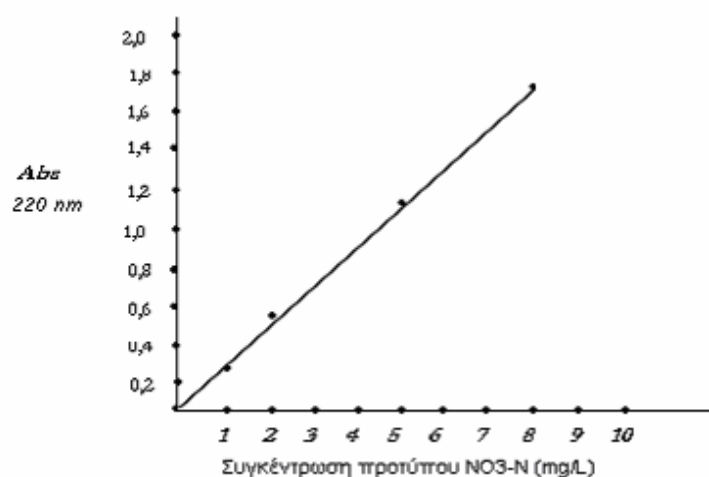
105 ° C και διατηρήθηκε στον ξηραντήρα. Γίνεται διάλυση 0,361 g KNO<sub>3</sub> σε 500 mL απιονισμένο νερού και προκύπτει πρότυπο διάλυμα 100 ppm NO<sub>3</sub>-N. Με διαδοχικές αραιώσεις 1:12,5 , 1:20, 1:50, και 1:100 προκύπτουν τα πρότυπα των 8, 5, 2 και 1 ppm αντίστοιχα.

Η μέγιστη συγκέντρωση προτύπων επιλέχθηκε να είναι 8 ppm επειδή διαπιστώθηκε ότι πρότυπα άνω των 10 ppm δεν ακολουθούν το νόμο των Lambert Beer και δεν δίνουν γραμμική μεταβολή της απορρόφησης σε συνάρτηση με τη συγκέντρωση.

Από τις μετρήσεις της απορρόφησης στα 220 nm και στα 275nm στα παραπάνω πρότυπα διαλύματα (Πίνακας 3.4), προκύπτει η καμπύλη αναφοράς του σχήματος 3.6.

Πίνακας 3.4. Τιμές της απορρόφησης στα 220nm και στα 275nm των προτύπων διαλυμάτων NO<sub>3</sub>-N.

Πρότυπο NO <sub>3</sub> -N (ppm)	Abs ( 220 nm)	Abs ( 275nm)
0	0,000	0,000
1	0,270	0,000
2	0,562	0,000
5	1,157	0,000
8	1,726	0,000



Σχήμα 3.7. Καμπύλη αναφοράς που προκύπτει από τις τιμές του πίνακα 3.4.

Υπολογισμοί:

Από την παραπάνω καμπύλη προκύπτει μια εξίσωση

$$x=4.13* y \quad (1)$$

Όπου  $x$  αντιστοιχούμε τιμές συγκέντρωσης  $\text{NO}_3\text{-N}$  σε  $\text{mg/L}$  και στο  $y$  τιμές απορρόφησης

Τόσο στα πρότυπα διαλύματα όσο και στα άγνωστα δείγματα για την τελική τιμή απορρόφησης ισχύει [12].

$$B=A-2Z \quad (2)$$

Όπου  
 B: Τελική τιμή απορρόφησης  
 A: Η απορρόφηση στα 220 nm  
 Z: Η απορρόφηση στα 275 nm

Στη συνέχεια ανάγουμε τις τιμές συγκέντρωσης  $\text{NO}_3\text{-N}$  που προκύπτουν από τον πιο πάνω τύπο και τη βοήθεια της καμπύλης αναφοράς σε τιμές συγκέντρωσης  $\text{NO}_3^-$ . Στον πίνακα 3.5 παρουσιάζονται αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου σε μία σειρά δειγμάτων νερού. Αυτό γίνεται αν πολλαπλασιάσουμε τη συγκέντρωση νιτρικού αζώτου  $\text{NO}_3\text{-N}$  με το συντελεστή 4,42 που είναι το πηλίκο της μάζας ενός μορίου  $\text{NO}_3$  (62  $\text{g/mole}$ ) προς τη μάζα ενός ατόμου αζώτου (Ατομικό βάρος  $\text{N}=14$ ).

**Πίνακας 3.5.** Εφαρμογή της μεθόδου σε δείγματα νερού

Δείγμα	Abs <sub>220nm</sub>	Abs <sub>275nm</sub>	B <sub>NO3-N</sub>	C <sub>NO3-N</sub> mg/L	C <sub>NO3</sub> mg/L
d <sub>1</sub>	0,193	0,007	0,179	<b>0,739</b>	<b>1,48</b>
d <sub>2</sub>	0,114	0,000	0,114	<b>0,471</b>	<b>0,94</b>
d <sub>3</sub>	0,148	0,012	0,124	<b>0,512</b>	<b>1,02</b>
d <sub>4</sub>	1,156	0,010	1,136	<b>4,691</b>	<b>9,38</b>
d <sub>5</sub>	0,176	0,013	0,150	<b>0,619</b>	<b>1,24</b>
d <sub>6</sub>	0,122	0,008	0,106	<b>0,438</b>	<b>0,88</b>
d <sub>7</sub>	0,221	0,004	0,213	<b>0,879</b>	<b>1,76</b>
d <sub>8</sub>	0,141	0,019	0,103	<b>0,425</b>	<b>0,85</b>
d <sub>9</sub>	0,256	0,001	0,254	<b>1,049</b>	<b>2,10</b>
d <sub>10</sub>	0,093	0,003	0,087	<b>0,359</b>	<b>0,72</b>
d <sub>11</sub>	0,200	0,000	0,200	<b>0,826</b>	<b>1,65</b>
d <sub>12</sub>	0,121	0,000	0,121	<b>0,499</b>	<b>10,00</b>
d <sub>13</sub>	0,162	0,002	0,158	<b>0,652</b>	<b>1,48</b>
d <sub>14</sub>	0,114	0,000	0,114	<b>0,471</b>	<b>0,94</b>

Όπου:

Abs<sub>220nm</sub>, Abs<sub>275nm</sub>: η απορρόφηση του δείγματος στο αντίστοιχο μήκος κύματος

B<sub>NO3-N</sub>: Η νέα τιμή απορρόφησης που προκύπτει σύμφωνα με τη σχέση (2)

C<sub>NO3-N</sub>: Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου που προκύπτει από τις νέες τιμές απορρόφησης B<sub>NO3-N</sub> και τη σχέση (1)(καμπύλη αναφοράς)

C<sub>NO3</sub> mg/L: Η τελική συγκέντρωση σε νιτρικά ιόντα.

### 3.2.3 Ιόντα Χλωρίου (Cl<sup>-</sup>) Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

Οι χρονικές μεταβολές της συγκέντρωσης των χλωριόντων τόσο στο βρόχινο όσο και στο υπόγειο νερό είναι πολύ σημαντικές και η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτης εμπλουτισμού των υδροφορέων. Επίσης η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου αποτελεί μια ασφαλή τεχνική για τη διάκριση της προέλευσης του υπογείου νερού [23].

Τα ιόντα του χλωρίου (Cl<sup>-</sup>) είναι απαραίτητα για την ισορροπία των ηλεκτρολυτών και των άλλων βασικών ιόντων στους ζωντανούς οργανισμούς. Εξαιτίας της παραλαβής και απόρριψης χλωρίου από όλα τα ζώα, τα Cl<sup>-</sup> βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις σε λύματα και αποτελούν ένα σημαντικό δείκτη για τη μόλυνση των υδάτων. Τα Cl<sup>-</sup> δίνουν μια αλμυρή γεύση στο νερό, η οποία μπορεί να γίνει αισθητή σε συγκεντρώσεις γύρω στα 250 ppm εάν το συνοδευτικό κατιόν είναι το Na<sup>+</sup>, ενώ εάν το συνοδευτικό κατιόν είναι ασβέστιο ή μαγνήσιο, η αλμυρή γεύση γίνεται αισθητή σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από 1000 ppm. [11]

**Πίνακας 3.6.** Προέλευση, όρια και επιδράσεις των ιόντων χλωρίου στο νερό [23].

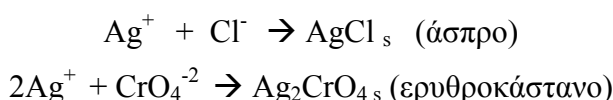
Συστατικό	Κύρια προέλευση	Συνήθης τιμή συγκέντρωσης στο νερό σε mg/l	Επίδραση
Χλώριο (Cl <sup>-</sup> )	Ιζηματογενή πετρώματα, κυρίως «εβαπορίτες». Δευτερεύουσα πηγή τα μαγματικά πετρώματα.	Συνήθως <10 σε υγρές περιοχές, ενώ στις ξηρές περοχές ξεπερνά τα 1000.	Όταν η συγκέντρωση ξεπερνά τα 100 mg/l το νερό παίρνει αλμυρή γεύση. Πολύ ψηλότερες συγκεντρώσεις προκαλούν βλάβες στην φυσιολογία του οργανισμού.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή οδηγία η συγκέντρωση Cl<sup>-</sup> στα πόσιμα νερά δεν πρέπει να ξεπερνά τα 200 mg/l [8].

### Μέθοδος προσδιορισμού

Η μέθοδος προσδιορισμού που εφαρμόσαμε για τον προσδιορισμό των ιόντων Cl<sup>-</sup> είναι η ογκομετρική μέθοδος Mohr.

*Αρχή μεθόδου:* Σε ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον (pH 8,3) και παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου γίνεται ποσοτική καταβύθιση των χλωριόντων, με σχηματισμό χλωριούχου αργύρου και χρωμικού αργύρου. Ο χλωριούχος άργυρος έχει καταβυθιστεί ποσοτικά όταν αρχίζει να εμφανίζεται το κόκκινο χρώμα του χρωμικού αργύρου. Διάλυμα το οποίο περιέχει ιόντα  $Cl^-$  ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα  $AgNO_3$  χρησιμοποιώντας μικρή ποσότητα  $K_2CrO_4$  ως δείκτη. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την διάρκεια της ογκομετρήσεως είναι:



Εκτέλεση προσδιορισμού:

Στην αρχή εκτελούμε ένα λευκό προσδιορισμό (μάρτυρα) ως εξής :

Σε κωνική φιάλη των 250 mL προσθέτουμε 25 mL απιονισμένο νερό και 1 ml  $K_2CrO_4$  2%. Στη συνέχεια ογκομετρείται το τυφλό με διάλυμα  $AgNO_3$  0,01M που προστίθεται σε σταγόνες και συνεχίζεται η ογκομέτρηση μέχρις ότου να εμφανιστεί το κεραμιδί χρώμα. Η κατανάλωση αυτή του πρότυπου διαλύματος του  $AgNO_3$  οφείλεται στην ύπαρξη ιόντων χλωρίου στο νερό και στα σκεύη που χρησιμοποιούνται και πρέπει να αφαιρείται κάθε φορά από τον καταναλισκόμενο όγκο διαλύματος  $AgNO_3$ . Η συνήθης τιμή του λευκού - τυφλού μάρτυρα είναι 0,2-0,3 mL  $Cl^-$  ανά 25 ml απιονισμένο νερό.

Κατόπιν προχωράμε στην ογκομέτρηση του δείγματος όπως περιγράφεται παρακάτω:

Σε κωνική φιάλη των 250 mL προσθέτουμε 25 mL δείγματος και 25 mL απιονισμένο νερό. Στο διάλυμα προστίθεται πρότυπο 1 mL  $K_2CrO_4$  2% και το διάλυμα ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου ( $AgNO_3$ ) 0,1 M αναδεύοντας το συνεχώς έως να εμφανιστεί κεραμιδί χρώμα. Εκτελούνται τουλάχιστον δύο προσδιορισμοί και από το μέσο όρο υπολογίζεται η περιεκτικότητα του δείγματός σε ιόντα χλωρίου.

Υπολογισμοί:

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του χλωρίου είναι:

$$mg \text{ } Cl^- / L = \frac{(A - B) \cdot N \cdot 35450}{C}$$

Όπου : A= mL πρότυπου διαλύματος  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκαν για το δείγμα

B= mL πρότυπου διαλύματος  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκαν για το λευκό

N= η κανονικότητα του διαλύματος  $\text{AgNO}_3$

C= mL δείγματος

### 3.2.4 Φωσφορικά Ιόντα

Στα επιφανειακά νερά και στα υγρά απόβλητα ο φώσφορος απαντάται σε πολλές μορφές, πιο συχνά με τη μορφή ορθοφωσφορικών ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) και πολυφωσφορικών ιόντων ( $(\text{PO}_3)_6^{-3}$ ), ως οργανικός φώσφορος και ως δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Η παρουσία του φωσφόρου στα επιφανειακά νερά, οφείλεται σε πολλές πηγές, φυσικής ή και ανθρωπογενούς προέλευσης. Πολλά από τα χρησιμοποιούμενα απορρυπαντικά, οικιακής ή και βιομηχανικής χρήσης περιέχουν πολυφωσφορικά ιόντα για την αποσκλήρυνση του νερού. Έτσι λύματα και απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς αποδέκτες, επιβαρυνόμενα με σημαντικές ποσότητες φωσφόρου. Τα φωσφορούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες, δεν δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και έτσι, οι εκπλύσεις εδαφών περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου. Ο οργανικός φώσφορος δημιουργείται κυρίως από βιολογικές διαδικασίες. Οργανικός φώσφορος περιέχεται στα περιττώματα και υπολλείματα τροφών και συνεπώς στα λύματα. Φώσφορος υπάρχει ακόμα, στα ιζήματα λιμνών, λιμνοθαλασσών και κλειστών θαλάσσιων κόλπων και στη βιολογική ιλύ (προέρχεται από τον βιολογικό καθαρισμό των λυμάτων) υπό τη μορφή ανόργανων αλάτων ή δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Ο φώσφορος είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψή του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής, σε μια υδατική μάζα. Σε περιπτώσεις όπου ο φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας, η διοχέτευση επεξεργασμένων ή ανεπεξέργαστων λυμάτων, κτηνοτροφικών αποβλήτων, εκπλύσεων γεωργικών εδαφών ή ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει την υπέρμετρη ανάπτυξη φωτοσυνθετικών, υδρόβιων φυκών ή μακρόφυτων που με τη σειρά τους προκαλούν ευτροφισμό.

Στη φύση, τα πολυφωσφορικά ιόντα βαθμιαία, υδρολύονται στο νερό προς σταθερές ομάδες ορθοφωσφορικών. Επίσης, ο δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις

φώσφορος, με τη δράση βακτηρίων, αποικοδομείται με τελικό προϊόν τα φωσφορικά ιόντα [12,13,26].

### **Προσδιορισμός του φωσφόρου με τη μέθοδο ασκορβικού οξέος**

Σε όξινο περιβάλλον, το μολυβδαινικό αμμώνιο και το τρυγικό κάλιο αντιμονύλιο αντιδρούν με τα ορθοφωσφορικά και σχηματίζουν φώσφορο-μολυβδαινικό σύμπλοκο του αντιμονίου. Η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των φωσφορικών [13].

Αντιδραστήριο Α. Παρασκευάζεται με διάλυση 12 g μολυβδαινικού αμμωνίου σε 250 mL νερού. Στη συνέχεια διαλύονται 0,29089g τρυγικού καλιοαντιμονυλίου σε 100 mL νερού. Τα δύο αυτά διαλύματα μεταφέρονται ποσοτικά και διαλύονται σ' ένα λίτρο διαλύματος  $H_2SO_4$  5N και αφού αναμιχθούν καλά, αραιώνονται μέχρι όγκο 2L με νερό.

Αντιδραστήριο Β. Παρασκευάζεται με διάλυση 1,056 gr ασκορβικού οξέος σε 200mL αντιδραστηρίου Α.

### **Διαδικασία προσδιορισμού**

Σε ογκομετρική φιάλη των 50mL φέρονται 10mL δείγματος και με προσθήκη μιας ορισμένης ποσότητας  $H_2SO_4$ , 5N ρυθμίζεται το pH στην τιμή ~5. Η απαιτούμενη ποσότητα του διαλύματος  $H_2SO_4$ , 5N που είναι απαραίτητη για τη ρύθμιση του pH, μπορεί να βρεθεί με μια δοκιμή σ' ένα άλλο δείγμα 10 mL δείγματος με τη βοήθεια δείκτη νιτροφαινόλης. Στη συνέχεια προστίθενται απεσταγμένο νερό μέχρι τα 40mL, 8 mL από το αντιδραστήριο Β και η φιάλη συμπληρώνεται μέχρι τη χαραγή με νερό και ανακινείται καλά. Μετά 10 λεπτά μετρείται η ένταση του χαρακτηριστικού μπλε χρώματος που σχηματίζεται με φασματοφωτόμετρο και σε μήκος κύματος 882 nm. Την επιτάχυνση της εκδήλωσης του χρώματος επιφέρει η παρουσία του αντιμονίου. Το μπλε χρώμα παραμένει σταθερό για 24 ώρες.

Παρασκευάζουμε πρότυπα διαλύματα φωσφόρου 0,2 ppm, 0,4 ppm, 0,6 ppm, 0,8 ppm, 1,0 ppm με χρήση ξηρού  $KH_2PO_4$ . Συμπεριφερόμαστε στα πρότυπα όπως ακριβώς και στα δείγματα εκτελώντας τη διαδικασία ανάπτυξης χρώματος. Έστω τα παρακάτω ζεύγη τιμών που αναφέρονται στις συγκεντρώσεις των προτύπων διαλυμάτων και στις ενδείξεις του οργάνου (Πίνακας 3.7).

