



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ



*«Ποιοτικός έλεγχος των υδάτων
των ποταμών Κοιλιάρη και Ταυρωνίτη»*



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρία Καλημέρη

ΧΑΝΙΑ 2004

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας αισθάνομαι την υποχρέωση να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Σταυρουλάκη Γεώργιο καταρχήν για την ανάθεση και επίβλεψη αυτής της εργασίας, καθώς και για τη σημαντική προσφορά στην υλοποίησή της, καθ' όλη τη διάρκεια αυτής.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στους καθηγητές κα Κατσίβελα Ελευθερία, κ. Λυδάκη Νικόλαο, κ. Μιχόπουλο Νικόλαο και κ. Τερζή Ευάγγελο που βοήθησαν σημαντικά στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας με τις παρατηρήσεις και τις προτάσεις τους.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τον κ. Βοζινάκη Κων/νο, γεωλόγο της Διεύθυνσης Εγγείων Βελτιώσεων της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Ν. Χανίων, για την προσφορά γεωλογικού χάρτη και χάρτη ποιότητας νερού της λεκάνης απορροής του ποταμού Ταυρωνίτη, γεωλογικών, υδρολογικών και ποιοτικών στοιχείων για τον ποταμό καθώς και δελτίων απογραφής φρεάτων και γεωτρήσεων της περιοχής .

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω πολύ την κα Παυλίδου Σαΐα, γεωλόγο του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών του Παραρτήματος Ρεθύμνου, για την προσφορά στοιχείων αγωγιμότητας και παροχής στον ποταμό Ταυρωνίτη.

Τέλος, ευχαριστώ θερμά τους συμφοιτητές μου Κατσοπρινάκη Στέλλα, Κηρύκου Ματούλα, Κλημαθιανού Αργυρώ, Τζινευράκη Στέφανο και Φουντουλάκη Νατάσσα για την πολύτιμη βοήθειά τους καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης του πειραματικού μέρους αυτής της εργασίας, καθώς και για την πολύ καλή συνεννόηση και συνεργασία μας.

Ευρετήριο περιεχομένων _____	Σελίδα
Πρόλογος _____	9
Κεφάλαιο 1 _____	10
Εισαγωγή _____	10
Κεφάλαιο 2 _____	13
Διαχείριση των υδατικών πόρων – Νομοθετικό πλαίσιο _____	13
2.1 Διαχείριση των υδατικών πόρων _____	13
2.2 Το νερό στην Ευρώπη – Βασικά θέματα _____	13
2.3 Δράσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης _____	15
2.4 Η Οδηγία - Πλαίσιο για το νερό _____	16
2.5 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο _____	17
Κεφάλαιο 3 _____	20
Ποταμοί της Ελλάδας – Βιβλιογραφική ανασκόπηση _____	20
3.1 Εισαγωγή _____	20
3.2 Μορφολογικά και άλλα χαρακτηριστικά των ελληνικών ποταμών _____	22
3.3 Σύσταση των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών _____	25
3.4 Υδρογεωχημεία και επίπεδα ρύπανσης _____	34
3.5 Μεταβολές στη σύσταση των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών κατά τη διάρκεια των ετών _____	37
3.6 Μεταβολές εντός του έτους _____	38
Κεφάλαιο 4 _____	41
Περιγραφή της περιοχής μελέτης _____	41
4.1 Ποταμός Κοιλιάρης _____	41
4.1.1 Γεωγραφική θέση και διοικητική υπαγωγή _____	41
4.1.2 Γεωλογικά χαρακτηριστικά _____	42
4.1.3 Πηγές – Ποιοτικά χαρακτηριστικά _____	45
4.2 Ποταμός Ταυρωνίτης _____	52
4.2.1 Γεωγραφική θέση και διοικητική υπαγωγή _____	52
4.2.2 Γεωλογικά χαρακτηριστικά _____	53
4.2.3 Υδρολογικά χαρακτηριστικά _____	54
4.2.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά _____	62
Κεφάλαιο 5 _____	64
Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού _____	64
5.1 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά _____	64
5.1.1 Θολότητα _____	64
5.2 Φυσικοχημικές παράμετροι _____	65
5.2.1 Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH) _____	65
5.2.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα _____	66
5.2.3 Θερμοκρασία _____	67
5.2.4 Αλατότητα _____	67
5.2.5 Ολικά στερεά _____	68
5.3 Ανόργανα συστατικά _____	68
5.3.1 Άζωτο _____	68

5.3.2 Αμμωνιακά ιόντα _____	69
5.3.3 Νιτρικά ιόντα _____	70
5.3.4 Φώσφορος _____	71
5.3.5 Διαλυμένο οξυγόνο _____	71
5.3.6 Ιόντα χλωρίου _____	72
5.4 Δείκτες οργανικού φορτίου _____	73
5.4.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD) _____	73
5.4.2 Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD) _____	74
5.4.3 Απορρυπαντικά _____	75
5.5 Μικροβιολογικές παράμετροι _____	76
Κεφάλαιο 6 _____	78
Πειραματικό μέρος _____	78
6.1 Διαδικασία και θέσεις δειγματοληψίας _____	78
6.2 Υλικά και μέθοδοι ανάλυσης _____	81
6.2.1 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά _____	81
6.2.1.1 Θολότητα _____	81
6.2.2 Φυσικοχημικές παράμετροι _____	82
6.2.2.1 Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH) _____	82
6.2.2.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα _____	82
6.2.2.3 Θερμοκρασία _____	83
6.2.2.4 Αλατότητα _____	85
6.2.2.5 Ολικά διαλυμένα στερεά (Total Dissolved Solids, TDS) _____	85
6.2.2.6 Ολικά αιωρούμενα στερεά (Total Suspended Solids, TSS) _____	85
6.2.3 Ανόργανα συστατικά _____	86
6.2.3.1 Αμμωνιακά ιόντα _____	86
6.2.3.1.1 Ammonium Cell Test MERCK 14739 _____	87
6.2.3.1.2 Ammonium Reagent Test MERCK 14752 _____	88
6.2.3.2 Νιτρικά ιόντα _____	88
6.2.3.2.1 Nitrate Cell Test MERCK 14563 _____	88
6.2.3.2.2 Nitrate Reagent Test MERCK 09713 _____	89
6.2.3.3 Ορθοφωσφορικά ιόντα _____	90
6.2.3.3.1 Phosphate Cell Test MERCK 14543 _____	90
6.2.3.3.2 Phosphate Reagent Test MERCK 14848 _____	91
6.2.3.4 Διαλυμένο οξυγόνο _____	91
6.2.3.5 Ιόντα χλωρίου _____	91
6.2.4 Δείκτες οργανικού φορτίου _____	93
6.2.4.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand BOD) _____	93
6.2.4.2 Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD) _____	95
6.2.4.2.1 COD Cell Test MERCK 14540 και COD Cell Test MERCK 14560 _____	95
6.2.4.3 Απορρυπαντικά _____	96
6.2.5 Μικροβιολογικές παράμετροι _____	99
Κεφάλαιο 7 _____	101
Αποτελέσματα _____	101
7.1 Ποταμός Κοιλιάρης _____	101

7.2 Ποταμός Ταυρωνίτης _____	112
Κεφάλαιο 8 _____	121
<i>Συζήτηση και συμπεράσματα</i> _____	121
<i>Βιβλιογραφία</i> _____	127

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Οδηγίες χρήσης οργάνων

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: Δελτία απογραφής φρεάτων και γεωτρήσεων – Γεωλογικός χάρτης – Χάρτης ποιότητας νερού

Ευρετήριο σχημάτων	Σελίδα
1. Οι κυριότεροι ελληνικοί ποταμοί και λίμνες	21
2. Μέσοι όροι της σύστασης των ιόντων Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} και Cl^- των ποτάμιων νερών σε ελληνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο	35
3. Μέσοι όροι σύστασης ποτάμιων νερών σε εθνικό επίπεδο. α: συγκέντρωση νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών ιόντων και φωσφόρου, β: συγκέντρωση βαρέων μετάλλων	35
4. Μέσες ετήσιες τιμές αγωγιμότητας στους μεγαλύτερους ελληνικούς ποταμούς κατά τη διάρκεια των ετών 1970 - 1995	38
5. Μέσες μηνιαίες τιμές αγωγιμότητας 5 μεγάλων ελληνικών ποταμών σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους (τέλη δεκαετίας '70 – αρχές δεκαετίας '80 και τέλη δεκαετίας '80 – αρχές δεκαετίας '90)	39
6. Θέση δειγματοληψίας «Πηγή 1» των μετρήσεων που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος STRIDE	50
7. Θέση δειγματοληψίας «Πηγή 2» των μετρήσεων που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος STRIDE	50
8. Συγκριτικό διάγραμμα απορροής μεταξύ Ρουματιανού – Σεμπρενιώτη – Ντεριανού στο ανάντη και στο σύνολο του ποταμού Ταυρωνίτη στα κατάντη	56
9. Σκαρίφημα των θέσεων δειγματοληψίας του ποταμού Κοιλιάρη	79
10. Σκαρίφημα των θέσεων δειγματοληψίας του ποταμού Ταυρωνίτη	80
11. Βάση στήριξης φιαλών BOD	94
12. Μεταβολή του pH στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη στις θέσεις δειγματοληψίας Κοίτη και Γέφυρα	104
13. Μεταβολή της θερμοκρασίας στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	105
14. Μεταβολή της αγωγιμότητας στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	105
15. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	106
16. Μεταβολή της συγκέντρωσης της αλατότητας στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	106
17. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	107
18. Μεταβολή της θολότητας στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	107
19. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ορθοφωσφορικών ιόντων στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	108
20. Μεταβολή της συγκέντρωσης του αμμωνιακού αζώτου στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	108
21. Μεταβολή της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη	109

22. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών κολοβακτηρίων στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη _____	110
23. Μεταβολή της συγκέντρωσης των κοπρανωδών κολοβακτηρίων στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη _____	110
24. Μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη _____	110
25. Μεταβολή της συγκέντρωσης του COD στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη __	111
26. Μεταβολή της συγκέντρωσης του BOD ₅ στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη__	111
27. Μεταβολή της συγκέντρωσης του BOD ₂₀ στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη _	112
28. Μεταβολή του pH στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη στις θέσεις Ντεριανός, Ταυρωνίτης και Μείγμα _____	114
29. Μεταβολή της θερμοκρασίας στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη _____	115
30. Μεταβολή της αγωγιμότητας στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη _____	115
31. Μεταβολή της θολότητας στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη _____	116
32. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη _____	116
33. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ορθοφωσφορικών ιόντων στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη _____	117
34. Μεταβολή της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη _____	117
35. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών κολοβακτηρίων στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη _____	118
36. Μεταβολή της συγκέντρωσης των κοπρανωδών κολοβακτηρίων στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη _____	115
37. Μεταβολή της συγκέντρωσης του COD στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη_	119
38. Μεταβολή της συγκέντρωσης του BOD ₅ στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη	119
39. Μεταβολή της συγκέντρωσης του BOD ₂₀ στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη	120

Ευρετήριο πινάκων _____ Σελίδα

1. Οι κυριότεροι μηχανισμοί και παράγοντες οι οποίοι διαφοροποιούν τη φυσικοχημική και βιολογική κατάσταση στα ελληνικά ποτάμια _____	22
2. Τα ελληνικά ποτάμια με τα χαρακτηριστικά τους _____	23
3. Τα ελληνικά δέλτα ποταμών ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, η έκτασή τους, η έκταση της λεκάνης απορροής, το μήκος του κύριου κλάδου του ποταμού και οι απειλές, τα προβλήματα και οι χρήσεις των δέλτα _____	25
4. Η ακολουθία των κυριότερων ιόντων στα μεγαλύτερα ελληνικά ποτάμια _____	26
5. Φυσικοχημικές παράμετροι, κύρια ιόντα και ρυπαντές στους μεγαλύτερους ελληνικούς ποταμούς _____	27
6. Ποσοστιαία κατανομή των γεωχημικά σημαντικών πετρωμάτων στις λεκάνες απορροής των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών _____	37
7. Οι μέσες ετήσιες τιμές θρεπτικών συστατικών των μεγαλύτερων ποταμών συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες τιμές της Ευρώπης _____	37
8. Συνολικός ετήσιος όγκος τροφοδοσίας από τις πηγές _____	46
9. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη _____	47
10. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη _____	48
11. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη _____	49
12. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη _____	49
13. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη _____	50
14. Χημικές αναλύσεις των υδάτων γεώτρησης της περιοχής Στύλου Αποκορώνου Ν. Χανίων από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ). _	51
15. Μετρήσεις απορροής χειμάρρων περιοχής Ταυρωνίτη (παροχή σε m ³ /h) _____	55
16. Εκτίμηση παροχών χειμάρρων λεκάνης Ταυρωνίτη και κοίτης Ταυρωνίτη (m ³ /h) υδρολογικού έτους 1998-1999 (βάσει των μετρήσεων του Πίνακα 15). _____	56
17. Μετρήσεις παροχής στον ποταμό Ταυρωνίτη από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών _____	57
18. Εκτίμηση παροχών χειμάρρων λεκάνης Ταυρωνίτη και κοίτης Ταυρωνίτη (m ³ /h) (περίοδος 1977 – 1997) _____	60
19. Εκτίμηση εισροών λεκάνης Ταυρωνίτη (περίοδος 1977 – 1997) _____	61
20. Μετρήσεις αγωγιμότητας στον ποταμό Ταυρωνίτη από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών _____	63

Ευρετήριο εικόνων	Σελίδα
1,2. Θέσεις δειγματοληψίας Κοίτη και Γέφυρα του ποταμού Κοιλιάρη	78
3. Θέσεις δειγματοληψίας Ντεριανός (1) και Ταυρωνίτης (2) του ποταμού Ταυρωνίτη	80
4. Φορητό θολερόμετρο (Lovibond CR3210).	81
5. pH-μέτρο HACH sension™156	82
6. Ο πολυαισθητήρας Surveyor® 4 (HYDROLAB®)	83
7. Οι αισθητήρες του πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®)	84
8. Μέτρηση θερμοκρασίας και άλλων χαρακτηριστικών επί τόπου με τον πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®) στη θέση Γέφυρα του ποταμού Κοιλιάρη	84

Ευρετήριο χαρτών _____ Σελίδα

- 1. Χάρτης ενός τμήματος του νομού Χανίων στο οποίο διακρίνεται ο ποταμός Κοιλιάρης _____ 42**
- 2. Υδρολογική λεκάνη απορροής του ποταμού Κοιλιάρη _____ 42**
- 3. Γεωλογικοί σχηματισμοί (α) και γεωλογία (β) της λεκάνης απορροής του ποταμού Κοιλιάρη _____ 44**
- 4. Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής των πηγών Στύλου Χανίων _____ 45**
- 5. Χάρτης ενός τμήματος του νομού Χανίων στο οποίο διακρίνεται ο ποταμός Ταυρωνίτης _____ 53**

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο την εκτίμηση της ποιότητας των επιφανειακών νερών δύο μεγάλων ποταμών του νομού Χανίων, των ποταμών Κοιλιάρη και Ταυρωνίτη, μέσω της μέτρησης φυσικοχημικών και μικροβιολογικών παραμέτρων. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες στους δύο ποταμούς κατά την περίοδο Απρίλιος 2003 – Ιανουάριος 2004. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας Νερού του Τμήματος Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος του Παραρτήματος Χανίων του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης.

Στο πρώτο κεφάλαιο ορίζεται η έννοια της ποιότητας του νερού και γίνεται μία πολύ συνοπτική ανασκόπηση σε ότι αφορά την εξέλιξη της ποιότητας αυτής κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών.

Στο δεύτερο κεφάλαιο επιχειρείται μία γενικότερη εισαγωγή στο θέμα της διαχείρισης των υδατικών πόρων τόσο σε Κοινοτικό όσο και σε Εθνικό επίπεδο.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με την υφιστάμενη κατάσταση της ποιότητας των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μία συνοπτική περιγραφή της περιοχής που μελετήθηκε μέσω της παράθεσης γεωλογικών, μορφολογικών και άλλων χαρακτηριστικών των περιοχών των λεκάνων απορροής των ποταμών Ταυρωνίτη και Κοιλιάρη.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται όλες οι παράμετροι ποιότητας που εξετάστηκαν στα συλλεγόμενα δείγματα νερού, καθώς και η σημασία και ο ρόλος της κάθε μίας σε μία υδάτινη μάζα.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι θέσεις δειγματοληψίας και η διαδικασία δειγματοληψίας και γίνεται μία αναλυτική περιγραφή των μεθοδολογιών που ακολουθήθηκαν στο εργαστήριο για τον προσδιορισμό των παραμέτρων που αναφέρονται στο κεφάλαιο 5.

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα εργασία σε μορφή διαγραμμάτων, ενώ ταυτόχρονα επισημαίνονται οι γενικές τάσεις που χαρακτηρίζουν την ποιότητα του νερού κάθε ποταμού.

Στο όγδοο κεφάλαιο επιχειρείται ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων και η εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν.

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Το νερό είναι ο ανανεώσιμος φυσικός πόρος που καθορίζει την ποιότητα του περιβάλλοντος και συμμετέχει σε κάθε αναπτυξιακή ή παραγωγική διαδικασία [16]. Είναι απαραίτητο για την επιβίωση του ανθρώπου και των άλλων οργανισμών, έχει πρωταρχική σημασία για ένα μεγάλο πλήθος εξόχως σημαντικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου, ξεκινώντας από την ύδρευση και την παραγωγή τροφής, μέχρι την βιομηχανική ανάπτυξη και την παραγωγή ενέργειας.

Το παραδοσιακό μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, όπως και οποιοδήποτε άλλο φυσικού πόρου, στηρίζεται στην τεχνοκρατική αντίληψη, σύμφωνα με την οποία σημασία έχει η οικονομική ανάπτυξη και η τεχνολογική πρόοδος και συνεπώς κάθε φυσικός πόρος αποτελεί μία από τις συνιστώσες της ανάπτυξης αυτής. Το αποτέλεσμα της μακροχρόνιας εφαρμογής του μοντέλου αυτού εκδηλώνεται τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στις αναπτυγμένες περιοχές, με την ανεπάρκεια νερού, η οποία οφείλεται στην αύξηση των απαιτήσεων σε νερό και την υποβάθμιση της ποιότητάς του. Η αύξηση των απαιτήσεων αυτών οφείλεται κυρίως στην αύξηση του μόνιμου πληθυσμού, την αλλαγή του βιοτικού επιπέδου, στην αύξηση του εποχιακού πληθυσμού (τουρίστες), στην επέκταση των καλλιεργούμενων και αρδευόμενων εκτάσεων καθώς και στην αύξηση του αριθμού των μεταποιητικών και βιομηχανικών μονάδων.