**Πίνακας 3.7.** Ένταση απορρόφησης προτύπων διαλυμάτων φωσφόρου στα 882 nm

Συγκέντρωση P σε ppm	Απορρόφηση οργάνου
0	0
0.2	0,165
0.4	0.324
0.6	0,490
0.8	0,640
1,0	0.775

Από τις τιμές της συγκέντρωσης του φωσφόρου και της απορρόφησης στα 882 nm κατασκευάζεται καμπύλη αναφοράς και υπολογίζεται η καμπύλη  $y=ax+b$  που προκύπτει. Συγκρίνοντας την απορρόφηση του άγνωστου διαλύματος με την καμπύλη αναφοράς που προκύπτει από τον πίνακα 3.7 βρίσκουμε τη συγκέντρωση σε φώσφορο του άγνωστου διαλύματος [26].

### 3.2.5 Ιόντα μαγνησίου

Το μαγνήσιο έχει ατομικό αριθμό 12, ατομικό βάρος 24,30 και σθένος 2. Η μέση συγκέντρωση του στον εδαφικό φλοιό της γης είναι 2,1% κ.β. , στα επιφανειακά νερά 4 mg/L, και στα υπόγεια νερά μεγαλύτερη από 5 mg/L. Το μαγνήσιο απαντάται συχνά στα ορυκτά μαγνησίτη και δολομίτη. Στα υδατικά διαλύματα υπάρχει κυρίως με μορφή κατιόντων  $Mg^{2+}$ . Η ισορροπία της αντίδρασης με την ανθρακική ρίζα είναι πιο περίπλοκη σε σχέση με την αντίστοιχη ισορροπία του ασβεστίου. Τα άλατα μαγνησίου συμβάλλουν στην σκληρότητα του νερού, και με τη θέρμανση καθιζάνουν δημιουργώντας ίζημα (πουρί) σε σωληνώσεις.

Το μαγνήσιο είναι ένα απαραίτητο στοιχείο στη χλωροφύλλη και στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Μερικά άλατα του μαγνησίου μπορεί να είναι τοξικά κατά την κατάποση ή εισπνοή. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 125 mg/L μπορούν να έχουν και καθαρτική ή διουρητική δράση. Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι τα 30 mg/L, ενώ η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση είναι τα 50 mg/L.

### Μέθοδος προσδιορισμού

Το μαγνήσιο προσδιορίζεται μέσω της διαφοράς μεταξύ ολικής σκληρότητας και



συγκέντρωσης ασβεστίου σε mg CaCO<sub>3</sub>/L σύμφωνα με τη παρακάτω σχέση. [12]

$\text{mg Mg/L} = [\text{Ολική Σκληρότητα (mg CaCO}_3\text{/L)} - \text{συγκέντρωση Ca}^{2+} \text{ (ως mg CaCO}_3\text{/L)}] * 0,243$

Ο προσδιορισμός της ολικής σκληρότητας και της συγκέντρωσης του ασβεστίου ως CaCO<sub>3</sub> έχουν αναφερθεί στα κεφάλαια 3.1.3 και 3.2.1 αντίστοιχα.

### 3.3 Μικροβιολογική εξέταση δειγμάτων

Με τον όρο μικροβιολογική εξέταση νερού εννοείται ο εντοπισμός και ο ποσοτικός προσδιορισμός των μικροοργανισμών που περιέχονται σε ένα δείγμα νερού και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό. Η μικροβιολογική εξέταση συνήθως περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των παθογόνων μικροοργανισμών για τον άνθρωπο και τα ζώα γιατί υπάρχουν σημαντικά μεθοδολογικά προβλήματα για τον προσδιορισμό του συνόλου των μικροοργανισμών που μπορεί να περιέχει ένα δείγμα νερού που προέρχεται από το περιβάλλον [13].

Σκοπός της μικροβιολογικής εξέτασης του νερού, είναι η εξέταση του βαθμού μόλυνσης των υδάτων από λύματα ή και κτηνοτροφικά απόβλητα και ο έλεγχος της καταλληλότητας του νερού για διάφορες χρήσεις όπως π.χ ύδρευση και κολύμβηση. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με συγκεκριμένη μεθοδολογία και τεχνικές που σκοπό έχουν τον εντοπισμό της παρουσίας και τον προσδιορισμό της πυκνότητας μικροοργανισμών που είναι δείκτες κοπρικής μόλυνσης ή έχουν παθογόνο δυναμικό.

Στην παρούσα εργασία η έναρξη της μικροβιολογικής εξέτασης των δειγμάτων γινόταν αμέσως μετά τη συλλογή τους. Σε ορισμένες περιπτώσεις όταν δεν ήταν δυνατή η ολοκλήρωση της διαδικασίας μικροβιακού ελέγχου τα δείγματα συντηρούνταν για χρονικό διάστημα όχι μεγαλύτερο των 12 ωρών στους 4 °C.

#### **Ολικά κολοβακτήρια (total coliforms-TC):**

Η ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνει αερόβια και προαιρετικά αναερόβια gram-αρνητικά βακτήρια που ζυμώνουν την λακτόζη στους 35<sup>0</sup>C σε 48 ώρες με παραγωγή αερίου. Ανήκουν στην οικογένεια των εντεροβακτηρίων που περιλαμβάνει τα είδη *E.coli*, *citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*. Επειδή μερικά στελέχη της ομάδας αυτής δεν βρίσκονται μόνο στην εντερική χλωρίδα, αλλά μπορούν να βρεθούν και στο περιβάλλον (έδαφος κτλ), η παρουσία τους δε σημαίνει αποκλειστικά κοπρανώδη προέλευση, αλλά δείχνει ύπαρξη βακτηρίων που δεν

ανήκουν στη φυσική χλωρίδα του νερού, δηλαδή τα βακτήρια αυτά έχουν εξωγενή προέλευση [12,13].

Τα ολικά κολοβακτηρίδια απομονώνονται εύκολα και εξαιτίας του μεγαλύτερου χρόνου επιβίωσης τους από τους οργανισμούς που είναι υπεύθυνοι για την μετάδοση διαφόρων ασθενειών, αποτελούν έναν πολύ χρήσιμο δείκτη για την πιθανή παρουσία εντερικών παθογόνων βακτηρίων και ιών στο νερό.

Συμπερασματικά, ένα νερό που είναι απαλλαγμένο από ολικά κολοβακτηρίδια είναι αυτόματα απαλλαγμένο από βακτήρια που μεταδίδουν επιδημίες όπως τυφώδη πυρετό, δυσεντερία και χολέρα.

### **Κοπρανώδη κολοβακτηρίδια (faecal coliforms-FC):**

Περιλαμβάνονται είδη που ζουν αποκλειστικά στο έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια περιέχονται σε μεγάλους αριθμούς, της τάξεως των εκατομμυρίων, στα περιττώματα, λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια, ταξινομικά ανήκουν στην οικογένεια *Enterobacteriaceae* που περιλαμβάνει και το είδος *Escherichia coli*. Η παρουσία κοπρανωδών κολοβακτηριδίων στο νερό αποτελεί σαφή ένδειξη κοπρανώδους επιμόλυνσης, χωρίς όμως να καθιστά το νερό υγειονομικά επικίνδυνο εάν δεν έχει ανιχνευθεί και η παρουσία συγκεκριμένων παθογόνων παραγόντων.

### **Διαδικασία προσδιορισμού ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων**

Οι διαδικασίες προσδιορισμού των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων περιλαμβάνουν κοινά στάδια για αυτό και περιγράφονται μαζί.

1. Με μια αποστειρωμένη λαβίδα παίρνουμε ένα αποστειρωμένο φίλτρο και το τοποθετούμε πάνω στη βάση της αποστειρωμένης μαγνητικής χοάνης της συσκευής διήθησης.

Προσαρμόζουμε την χοάνη στη συσκευή διήθησης, ανοίγουμε την αντλία και διηθούμε πρώτα ένα δείγμα αποστειρωμένου νερού 30mL, το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για τις αραιώσεις των δειγμάτων.

Όταν έχει περάσει όλο το δείγμα του αποστειρωμένου νερού από το φίλτρο ( πριν στεγνώσει εντελώς το φίλτρο ) σταματάμε την διήθηση και τοποθετούμε το φίλτρο πάνω σε ένα τριβλίο με θρεπτικό υλικό M-FC Broth with Rosolic acid (Gelman Laboratory PN 4302). Το φίλτρο αυτό το χρησιμοποιούμε σαν μάρτυρα για τον έλεγχο του αποστειρωμένου νερού.

2. Με μια αποστειρωμένη λαβίδα (την οποία βουτάμε πρώτα σε αιθανόλη, μετά την περνάμε πάνω από φλόγα και περιμένουμε να σβήσει ) παίρνουμε ένα αποστειρωμένο φίλτρο και το τοποθετούμε πάνω στη βάση της αποστειρωμένης μαγνητικής χοάνης της συσκευής διήθησης.

Προσαρμόζουμε την χοάνη στη συσκευή διήθησης, ανοίγουμε την αντλία και διηθούμε 200 mL δείγματος. Προσέχουμε έτσι ώστε να ρίχνουμε το δείγμα στα τοιχώματα και όχι στο κέντρο του μαγνητικού ποτηριού, για να αποφύγουμε τυχόν καταστροφή του φίλτρου.

3. Ξεπλένουμε τη μαγνητική χοάνη με 30 mL απιονισμένο νερό.

4. Τοποθετούμε το φίλτρο στο αντίστοιχο τριβλίο το οποίο περιέχει θρεπτικό υλικό M-FC Broth with Rosolic acid (Gelman Laboratory PN 4302) και στο οποίο έχει σημειωθεί σαφώς η ταυτότητα του δείγματος.

5. Τα M-FC Broth with Rosolic acid (Gelman Laboratory PN 4302) τριβλία για τα θερμοανθεκτικά κοπρανώδη κολοβακτήρια τα επωάζουμε στους 44.5 °C για 22-24 ώρες, ενώ τα τριβλία για ολικά κολοβακτηρίδια τα επωάζουμε στους 35 °C επίσης για 22- 24 h.

6. Αφού πραγματοποιηθεί η καταμέτρηση των αποικιών, τα αποτελέσματα πρέπει να εκφράζονται σε αποικίες/ 100mL δείγματος (cfu/100 mL). Έτσι πρέπει να γνωρίζουμε την ποσότητα του δείγματος που διηθήσαμε έτσι ώστε να μπορέσουμε να κάνουμε τις αναγωγές σε cfu/100 mL δείγματος. Έστω ότι πήραμε 20 ml δείγματος, το αραιώσαμε 1:5 με προσθήκη 80 mL νερό και μετά την επώαση μετρήσαμε 12 αποικίες. Το αποτέλεσμα πρέπει να εκφραστεί σε αποικίες/100 mL. Με αναγωγή προκύπτει μια συγκέντρωση 12 cfu/20 mL ή  $5 \cdot 12$  cfu/100 mL δηλαδή 60 cfu/ 100 mL.

## Κεφάλαιο 4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

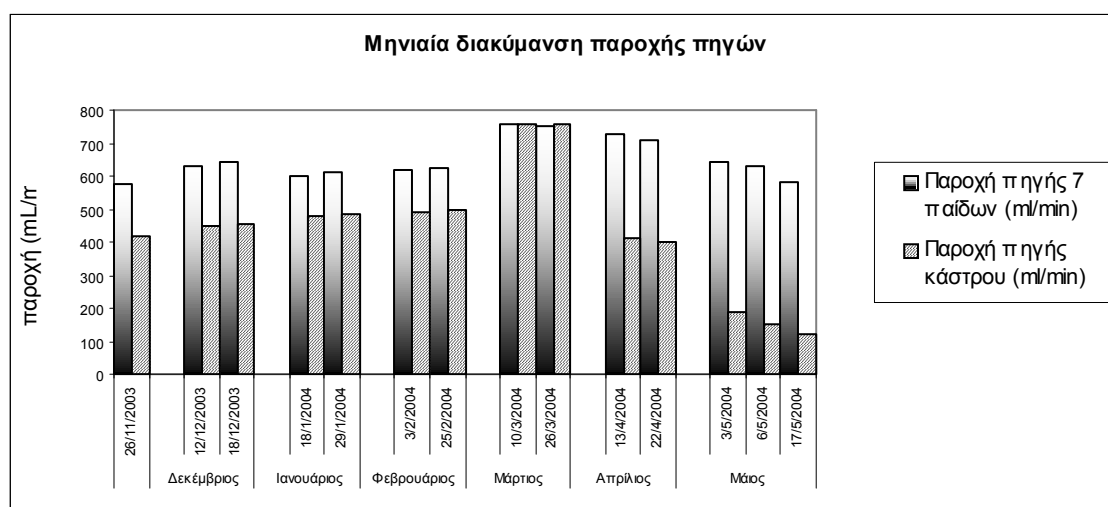
Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται τα βροχομετρικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, η κατανάλωση νερού από την Ιερά Μονή καθώς και όλα τα αποτελέσματα των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν. Στο κεφάλαιο 6 συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν.

### 4.1 Βροχομετρικά στοιχεία περιοχής και παροχές πηγών.

Στους πίνακες 4.1 και 4.2 παρουσιάζονται οι μετρήσεις βροχόπτωσης από τον βροχομετρικό σταθμό που είχε εγκατασταθεί στην περιοχή από το Εργαστήριο Υδρογεωχημικής Μηχανικής και Αποκατάστασης Εδαφών του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης [4][31].

**Πίνακας 4.2:** Μετρήσεις του εγκατεστημένου στην περιοχή βροχομετρικού σταθμού για τα έτη 2002-2003 [31].

Βροχομετρικό σταθμός	Ποσότητα βροχόπτωσης (mm) κατά το έτος 2002	Ποσότητα βροχόπτωσης (mm) κατά το έτος 2003
Ιανουάριος	164	116
Φεβρουάριος	28	305
Μάρτιος	40	243
Απρίλιος	87	114
Μάιος	0	15
Ιούνιος	0	0
Ιούλιος	8	0
Αύγουστος	11	25
Σεπτέμβριος	28	6
Οκτώβριος	35	4
Νοέμβριος	90	93
Δεκέμβριος	111	145
<b>Σύνολο:</b>	<b>602</b>	<b>1066</b>



**Πίνακας 4.1** Χρονική διακύμανση παροχής των πηγών από 26/11/03 έως 17/5/04.

Πίνακας 4.1. Μετρήσεις του εγκατεστημένου στην περιοχή βροχομετρικού σταθμού για το έτος 2004.

<b>.Βροχομετρικό σταθμός</b>	<b>Ποσότητα βροχόπτωσης (mm)(2004)</b>
Ιανουάριος	156
Φεβρουάριος	127
Μάρτιος	93
Απρίλιος	4
Μάιος	1
Ιούνιος	0
Ιούλιος	0
Αύγουστος	0
Σεπτέμβριος	0
Οκτώβριος	4
Νοέμβριος	124
Δεκέμβριος	150
Υπολογιζόμενη βροχόπτωση σε mm	<b>660</b>

Πίνακας 4.3 : Αναλυτική παρουσίαση της μεταβολής της παροχής των 2 πηγών που μελετήθηκαν για την περίοδο 26/11/2003 έως 17/5/2004

		Παροχή πηγής 7 παιδών (mL/min)	Όγκος νερού σε Lt	Παροχή πηγής κάστρου (mL/min)	Όγκος νερού σε Lt
<b>Νοέμβριος</b>					
	26/11/2003	576	25000	420	18150
<b>Δεκέμβριος</b>					
	12/12/2003	630	27500	448	19530
	18/12/2003	642		456	
<b>Ιανουάριος</b>					
	18/1/2004	600	26000	478	20800
	29/1/2004	612		484	
<b>Φεβρουάριος</b>					
	3/2/2004	618	26900	490	21300
	25/2/2004	624		494	
<b>Μάρτιος</b>					
	10/3/2004	756	32500	760	33000
	26/3/2004	750		756	
<b>Απρίλιος</b>					
	13/4/2004	726	31000	414	17500
	22/4/2004	708		398	
<b>Μάιος</b>					
	3/5/2004	642	27000	186	6000
	6/5/2004	630		150	
	17/5/2004	582		120	
<b>Σύνολο(Lit):</b>			<b>196000</b>		<b>136000</b>
				<b>Συνολική ετήσια παροχή πηγών:</b>	<b>332000</b>

#### Παρατηρήσεις:

- Βλέπουμε ότι σύμφωνα με τις μετρήσεις που ελήφθησαν από το βροχομετρικό σταθμό και για το έτος 2004 προκύπτει ένα συνολικό ύψος βροχής 660mm
- Όπως είναι φυσικό δεν παρατηρείται καμιά σημαντική βροχόπτωση κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Ιούνιος έως και Σεπτέμβριος)
- Το μεγαλύτερο ύψος βροχής παρατηρείται τον Φεβρουάριο του 2003 (305 mm)
- Το μηνιαίο ύψος βροχής μειώνεται σταθερά στην συνέχεια καθώς πλησιάζουμε το καλοκαίρι
- Οι τελευταίες βροχές έπεσαν τον Μάιο ενώ οι καλοκαιρινοί μήνες όπως είναι φυσικό είναι σχεδόν άνυδροι.
- Το συνολικό ύψος βροχής κατά τα προηγούμενα έτη 2002 και 2003 ήταν 602 και 1066 mm αντίστοιχα.
- Το ύψος βροχής κατά το έτος 2003 ήταν πολύ υψηλότερο από το προηγούμενο και επόμενο έτος 2002 και 2004.

Σε δεκαπενθήμερη περίπου βάση πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις προσδιορισμού των παροχών των δύο πηγών της περιοχής (πηγή Επτά παιδών και πηγή Κάστρου). Αυτό έγινε για τον υπολογισμό της ποσότητας νερού που είναι εκμεταλλεύσιμη από τις πηγές. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.3 και στο σχήμα 4.1.