Ο όρος «ποιότητα του νερού» δεν συνιστά από μόνος του μία συγκεκριμένη αξία διότι υπόκειται εννοιολογικά και πρακτικά σε συνεχείς μεταβολές και συνεπώς πρέπει να θεωρείται και να μελετάται σε σχέση με τα οικολογικά συστήματα και τις διαφορετικές χρήσεις του νερού. Μόνο μία λεπτομερής ανάλυση των ποσοτικών και των ποιοτικών απαιτήσεων των διαφορετικών χρήσεων του νερού, μπορεί να οδηγήσει στην εκτίμηση της ποιότητας και της επάρκειας ή της ανεπάρκειας των διαθέσιμων υδατικών πόρων [13].

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η φυσική ποιότητα των υδατικών πόρων μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας των διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και χρήσεων του νερού. Οι περισσότερες περιπτώσεις ρύπανσης αναπτύχθηκαν βαθμιαία μέχρις ότου έγιναν φανερές και μετρήσιμες. Χρειάστηκε πολύς χρόνος μέχρι να φτάσει ο άνθρωπος στην αναγνώριση των προβλημάτων ρύπανσης και ακόμα περισσότερος για να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις και έλεγχοι. Στα μέσα του εικοστού αιώνα και ταυτόχρονα με τη μεγάλη βιομηχανική ανάπτυξη, εμφανίστηκε στα μεγάλα ποτάμια της Ευρώπης και Β. Αμερικής το πρόβλημα της σοβαρής εποχιακής μείωσης του οξυγόνου, το οποίο οφειλόταν στην υπερφόρτωση των ποταμών με αποικοδομούμενα οργανικά λύματα αστικής και βιομηχανικής προέλευσης. Το γεγονός αυτό προκάλεσε γενική υποβάθμιση της ποιότητας των νερών τους. Το πρόβλημα αυτό ακολούθησαν και άλλα διαφορετικής μορφής, έκτασης και έντασης ποιοτικά προβλήματα (ευτροφισμός, συσσώρευση βαρέων μετάλλων και οργανικών μικρορύπων, οξίνιση και τέλος αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων).

Η υπερφόρτιση των υδατορευμάτων με βιοαποικοδομήσιμα οργανικά απόβλητα από τους παρόχθιους οικισμούς και βιομηχανίες αντιμετωπίστηκε με την εγκατάσταση βιολογικών σταθμών επεξεργασίας των αστικών λυμάτων και το

αποτέλεσμα ήταν η βαθμιαία αποκατάσταση της ποιότητας του νερού των ποταμών. Παράλληλα όμως εμφανίστηκε το πρόβλημα του ευτροφισμού, που οφείλεται στις εισροές κυρίως φωσφόρου και αζώτου. Ο έλεγχος του ευτροφισμού επιτεύχθηκε με τη μείωση του φωσφόρου, ενός από τα βασικά θρεπτικά συστατικά, αν και η αποκατάσταση των λιμνών και ταμιευτήρων γίνεται βραδέως και για την πλήρη αποκατάστασή τους απαιτείται αρκετός χρόνος.

Στη δεκαετία του 1970 νέα προβλήματα εμφανίζονται από τη βαθμιαία αύξηση των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα και στο νερό των ποταμών και των λιμνών. Η βιοσυσσώρευση στα ψάρια είχε σαν αποτέλεσμα την ανάγκη επέμβασης στις πηγές τους, ιδιαίτερα των πιο επιβλαβών μετάλλων, όπως ο υδράργυρος και ο μόλυβδος. Την ίδια περίοδο η ρύπανση του περιβάλλοντος εισέρχεται σε μια νέα φάση από την παραγωγή και τη χρήση πολλών συνθετικών ουσιών. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν αυτές οι ουσίες παντού σήμερα στα υπόγεια και επιφανειακά νερά. Οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων άρχισαν να μελετούνται εντατικά και η έρευνα για τον έλεγχο, τη μείωση ή τον περιορισμό τους αποτελούν την κύρια προσπάθεια των επόμενων ετών.

Άλλα προβλήματα που εμφανίστηκαν αυτή την περίοδο είναι η ατμοσφαιρική μεταφορά των αερίων ρύπων από τις καύσεις των ορυκτών καυσίμων, η οξίνιση των λιμνών και των ποταμών και η μεταφορά των ρύπων αυτών στα υπόγεια νερά.

Από τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του ογδόντα παρατηρήθηκε ότι τα νιτρικά ιόντα στα υπόγεια και επιφανειακά νερά σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνουν τα συνιστώμενα όρια. Η αιτία είναι η εκτεταμένη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων και των στερεών αποβλήτων (ζώων και λάσπης βιολογικών σταθμών). Τα τελευταία χρόνια τα περιβαλλοντικά προβλήματα επεκτείνονται σε παγκόσμια κλίμακα. Στα προβλήματα αυτά περιλαμβάνονται η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου από την αύξηση των εκπομπών κυρίως του CO₂, η αύξηση του επιπέδου της θάλασσας από το λιώσιμο των πάγων των πόλων, οι μεγάλες και καταστροφικές πλημμύρες λόγω της αύξησης της έντασης των βροχών και η ερημοποίηση νέων εκτάσεων λόγω των κλιματικών αλλαγών.

Από την ανασκόπηση αυτή γίνεται φανερό ότι με την έρευνα και την ανάπτυξη τεχνικών, γίνονται προσπάθειες να τεθούν υπό έλεγχο τα προβλήματα της παθογένειας, του ελλείμματος οξυγόνου, του ευτροφισμού και των βαρέων μετάλλων. Τα προβλήματα όμως των νιτρικών ιόντων, των συνθετικών οργανικών ουσιών, της οξίνισης απαιτούν μία νέα και διαφορετική διαχείριση των περιβαλλοντικών προβλημάτων.

Οι οικολογικές επιπτώσεις από τη ρύπανση των υδάτων, ακόμα και όταν δεν είναι ορατές, συνεπάγονται σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις για τον άνθρωπο. Η αύξηση του κόστους επεξεργασίας του νερού για την επαναχρησιμοποίησή του ως πόσιμο, για βιομηχανική χρήση κλπ, η ζημία από την απραξία οικονομικών δραστηριοτήτων που έχουν αναπτυχθεί με βάση την καλή ποιότητα του νερού, όπως αναψυχή, αλιεία, τουρισμός, η αύξηση των δαπανών για την ίαση των υδρικής προέλευσης ασθενειών (γαστρεντερίτιδες, μυκητιάσεις, κλπ) είναι μόνο μερικές από τις οικονομικές επιπτώσεις της ρύπανσης.

Το πρόβλημα εξεύρεσης καλής ποιότητας νερού είναι περισσότερο έντονο σε πυκνοκατοικημένες χώρες, όπου και οι ανάγκες σε πόσιμο νερό είναι υψηλότερες, η εκμετάλλευση των εδαφών μεγαλύτερη και συχνά οι ανάγκες σε βιομηχανικό νερό περισσότερες. Στις αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, για

παράδειγμα, παρατηρείται υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων πολλών ποταμών, παρόλο που τα λύματα και απόβλητα στις χώρες αυτές επεξεργάζονται πριν την διάθεσή τους στα ποτάμια. Η υποβάθμιση αυτή, που σήμερα αφορά κυρίως υψηλές τιμές χλωριόντων και νιτρικών ιόντων, αναμένεται ότι τα προσεχή χρόνια θα επεκταθεί και στις οργανικές ενώσεις.

Η χώρα μας, η οποία δεν ακολούθησε την ίδια πορεία ανάπτυξης με αυτή των χωρών της Βόρειας Ευρώπης, δεν αντιμετώπισε με την ίδια χρονολογική ακολουθία και ένταση παρόμοια προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδατικών πόρων της. Όμως η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αυξανόμενη εισαγωγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυνοριακή μεταφορά ρύπων, η γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και η απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, φέρνουν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης δεύτερης και τρίτης γενιάς, τη στιγμή που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπιστεί επαρκώς τα «παραδοσιακά» προβλήματα ρύπανσης.

Η ρύπανση και η μόλυνση των υδατικών πόρων απασχολεί επί δεκαετίες τη διεθνή κοινότητα. Η μόλυνση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υποανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανση του νερού έχει ανακύψει σαν εξίσου σοβαρή απειλή σ' όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη.

Αυτοί οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον αναγνωρίστηκαν από τον Ο.Η.Ε. και το 1975, στα πλαίσια του προγράμματός του για το περιβάλλον (UNEP), ιδρύθηκε το Παγκόσμιο Περιβαλλοντικό Σύστημα Επιμελητείας (GEMS). Πολλά διεθνή προγράμματα ελέγχου εφαρμόστηκαν από την UNEP, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO), τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), τον Οργανισμό Εκπαίδευσης, Επιστήμης και Πολιτισμού (UNESCO) και άλλους διεθνείς και διακυβερνητικούς οργανισμούς [13].

Κεφάλαιο 2

Διαχείριση των υδατικών πόρων – Νομοθετικό πλαίσιο

2.1 Διαχείριση των υδατικών πόρων

Η διαχείριση των υδατικών πόρων αναφέρεται σε κάθε άμεση ή έμμεση παρέμβαση ή δράση στους υδατικούς πόρους και τις χρήσεις τους. Μία εθνική πολιτική για τους υδατικούς πόρους πρέπει να ορίζει το πλαίσιο για παροχή επαρκών ποσοτήτων νερού για συγκεκριμένους σκοπούς, καθώς και να λαμβάνει υπόψη την ποιότητα του νερού, την προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, καθώς και την καθολική ανάπτυξη μίας περιοχής ή χώρας [2].