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με ένα παροχόμετρο και ένα χρονόμετρο. Ανάλογα με την εκροή των πηγών, επιλεγόταν και ο χρόνος που θα μετριόταν η παροχή. Αυτό γινόταν διότι οι πηγές σχεδόν ποτέ δεν είχαν μεγάλες παροχές. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν αναφέρονται στο χρονικό διάστημα 26/11/03 έως 17/5/04. Για την περίοδο μελέτης η συνολική παροχή των πηγών ήταν 332m<sup>3</sup> νερού, ενώ η μεγαλύτερη παροχή σημειώθηκε κατά το μήνα Μάρτιο.

## 4.2 Καταναλώσεις

Η μέση ημερήσια παροχή για μία μοναχή σε L/d μετρήθηκε ως ακολούθως. Βρέθηκαν οι καταναλώσεις σε ρεύμα της αντλίας της γεώτρησης και με αναγωγή στα χαρακτηριστικά κατανάλωσης της σε KWH / m<sup>3</sup> γινόταν η μέτρηση της συνολικής κατανάλωσης. Στη συνέχεια και γνωρίζοντας τον αριθμό των μοναχών προέκυψαν οι τιμές του πίνακα 4.4. Τα στοιχεία παροχών θα χρησιμοποιηθούν και στο μοντέλο προσωμοίωσης μελλοντικών καταναλώσεων που αναλύεται παρακάτω.

Πίνακας 4.4 Ημερήσιες καταναλώσεις για μια μοναχή σε lit/day

Περίοδος	Μέση ημερήσια κατανάλωση σε λίτρα
Δεκέμβριος 2003 - Φεβρουάριος 2004	157
Μάρτιος - Μάιος 2004	180
Ιούνιος - Αύγουστος 2004	184
Σεπτέμβρης - Νοέμβρης 2004	172,5
Συνολική μέση ημερήσια κατανάλωση:	171

Παρατηρήσεις:

- Παρατηρούμε ότι η μέγιστη κατανάλωση ανά μοναχή παρατηρείται την περίοδο Ιούνιος - Αύγουστος 2004 (184 m<sup>3</sup>) ενώ η μικρότερη την περίοδο Δεκέμβριος 2003 - Φεβρουάριος 2004 (157 m<sup>3</sup>).

Πίνακας 4.10 Καταναλώσεις στο μοναστήρι. [4]

Παροχή από γεώτρηση

Περίοδος	Ποσότητα σε m <sup>3</sup>
12/03- 02/04	141,064
03/04 - 05/04	161,644
06/04 - 08/04	165,314
09/04 - 11/04	155,264
<b>Σύνολο</b>	<b>623,286</b>

Καταναλώσεις

Χρονική περίοδος	Κατανάλωση κατ' άτομο (m <sup>3</sup> )	Συνολική κατανάλωση σε m <sup>3</sup> (10 μοναχές)
Δεκέμβριος 2003 - Φεβρουάριος 2004	14,106	141
Μάρτιος - Μάιος 2004	16,164	162
Ιούνιος - Αύγουστος 2004	16,531	165
Σεπτέμβρης - Νοέμβρης 2004	15,526	155
<b>Σύνολο</b>	<b>623 m<sup>3</sup></b>	

Βλέπουμε από τον πίνακα 4.10 ότι η ζήτηση σε νερό από τη γεώτρηση καθώς και η κατ' άτομο κατανάλωση κατά την καλοκαιρινή περίοδο Ιουνίου έως και Αυγούστου γίνεται μέγιστη.

### 4.3 Φυσικά χαρακτηριστικά

Παρακάτω ακολουθεί η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των αναλύσεων των φυσικών χαρακτηριστικών και συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι αναλύσεις θερμοκρασίας, pH, σκληρότητας, αγωγιμότητας, ολικής σκληρότητας και ξηρού υπολείμματος.

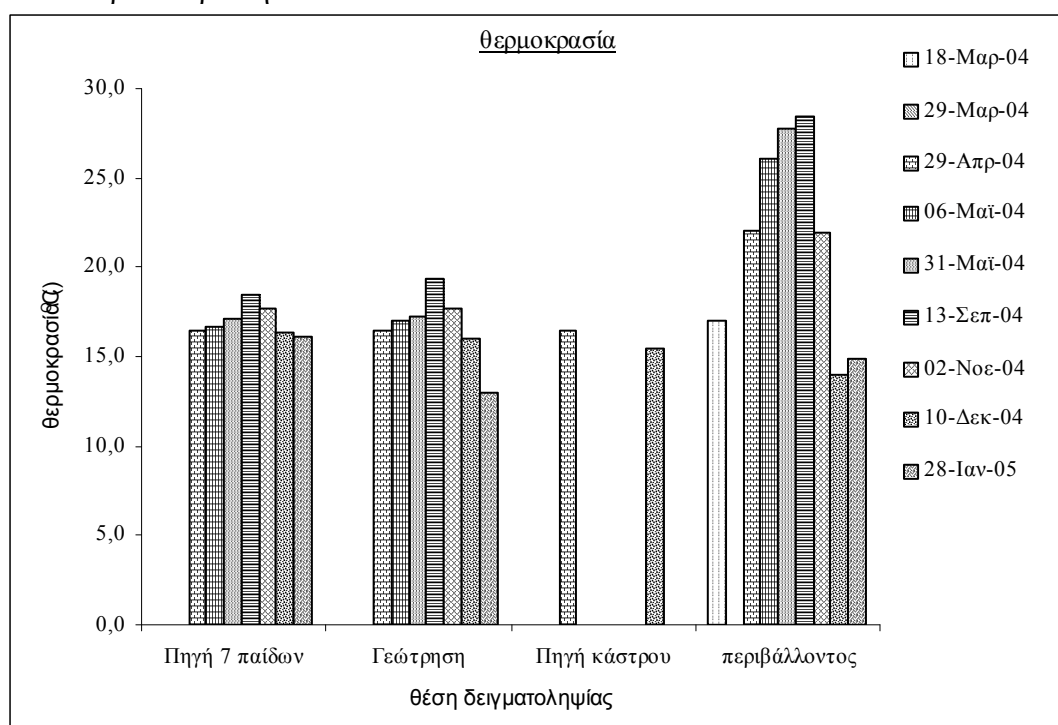
#### 4.3.1 Θερμοκρασία

Στον πίνακα 4.5 συνοψίζονται οι μετρήσεις θερμοκρασίας κατά την περίοδο δειγματοληψίας, ενώ στο σχήμα 4.2 βλέπουμε τη χρονική μεταβολή της θερμοκρασίας.

Πίνακας 4.5. Μεταβολή θερμοκρασίας (°C)

	Πηγή 7 παιδων	Γεώτρηση	Πηγή κάστρου	περιβάλλοντος
18-Μαρ-04	δ.π	δ.π	δ.π	17,0
29-Μαρ-04	δ.π	δ.π	δ.π	δ.π
29-Απρ-04	16,5	16,4	16,5	22,0
06-Μαϊ-04	16,7	17,0	δ.π	26,1
31-Μαϊ-04	17,10	17,20	δ.π	27,80
13-Σεπ-04	18,5	<b>19,4</b>	δ.π	28,4
02-Νοε-04	17,7	17,7	δ.π	21,9
10-Δεκ-04	16,3	16,0	15,50	14,0
28-Ιαν-05	16,1	<b>13,0</b>	δ.π	14,9
M.O	16,99	16,67	16,00	21,51

δ.π= δεν προσδιορίστηκε



Σχήμα 4.2. Χρονική μεταβολή θερμοκρασίας



Η θερμοκρασία του νερού σαν φυσική παράμετρος είναι πολύ σημαντική όχι στον τομέα που αφορά την ποιότητα του νερού ως προς τον χαρακτηρισμό του δηλαδή σαν πόσιμο ή μη πόσιμο, ή τη διάκριση του σε νερό προοριζόμενο για άρδευση ή ύδρευση. Βέβαια η νομοθεσία επιβάλλει όρια για τη θερμοκρασία του νερού δίνοντας το ενδεικτικό επίπεδο (12 ° C) αλλά και την ανώτατη παραδεκτή τιμή (25 ° C). Η θερμοκρασία μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για την προέλευση ενός υπογείου νερού, για τη μορφή της υπόγειας ροής του στους υδροφορείς μέσω μελέτης της θερμοκρασίας γειτονικών νερών και να χαρακτηρίσει δύο ή περισσότερα διαφορετικά νερά σαν νερά κοινής προέλευσης μέσω της σύγκρισης της θερμοκρασίας τους.

### **Παρατηρήσεις**

- Σε καμμία περίπτωση η θερμοκρασία που μετρήσαμε στα νερά της περιοχής δεν ξεπέρασε το ανώτατο παραδεκτό όριο που ορίζει η νομοθεσία της χώρας μας.
- Παρατηρούμε ότι την υψηλότερη μέση θερμοκρασία παρουσιάζει η πηγή 7 παίδων με 17 βαθμούς
- Παρατηρούμε όμως και ότι η γεώτρηση σε ετήσια βάση παρουσίασε τη μεγαλύτερη διακύμανση στη θερμοκρασία της σε σχέση με όλα τα άλλα νερά που μελετήθηκαν. Συγκεκριμένα η γεώτρηση παρουσίασε την απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία (13 ° C) και την απολύτως μέγιστη θερμοκρασία (19,4 ° C) και μια ετήσια διακύμανση της τάξης των 6,4 ° C. Μάλιστα η απολύτως ελάχιστη θερμοκρασία που παρατηρήθηκε στη γεώτρηση παρατηρήθηκε στο μέσο σχεδόν της χειμερινής περιόδου (28-1-05) και η απολύτως μέγιστη στο τέλος της καλοκαιρινής περιόδου.
- Η τόσο μεγάλη διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού της γεώτρησης σε σχέση με τα νερά των πηγών μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η γεώτρηση δεν έχει φτάσει στον υπόγειο υδροφορέα, αλλά τραβάει νερό μόνο από επιφανειακές απορροές νερού. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις πληροφορίες που παίρνουμε από τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γεώτρησης. Η πιθανότητα η γεώτρηση να τραβάει επιφανειακά νερά πρέπει να μας κάνει επιφυλακτικούς σε σχέση με τη χρήση του στο μέλλον λόγω της πιθανής μόλυνσής του από επιφανειακούς ρύπους που μπορεί να εκπλυθούν μέσω της βροχής. Το συγκεκριμένο θέμα θα μας απασχολήσει και παρακάτω όπου θα παρουσιαστούν οι μικροβιακές αναλύσεις (πιθανή επιβάρυνση νερού με μικροβιακό φορτίο λόγω των αιγοπροβάτων) καθώς και οι μετρήσεις των νιτρικών ιόντων που είναι ιδιαίτερα ευδιάλυτα στο νερό.

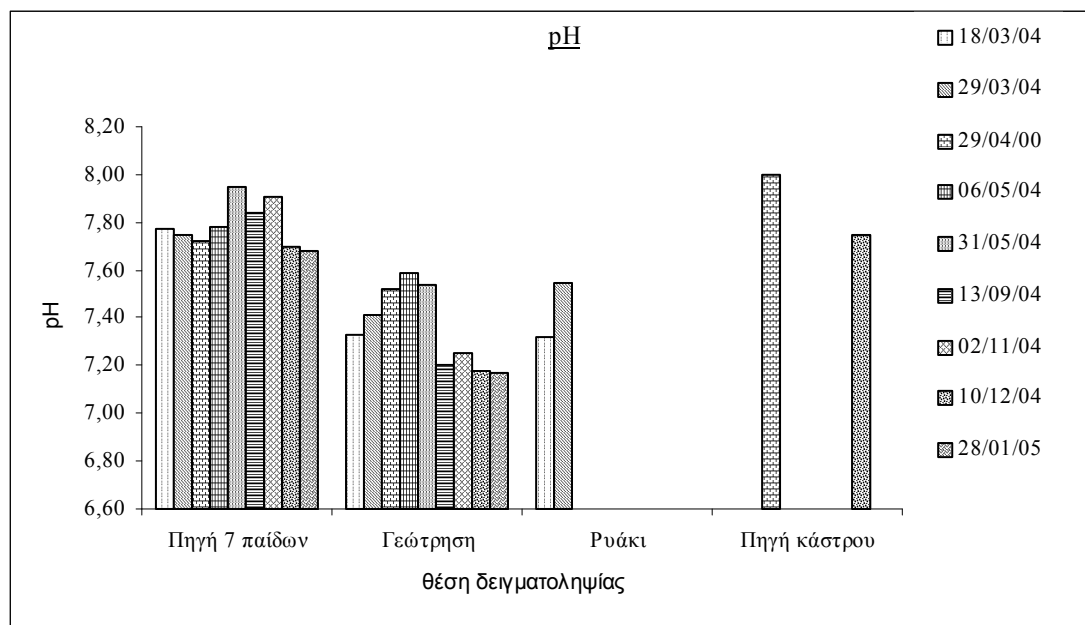
### 4.3.2 pH

Η μέτρηση του pH όπως αναφέρθηκε και στην μεθοδολογία προσδιορισμού στο προηγούμενο κεφάλαιο αποτελεί μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την ανάλυση του νερού. Στη συνέχεια ακολουθούν τα αποτελέσματα των αναλύσεων pH που έγιναν στα δείγματα της Μονής κατά την περίοδο από Μάρτιο 2004 έως Ιανουάριο 2005 (πίνακας 4,6 και σχήμα 4.3). Οι αναλύσεις έγιναν με την ηλεκτρομετρική μέθοδο προσδιορισμού.

Πίνακας 4.7. Μεταβολη pH

	Πηγή 7 παιδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
18/03/04	7,77	7,33	7,32	δ.π
29/03/04	7,75	7,41	7,55	δ.π
29/04/00	7,72	7,52	δ.π	8,00
06/05/04	7,78	7,59	δ.π	δ.π
31/05/04	7,95	7,54	δ.π	δ.π
13/09/04	7,84	7,20	δ.π	δ.π
02/11/04	7,91	7,25	δ.π	δ.π
10/12/04	7,70	7,18	δ.π	7,75
28/01/05	7,68	7,17	δ.π	δ.π
<b>M.O</b>	<b>7,72</b>	<b>7,35</b>	<b>7,44</b>	<b>7,88</b>

δ.π= δεν προσδιορίστηκε



Σχήμα 4.3.. Χρονική μεταβολή θερμοκρασίας

#### Παρατηρήσεις

- Τα όρια των τιμών του pH σύμφωνα με την νομοθεσία είναι  $6,5 < \text{pH} < 9,5$ . Σε καμία περίπτωση τα νερά που εξετάστηκαν δε βρέθηκαν εκτός ορίων.
- Το pH της γεώτρησης μειώθηκε καθώς άρχισαν να αυξάνονται οι παροχές το Μάιο. Το Σεπτέμβριο εμφανίζεται μειωμένο σε σχέση με το Μάρτιο.

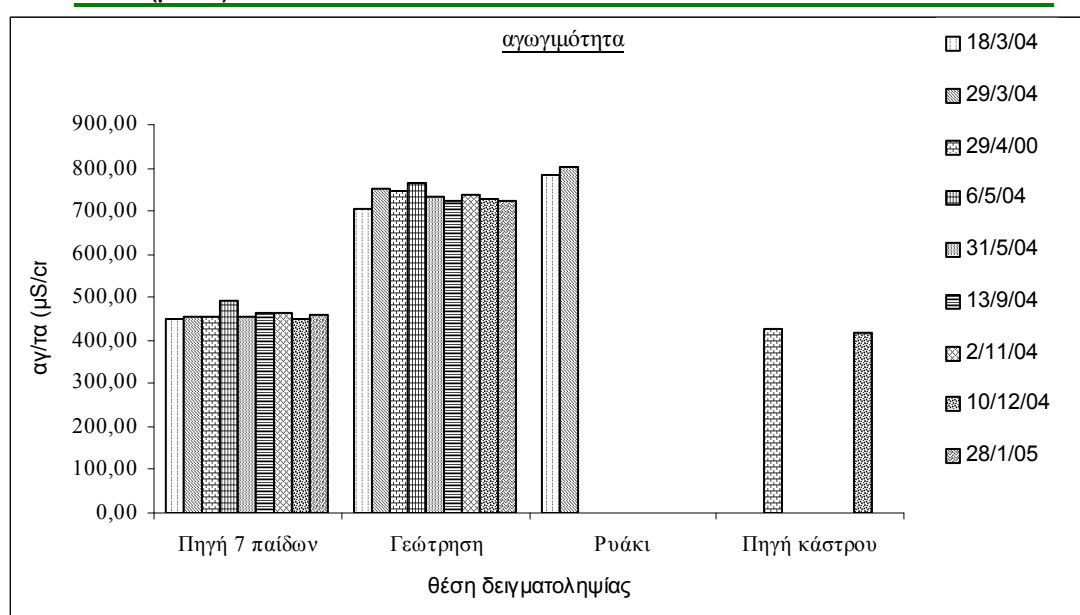
- Αναφέραμε πριν την πιθανή επιφανειακή προέλευση των νερών της γεώτρησης. Στις τιμές pH, αν και για το ρυάκι είχαμε μόνο δύο τιμές, φαίνεται μια συσχέτιση μεταξύ του νερού του ρυακιού και του νερού της γεώτρησης τόσο στις μηνιαίες τιμές όσο και στο μέσο όρο των δειγματοληψιών. Προσπάθεια επαλήθευσης της πιθανής συσχέτισης των νερών αυτών θα γίνει και με σύγκριση των άλλων φυσικοχημικών παραμέτρων που μελετήθηκαν .