Μετά τη δεκαετία του 1980 αυξάνεται συνεχώς η σημασία της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων. Η συγκεκριμένη τάση οφείλεται στο γεγονός ότι οι απειλές των περιβαλλοντικών ζημιών και της εξάντλησης των φυσικών πόρων απέχουν από το να έχουν τεθεί υπό έλεγχο. Ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι αντιλαμβάνονται τους ενεδρεύοντες κινδύνους και ζητούν να αναληφθεί σοβαρότερη προσπάθεια σε εθνικό, και ιδίως, ευρωπαϊκό επίπεδο ώστε να προστατευθεί το περιβάλλον.

Η κατάσταση αυτή είχε ως αποτέλεσμα να διευρυνθεί σοβαρότατα το φάσμα των διαθέσιμων μέσων άσκησης περιβαλλοντικής πολιτικής από τον τομέα της νομοθεσίας έως τα χρηματοοικονομικά μέσα. Η συνθήκη του Άμστερνταμ ιδίως επέβαλε την αρχή της αειφόρου ανάπτυξης και το στόχο της υψηλού επιπέδου προστασίας για το περιβάλλον μεταξύ των κύριων προτεραιοτήτων της (άρθρο 2). Επιπλέον η πολιτική μας διευρύνθηκε και διαφοροποιήθηκε καλύπτοντας πλέον όλους τους τομείς της κοινωνίας βασιζόμενη σε ένα ευρύτατο φάσμα μέσων [14].

Η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση επαρκών ποσοτήτων νερού, καλής ποιότητας, για κάθε χρήση και ιδίως για πόσιμο, καθιστά αναγκαίες τις συντονισμένες δράσεις σε εθνικό, Ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο για την προστασία, τη διατήρηση και τη βελτίωσή του.

Οι διατάξεις που βρίσκονται σε ισχύ ή καταρτίζονται, από τους αρμόδιους φορείς της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και της διεθνούς Κοινότητας, καλύπτουν ολόκληρο το φάσμα δραστηριοτήτων που σχετίζονται με το νερό, δηλαδή:

- Τη γενική πολιτική στον τομέα της διαχείρισης των υδατικών πόρων
- Την προστασία και παρακολούθηση των υπόγειων νερών και των επιφανειακών νερών, τα οποία μετά από κατάλληλη επεξεργασία προορίζονται για πόσιμα
- Την ποιότητα του πόσιμου νερού που διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση

2.2 Το νερό στην Ευρώπη – Βασικά θέματα

Η Ευρώπη δεν αντιμετωπίζει συνολικά προβλήματα έλλειψης νερού. Παράλληλα δεν αντιμετωπίζει θανατηφόρες επιδημίες που να οφείλονται σε ασθένειες σχετικές με το νερό, ενώ οι ασθένειες αυτές είναι ιδιαίτερα διαδεδομένες σε άλλα μέρη της υφηλίου. Εντούτοις η ποιότητα του νερού στην Ευρώπη δε μπορεί

να θεωρηθεί ικανοποιητική, δεδομένου ότι το νερό στην Ευρώπη εξακολουθεί να αντιμετωπίζει απειλές και πιέσεις.

Μετά την πρώτη ευρωπαϊκή οδηγία για το νερό του 1975 συντελέστηκαν σοβαρές πρόοδοι σε ό,τι αφορά την αντιμετώπιση της σημειακής ρύπανσης των ευρωπαϊκών υδάτων, δηλαδή της ρύπανσης που προέρχεται από συγκεκριμένες πηγές όπως για παράδειγμα τα λύματα βιομηχανικών εγκαταστάσεων ή τις διαρροές από δεξαμενές αποθήκευσης. Αντίθετα αποδείχτηκε δυσκολότερη η αντιμετώπιση της ρύπανσης από διάχυτες πηγές, όπως για παράδειγμα από λιπάσματα και ζιζανιοκτόνα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία, το συγκεκριμένο μάλιστα είδος της ρύπανσης αποτελεί ολοένα και συχνότερα αντικείμενο ανησυχιών. Λιπάσματα και φυτοφάρμακα που καταλήγουν στα υπόγεια και στα επιφανειακά ύδατα έχουν συχνά ως αποτέλεσμα το νερό να μην είναι πλέον πόσιμο.

Μονολότι μειώθηκε η ρύπανση των θαλάσσιων υδάτων από ραδιενεργά απόβλητα και ορισμένα οργανικά απόβλητα, εξακολουθούν να υφίστανται σοβαροί κίνδυνοι όπως η υπέρμετρη αλιεία, οι υψηλές συγκεντρώσεις διατροφικών στοιχείων, οι δυσκολε αποικοδομήσιμοι οργανικοί ρύποι (POP) και η ρύπανση που οφείλεται σε βαρέα μέταλλα, ιδίως γύρω από τη λεκάνη της Μεσογείου, στη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική Θάλασσα.

Αν και δε γίνεται πάντα αντιληπτό, οι παράκτιες ζώνες είναι μείζονος οικολογικής και οικονομικής σημασίας. Τα αστικά κέντρα στις ευρωπαϊκές παράκτιες περιοχές φιλοξενούν 120 εκατ. κατοίκους και ο αριθμός αυτός εξακολουθεί να αυξάνεται, οδηγώντας αφενός στην κλιμάκωση του ανταγωνισμού για περιορισμένους πόρους και αφετέρου στη ρύπανση, την καταστροφή των οικοτόπων και τη διάβρωση των ακτών.

Παρόλο που έχουν θεσπιστεί ποιοτικοί στόχοι για το νερό στην Ευρωπαϊκή Ένωση, δεν σημειώθηκε συνολική βελτίωση της ποιότητας του ποτάμιου ύδατος από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Υπολογίζεται ότι το 20% των επιφανειακών υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση απειλούνται σοβαρά από τη ρύπανση. Εντούτοις συγκριτικά προς της δεκαετία του 1970 έχουν παρατηρηθεί ορισμένες βελτιώσεις στους ποταμούς που αντιμετωπίζουν τα σοβαρότερα προβλήματα ρύπανσης.

- Ο ευτροφισμός των ποταμών, των λιμνών, των φυσικών δεξαμενών, των παράκτιων και των θαλάσσιων υδάτων που οφείλεται πρωτίστως στη νιτρορύπανση από τη γεωργία αυξάνει συνεχώς και συνιστά απειλή που συχνά υποτιμάται. Οπτική ένδειξη ευτροφισμού αποτελεί η παρουσία υπερανεπτυγμένων συστάδων φυκών.
- Οι εισροές φωσφόρου έχουν μειωθεί από 40 έως 60% τα τελευταία πέντε χρόνια χάρη στα μέτρα που έλαβε η βιομηχανία, στις βελτιώσεις των συστημάτων επεξεργασίας των λυμάτων και στην αυξανόμενη οικιακή χρήση μη φωσφορούχων απορρυπαντικών.
- Το πόσιμο νερό στην Ευρώπη προέρχεται κατά 65% περίπου από υπόγεια ύδατα. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων και κατά συνέπεια της ανθρώπινης υγείας απειλείται από τις υψηλές συγκεντρώσεις αζωτούχων ουσιών, εντομοκτόνων, βαρέων μετάλλων και χλωριωμένων και μη υδρογονανθράκων. Οι βελτιώσεις στην ποιότητα του ύδατος θα απαιτήσουν πολλά χρόνια δεδομένου του χρόνου που χρειάζονται οι ρύποι για να εισέλθουν και να κινηθούν στον υδροφόρο ορίζοντα των υπόγειων υδάτων. Η συνολική άντληση ύδατος σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες μειώθηκε μετά το

1980 δεδομένης της απομάκρυνσης από τους κλάδους της βαριάς βιομηχανίας που χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες νερού και τον επαππροσανατολισμό τους προς τεχνολογίες που αναλώνουν μικρότερες ποσότητες νερού. Το φαινόμενο αυτό συνδυάστηκε με τις τεχνολογικές βελτιώσεις και την ολοένα αυξανόμενη ανακύκλωση.

- Παρατηρούνται σοβαρές αποκλίσεις όσον αφορά την κατανάλωση ύδατος στους επιμέρους τομείς στις ευρωπαϊκές χώρες. Η γεωργία είναι ο σημαντικότερος χρήστης νερού στις μεσογειακές χώρες, ιδίως για λόγους άρδευσης. Ο δημόσιος τομέας παροχής ύδατος αποτελεί το μεγαλύτερο καταναλωτή νερού στις περισσότερες από τις βορειοευρωπαϊκές χώρες [14].

2.3 Δράσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Αναλύοντας την κατάσταση εκ των υστέρων μπορεί να θεωρηθεί ότι οι ευρωπαϊκές προσπάθειες για τη βελτίωση του νερού αναπτύχθηκαν σε τρία στάδια.

Η πρώτη σειρά Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το νερό άρχισε με την οδηγία για τα επιφανειακά ύδατα του 1975 και κορυφώθηκε με τη οδηγία του 1980 για το πόσιμο νερό. Η νομοθεσία εστιάστηκε κυρίως σε στόχους σχετικά με την ποιότητα του νερού (WQO) για συγκεκριμένες κατηγορίες και χρήσεις αυτού:

- Ύδατα αλιείας
- Ύδατα κολύμβησης
- Ύδατα για την καλλιέργεια οστρακόδερμων
- Υπόγεια ύδατα.