### 4.3.3 Αγωγιμότητα

Παρακάτω ακολουθούν τα αποτελέσματα των αναλύσεων αγωγιμότητας που έγιναν στα νερά της Μονής. Όπως και το pH, η αγωγιμότητα είναι μια σημαντική παράμετρος καθώς μπορεί να συνδεθεί άμεσα με μια πιθανή υφαλμύρνηση του υδροφορέα λόγω υπεράντλησης. Στον πίνακα 4.7 υπάρχουν τις μετρήσεις αγωγιμότητας κατά την περίοδο δειγματοληψίας ενώ στο σχήμα 4.4 φαίνεται γραφικά η μεταβολή.

Πίνακας 4.7. Μεταβολη αγωγιμότητας ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

	Πηγή 7 παιδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
18/3/04	452	705	786	δ.π
29/3/04	455	750	801	δ.π
29/4/00	455	747	δ.π	426
6/5/04	494	766	δ.π	δ.π
31/5/04	453	734	δ.π	δ.π
13/9/04	464	726	δ.π	δ.π
2/11/04	462	737	δ.π	δ.π
10/12/04	449	727	δ.π	415
28/1/05	459	725	δ.π	δ.π
<b>M.O (<math>\mu\text{S}/\text{cm}</math>)</b>	<b>460</b>	<b>735</b>	<b>794</b>	<b>421</b>



Σχήμα 4.4. Χρονική μεταβολή αγωγιμότητας

## Παρατηρήσεις

- Παρατηρούμε ότι η γεώτρηση και το ρυάκι παρουσιάζουν κατά μέσο όρο τις μεγαλύτερες τιμές αγωγιμότητας, ενώ παρατηρούμε και μια συσχέτιση μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να είναι μια ένδειξη ότι η γεώτρηση μπορεί να τροφοδοτείται από το ρυάκι.
- Η πηγή 7 παίδων και η πηγή κάστρου παρουσιάζουν κατά μέσο όρο μικρότερη τιμή αγωγιμότητας από τη γεώτρηση και το ρυάκι.
- Έτσι με βάση τις τιμές αγωγιμότητας κατατάσσουμε τα νερά σε δύο ομάδες.  
1<sup>η</sup> ομάδα : Γεώτρηση – ρυάκι με σχετικά υψηλές τιμές αγωγιμότητας
- 2<sup>η</sup> ομάδα: πηγές 7 παίδων και κάστρου με σχετικά πιο χαμηλές τιμές αγωγιμότητας.

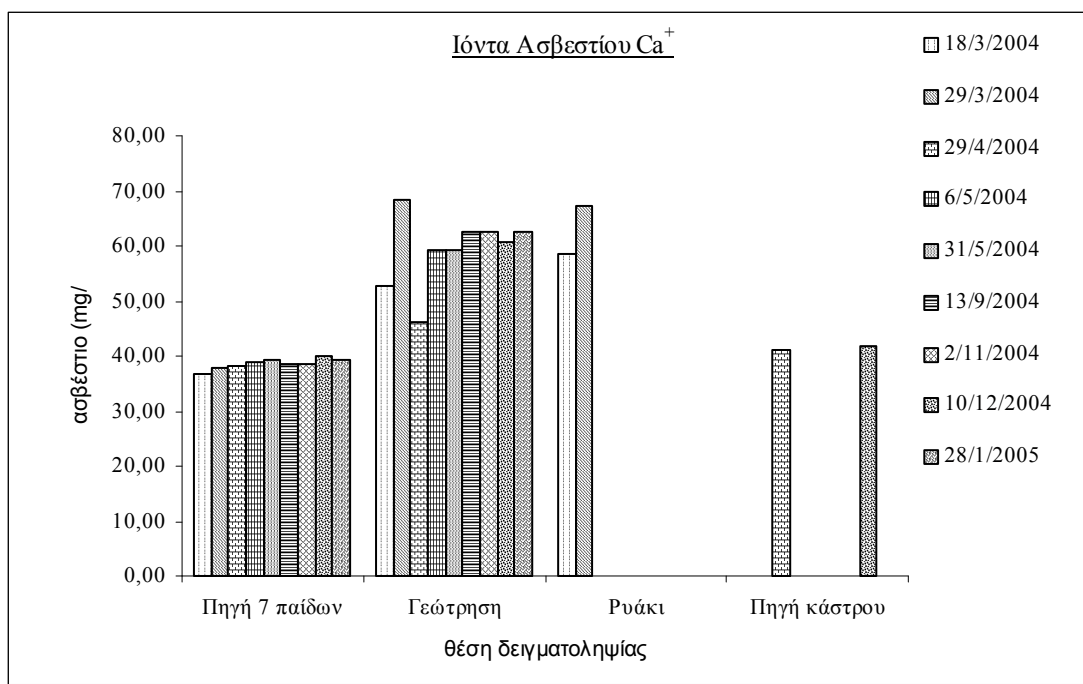
### 4.3.4 Ασβέστιο $\text{Ca}^{2+}$

Το ασβέστιο είναι ένα στοιχείο, που εντοπίζεται σε κάθε δείγμα νερού και συνήθως μάλιστα, στη μεγαλύτερη αναλογία σε σχέση με τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία. Συνδέεται άμεσα με την φυσική σύσταση του νερού. Αν και η συγκέντρωση των ιόντων ασβεστίου κατατάσσεται στα χημικά και όχι στα φυσικά χαρακτηριστικά, παρουσιάζεται στη δεύτερη κατηγορία έτσι ώστε να γίνει σύγκριση με τις τιμές σκληρότητας, αγωγιμότητας και ξηρού υπολείμματος και να διερευνηθεί αν και κατά πόσο αυτά τα χαρακτηριστικά συσχετίζονται μεταξύ τους. Στον πίνακα 4.8 και στο σχήμα 4.5 φαίνονται η διακύμανση των ιόντων ασβεστίου κατά την περίοδο δειγματοληψίας.

Πίνακας 4.8. Συγκέντρωση ιόντων ασβεστίου (mg/L)

	Πηγή 7 παίδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
18/3/2004	36,9	52,6	58,4	δ.π
29/3/2004	37,7	68,2	67,4	δ.π
29/4/2004	38,2	46,0	δ.π	41,1
6/5/2004	38,8	59,2	δ.π	δ.π
31/5/2004	39,1	59,2	δ.π	δ.π
13/9/2004	38,5	62,4	δ.π	δ.π
2/11/2004	38,5	62,4	δ.π	δ.π
10/12/2004	40,1	60,8	δ.π	41,9
28/1/2005	39,3	62,4	δ.π	δ.π
M.O mg/L	38,6	59,3	62,9	41,5

δ.π= δεν προσδιορίστηκε



Σχήμα 4.5. Χρονική μεταβολή συγκέντρωσης ιόντων ασβεστίου

#### 4.3.5 Ολική Σκληρότητα

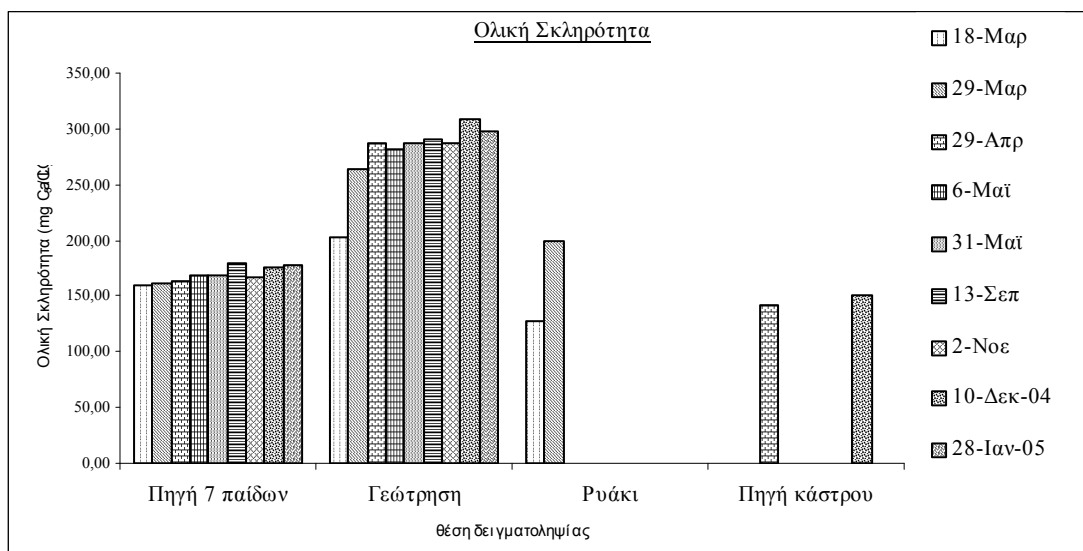
Παρακάτω θα δούμε τα αποτελέσματα από τις αναλύσεις ολικής σκληρότητας και τι παρατηρούμε με βάση τη σύγκριση των νερών όσον αφορά και τα υπόλοιπα φυσικά χαρακτηριστικά. Επίσης γίνεται σύγκριση των αποτελεσμάτων ολικής σκληρότητας με τα αποτελέσματα των αναλύσεων ασβεστίου. Στον πίνακα 4.9. μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα των αναλύσεων σκληρότητας, ενώ στο σχήμα 4.6 μπορούμε να δούμε το αντίστοιχο διάγραμμα μεταβολής.

Οι σχετικές παρατηρήσεις συνοψίζονται στην επόμενη ενότητα 4.3.5.

Πίνακας 4.9. Ολική Σκληρότητα (mg CaCO<sub>3</sub> / L)

	Πηγή 7 παιδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
18/3/2004	159,80	202,01	127,64	δ.π
29/3/2004	161,81	264,32	200,00	δ.π
29/4/2004	163,82	286,43	δ.π	141,71
6/5/2004	167,84	282,41	δ.π	δ.π
31/5/2004	167,84	286,43	δ.π	δ.π
13/9/2004	179,90	290,45	δ.π	δ.π
2/11/2004	166,83	286,43	δ.π	δ.π
10/12/2004	175,88	309,54	δ.π	150,75
28/1/2005	176,88	298,49	δ.π	δ.π
M.O (mg CaCO <sub>3</sub> / L)	168,95	278,50	163,82	146,23

δ.π= δεν προσδιορίστηκε



Σχήμα 4.6: Χρονική μεταβολή Ολικής Σκληρότητας

#### Παρατηρήσεις

- Συγκρίνοντας τις τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου που προκύπτουν από τις εννιά δειγματοληψίες παρατηρούμε ότι το νερό της γεώτρησης εμφανίζει μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε ασβέστιο και σε κάθε δειγματοληψία χωριστά, αλλά και κατά μέσο όρο σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των ιόντων ασβεστίου που προσδιορίστηκαν για τα νερά των πηγών.
- Το χαρακτηριστικό αυτό επιβεβαιώνεται και από τις τιμές ολικής σκληρότητας και αυτός είναι και ο λόγος που κάνουμε κοινό σχολιασμό των δύο αυτών παραμέτρων καθώς το ασβέστιο είναι μέρος της ολικής σκληρότητας μέσω των ανθρακικών και διττανθρακικών αλάτων και των υδροξειδίων που σχηματίζει.
- Όσον αφορά τη χρονική μεταβολή, δεν παρατηρείται κάποια στατιστικά αξιόλογη μεταβολή για την πηγή 7 παιδών και την πηγή κάστρου (με επιφύλαξη λόγω του μικρού αριθμού των δειγματοληψιών) τόσο για τις συγκεντρώσεις των ιόντων ασβεστίου όσο και για τις τιμές σκληρότητας ενώ μια σχετική χρονική διακύμανση παρουσιάζει η ολική σκληρότητα και τα ιόντα ασβεστίου στο νερό της γεώτρησης.

Στον πίνακα 4.10 παρουσιάζονται οι παροχές της γεώτρησης έτσι ώστε να δούμε αν υπάρχει κάποια συσχέτιση με τη μεταβολή της ποιότητας του νερού που καταλήγει στη Μονή και που όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω προέρχεται από τη γεώτρηση. Οι παροχές προσδιορίστηκαν από Εργαστήριο Υδρογεωχημικής Μηχανικής και Αποκατάστασης Εδαφών του Τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος του Πολυτεχνείου Κρήτης [4].

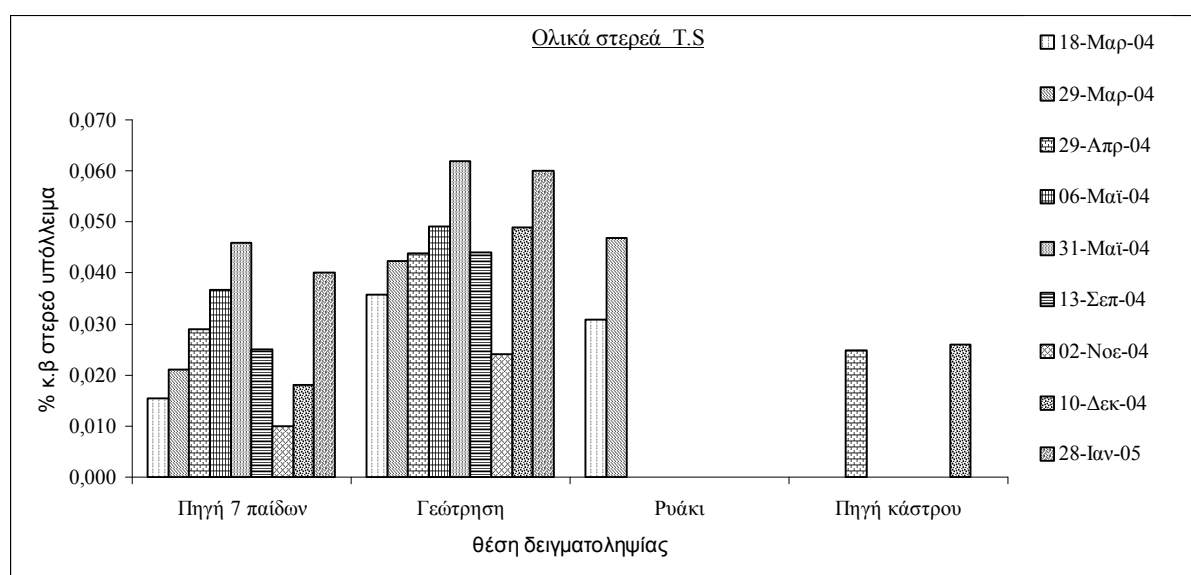
### 4.3.6 Ξηρό Υπόλειμμα TS

Ο όρος στερεά ή στερεό υπόλειμμα αναφέρεται στην περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε σωματίδια. Η παρουσία στερεών μπορεί να επηρεάζει την ποιότητα του.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.11** Προσδιορισμός ξηρού υπολείμματος (σε mg/L). Στον πίνακα 4.11 και στο σχήμα 4.7 φαίνεται η διακύμανση του ολικό ξηρού υπολείμματος κατά την περίοδο δειγματοληψίας.

	Πηγή 7 παιδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
18-Μαρ-04	155,00	357,00	308,00	δ.π
29-Μαρ-04	211,00	423,00	468,00	δ.π
29-Απρ-04	290,00	438,00	δ.π	248,00
06-Μαΐ-04	366,00	491,00	δ.π	δ.π
31-Μαΐ-04	460,00	620,00	δ.π	δ.π
13-Σεπ-04	250,00	440,00	δ.π	δ.π
02-Νοε-04	100,00	240,00	δ.π	δ.π
10-Δεκ-04	180,00	490,00	δ.π	260,00
28-Ιαν-05	400,00	600,00	δ.π	δ.π
M.O (mg/L)	262,80	455,90	388,70	252,70

δ.π= δεν προσδιορίστηκε



Σχήμα 4.7: Χρονική μεταβολή ξηρού υπολείμματος

#### Παρατηρήσεις

- Βλέπουμε ότι κατά μέσο όρο την μεγαλύτερη συγκέντρωση σε ξηρό υπόλειμμα παρουσιάζει η γεώτρηση με 455 mg/L. Η πηγή 7 παιδων και η πηγή κάστρου παρουσιάζουν ένα μέσο όρο 262 και 252 mg/L αντίστοιχα. Ενώ το ρυάκι 389 mg/L ολικού ξηρού υπολείμματος.
- Η γεώτρηση και το ρυάκι παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες τιμές ξηρού υπολείμματος και μάλιστα οι τιμές είναι κοντινές (455 και 389 mg/L

αντίστοιχα). Βέβαια αυτή η παρατήρηση γίνεται με την επιφύλαξη του μικρού αριθμού δειγματοληψιών από το ρυάκι.

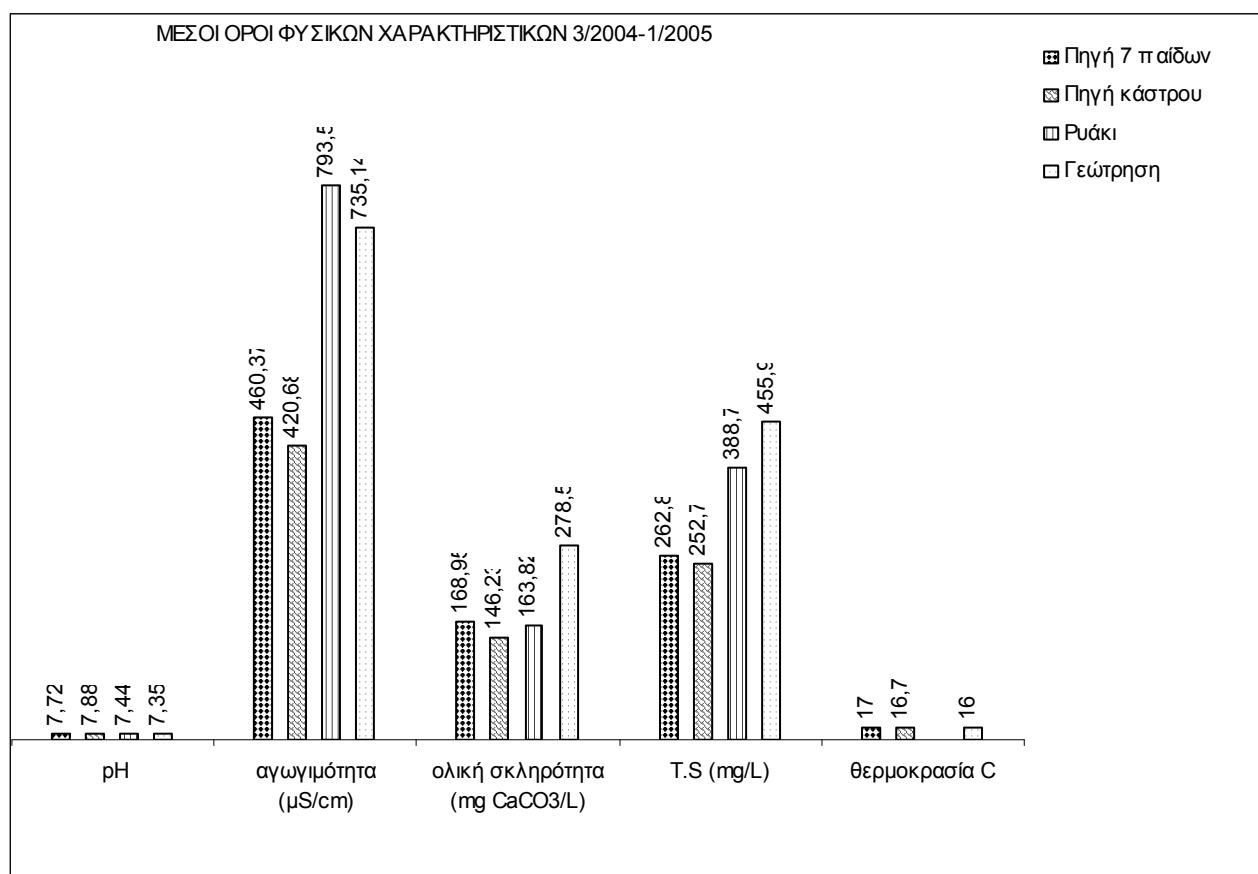
- Σε καμία περίπτωση οι παραπάνω τιμές δεν ξεπερνούν την ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των 1500 mg/L που ορίζει η νομοθεσία [8].

#### 4.4 Σύγκριση φυσικών χαρακτηριστικών

Στον πίνακα 4.12 και στο σχήμα 4.8 συνοψίζονται τα αποτελέσματα από τις δειγματοληψίες όσον αφορά τα φυσικά χαρακτηριστικά των νερών.

Πίνακας 4.12. Μέσοι όροι των τιμών φυσικών χαρακτηριστικών των νερών.

	Πηγή 7 παιδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
Θερμοκρασία (° C)	16,99	16,67	16,00	21,51
pH	7,72	7,35	7,44	7,88
αγωγιμότητα (μS/cm)	460	735	794	421
ολική σκληρότητα (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	169	279	164	146
T.S (mg/L)	263	456	389	253



Σχήμα 4.8. Συγκριτικό διάγραμμα των μέσων όρων των τιμών των φυσικών χαρακτηριστικών των νερών που προσδιορίστηκαν για τη χρονική περίοδο Μαρτίου 2004 - Ιανουάριος 2005.



## Παρατηρήσεις

- Από τη σύγκριση των φυσικών χαρακτηριστικών των νερών που εξετάσαμε επιβεβαιώνεται ότι η το νερό της γεώτρησης παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σκληρότητα. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τους μέσους όρους των τιμών της αγωγιμότητας, και του ξηρού υπολείμματος.
- Είναι φανερό ότι το νερό της γεώτρησης εμφανίζει το μικρότερο pH σε σχέση με τα άλλα σημεία δειγματοληψίας χωρίς όμως να απέχει σημαντικά από τις άλλες τιμές pH που προσδιορίστηκαν.
- Από τη σύγκριση των φυσικών χαρακτηριστικών παρατηρούμε τη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ του νερού της γεώτρησης και του νερού στο ρυάκι. Συγκεκριμένα η συσχέτιση είναι ιδιαίτερα φανερή από τις τιμές αγωγιμότητας, pH και ξηρού υπολείμματος και αυτό έρχεται να στηρίξει την υποψία μας ότι η γεώτρηση δεν έχει φτάσει αρκετά βαθιά ώστε να αντλήσει νερό από τον κύριο υδροφορέα αλλά αντλεί νερό από τις επιφανειακές απορροές. Αυτό δημιουργεί επιφυλάξεις όσον αφορά το κατά πόσον η καλή ποιότητα του νερού που υδρεύει τη Μονή μπορεί να διατηρηθεί και στο μέλλον. Το νερό της βροχής είναι δυνατόν να παρασύρει ρυπογόνες ουσίες και μικροβιακό φορτίο από τις ακαθαρσίες των ζώων που βόσκουν καθημερινά στην περιοχή. Βέβαια, όπως θα δούμε και παρακάτω στο κεφάλαιο των μικροβιακών αναλύσεων, κατά τη διάρκεια της μελέτης δεν παρατηρήθηκε βακτηριακή ρύπανση του νερού της γεώτρησης.
- Από τους μέσους όρους των τιμών της ολικής σκληρότητας (Πίνακας 4.12) και με βάση τον πίνακα γερμανικών βαθμών σκληρότητας (Od) που παραθέσαμε στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας ανάλυσης της σκληρότητας (Πίνακας 3.1) μπορούμε να διακρίνουμε τα νερά που αναλύθηκαν σε δυο κατηγορίες.
  1. Το νερό της γεώτρησης που σύμφωνα με τις μετρήσεις εμφανίζει ένα μέσο όρο σκληρότητας 15,7 γερμανικών βαθμών και χαρακτηρίζεται σαν νερό αρκετά σκληρό. Η αυξημένη σκληρότητα του νερού της γεώτρησης είναι λογική καθώς το νερό εμπλουτίζεται μέσω της επαφής του με τα πετρώματα. Στην ίδια κατηγορία μπορεί να συμπεριληφθεί και το νερό του ρυακιού. Η μικρή ποσότητα του όμως, καθώς και η μικρή χρονική διάρκεια ροής του το καθιστούν μη ουσιώδες για την κάλυψη των αναγκών της Μονής.

2. Τα νερά των πηγών 7 παιδών και κάστρου με σκληρότητες 9,49 και 8,2 αντίστοιχα στην κλίμακα των γερμανικών βαθμών που χαρακτηρίζονται σαν μετρίως σκληρά νερά.

#### 4.5 Χημικά χαρακτηριστικά

##### ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

Πριν γίνει αναφορά στα αποτελέσματα των αναλύσεων όσον αφορά τα χημικά χαρακτηριστικά των νερών που ελέγχθηκαν θα δοθούν κάποια θεωρητικά στοιχεία για τις χημικές διαδικασίες που επηρεάζουν τη ρύπανση των υπογείων νερών.

Οι βασικές χημικές αντιδράσεις που συντελούν στη μεταβολή της έντασης και της σύνθεσης της ρύπανσης των υπογείων νερών είναι οι αντιδράσεις σχηματισμού συμπλόκων, η μεταβολή της ενεργότητας των ιόντων υδρογόνου, οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, οι αντιδράσεις ιζηματοποίησης και επαναδιάλυσης, οι αντιδράσεις προσρόφησης- εκρόφησης και οι βιοχημικές αντιδράσεις. [27]

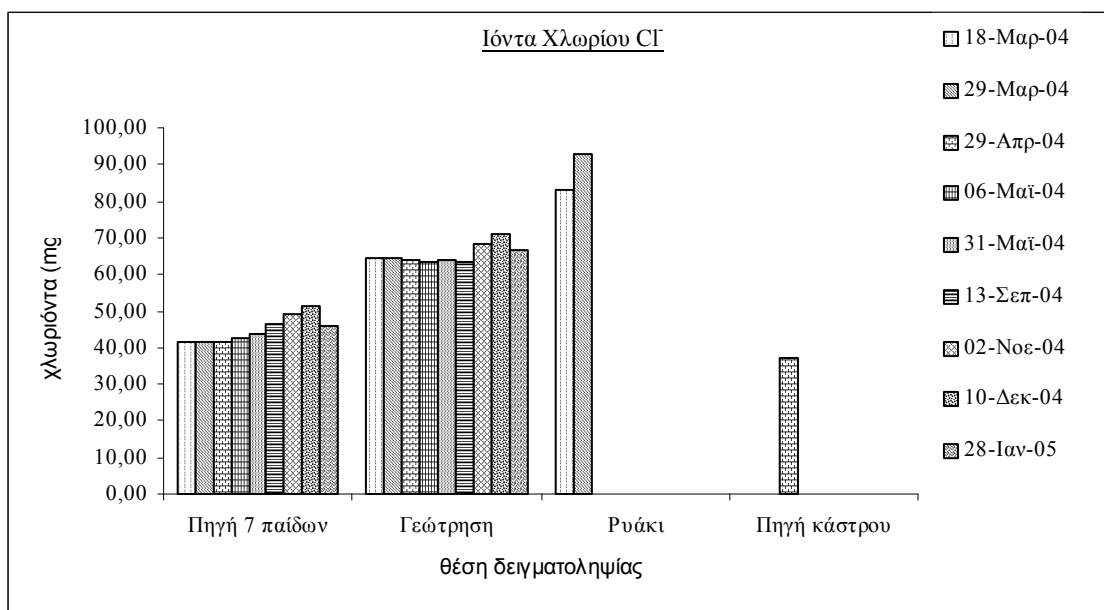
##### 4.5.1 Ιόντα χλωρίου

Στον πίνακα 4.3 και στο σχήμα 4.9 γίνεται η παρουσίαση των αναλύσεων ιόντων χλωρίου

Πίνακας 4.13. Συγκέντρωση ιόντων χλωρίου (mg Cl/L)

	Πηγή 7 παιδών	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
18-Μαρ-04	41,41	64,39	83,33	δ.π
29-Μαρ-04	41,41	64,70	93,16	δ.π
29-Απρ-04	41,41	64,18	δ.π	37,27
06-Μαΐ-04	42,44	63,66	δ.π	δ.π
31-Μαΐ-04	43,48	64,18	δ.π	δ.π
13-Σεπ-04	46,58	63,14	δ.π	δ.π
02-Νοε-04	48,92	68,06	δ.π	δ.π
10-Δεκ-04	51,62	70,98	δ.π	δ.π
28-Ιαν-05	46,16	66,50	δ.π	δ.π
M.O(mg/L)	44,82	65,53	88,25	37,27

δ.π=δεν προσδιορίστηκε



**Σχήμα 4.9.** Χρονική μεταβολή ιόντων χλωρίου στα σημεία δειγματοληψίας.

Παρατηρήσεις:

- Από το διάγραμμα του σχήματος 4.9 βλέπουμε ότι η συγκέντρωσή των χλωριόντων στο ρυάκι αλλά και στο νερό της γεώτρησης είναι μεγαλύτερες κατά μέσο όρο σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας.
- Η γεώτρηση παρουσιάζει τη μικρότερη διακύμανση στις τιμές της και συγκεκριμένα παρουσιάζει μια τυπική απόκλιση μέσης τιμής 1,98 σε σχέση με την τιμή 3,11 που παρουσιάζει η πηγή 7 παιδών. Αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι το νερό της γεώτρησης παρουσιάζει μεγάλη σταθερότητα στις τιμές χλωριόντων, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι το νερό της πηγής 7 παιδών δεν είναι ικανοποιητικά σταθερό. Ο μικρός αριθμός αναλύσεων των νερών της πηγής κάστρου δεν επιτρέπει την εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος αναφορικά με τη σταθερότητα των νερών αυτών στη συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου.
- Σε καμία περίπτωση δεν προσδιορίστηκε συγκέντρωση ιόντων πέρα από τα επιτρεπτά όρια (250 mg/L).

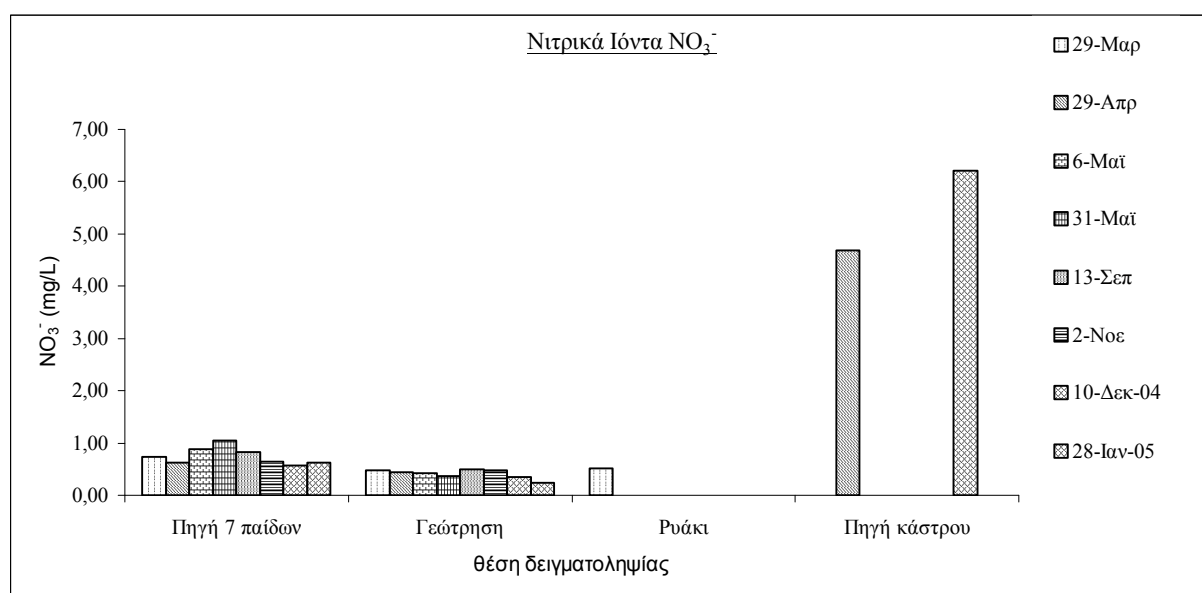
#### 4.5.2 Νιτρικά Ιόντα

Όπως είναι γνωστό, τα νιτρικά που προέρχονται από τα αζωτούχα λιπάσματα, αλλά και από άλλες πηγές (οργανική ουσία του εδάφους, κοπριά) είναι πολύ ευκίνητα μέσα στο έδαφος. Διαλύονται εύκολα στο νερό και καθώς δεν συγκρατούνται από το έδαφος (-όπως συμβαίνει με άλλα θρεπτικά στοιχεία-), συμπαρασύρονται προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και τελικά καταλήγουν στα υπόγεια νερά (φρεάτιος ορίζοντας)

όπου συσσωρεύονται. Όταν η περιεκτικότητά τους υπερβεί κάποια όρια, τότε το νερό γίνεται ακατάλληλο για πόση. Παρακάτω γίνεται η παρουσίαση των αναλύσεων νιτρικών ιόντων για τα νερά της περιοχής μελέτης στον πίνακα 4.14 και στο σχήμα 4.10.

**Πίνακας 4.14.** Συγκέντρωση νιτρικών ιόντων (mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/L).

	Πηγή 7 παιδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
29-Μαρ	0,74	0,47	0,51	δ.π
29-Απρ	0,62	0,44	δ.π	4,69
6-Μαΐ	0,88	0,43	δ.π	δ.π
31-Μαΐ	1,05	0,36	δ.π	δ.π
13-Σεπ	0,83	0,50	δ.π	δ.π
2-Νοε	0,65	0,47	δ.π	δ.π
10-Δεκ-04	0,57	0,35	δ.π	6,21
28-Ιαν-05	0,63	0,25	δ.π	δ.π
M.O(mg/L)	0,75	0,41	0,51	5,45



Σχήμα 4.10.Χρονική μεταβολή νιτρικών ιόντων στα σημεία δειγματοληψίας.

#### Παρατηρήσεις:

- Γενικά όλα τα σημεία δειγματοληψίας έχουν νερό με χαμηλή περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα. Υψηλότερες συγκεντρώσεις βρέθηκαν στο νερό της πηγής κάστρου, γεγονός που υποδεικνύει μια πιθανή επιβάρυνση υδάτων με νιτρικά ιόντα. Λόγω όμως του μικρού αριθμού των αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν στα νερά αυτά δεν είναι δυνατό η εξαγωγή ασφαλούς συμπεράσματος για την ύπαρξη των νιτρικών ιόντων.

- Σε καμία περίπτωση η συγκέντρωση των νιτρικών δεν υπερέβη την ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των 50 mg/L που ορίζεται από την Ευρωπαϊκή νομοθεσία.