Κατά την αναθεώρηση της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το νερό που πραγματοποιήθηκε το 1988 καθορίστηκαν οι τομείς όπου θα ήταν δυνατόν να επιτευχθούν βελτιώσεις και εντοπίστηκαν τα κενά που θα έπρεπε να καλυφθούν κατά το δεύτερο στάδιο της νομοθεσίας για το νερό. Κατά το στάδιο αυτό, βάση της νομοθεσίας αποτέλεσαν οι οριακές τιμές εκπομπής (ELV). Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής ήταν η θέσπιση νέων και σημαντικών οδηγιών το 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και τη νιτρορύπανση. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπέβαλε επίσης προτάσεις για:

- Τις αναθεωρήσεις της οδηγίας για το πόσιμο νερό και της οδηγίας για τα ύδατα κολύμβησης
- Την ανάπτυξη προγράμματος δράσης για τα υπόγεια ύδατα
- Της έγκριση της οδηγίας για την οικολογική ποιότητα του ύδατος

Με τη δεύτερη αυτή σειρά νομοθετικών μέτρων, όλα τα εμπλεκόμενα μέρη στην πολιτική προστασία των υδάτων (Ευρωπαϊκό Συμβούλιο, κράτη μέλη, τοπικές και περιφερειακές αρχές, χρήστες, ενώσεις καταναλωτών και προστασίας της φύσης κλπ.) κατακλύστηκαν από νέες προτάσεις σχετικά με το νερό. Ακριβώς τη στιγμή κατά την οποία εξετάζονταν τα πραγματικά προβλήματα και το κόστος της εφαρμογής των οδηγιών για τη νιτρορύπανση και την επεξεργασία των αστικών λυμάτων, υποβλήθηκαν τέσσερις νέες οδηγίες και ένα πρόγραμμα δράσης. Το 1995, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα αντιλήφθηκε ότι ήταν απαραίτητο να υπάρξει γενικότερη προσέγγιση σχετικά με την Ευρωπαϊκή διαχείριση του νερού κατά τρόπο που να ενσωματωθούν σε αυτήν τα επιμέρους νομοθετικά στοιχεία που αφορούσαν το νερό διαφόρων τύπων και χρήσεων. Η Επιτροπή εκπόνησε έγγραφο επί του οποίου βασίστηκε ο διάλογος για τον καθορισμό του πλαισίου της Ευρωπαϊκής πολιτικής για

το νερό. Μετά από ευρύτατες διαβουλεύσεις η Επιτροπή πρότεινε (1997-98) ένα νέο νομοθέτημα, την οδηγία - πλαίσιο για το νερό, προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνολική συνέπεια της κοινοτικής πολιτικής για το νερό. Η οδηγία-πλαίσιο για το νερό αντανάκλα τη συνδυασμένη προσέγγιση του τρίτου σταδίου των προσπαθειών της Ε.Ε. για βελτίωση της ποιότητας του νερού. Η συνδυασμένη αυτή προσέγγιση προϋποθέτει την παράλληλη αξιοποίηση των οριακών τιμών εκπομπής και των ποιοτικών στόχων για το νερό κατά τρόπο που να αλληλοενισχύονται. Για κάθε περίπτωση εφαρμόζεται η αυστηρότερα των ως άνω προσεγγίσεων [14].

2.4 Η Οδηγία - Πλαίσιο για το νερό

Η Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60/ΕΕ [17], έχοντας έναν εξαιρετικά πρωτοποριακό χαρακτήρα, εισάγει μία νέα θεώρηση στη διαχείριση των υδατικών πόρων και ταυτόχρονα αποτελεί μία νέα πολιτική πρόταση περιφερειακής οργάνωσης και προστασίας του περιβάλλοντος. Βασικό της χαρακτηριστικό είναι ότι για την επίτευξη των περιβαλλοντικών της στόχων χρησιμοποιεί οικονομικά εργαλεία όπως την ανάκτηση του κόστους του νερού (οικονομικό κόστος, περιβαλλοντικό κόστος, κόστος φυσικών πόρων) [31].

Οι βασικοί γενικοί στόχοι της οδηγίας είναι:

- (α) Η μακροπρόθεσμη προστασία των υδάτων
- (β) Η πρόληψη της υποβάθμισης και η προστασία και αποκατάσταση των άμεσα εξαρτώμενων από υδατικούς πόρους χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων
- (γ) Η προοδευτική μείωση των απορρίψεων, των εκπομπών και διαρροών των ουσιών προτεραιότητας, καθώς και η παύση ή σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών των επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας
- (δ) Η προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων και η αποφυγή της περαιτέρω υποβάθμισης, και
- (ε) Ο μετριασμός των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες [32].

Η οδηγία περιλαμβάνει τα κύρια στοιχεία για την αειφόρο διαχείριση του νερού στην Ευρώπη:

- Η διαμόρφωση κοινής Ευρωπαϊκής στρατηγικής για τα ύδατα, βασισμένης στην αρχή της επικουρικότητας και στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» με πεδίο εφαρμογής στα εσωτερικά και παράκτια ύδατα
- Η επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης των υδατικών οικοσυστημάτων, που έχουν πληγεί και υποβαθμιστεί από ανθρώπινες δραστηριότητες
- Η υιοθέτηση ολοκληρωμένης διαδικασίας για τον έλεγχο της ρύπανσης των υδατικών οικοσυστημάτων, υπό την εποπτεία και δημιουργία νέων φορέων διαχείρισης ανά λεκάνη απορροής ποταμού
- Ο συντονισμός της κοινοτικής πολιτικής νερών διαμέσου της αρχής «συνδυασμένης προσέγγισης» που εφαρμόζει τον έλεγχο της ρύπανσης στην πηγή με τον ορισμό οριακών τιμών εκπομπής και προτύπων περιβαλλοντικής ποιότητας
- Η ανάπτυξη προγραμμάτων στα οποία εντάσσονται η καταγραφή των χαρακτηριστικών μιας λεκάνης απορροής ποταμού και των επιπτώσεων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, η οικονομική ανάλυση της χρήσης του ύδατος

και ο σχεδιασμός και εφαρμογή προγραμμάτων παρακολούθησης της ποιότητας και ποσότητας των υδάτων

- Ο καθορισμός των υδάτων που χρησιμοποιούνται για τη λήψη πόσιμου ύδατος και η διασφάλιση της συμμόρφωσης με τη οδηγία 98/83/EK περί της ποιότητας του πόσιμου νερού
- Η χρήση οικονομικών μέσων από μέρους των κρατών μελών, με τελικό στόχο τον πλήρη καταμερισμό του συνολικού κόστους χρήσης του ύδατος (συμπεριλαμβανομένου και του περιβαλλοντικού κόστους) κατά τομείς δραστηριότητας (αστική, βιομηχανική και γεωργική χρήση) και χρέωση του συνολικού κόστους στους αντίστοιχους χρήστες του υδατικού πόρου.
- Ο ορισμός οριακών τιμών εκπομπής για ορισμένες ομάδες ή κατηγορίες ρυπαντών, και η λήψη ειδικών μέτρων για την αντιμετώπιση της ρύπανσης, που προκαλείται από την απόρριψη, τις εκπομπές ή τις διαρροές επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας
- Η διασφάλιση και ενίσχυση της συμμετοχής του κοινού στην κατάρτιση των προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού κάθε χώρας-μέλους.

Η οδηγία πλαίσιο για τους υδάτινους πόρους θα οδηγήσει σε νέες συνεργασίες, δομές και αρμοδιότητες καθώς και στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των υδάτων. Λόγω της μεγάλης εμπέλειας των διατάξεων της οδηγίας πολλές από τις ισχύουσες νομοθετικές πράξεις για το νερό μπορούν να ανακληθούν μετά την θέσπιση της οδηγίας-πλαίσιου, ενώ παράλληλα θα παραμείνουν σε ισχύ όσες θεωρηθούν συμπληρωματικές ως προς αυτή [31].

2.5 Ελληνικό θεσμικό πλαίσιο

Στη χώρα μας, σήμερα το νομικό πλαίσιο των υδατικών πόρων χαρακτηρίζεται από πολυνομία, αντιφατικότητα και έλλειψη εκσυγχρονισμού. Χαρακτηριστικό είναι, ότι από το 1900 μέχρι σήμερα, έχουν εκδοθεί περίπου 300 νόμοι, νομοθετικά, βασιλικά και προεδρικά διατάγματα και υπουργικές αποφάσεις, γενικής, ειδικής και τοπικής έκτασης, που συνθέτουν ένα πολύπλοκο και αναποτελεσματικό νομικό πλαίσιο διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας [12].

Μέσω της Υπουργικής Απόφασης 46399/1352/86 [18] (ΦΕΚ 438/τ.β/3.7.86) που αποτελεί εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με τις οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440/ΕΟΚ, 76/160/ΕΟΚ, 78/659/ΕΟΚ, 79/923/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ, καθορίζεται η ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για «πόσιμα», «κολύμβηση», «διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά» και «καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών». Επίσης καθορίζονται οι μέθοδοι μέτρησης, η συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυσης των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, καθώς και τα απαιτούμενα πρότυπα ποιότητας των επιφανειακών νερών ανάλογα με τη χρήση τους [15]. Όσον αφορά τα γλυκά επιφανειακά νερά που προορίζονται για παραγωγή πόσιμου νερού κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με την προβλεπόμενη επεξεργασία τους. Η κατηγορία Α1 περιλαμβάνει νερά μετά από απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση ιδίως με ταχεία διύλιση και απολύμανση, η κατηγορία Α2 νερά μετά από κανονική φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση (ιδίως με προχλωρίωση, συσσωμάτωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύμανση) και η κατηγορία Α3 νερά μετά από εντατική

φυσική και χημική επεξεργασία και προχωρημένη απολύμανση, όπως χλωρίωση μέχρι του σημείου θραύσεως, συσσωμάτωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, προσρόφηση (ενεργός άνθρακας) και απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση) [18].