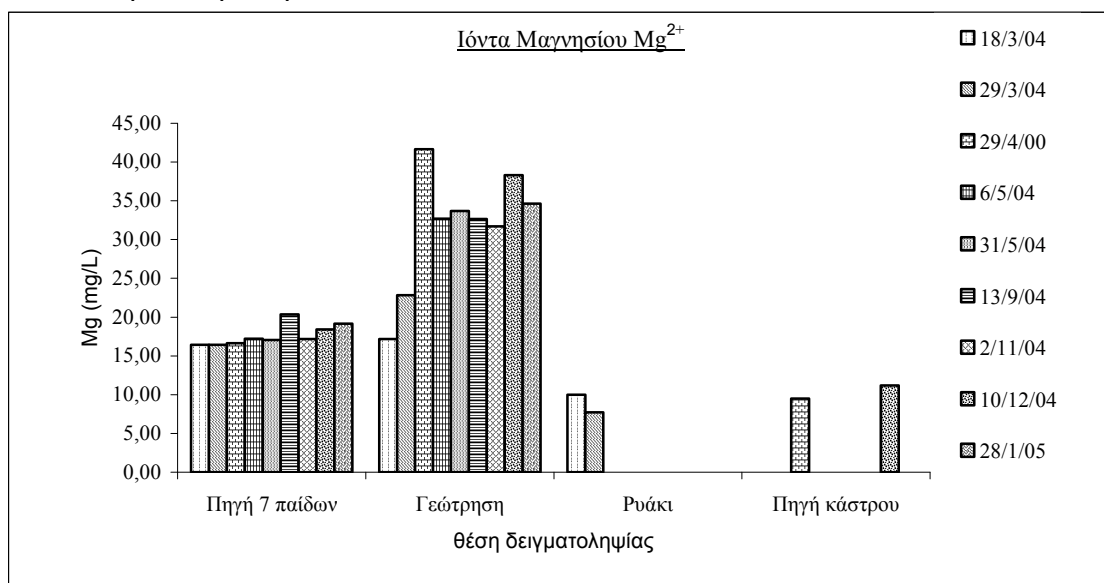
#### 4.5.3 Ιόντα Μαγνησίου

Όπως προαναφέρθηκε το μαγνήσιο είναι ένα απαραίτητο στοιχείο στη χλωροφύλλη και στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Μερικά άλατα του μαγνησίου μπορεί να είναι τοξικά κατά την κατάποση ή εισπνοή. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 125 mg/L μπορούν να έχουν και καθαρτική ή διουρητική δράση. Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι τα 30 mg/L ενώ η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση είναι τα 50 mg/L. Στον ακόλουθο πίνακα 4.15 κα στο σχήμα 4.11 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα σημεία δειγματοληψίας.

Πίνακας 4.15. Συγκέντρωση ιόντων μαγνησίου.

	Πηγή 7 παιδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
18/3/04	16,45	17,17	10,00	δ.π
29/3/04	16,45	22,83	7,71	δ.π
29/4/00	16,64	41,65	δ.π	9,50
6/5/04	17,23	32,71	δ.π	δ.π
31/5/04	17,04	33,68	δ.π	δ.π
13/9/04	20,35	32,67	δ.π	δ.π
2/11/04	17,18	31,69	δ.π	δ.π
10/12/04	18,41	38,30	δ.π	11,20
28/1/05	19,14	34,62	δ.π	δ.π
M.O(mg/L)	17,65	31,70	8,86	10,35

δ.π= δεν προσδιορίστηκε



Σχήμα 4.11 Χρονική μεταβολή ιόντων μαγνησίου στα σημεία δειγματοληψίας.

Παρατηρήσεις:

- Η συγκέντρωση των ιόντων μαγνησίου παρουσιάζει αρκετή σταθερότητα στα νερά των πηγών, κάτι το οποίο δεν παρατηρείται στο νερό της γεώτρησης στον ίδιο βαθμό. Με βάση τη χρονική μεταβολή παρατηρούμε μια διακύμανση στα δείγματα των τριών πρώτων δειγματοληψιών, η οποία όμως μειώνεται σημαντικά στις επόμενες δειγματοληψίες, χωρίς όμως σε καμία περίπτωση να υπερβαίνει το όριο των 50 mg/L που είναι και το ανώτατο όριο που ορίζει η Ευρωπαϊκή νομοθεσία.
- Το νερό της γεώτρησης παρουσιάζει μεγαλύτερη συγκέντρωση μαγνησίου κατά μέσο όρο κάτι που επιβεβαιώνεται και από τις μετρήσεις ολικής σκληρότητας που σαν ποιοτική παράμετρος περιλαμβάνει και το μαγνήσιο.
- Το μαγνήσιο δεν προσδιορίστηκε αναλυτικά αλλά υπολογιστικά μέσω των τιμών σκληρότητας και ασβεστίου και της χρήσης κατάλληλης σχέσης που συνδέει ολική σκληρότητα, ιόντα ασβεστίου και ιόντα μαγνησίου.
- Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για το  $Mg^{2+}$  είναι σε συμφωνία με τα αντίστοιχα για το στερεό υπόλειμμα.

#### 4.5.4 Φωσφορικά Ιόντα

Ο φώσφορος είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψή του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής, σε μια υδατική μάζα. Στον πίνακα 4.16 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων.

Πίνακας 4.16. Συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων

	Πηγή 7 παιδων Γεώτρηση	
31-Μαΐ-04	0,00	0,00
13-Σεπ-04	0,00	0,00
02-Νοε-04	0,00	0,00
10-Δεκ-04	0,00	0,00
28-Ιαν-05	0,00	0,00
M.O	0,00	0,00

Παρατηρήσεις:

- Φωσφορικά ιόντα δεν ανιχνεύτηκαν σε κανένα από τα δείγματα.
- Η απουσία φωσφορικών ιόντων δικαιολογείται και από το γεγονός ότι στην περιοχή αλλά και ανάντι της περιοχής μελέτης δεν υπάρχουν σημεία χρήσης λιπασμάτων μιας και το μεγαλύτερο μέρος των εκτάσεων είναι βοσκοτόπια με

ελάχιστες ή και καθόλου καλλιέργειες. Κατάντι της περιοχής υπάρχουν καλλιέργειες εσπεριδοειδών και ελαιώνες.

#### 4.6 Αναλύσεις ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηρίων

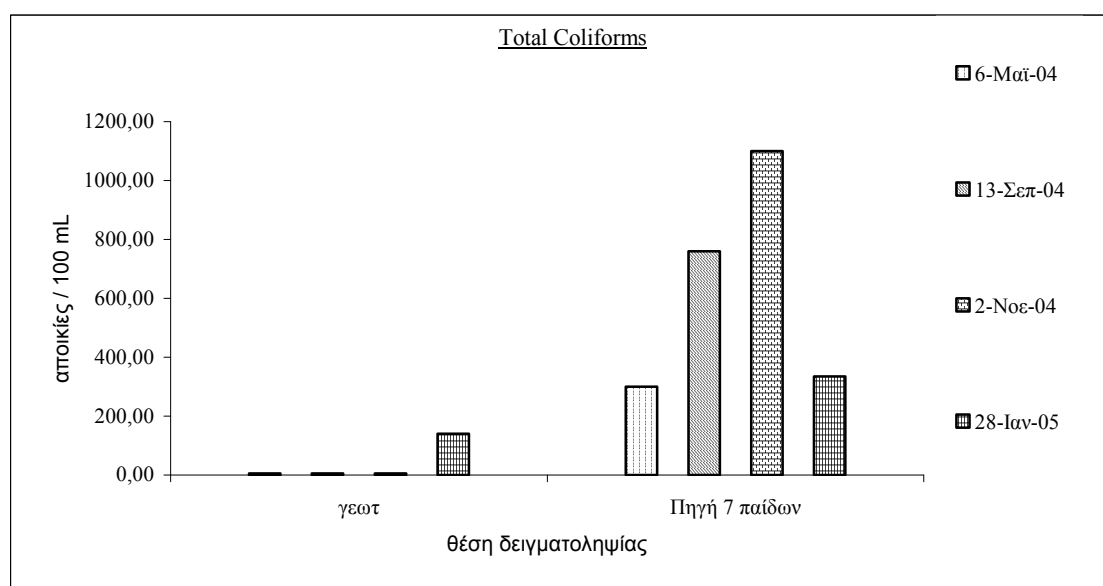
Σκοπός της μικροβιολογικής εξέτασης του νερού, είναι η εξέταση του βαθμού μόλυνσης των υδάτων από λύματα ή κτηνοτροφικά απόβλητα και ο έλεγχος της καταλληλότητας του νερού για διάφορες χρήσεις. Ο έλεγχος αυτός έγινε με τη μέθοδο των μεμβρανών και προσδιορίστηκε η πυκνότητα των μικροοργανισμών στα δείγματα που εξετάστηκαν. Μικροβιολογικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε μόνο στο νερό της γεώτρησης και στο νερο από την πηγή Επτά Παίδων.

Κατά την ανάλυση των ολικών και των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων στο νερό πήραμε τα παρακάτω αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται στους πίνακες 4.17-4.18 και στο σχήμα 4.12.

#### Ολικά Κολοβακτηρίδια ( Total Coliforms)

Πίνακας 4.17. Συγκέντρωση ολικών κολοβακτηριδίων (cfu/100mL)

	γεωτ	Πηγή 7 παιδων
6-Μαϊ-04	0,00	300,0
13-Σεπ-04	0,00	760,0
2-Νοε-04	0,00	1.100,0
28-Ιαν-05	140,00	335,00



Σχήμα 4.12 Χρονική μεταβολή ολικών κολοβακτηριδίων.

## Κοπρανώδη Κολοβακτηρίδια ( Faecal Coliforms)

Πίνακας 4.18 Συγκέντρωση κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (cfu/100 mL)

	Γεωτ Πηγή 7 παιδων	
06-Μαί-04	0,00	190,00
13-Σεπ-04	0,00	0,00
02-Νοε-04	0,00	0,00
28-Ιαν-05	0,00	0,00

### Παρατηρήσεις:

- Η πηγή 7 παιδων έδωσε ένα μεγάλο αριθμό ολικών κολοβακτηριδίων σε όλες τις δειγματοληψίες αλλά και αποικίες κοπρανωδών σε μια δειγματοληψία. Αυτό καθιστά το νερό της μη πόσιμο, αν προηγούμενα δεν υποστεί επεξεργασία καθώς σε αυτή την περίπτωση οι αποικίες που δίνει θα πρέπει να είναι μηδενικές.
- Το νερό της γεώτρησης δεν έδωσε σε καμιά δειγματοληψία κοπρανώδη κολοβακτηρίδια ενώ σε μια (28/01/05) έδωσε 180 cfu/100 mL. Η ύπαρξη τους δεν επιβεβαιώθηκε σε καμιά άλλη δειγματοληψία.
- Παρόλη την απουσία βακτηρίων στο νερό της γεώτρησης, η ύπαρξη πολλών ζώων στην περιοχή καθιστά αμφίβολη της διατήρησης της ποιότητας του νερού σε αυτά τα επίπεδα και ο έλεγχος πρέπει να είναι τακτικός ή να εφαρμόζεται απολύμανση για προληπτικούς λόγους, καθώς υπάρχει κίνδυνος έκπλυσης και μεταφοράς παθογόνων μικροοργανισμών στον υπόγειο υδροφόρο.



## **Κεφάλαιο 5. Προσομοίωση μελλοντικών υδατικών καταναλώσεων της Μονής Αγίας Κυριακής σε λογισμικό Stella 7.0.1 Research**

Παρακάτω ακολουθεί μια παρουσίαση ενός προσομοιωτικού μοντέλου για τη διαχείριση των νερών της Μονής Αγίας Κυριακής καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την εφαρμογή διάφορων σεναρίων.

Αρχικά θα κάνουμε μια εισαγωγή για τη μοντελοποίηση συστημάτων και ειδικά για τα περιβαλλοντικά μοντέλα. Φαινομενικά, όλα τα περιβαλλοντικά προβλήματα αναλύονται σε δυναμικά συστήματα. Όλα τα προβλήματα ακολουθούν κάποια περιβαλλοντικά φαινόμενα που αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου (δηλ. είναι δυναμικά) και περιέχουν πολλαπλές συσχετισμένες παραμέτρους (δηλ. είναι συστήματα).

Στις μέρες μας οι επιστήμονες που μελετούν περιβαλλοντικά θέματα συχνά εφαρμόζουν μοντέλα περιβαλλοντικών συστημάτων δομημένα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή έτσι ώστε να μπορέσουν να κατανοήσουν τις περιβαλλοντικές αλλαγές και να κάνουν προβλέψεις για το πώς αυτές οι αλλαγές θα εξελιχθούν στο μέλλον. Πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι ένα σύστημα μπορεί να περιέχει άπειρες παραμέτρους που το επηρεάζουν και η πολυπλοκότητα του μπορεί να φτάνει σε επίπεδα μη προσδιορίσιμα. Γι' αυτό θα μπορούσε κανείς να πει ότι στην πραγματικότητα όλα τα μοντέλα είναι λανθασμένα. Όμως, προσεκτική μελέτη του συστήματος που πρόκειται να μοντελοποιηθεί και προσεκτική χρήση του μοντέλου σε συνδυασμό με την εισαγωγή των κυριότερων παραμέτρων που επηρεάζουν το σύστημα μπορεί να δώσει μια εικόνα του συστήματος πολύ κοντά στην πραγματικότητα καθώς και μια σχετικά ασφαλή θεώρηση για την εξέλιξη του συστήματος. Αυτό λοιπόν που μπορούμε με σιγουριά να πούμε είναι ότι δεν πρόκειται για εργαλεία που αποτελούν απλώς αποτέλεσμα ακαδημαϊκής περιέργειας. Μπορούν να βοηθήσουν στη διαμόρφωση μια πολιτικής, η οποία ακολούθως μπορεί να έχει μια σημαντική επιρροή στο περιβάλλον και την οικονομία [28-30].

Στην εφαρμογή που θα ακολουθήσει και αφορά τη διαχείριση των νερών της Ιεράς Μονής δομήσαμε ένα μοντέλο με όσο το δυνατόν πιο απλό τρόπο, βασισμένο πάνω σε κάποιους κανόνες και νόμους της υδρογεωλογίας, των μαθηματικών και φυσικά της λογικής (λογικές συναρτήσεις) αλλά και σε πραγματικές μετρήσεις που κάναμε στο

πεδίο (μέτρηση διήθησης, βροχόπτωσης, χημικές αναλύσεις ενός υδρολογικού έτους). Τα στοιχεία που έχουμε όμως για την περιοχή και που μπορεί να κάνουν ένα μοντέλο αξιόπιστο παραμένουν λίγα και γι' αυτό κάναμε πολλές παραδοχές ειδικά όσον αφορά τη γεωλογία της περιοχής και την γεώτρηση (δεν είχαμε μετρήσεις δοκιμαστικής άντλησης).

Στην ουσία όλο το μοντέλο εξειδικεύεται στον προσδιορισμό των μελλοντικών καταναλώσεων του μοναστηριού και στην πτώση στάθμης που προκαλεί αυτό στη γεώτρηση.

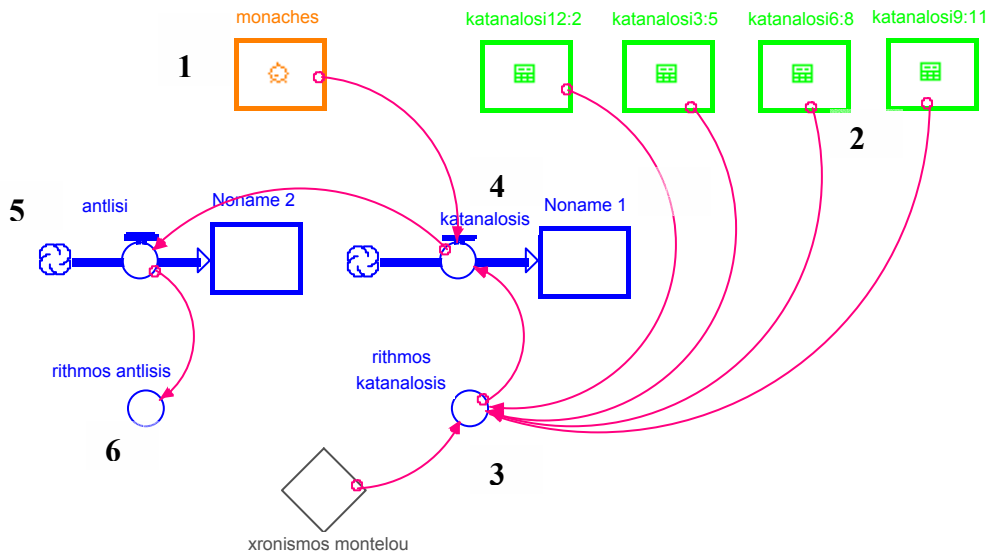
Για την ανάπτυξη του μοντέλου έγιναν οι παρακάτω θεωρήσεις

- Θεωρούμε ότι η λεκάνη απορροής και κατ' επέκταση ο υδροφόρος είναι ένα κλειστό περιβάλλον.
- Δεν υπάρχουν παρασιτικές εισροές
- Η ανανέωση του υδροφόρου γίνεται μόνο από την βροχόπτωση που αντιστοιχεί στη λεκάνη απορροής
- Υποθέτουμε ελεύθερο υδροφόρο (Η πιεζομετρική στάθμη σύμφωνα με τα στοιχεία του υπεύθυνου γεωλόγου είναι στα 12μ βάθος)

### **Καθορισμός της εκμεταλλεύσιμης παροχής και της ενδεικνυόμενης στάθμης άντλησης**

Η αποδοτικότητα μιας γεώτρησης εκφράζει ουσιαστικά την ιδιότητα αυτή που έχει μόνο ο υδροφόρος ορίζοντας, ενώ ικανότητα υδρομάστευσης και εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεώτρησης είναι η ιδιότητα μιας καθορισμένης γεώτρησης με τις συγκεκριμένες τεχνικές προδιαγραφές της διάτρησής της σε έναν επίσης καθορισμένο υδροφόρο ορίζοντα.

Έτσι ικανότητα υδρομάστευσης μιας γεώτρησης χαρακτηρίζουμε την ποσότητα εκείνη του νερού στη μονάδα του χρόνου που μπορεί να εισέλθει στο σωλήνα της γεώτρησης κατά τη διαδικασία της άντλησης, ανάλογα με τις επιφάνειες του φίλτρου που διαθέτει, όταν η υδραυλική κλίση στα περιθώρια της οπής της γεώτρησης πάρει μια μέγιστη τιμή [31].

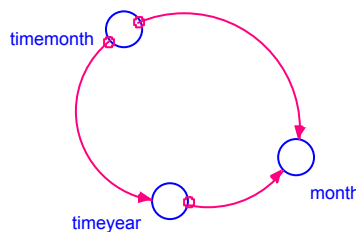


Σχήμα 5.1. Το μοντέλο όπως αυτό φαίνεται στο πρόγραμμα STELLA.

**Επεξήγηση λειτουργίας μοντέλου.**

Ένα μοντέλο δεν είναι παρά ένα διάγραμμα ροής που περιγράφει τις διάφορες διαδικασίες που συμβαίνουν στο υπό μελέτη σύστημα όχι μόνο συσχετίζοντάς τις μεταξύ τους αλλά και με βάση το χρόνο και με παραμέτρους που επηρεάζουν το σύστημα. Χωρίσαμε το μοντέλο μας σε 10 τομείς για την καλύτερη περιγραφή του (σχήμα 5.1), οι οποίοι περιγράφονται στη συνέχεια.

Η χρονική σταθερά αναφοράς στο μοντέλο μας είναι ο 1 μήνας( Με βάση αυτή τη χρονική παράμετρο γίνονται όλοι οι υπολογισμοί από το πρόγραμμα).



Σχήμα 5.2 Κυκλική χρονική ρουτίνα

Λόγω του ότι κάθε χρονική στιγμή στο μοντέλο μας θέλουμε να ξέρουμε ποια χρονική μηνιαία μεταβλητή ισχύει (Ιανουάριος έως Δεκέμβριος) φτιάξαμε αυτή τη ρουτίνα. Το πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε ήταν ότι ορίσαμε σαν χρονική σταθερά  $Dt=1$  month. Το υπολογιστικό πρόγραμμα Stella ξεκινά να αριθμεί πλήθος μηνών από τη στιγμή της

έναρξης προσομοίωσης. Το στοιχείο όμως του πλήθους των μηνών(π.χ 98 μήνες) δεν μας λέει κάτι για το ποιος από τους 12 μήνες «τρέχει» τη δεδομένη χρονική στιγμή αλλά δεν μας δίνει και μια άμεση εικόνα για τα «χρόνια-years» που έτρεξαν.

Το πρόβλημα αυτό παρακάμφθηκε ως εξής (Σχήμα 5.2).

Η μεταβλητή timemonth δίνεται από τη συνάρτηση TIME του προγράμματος η οποία δίνει το πλήθος των χρονικών σταθερών Dt που έχουν τρέξει.

$$\text{Month} = \text{timemonth} - 12 * (\text{timeyear} - 1)$$

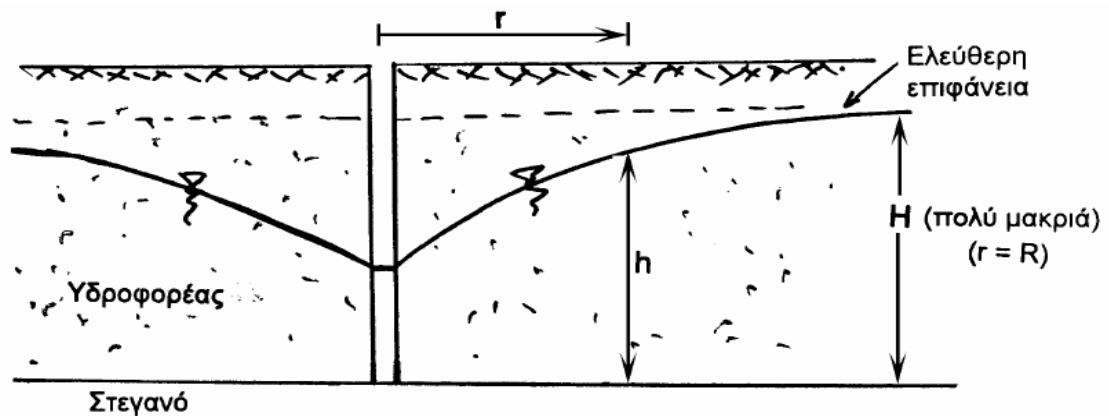
Με την παρακάτω συνάρτηση μπορούμε να ξέρουμε τι μήνα ακριβώς έχουμε στο μοντέλο για τη χρονική στιγμή που τρέχει.

1. Στον τομέα 1 του σχήματος 5.1 βλέπουμε μια παράμετρο όπου μπορούμε να μεταβάλλουμε τον αριθμό των μοναχών στη Μονή
2. Στον τομέα 2 βλέπουμε τον χώρο όπου μπορούμε να εισάγουμε τα δεδομένα για τις μέσες καταναλώσεις των μοναχών για την κάθε εποχή. Τα δεδομένα καταναλώσεων είναι πραγματικά. (Σε αυτό τον τομέα μπορούμε να δούμε και τη χρησιμότητα του να ξέρουμε κάθε χρονική στιγμή ποιος μήνας τρέχει έτσι ώστε να μπορούμε να κάνουμε επιλογή της κατανάλωσης)
3. Η επιλογή αυτή γίνεται στον τομέα 3 με την παρακάτω λογική συνάρτηση.

(IF(month\_2=12)THEN(katanalosi12:2)ELSE(IF(month\_2=1)THEN(katanalosi12:2)ELSE(IF(month\_2=2)THEN(katanalosi12:2)ELSE(IF(month\_2=3)THEN(katanalosi3:5)ELSE(IF(month\_2=4)THEN(katanalosi3:5)ELSE(IF(month\_2=5)THEN(katanalosi3:5)ELSE(IF(month\_2=6)THEN(katanalosi6:8)ELSE(IF(month\_2=7)THEN(katanalosi6:8)ELSE(IF(month\_2=8)THEN(katanalosi6:8)ELSE(katanalosi9:11)))))))))))\*30\*0.001

Στην ουσία η παραπάνω συνάρτηση μέσω της χρονικής μεταβλητής time που είναι δεδομένη και δίνεται από το λογισμικό αντιστοιχεί μια κατανάλωση ανάλογα με την εποχή που τρέχει. Σύμφωνα με αυτή την κατανάλωση το λογισμικό πραγματοποιεί τους υπολογισμούς.

4. Στον τομέα 4 η κατανάλωση πολλαπλασιάζεται με το πλήθος των μοναχών
5. Στον τομέα 5 η κατανάλωση συνδέεται άμεσα με την άντληση και στην ουσία ισούται με αυτή. Μοναδική παροχή για πόσιμο νερό είναι το νερό της γεώτρησης
6. Από την άντληση προκύπτει ο ρυθμός άντλησης σε m<sup>3</sup>/h που δίδει ο τομέας 6



Σχήμα 5.3 Τομή ελεύθερου υδροφόρου κατά την άντληση[32]

Η μέγιστη παροχή νερού ( $Q_{\max}$ ) ισούται:

Για δοκιμαστική άντληση 2 ωρών με διάφορες παροχές τόσο σε ελεύθερο, όσο και σε υπό πίεση υδροφόρο ορίζοντα ισχύει η σχέση [31].

$$Q_{\max} = 2\pi \cdot r \cdot h \cdot v_{\max} = 2\pi \cdot r \cdot h \cdot k_f \cdot I_{\max}$$

Όπου  $Q_{\max}$  είναι η μέγιστη παροχή.

$h$  = η στάθμη του νερού στα άκρα της γεώτρησης (m)

$r$  = η ακτίνα της γεώτρησης (m)

$v_{\max}$  = η μέγιστη ταχύτητα διαρροής στα φίλτρα (m/sec)

$k_f$  = ο συντελεστής διαπερατότητας (ή συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας του υδροφόρου ορίζοντα (m/sec)

Ισχύει ακόμα ότι:

$$(1) I_{MAX} = \frac{1}{15\sqrt{K_f}}$$

και η ικανότητα υδρομάστευσης της γεώτρησης  $Q_F$  θα είναι:

$$(2) Q_f = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot k_f I_{\max} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \frac{\sqrt{k_f}}{15} = Ch$$

Όπου η ποσότητα  $2\pi \cdot r \cdot \frac{\sqrt{k_f}}{15}$  ισούται με την ειδική παροχή (C). Η σχέση  $Q_F = C \cdot h$  είναι γραμμική.

Στην περίπτωση μας όμως δεν υπάρχουν στοιχεία για τα αποτελέσματα του παραπάνω τύπου δοκιμαστικής άντλησης αλλά γνωρίζουμε μόνο τα αποτελέσματα της συνεχούς δοκιμαστικής άντλησης για 48 ώρες με σταθερή παροχή 4m<sup>3</sup>/h.

### Εφαρμογή στην περιοχή μελέτης

Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή τα χαρακτηριστικά της γεώτρησης που υδρεύει το μοναστήρι είναι:

- Διάμετρος Διάτρησης: 12 ½ ίντσες
- Διάμετρος Τελικής σωληνώσεως 6 ¾ ίντσες
- Διάμετρος χαλικόφιλτρου 3-15 εκατοστά
- Τύπος φίλτρων: γέφυρας
- Άνοιγμα φίλτρων: 2 ½ χιλιοστά
- Πιεζόμετρο: σωλήνας 3,4 ίντσες σε βάθος 96 μέτρων
- Βάθος τοποθέτησης αντλίας 87m

Αποτελέσματα δοκιμαστικής άντλησης.

Q (m <sup>3</sup> /h)	Διάρκεια άντλησης (h)	Αρχική στάθμη (m)	Τελική στάθμη (m)	Πτώση στάθμης S (m)
4	48	12	60	48

Όταν η στάθμη κατεβαίνει κάτω του περιφραγματικού 24 μ το νερό γίνεται θολό.

Παρατηρούμε ότι η δοκιμαστική άντληση με συνεχή παροχή 4 m<sup>3</sup>/h έδωσε μια πολύ μεγάλη πτώση στάθμης 48 μέτρων. Βλέπουμε λοιπόν ότι δεν έγινε σωστή επιλογή της παροχής δοκιμαστικής άντλησης. Σύμφωνα με το Σχέδιο Αναγνωριστικής Μελέτης Ανόρυξης υδρογεωτρήσεων – ΑΠΘ Τμήμα Γεωλογίας για τον υπολογισμό της ικανότητας υδρομάστευσης ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα. [31]

### Βήμα 1

Η ποσότητα C (ειδική παροχή) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$C = \frac{Q(m^3/sec)}{Υ.Σ. - Σ.Α (m)} = \frac{Q(m^3 / sec)}{S (m)} \quad (m^2/sec)$$

Όπου:

Υ.Σ. = Αρχική υδροστατική (πιεζομετρική) στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα

$\Sigma.A.$  = Τελική στάθμη άντλησης στο σωλήνα της γεώτρησης (πιεζόμετρο)

$S$  = πτώση στάθμης της γεώτρησης κατά τη διαδικασία της άντλησης

Πρέπει να τονίσουμε ότι αν και έχουμε υδροφόρο με ελεύθερη στάθμη κάνουμε την παραδοχή ότι η πτώση στάθμης είναι γραμμική σε σχέση με την παροχή κάτι που ισχύει μόνο για εγκιβωτισμένους υδροφόρους.

*Κάνουμε τους υπολογισμούς σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο (βημ.1) και βρίσκουμε μια ειδική παροχή*

$$C = \frac{4}{60 - 12} = \frac{4}{48} = 0,083 m^2 / h$$

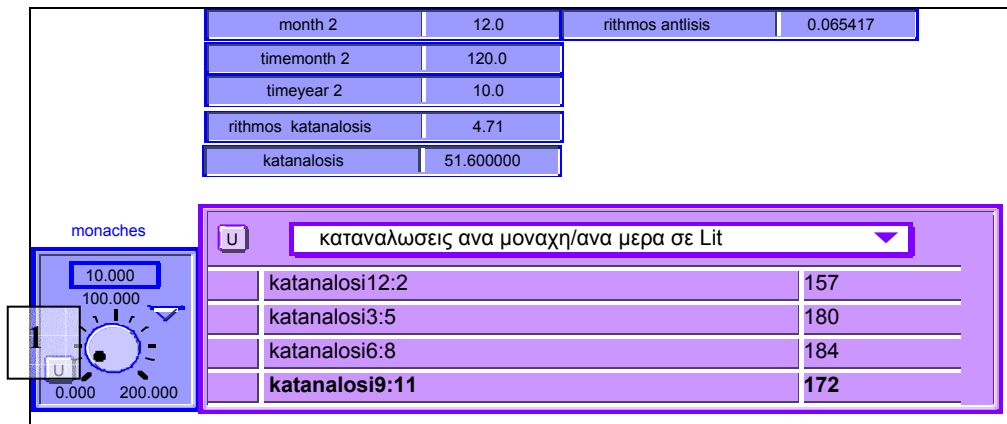
## **Βήμα 2**

Δεν έχουμε αντλήσεις με κλιμακωτές παροχές άντλησης οπότε η εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεώτρησης ( $Q_{EKM}$ ) υπολογίζεται εμπειρικά, από την τιμή της ειδικής παροχής που προέκυψε από τις μετρηθείσες παροχές άντλησης  $Q_{max}$  (βημ.1) και την αντίστοιχη πτώση στάθμης  $S_{max}$  αν επαναλάβουμε αυτόν τον υπολογισμό χρησιμοποιώντας ως δεδομένο την τιμή της ειδικής παροχής που προέκυψε, αλλά θεωρώντας ως μέγιστη πτώση στάθμης την τιμή  $S_{max} = 12$  m (θεωρούμε τη μέγιστη επιτρεπόμενη πτώση το όριο του περιφραγματικού) και άγνωστη την ποσότητα  $Q$  άντλησης.

Έτσι θεωρούμε  $Q_{EKM}$  την παροχή εκμετάλλευσης της γεώτρησης και την αντίστοιχη επιτρεπόμενη πτώση στάθμης  $S_{EKM}$ .

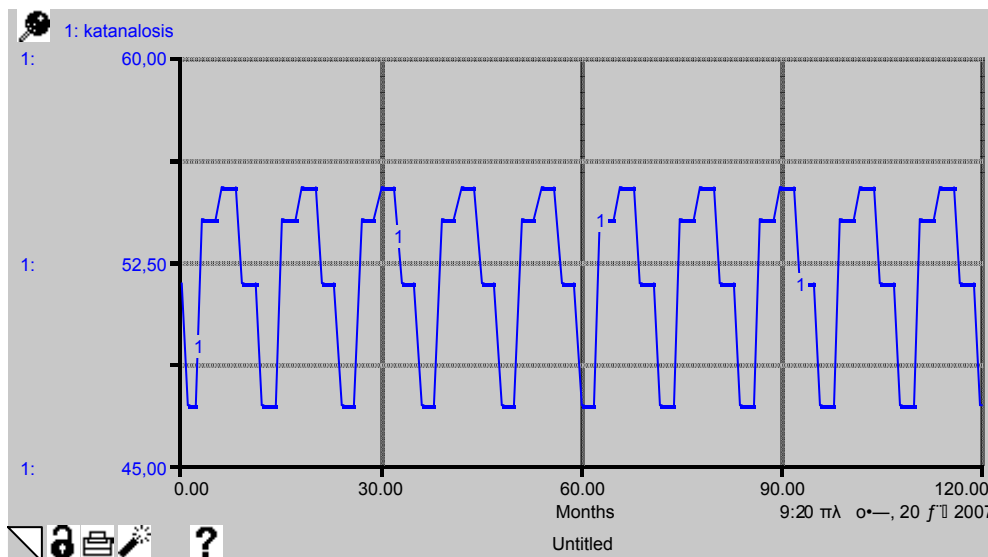
$$C = \frac{Q_{EKM}}{S_{EKM}} \rightarrow Q_{EKM} = C \cdot S_{EKM} = 0,083 \cdot 12 = 1,0K m^3 / h$$

Ακολούθως πραγματοποιείται η προσομοίωση στο πρόγραμμα Stella για την σημερινή κατάσταση (10 μοναχές) και τις σημερινές καταναλώσεις για χρονικό ορίζοντα 120 μηνών (10 χρόνια). Στο σχήμα 5.4 φαίνεται ένα παράδειγμα της οπτικής απεικόνισης του υπολογιστικού προγράμματος Stella στην οθόνη του υπολογιστή.

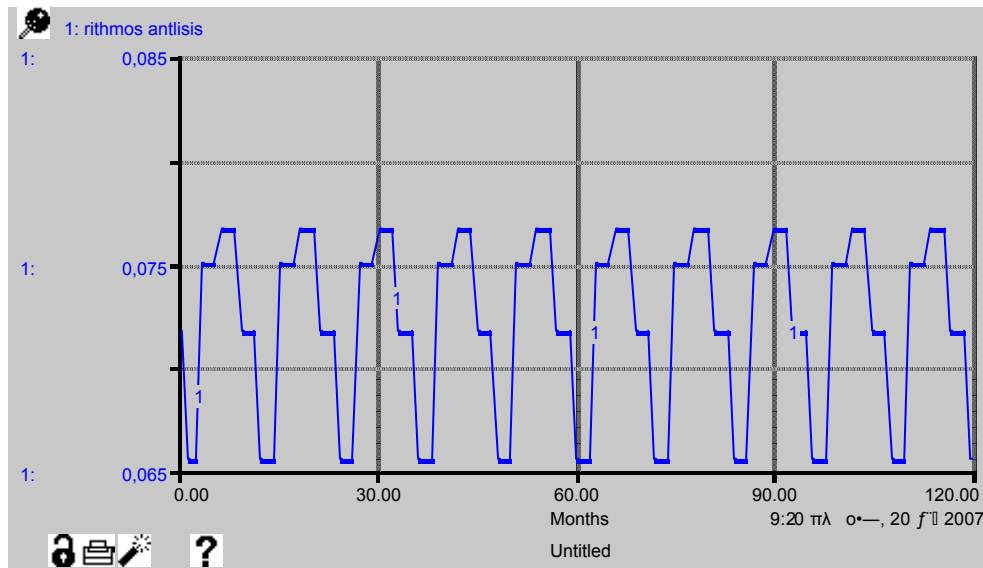


Σχήμα 5.4 Στοιχεία προσομοίωσης όπως αυτά φαίνονται στο πρόγραμμα προσομοίωσης Stella 7.01. Στο κουτί 1 φαίνεται ο αριθμός των μοναχών για το οποίο γίνεται η προσομοίωση.