Με την απόφαση 19652/1906/1999 [20] δίνεται ένας κατάλογος ευπρόσβλητων ζωνών όσον αφορά τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης, σύμφωνα με τις παραγράφους 1 και 2 του άρθρου 4 της υπ' αριθμ. 16190/1335/1997 ΚΥΑ [19] «Μέτρα και όροι για την προστασία των νερών από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης». Στον κατάλογο αυτό περιλαμβάνονται η περιοχή της Δυτικής και Ανατολικής Θεσσαλίας, η περιοχή του Κωπαιδικού πεδίου, η περιοχή του αργολικού πεδίου και η λεκάνη του Πηνειού Ηλείας. Στις περιοχές αυτές εφαρμόζονται προγράμματα παρακολούθησης τα οποία επαναλαμβάνονται τουλάχιστον ανά τετραετία ενώ παράλληλα επανεξετάζεται και η κατάσταση των νερών από πλευράς ευτροφισμού σύμφωνα με το άρθρο 4 της υπ' αριθμ. 16190/1335/1997 ΚΥΑ.

Βασικό νομοθέτημα στον τομέα του πόσιμου νερού αποτελεί η Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001 [21], μέσω της οποίας εναρμονίζεται η ελληνική νομοθεσία με την οδηγία 98/83/ΕΚ για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Με την απόφαση αυτή καθιερώνονται, βάσει των πλέον πρόσφατων τεχνικών και επιστημονικών δεδομένων, αυστηρά ποιοτικά πρότυπα για το νερό το οποίο προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Ο Νόμος 1739/87 «για τη διαχείριση των υδατικών πόρων» είναι ένα πολύ βασικό νομοθέτημα που έχει θεσπιστεί στον τομέα των υδατικών πόρων. Με το νόμο αυτό καταργούνται πολλές από τις διατάξεις προγενέστερων νόμων και εκσυγχρονίζεται σε κάποιο βαθμό η ισχύουσα νομοθεσία σε ό,τι αφορά την ορθολογική διαχείριση του συστήματος «υδατικός πόρος και χρήση του». Επίσης με το νόμο αυτό διαφαίνεται η πρόθεση της Πολιτείας για διαμόρφωση μιας εθνικής πολιτικής διαχείρισης των υδατικών πόρων και θεσμοθετούνται διαδικασίες και όργανα σε περιφερειακό επίπεδο. Ο Νόμος αυτός διαμορφώνει ένα νέο θεσμικό πλαίσιο και τους αναγκαίους μηχανισμούς για την ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας. Χαρακτηριστικό όμως γνώρισμα του Ν. 1739/87 είναι οι πολυάριθμες συναρμοδιότητες. Έτσι, με το νόμο αυτό σχεδόν όλα τα Υπουργεία και οι οργανισμοί Κοινής Ωφέλειας είναι συναρμώδιοι σε μικρό ή μεγάλο βαθμό στη διαχείριση των υδατικών πόρων [25].

Μέχρι πρόσφατα στα πλαίσια εναρμόνισης της Ελληνικής Νομοθεσίας με την οδηγία 2000/60/ΕΚ είδαν το φως της δημοσιότητας διάφορα προσχέδια νόμων, που χαρακτηρίζονταν όμως από έλλειψη ενιαίας πολιτικής διαχείρισης των υδατικών πόρων στη χώρα μας, τόσο κεντρικά όσο και περιφερειακά. Γι' αυτό προτεινόταν κατ' επανάληψη από διάφορους φορείς (όπως η Ένωση των ΔΕΥΑ) η σύσταση ενός ενιαίου και ανεξάρτητου Δημόσιου Φορέα (π.χ. Γεν. Γραμματείας) στον οποίο θα υπάγονταν όλα τα αντικείμενα των υδατικών πόρων, με στόχο την ελαχιστοποίηση των συναρμοδιοτήτων Υπουργείων και Οργανισμών Κοινής Ωφέλειας, καθώς και την αποφυγή τριβών, που συνετέλεσαν στη μη εφαρμογή επί σειρά ετών του Νόμου 1739/87.

Στις 9 Δεκεμβρίου 2003 [22] δημοσιεύτηκε στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης ο Νόμος 3199, μέσω του οποίου εναρμονίζεται το εθνικό δίκαιο προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Ο νόμος αυτός στοχεύει στην εφαρμογή της προστασίας και διαχείρισης των επιφανειακών και παράκτιων υδάτων. Επιβάλλει τη σύσταση

Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, η οποία αποτελείται από τον Υπουργό Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων ως πρόεδρο, τον Υπουργό Οικονομικών, τον Υπουργό Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης, τον Υπουργό Ανάπτυξης, τον Υπουργό Υγείας και Πρόνοιας και τον Υπουργό Γεωργίας. Η Επιτροπή αυτή χαράσσει την πολιτική για την προστασία και διαχείριση των υδάτων, εγκρίνοντας μετά από εισήγηση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και τη γνώμη του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων τα εθνικά προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της χώρας. Με τον Νόμο 3199 καθορίζονται επίσης οι λεκάνες απορροής ποταμών και ορίζονται οι Περιφέρειες, οι οποίες είναι αρμόδιες για τη διαχείριση και προστασία τους, ενώ παράλληλα προβλέπεται η κατάρτιση προγραμμάτων μέτρων και παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων [22].

Κεφάλαιο 3

Ποταμοί της Ελλάδας - Βιβλιογραφική ανασκόπηση

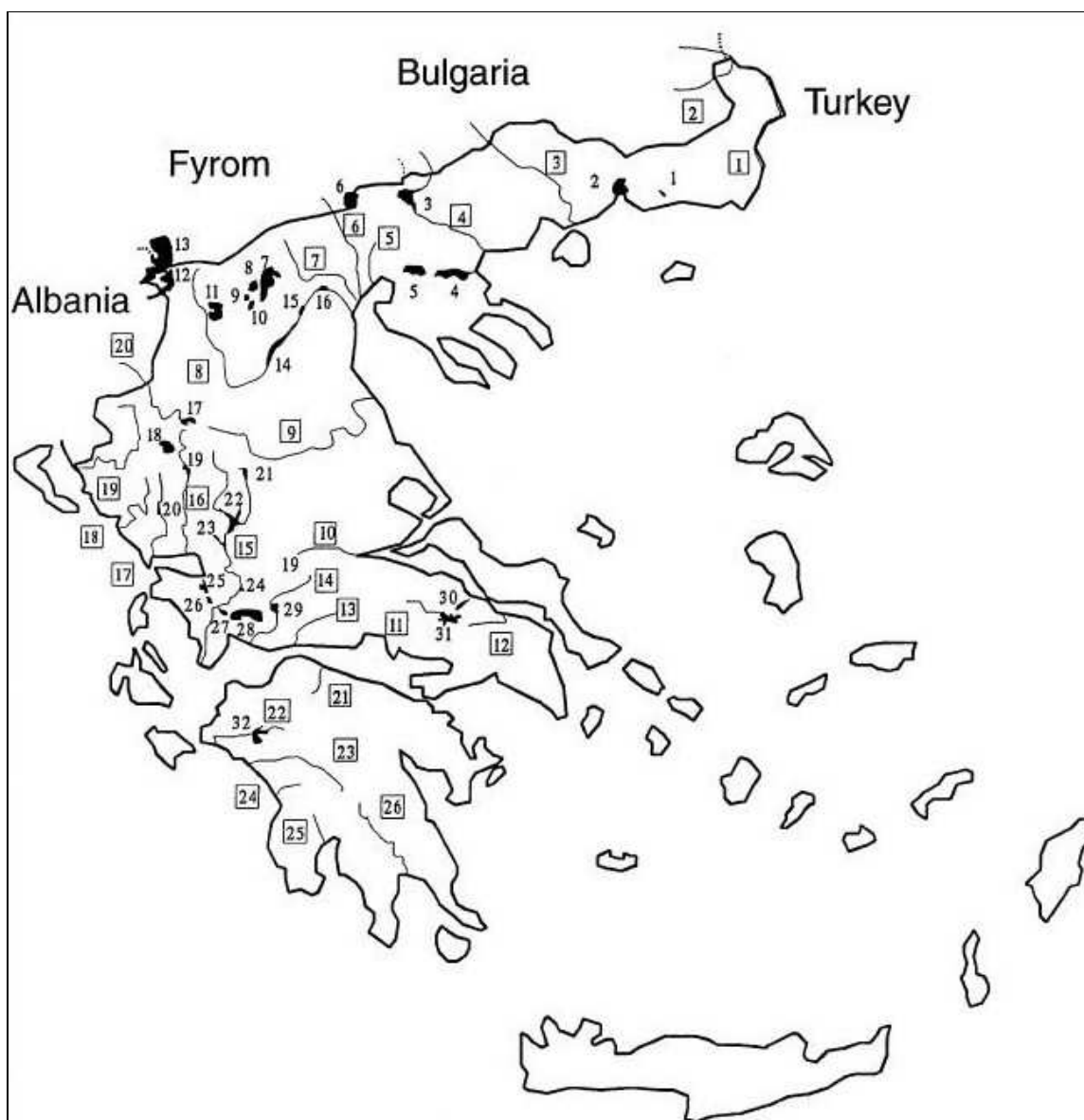
3.1 Εισαγωγή

Συνεπεία της γεωλογικά νέας μορφολογίας της χώρας και του ημίξηρου κλίματος ενός μεγάλου μέρους της, η Ελλάδα χαρακτηρίζεται από ένα πλήθος μικρών λεκανών με μικρές λίμνες και σχετικά μικρούς ποταμούς. Υπάρχουν περίπου 45 ποταμοί στο ελληνικό έδαφος και 40 λίμνες με μια συνολική επιφάνεια περίπου 560 km², η οποία είναι λιγότερο από το 0,5% της συνολικής επιφάνειας της χώρας. Το Σχήμα 1 εμφανίζει τους βασικούς ποταμούς και τις φυσικές λίμνες της χώρας.