Αποτελέσματα 1<sup>η</sup> Περίπτωση: 10 μοναχές







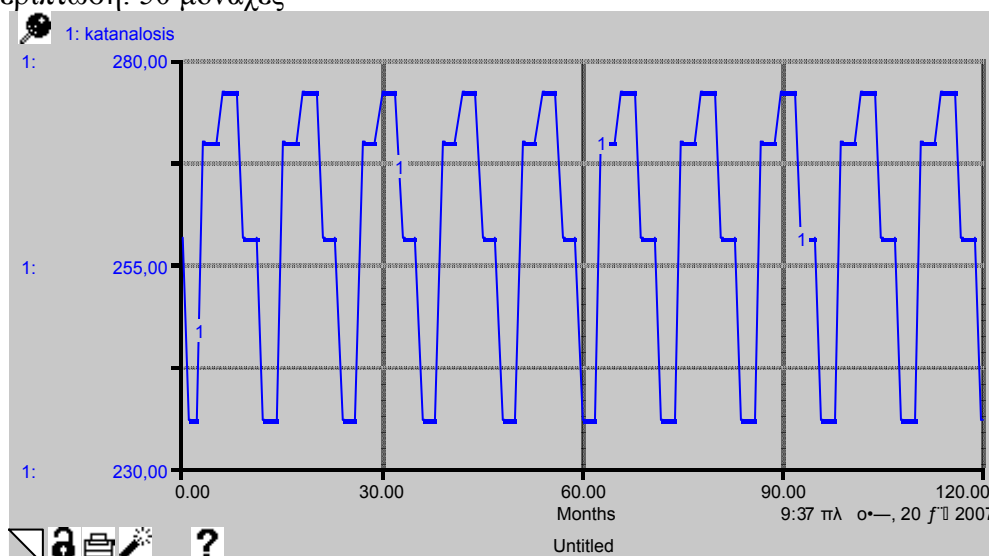
Σχήμα 5.5 Προσομοίωση κατανάλωσης σε  $\text{m}^3/\mu\eta\text{να}$  για 10 μοναχές

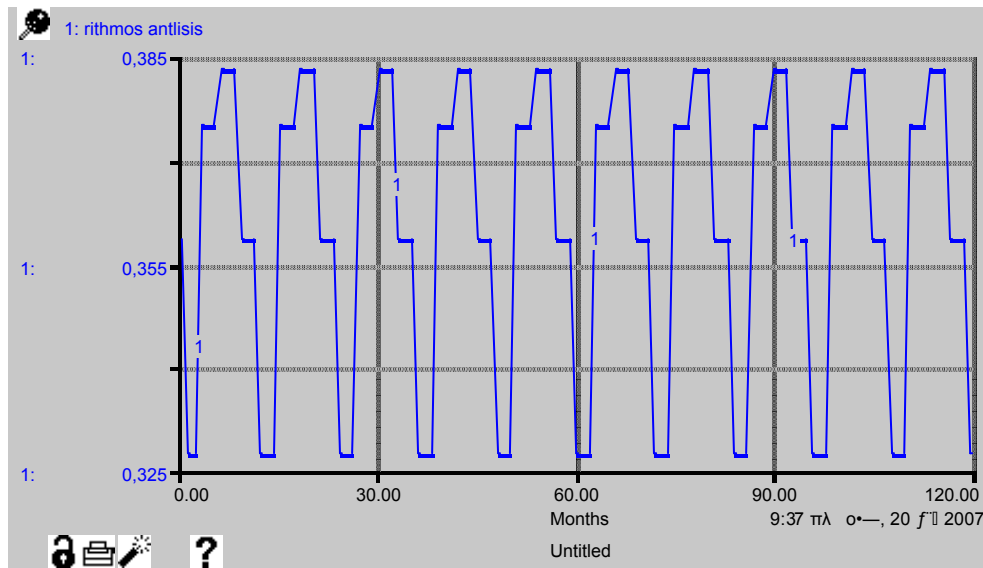
#### Παρατηρήσεις

1. Από το διάγραμμα (Σχήμα 5.5) βλέπουμε μια μέγιστη κατανάλωση  $55,2 \mu^3/\mu\eta\text{να}$  ανά 10 μοναχές που παρατηρείται κατά την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ η ελάχιστη είναι  $47,1 \mu^3/\mu\eta\text{να}$  και παρατηρείται την χειμερινή περίοδο.
2. Ο ρυθμός άντλησης δεν υπερβαίνει την εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεώτρησης ( $1 \mu^3/\text{h}$ ). Κυμαίνεται από  $0,065$  έως  $0,077 \mu^3/\text{h}$ .

Στη συνέχεια πραγματοποιείται η προσομοίωση για την περίπτωση που ζουν στη Μονή 50 μοναχές και παίρνουμε τα παρακάτω αποτελέσματα.

#### 2<sup>η</sup> Περίπτωση: 50 μοναχές





Σχήμα 5.6. Προσομοίωση

#### Παρατηρήσεις

- Σε αυτή την περίπτωση η μέγιστη κατανάλωση είναι  $276 \text{ m}^3/\text{μήνα}$  και παρατηρείται την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ η ελάχιστη είναι  $235 \text{ m}^3/\text{μήνα}$  και παρατηρείται τη χειμερινή περίοδο.
- Ο ρυθμός άντλησης κυμαίνεται από  $0,38$  έως  $0,32 \text{ m}^3/\text{h}$ . Ο μέγιστος ρυθμός  $0,38$  δεν υπερβαίνει τα  $1,0 \text{ m}^3/\text{h}$ .

#### Συμπεράσματα:

1. Η ικανότητα υδρομάστευσης της υδρογεώτρησης αρκεί για να καλύψει τις ανάγκες των μοναχών της Μονής.
2. Δεν παρατηρείται ιδιαίτερο πρόβλημα ακόμη και για την περίπτωση των 50 μοναχών καθώς ο ρυθμός άντλησης παραμένει αρκετά κάτω από την μέγιστη εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεώτρησης.
3. Πραγματοποιήσαμε την προσομοίωση για διαφορετικό αριθμό μοναχών για να βρούμε το κρίσιμο αυτό πλήθος πέρα από το οποίο ο μέγιστος ρυθμός άντλησης που προκύπτει ξεπερνά τη μέγιστη εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεώτρησης. Βρέθηκε ότι το κρίσιμο πλήθος μοναχών, το οποίο μπορεί να καλύψει η συγκεκριμένη γεώτρηση, είναι 130 μοναχές με την προϋπόθεση ότι η κατανάλωση νερού/ μοναχή δεν μεταβάλλεται.

## Κεφάλαιο 6. Γενικά Συμπεράσματα

### Συμπερασματα ποιοτικών αναλύσεων και παροχών

Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο και τις αναλύσεις των υδάτων της λεκάνης απορροής στην οποία βρίσκεται η Ιερά Μονή της Αγίας Κυριακής μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Η Μονή ικανοποιεί τις ανάγκες της σε νερό από την γεώτρηση που υπάρχει εκεί για τον σκοπό αυτό, της οποίας η παροχή δε ξεπερνά τα  $4\text{m}^3/\text{h}$ .
- Το νερό των πηγών μένει ανεκμετάλλευτο, αν και η χρήση του δεν μπορεί να προσφέρει τίποτα το σημαντικό λόγω της μικρής παροχής των πηγών (συνολική ετήσια παροχή  $332\text{ m}^3$ ) και της ύπαρξης παθογόνων μικροοργανισμών (Πηγή Επτά Παίδων TC: 300-1100 cfu/100 mL, FC: 0-190cfu/100 mL). Μία πιθανή χρήση του θα μπορούσε να είναι η διοχέτευση του σε παρακείμενο περιβόλι ή ελαιώνα της Ιεράς Μονής για άρδευση.
- Η ετησια κατανάλωση πόσιμου νερού από την Ιερά Μονή κυμαίνεται στα  $623\text{ m}^3$ .
- Η γεώτρηση δεν έχει φτάσει σε ικανό βάθος (160m), δηλαδή στον κύριο υδροφόρο ορίζοντα της λεκάνης απορροής, αλλά αντλεί νερό από τα στραγγίσματα της περιοχής. Αυτό σημαίνει ότι τους καλοκαιρινούς μήνες όπου τα στραγγίσματα είναι λιγότερα, θα παρουσιάζεται έλλειψη νερού. Έτσι δικαιολογείται και η θολερότητα του νερού μετά από μεγάλες αντλήσεις ύδατος από την γεώτρηση.
- Το νερό της γεώτρησης παρουσιάζει μεγάλες ομοιότητες με το νερό που τρέχει στο ρυάκι όσον αφορά τα περισσότερα ποιοτικά του χαρακτηριστικά. Αντίστοιχα παρατηρείται μεγάλη ομοιότητα στην ποιότητα των υδάτων των δύο πηγών. Αυτό φαίνεται καλύτερα στον πίνακα 6.1.
- Το νερό της γεώτρησης παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά εκτός των νιτρικών ιόντων, όπου η πηγή κάστρου παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές.
- Οι φυσικοχημικές αναλύσεις των υδάτων της περιοχής έδωσαν αποτελέσματα που δείχνουν ότι η ποιότητα τους είναι ικανοποιητική και βρίσκονται πολύ χαμηλότερα από α ανώτερα όρια όπως ορίζεται νομοθετικά. Συνεπώς το νερό της περιοχής ενδείκνυται για ύδρευση.

- Η αύξηση της βόσκησης αιγοπροβάτων στην περιοχή ενδέχεται να δημιουργήσει πρόβλημα στην καταλληλότητα του νερού για ευρεία χρήση. Μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις κολοβακτηρίων στο νερό της πηγής Επτά Παίδων και εν μέρει στο νερό της γεώτρησης.

**Πίνακας 6.1.** Μέσες τιμές των παραμέτρων που εξετάστηκαν για το νερό από τις τέσσερις θέσεις δειγματοληψίας

		Πηγή 7 παίδων	Γεώτρηση	Ρυάκι	Πηγή κάστρου
Mg <sup>2+</sup>	M.O(mg/L)	0,75	0,41	0,51	5,45
PO <sub>4</sub>	M.O	0,00	0,00	0,00	0,00
Cl <sup>-</sup>	M.O(mg/L)	44,82	65,53	88,25	37,27
Ολ. υπόλειμα	M.O(mg/L)	263,00	456,00	389,00	253,00
Ολ. Σκληρότητα	M.O (mg CaCO <sub>3</sub> /L	168,95	278,50	163,82	146,23
Ca <sup>2+</sup>	M.O (mg Ca/L)	38,55	59,25	62,88	41,49
pH	M.O	7,72	7,35	7,44	7,88
Θερμοκρασία	M.O (°C)	17,00	16,70		16,00
Αγωγιμότητα	M.O (μS/cm)	460,37	735,14	793,50	420,68

- Σε γενικές γραμμές το νερό και κατά την περίοδο των δειγματοληψιών δεν παρουσίασε σημαντικές μεταβολές στα ποιοτικά του χαρακτηριστικά και υποθέτουμε ότι με τις συγκεκριμένες χαμηλές καταναλώσεις (συνολική ετήσια κατανάλωση για το 2004 623 m<sup>3</sup>) δε θα υπάρξει πρόβλημα στη διαθεσιμότητα του.
- Στο κεφάλαιο 5 είδαμε τη προσομοίωση των καταναλώσεων και προέκυψε ότι με βάση τις σημερινές καταναλώσεις/ μοναχή η γεώτρηση της Μονής μπορεί να καλύψει μέχρι 130 μοναχές χωρίς να διαταραχθεί η αειφορικότητα του υδάτινου δυναμικού της περιοχής. Η προσομοίωση πραγματοποιήθηκε σε λογισμικό Stella 7.01.
- Αυτό που πρέπει να τονιστεί είναι ότι δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την διατήρηση και της ποιότητάς του ειδικά όσον αφορά τη βακτηριακή ρύπανση. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω έλεγχος πρέπει να είναι τακτικός ή να εφαρμόζεται απολύμανση για προληπτικούς λόγους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. "Understanding Lake Ecology" - Lake Ecology Overview - Chapter 1, 2nd edition, McGraw-Hill Co, New York, USA, <http://wow.nrri.umn.edu/wow/under/primer/> - Προσαρμογή από το ΚΠΕ Καστοριάς. Ιανουάριος 2005
2. Λέκκας, Θ. Περιβαλλοντική Μηχανική 1, Διαχείριση Υδάτινων Πόρων, Κόσμος ΕΠΕ, 1996.
3. Γεωργηλάς, Θ., Γεωλόγος, εργολήπτης δημοσίων έργων, αποτελέσματα δοκιμαστικής άντλησης σταθερής παροχής στην γεώτρηση της Μονής Αγίας Κυριακής.
4. Βουτσής, Ε., Αειφόρος διαχείριση των υδάτων της περιοχής της Μονής Αγίας Κυριακής, Διπλωματική εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης-Τμήμα Μηχ. Περιβάλλοντος, Χανιά 2006.
5. Λιόνης Μ., Περγλέρος Β. Υδρογεωλογική μελέτη Κάμπου Χανίων , ΤΕΕ/ΤΔΚ, 2002.
6. Φασουλάς, Μ., «Εθελοντισμός και Περιβάλλον» Σεμινάριο με θέμα τα Λευκά Όρη, Οικολογική Πρωτοβουλία Χανίων, Χανιά Φεβρουάριος 2004.
7. Βοζινάκης Κωνσταντίνος., Γεωλόγος, Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων, Ν. Α. Χανίων.
8. Συμβούλιο Ε.Ε., Οδηγία 98/83 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 1998.
9. Συμβούλιο Ε.Ε., Οδηγία 2000/60, Κοινοτική πολιτική στο τομέα των υδάτων, 2000.
10. «2000/60/EU Οδηγία πλαίσιο για τα νερά», Ημερίδα: Εναρμόνιση με την ελληνική πραγματικότητα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδατικών Πόρων, Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων, Αθήνα 22 Μαΐου 2002.
11. Λυδάκης-Σημαντήρης Ν., Γενική Χημεία & Ενόργανη Ανάλυση Θέματα &Εργαστηριακές Ασκήσεις. Εκδόσεις Τζιόλα, Χανιά 2007.
12. Standard Methods for the examination of water and wastewater, 19th ed.,(Clesceri, Greenberg, Eaton, eds), American Public Health Association, 1995.
13. Ζανάκη, Κ. Ελεγχος ποιότητας νερού, 2<sup>η</sup> έκδοση. Εκδόσεις Ιων, 2001
14. Σαμιός, Σ. Το νερό και η ποιότητά του, 2001.

15. [http://www.gov.calgary.ab.ca/cww/water\\_quality/water\\_hardness](http://www.gov.calgary.ab.ca/cww/water_quality/water_hardness), Ιανουάριος 2005
16. Χατζηιωάννου, Θ.Π., Καλοκαιρινός, Α.Κ. Ποταμιά, Τ. Ποσοτική ανάλυση, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2003.
17. Sawyer, C.N., McCarty, P. L., and G. F. Parkin, Chemistry for Environmental Engineering, 3rd Ed., McGraw Hill, 1994.
18. Butler, J. N., Ionic Equilibrium: A Mathematical Approach, Addison Wesley, 1964.
19. Morel, F. M., Hering, J., Principles of Aquatic Chemistry, Wiley-Interscience, 1993
20. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, Environmental Protection Agency, 1983.
21. Snoeyink, V. L., Jenkins, D., Water Chemistry, John Wiley & Sons, 1980
22. Stumm, W., Morgan, J. J., Aquatic Chemistry, 2nd ed., Wiley-Interscience, 1981
23. Καλλέργη, Γ.Α. Εφαρμοσμένη περιβαλλοντική υδρογεωλογία, έκδοση Β΄, Εκδόσεις Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος, 2000
24. Κολοβός, Ν. Φωτίου, Ε. Διερεύνηση και αξιολόγηση ποιότητας των εμφιαλωμένων νερών, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τ. XXXVI, Πρακτικά 10<sup>ου</sup> Διεθνούς Συνεδρίου. Σ.2087-2093, Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2004
25. Pankow, J. F., Aquatic Chemistry Concepts, Lewis Publishers, 1991
26. Σινάνης, Κ., Εργαστηριακές ασκήσεις εδαφολογίας, ΤΕΙ Κρήτης, Ηράκλειο, 1997
27. Αντωνόπουλος, Ζ. Ποιότητα και ρύπανση υπογείων νερών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 2001
28. Deaton, M. Winebrake, J. Dynamic Modelling of Environmental Systems. Springer. New York, 2000
29. Hannon, B. Ruth, M. Dynamic Modelling. Springer-Verlag, 1994
30. Richmond, B. Stella- An introduction to systems thinking. HPS, 2001
31. Δομή αναγνωριστικής μελέτης ανόρυξης υδρογεώτρησης, κεφάλαιο 3, ΑΠΘ τομέας Γεωλογίας. <http://www.geo.auth.gr/881/> , Ιανουάριος 2007
32. Μιχάλης Ι. Καββαδάς, ΕΜΠ, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών - Τομέας Γεωτεχνικής. Σημειώσεις υδρογεωλογίας, Εκπαιδευτικό υλικό προσβάσιμο από, <http://www.civil.ntua.gr/~kavvadas/Books/Env%20Geotechnics/Ch-3.pdf>, 2006