Η Ελλάδα βρίσκεται στη Μεσογειακή εύκρατη κλιματολογική ζώνη, με μια ανομοιογενή χωρική και εποχιακή κατανομή μέσης ετήσιας βροχόπτωσης. Αυτό το γεγονός, μαζί με τη μεταβλητή γεωμορφολογική κατατομή και το γεωλογικό υπόβαθρο της ελληνικής χερσονήσου, προκαλεί σημαντικές διαφοροποιήσεις όσον αφορά τη γεωγραφική κατανομή και τις υδρολογικές μεταβλητές των ποταμών και των λιμνών της.

Η εντατική και συχνά αδιάκοπη διαχείριση των υδάτινων πόρων στις λεκάνες απορροής κατά τη διάρκεια των ετών έχει συμβάλει σε μια σταθερή μείωση των επιφανειακών υδάτινων πόρων. Τα υψηλά ποσά διαπεριφερειακού ύδατος καταναλώνονται στις γειτονικές χώρες (Βουλγαρία και πρώην Γιουγκοσλαβία), ενώ προγράμματα μεγάλης κλίμακας αποκατάστασης αποξηράνσεων και εδάφους έχουν μειώσει δραστικά τις επιφάνειες απορροής και τις επιφάνειες των λιμνών. Επιπλέον, οι υψηλοί ρυθμοί ιζηματογένεσης, που ενισχύονται από την εκτενή εδαφολογική διάβρωση λόγω της αποδάσωσης, έχουν μειώσει εντυπωσιακά τον όγκο των λιμνών. Επιπλέον, τα γεωργικά, δημοτικά και βιομηχανικά απόβλητα αποχέτευσης έχουν αλλάξει τη σύνθεση του επιφανειακού νερού και έχουν περιορίσει τη χρήση του.

Οι πηγές του επιφανειακού νερού στην Ελλάδα εξυπηρετούν τους σκοπούς ανθρώπινης κατανάλωσης και άρδευσης, την υδροηλεκτρική παραγωγή ενέργειας, τις βιομηχανικές χρήσεις, την αλιεία και τις δραστηριότητες αναψυχής. Επιπλέον, πολλοί ποταμοί και λίμνες καταλαμβάνουν υγρότοπους διεθνούς σημασίας (προστατευόμενοι από τη Συνθήκη Ramsar) [9].



Σχήμα 1. Οι κυριότεροι ελληνικοί ποταμοί και λίμνες. Ποταμοί (σημειωμένοι με αριθμούς στα τετράγωνα): Έβρος (1), Αρδας (2), Νέστος (3), Στρυμόνας (4), Γαλλικός (5), Αξιός (6), Λουδίας (7), Αλιάκμονας (8), Πηνειός (9), Σπερχειός (10), Κηφισός (11), Ασωπός (12), Μόρνος (13), Εύηνος (14), Αχελώος (15), Αραχθός (16), Λούρος (17), Αχέροντας (18), Καλαμάς (19), Αώος (20), Βουραϊκός (21), Πηνειός (22), Αλφειός (23), Νέδας (24), Πάμισσος (25), Ευρώτας (26). Λίμνες (*τεχνητές λίμνες): Ισμαρίδα ή Μητρικού (1), Βιστωνίδα (2), Κερκίνη* (3), Βόλβη (4), Κορώνεια (5), Δοϊράνη (6), Βεγορίτιδα (7), Πετρών (8), Ζάζαρη (9), Χειμαδίτιδα (10), Καστοριά (11), Μικρή Πρέσπα (12), Μεγάλη Πρέσπα (13), Πολυφύτου* (14), Σφηκιάς* (15), Ασωμάτων* (16), Αώου* (17), Ιωαννίνων (18), Πουρνάρι* (19), Λούρου* (20), Πλαστήρα* (21), Κρεμαστά* (22), Καστράκι* (23), Στράτος* (24), Αμβρακία (25), Οζερός (26), Λυσιμαχία (27), Τριχωνίδα (28), Μόρνου* (29), Παραλίμνη (30), Υλίκη (31), Πηνειού* (32) [9].

3.2 Μορφολογικά και άλλα χαρακτηριστικά των ελληνικών ποταμών

Η Ελλάδα δε διαθέτει μεγάλους ποταμούς με εξαίρεση τους Αξιό, Νέστο, Στρυμόνα και Έβρο που πηγάζουν έξω από τα σύνορα της χώρας και τους Αχελώο και Αλιάκμονα που βρίσκονται μέσα στην Ελλάδα. Οι περισσότεροι από τους ποταμούς της χώρας είναι χειμαρρώδεις, προκαλούν διαβρώσεις στα εδάφη και η γρήγορη ροή των νερών τους μεταφέρει μεγάλες ποσότητες φερτού υλικού στις εκβολές τους (Πίνακας 1). Αυτή η ανομοιόμορφη χωροχρονική παροχή των ποταμών στην Ελλάδα δημιουργεί μηχανισμούς και παράγοντες που καθορίζουν εποχιακά την ποιότητα των ποταμών.

Πίνακας 1. Οι κυριότεροι μηχανισμοί και παράγοντες οι οποίοι διαφοροποιούν τη φυσικοχημική και βιολογική κατάσταση στα ελληνικά ποτάμια [26].

Μηχανισμοί & παράγοντες	Κυρίαρχο Αποτέλεσμα	Άνοιξη Μέγιστη παροχή	Καλοκαίρι Μικρή παροχή	Φθινόπωρο Ελάχιστη παροχή	Χειμώνας Μεγάλη παροχή
Αποσάθρωση	Διάλυση ΑΟ Αύξηση ΟΣ	ΚΠ Ελάχιστη ΟΣ	ΠΜΣ Μέγιστη ΟΣ	ΚΠ Υψηλή - μέγιστη ΟΣ	ΚΠ Χαμηλή - ελάχιστη ΟΣ
Ρύπανση	Εμπλουτισμός Θ,Ν,Χ,ΟΑ	ΠΜΣ Μέση Σ	ΠΚ Χαμηλή Σ	ΠΜΣ Υψηλή Σ	ΠΔΣ Μέγιστη Σ
Βιολογική δραστηριότητα	Φ προκαλεί αύξηση ΔΟ,ρΗ, κορεσμός ανθρακικών. Μερικές περιπτώσεις ΠΟΥ. Σπανίως κατακρήμνιση ΑΟ & απομάκρυνση Θ. Όταν υπερισχύσει αναπνοή αντίστροφες διεργασίες.	ΠΔΣ Ενδείξεις ασθενών ΒΔ	ΠΕΣ ΒΔ ενισχύεται από υψηλές θερμοκρασίες. Αύξηση υπερκορεσμός ανθρακικών, ΠΟΥ	ΠΔΣ Ασθενής ΒΔ	ΠΜΣ Έλλειψη ΒΔ
Εμπλουτισμός ΧΝ	Εμπλουτισμός Χ & Ν	ΠΕΣ Έκπλυση ΧΝ	ΑΦ Εμπλουτισμός	ΑΦ Εμπλουτισμός	ΜΕ Ασθενή έκπλυση

ΑΟ = ανθρακικά άλατα, ΑΦ = Απουσία φαινομένου, ΒΔ = Βιολογική δραστηριότητα, ΔΟ = Διαλυμένο οξυγόνο, Θ = Θρεπτικά, ΚΠ= Κυρίαρχος παράγοντας, ΜΕ = Μη εκδήλωση φαινομένου, ΟΑ = Οργανικός άνθρακας, ΟΣ = Ολική σκληρότητα, ΠΔΣ = Παράγοντας δευτερεύουσας σημασίας, ΠΕΣ = Παράγοντας ελάχιστης σημασίας, ΠΘ = Παράγοντας καθοριστικός, ΠΜΣ = Παράγοντας μεγάλης σημασίας, ΠΟΥ = Παραγωγή οργανικού υλικού, Σ = Συγκέντρωση, Φ = Φωτοσύνθεση, Χ = Χλώριο, ΧΝ = Χλωριούχο νάτριο.

Οι ποταμοί υφίστανται ποικίλες επιδράσεις και απειλές όπως είναι οι αμμοληψίες, οι απορρίψεις στερεών και υγρών απορριμμάτων, οι τροποποιήσεις των όχθων τους, ευθυγραμμίσεις κ.α. Η απουσία επαρκών έργων δασικής

διευθέτησης και αντιπλημμυρικής προστασίας μαζί με την εκτεταμένη υλοτομία και τις δασικές πυρκαγιές, δημιουργούν την απογύμνωση των ελληνικών εδαφών. Έτσι τα φερτά υλικά από τα απογυμνωμένα εδάφη είναι δυνατόν να δημιουργήσουν προβλήματα σε όλο το μήκος των ποταμών, καθώς και στο θαλάσσιο ή λιμναίο αποδέκτη τους. Τα κυριότερα ελληνικά ποτάμια με το μήκος, το υψόμετρο διαδρομής τους, καθώς και τα προβλήματα, τις απειλές που υφίστανται και τις χρήσεις τους παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Οι περισσότεροι από τους ποταμούς έχουν διαφορετικό ρόλο στους τομείς της προστασίας του περιβάλλοντος, των απορρίψεων υγρών και στερεών απορριμμάτων, αλλά και στην άρδευση, ύδρευση, ενέργεια κ.α. Αναπόσπαστα τμήματα των ποταμών αποτελούν, οι παράχθιες περιοχές οι οποίες είναι δυνατό να λειτουργούν ως ζώνες εξυγίανσης και συγκράτησης ρυπογόνων ουσιών, καθώς και τα δέλτα τους. Τα δέλτα των ποταμών είναι συστήματα με πολύπλοκη, αλλά και λεπτή ισορροπία (Πίνακας 3). Σε αυτά ευνοούνται πολλά είδη υδρόβιων οργανισμών νεαρής κυρίως ηλικίας, γιατί εδώ βρίσκουν άφθονη τροφή. Οι περιοχές αυτές επίσης συμβάλλουν άμεσα στην αύξηση της παραγωγικότητας και της αλιευτικής παραγωγής. Η λειτουργικότητα των εκβολών και των δέλτα βασίζεται στο ότι τα συστήματα αυτά λειτουργούν ως παγίδες τροφής, δημιουργώντας ένα είδος αυτοεμπλουτιζόμενου οικολογικού συστήματος ανάμεσα στη θάλασσα και το γλυκό νερό του ποταμού. Από τα οκτώ δέλτα ποταμών στον Έβρο, Νέστο, Αξιό, Αλιάκμονα, Πηνειό, Αχελώο, Άραχθο και Στρυμόνα τα τέσσερα έχουν υποβαθμιστεί με έργα διευθέτησης με αποτέλεσμα ο ζωτικός τους χώρος να έχει συρρικνωθεί [26].

Πίνακας 2. Τα ελληνικά ποτάμια με τα χαρακτηριστικά τους [26]

Εκβολή – Διαμέρισμα Ποταμός	Μήκος km	Υψόμετρο διαδρομής μ.	Πρόβλημα ή απειλή	Χρήσεις
ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ				
ΑΙΓΑΙΟ				
Αγγίτης Ροδ.	57	10-1600	τε, ρ	α, υ, ι, βο
Ακρίτας Φλωρ.	20	560-1000	ρ	α, βο, αν
Αλιάκμονας	320	0-1800	ρ, αμ	α, η, υ
Αλμωπαίος	74	350-1900	τε, αμ, ρ	α, αμ
Αξιός	74 (Ε)	0-70	ρ, δ, αμ	υ, α, βο, αμ
Άρδας				
Ασωπός	10	0-1400	βο	α
Βάτος Σαμοθρ.	60	0-700	επ, ρ	υπ, α, υ
Γαλλικός	65	0-400	ρ, αμ	α
Γεροπόταμος Ηρ.	45	0-700	επ, τε	
Γεροπόταμος Φλ.	25	580-1300		
Έβρος	410	0-	ρ, δ, αμ	α, υ, βο, αμ
Εδεσσαίος ή Αγρας	34	480-800	τε, υπ, ρ	α, η, ι
Ενιπέας				
Ερυθροπόταμος				
Κηρέας Εύβ.	60	5-1100	υλ, ρ	α, υ, βο
Κηφισός	15	20-500		
Κομφάτος	100	80-900	τε, υπ, ρ	α, υ, βο, αν
Κόσυνθος				
Κουρταλιώτης	7	0-500	υπ, τε	α, υ, βο, αν
Λαδοπόταμος	30	800-1750		
Ληθαίος (Π23)				

Λουδίας	75	0-3	τε, ρ	α, βο
Νέστος	150 (Ε)	0-1500	αμ, ρ	α, βο, η, αμ
Νηλέας Εύβ.	25	20-600	ρ	
Πηνειός	140	0-600	ρ	α
Πόσπος (Βοζβόζης)				
Ρήχιος	10	0-40	τε, ρ	α, βο
Σπερχειός	83	0-2330	τε, ρ	α, αμ
Στρυμόνας	110 (Ε)	0-80	τε, φ	α, βο
Τετραπόταμος Φλωρ.	20	590-1900	ρ	υ, α, βο, αν
Τραύος				
Τυφλός				
Φαρσαλίτης	110	40-600	α, αμ	ρ, αμ
Φιλιούρης (Λίσοος) Ροδ	50	0-900		α
Χαβρίας Χαλκ.	50	0-1000	υ, α, β, αν	επ, τε, ρ
ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ				
Άραχθος	106	0-800	τε, ρ	η, α, υ
Αγραφιώτης (Π30)	30	300-850	τε	η, α, αν
Αχελώος	213	0-1700	τε, αμ	η, υ, α, αμ, αν
Αχέροντας	50	0-1600	αμ, υπ, τε	α, βο, ι
Αώος 80(Ε)	400-1300	αμ, τε	α, ι, αν	
Βοϊδομάτης (Π32)	25	500-1500	αμ, τε	αν, βο
Βουβός	22	0-900	ρ	
Εύηνος	92	0-1400	αμ, τε, επ	υ, α, αμ, αν
Καλαμάς	60	0-1300	αμ, τε	α, ι, υ
Λούρος	73	0-1400	ρ, υπ, τε, αμ	α, η, υ, ι
Μόρνος	60	0-700	αμ, τε	α, υ, ι
Σαραντάπορος (Π32)	50	400-1500	αμ, τε	υ, α, αμ, αν
Ταυρωπός (Π30)	45	300-600	τε	
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ				
Αλφειός	120	0-800	αμ, τε	α, αμ, ρ
Ασωπός				
Βουραϊκός	50	0-900	επ	α, αν, ι
Γλάυκος	25	0-900	αμ, τε, ρ	α, υ, αμ, αν
Ενιπέας (Π41)				
Ερύμανθος	85	80-750		α, βο, ι
Ευρώτας	90	0-500	αμ, τε	α, αμ
Ίναχος				
Κράθις				
Λάδωνας (Π41)	60	200-500	επ, τε	η, υ, α, ι, αν
Λούσιος				
Νέδας	30	0-700	τε, ρ	α, αν
Νέδων				
Πάμισσος				
Πείρος	60	0-700	αμ, τε	α, βο, αμ
Πηνειός	65	0-1000	αμ, επ, τε	α, η, βο, αμ
Σελινούντας	55	0-900		α, βο, αν
Τάνος				
Τρικαλίτης				

Πρόβλημα ή απειλή: αμ = αμμοληψία, , επ = επιχωματώσεις, ρ = ρύπανση, τε = τεχνικά έργα, υλ = εκτεταμένη υλοτομία, υπ = υπεράντληση νερών, φ = φερτά. Χρήσεις: α = άρδευση, αμ = αμμοληψία, βο = βόσκηση, η = υδροηλεκτρισμός, ι = αλιεία, υ = ύδρευση. (Ε) = τμήμα στο ελληνικό έδαφος

Πίνακας 3. Τα ελληνικά δέλτα ποταμών ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, η έκτασή τους, η έκταση της λεκάνης απορροής, το μήκος του κύριου κλάδου του ποταμού και οι απειλές, τα προβλήματα και οι χρήσεις των δέλτα [26]

Δέλτα ποταμού	Εκβολή (Κόλπος ή πέλαγος)	Έκταση δέλτα km.	Έκταση λεκάνης απορροής ποταμού τ.km.	Μήκος Ποταμού km	Προβλήματα, Απειλές, χρήσεις
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ					
ΘΡΑΚΗ					
Αλιάκμονας	Θερμαϊκός	120	8362	240	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Αξιός	Θερμαϊκός	383	23750	275	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Γαλλικός	Θερμαϊκός	80	911	60	TM,ΕΚ,ΡΥ,ΑΡ
Έβρος	Θρακικός	188	52500	410	TM,Χ,ΕΚ,ΤΕ,ΑΡ
Κομψάτος	Βιστονίδα	150	700	63	TM,ΙΧ,ΕΚ,ΑΡ
Κόσυνθος	Βιστονίδα	212	325	51	TM,ΙΧ,ΕΚ,ΑΡ
Νέστος	Θρακικός	434	10760	215	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
ΠΕΛΟΠ/ΣΟΣ					
Αλφειός	Κυπαρ.	113	3551	90	TM
Ασωπός	Κορινθιακός	21	524	53	ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Βουραϊκός	Κορινθιακός	7	228	40	TM,ΕΚ
Ευρώτας	Λακωνικός	53	1800	85	TM,ΕΚ
Ίναχος	Αργολικός	49	446	33	TM,ΑΠ,ΕΚ
Νέδας	Κυπαρ.	6	256	25	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ
Πάμισσος	Μεσ/νιακός	34	731	39	TM
Πηνειός Π.	Χελωνίτικος	83	878	82	TM,ΕΚ,ΡΥ
Σελινούντας	Κορινθιακός	5	311	39	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
ΚΕΝ. & ΔΥΤ. ΕΛΛΑΔΑ					
Άραχθος	Αμβρακικός	109	2500	115	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΑΡ
Ασωπός Β.	Ν. Ευβοϊκός	7	796	60	TM,ΕΚ,ΡΥ
Αχελώος	Πατραϊκός	269	6718	210	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Αχέροντας	Β. Ιόνιο Π.	16	491	35	TM,ΕΚ
Βαθύ Αυλίδας	Ν. Ευβοϊκός	9	81	19	TM,ΕΚ,ΡΥ
Βουβός	Αμβρακικός	13	181	25	TM,ΕΚ
Εύηνος	Πατραϊκός	90	1086	81	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Θύαμις	Β. Ιόνιο Π.	78	1731	115	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Λήλας Εύβ.	Ν. Ευβοϊκός	22	273	35	TM,ΕΚ,ΡΥ
Λούρος	Αμβρακικός	244	3831	75	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΑΡ
Μόρνος	Κορινθιακός	29	1090	65	TM,ΕΚ,ΤΕ,ΑΡ
Πηνειός Θ.	Θερμαϊκός	69	16125	175	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Σπερχειός	Μαλλιακός	196	3700	70	TM,ΑΠ,ΙΧ,ΕΚ,ΡΥ,ΤΕ,ΑΨ,ΑΡ
Χειμ. Ισθμίας	Δ. Ωρεών	41	309	25	TM,ΕΚ

ΑΠ = Αποξήρανση, ΑΡ = Άρδευση, ΑΨ = Αποψίλωση περιοχών, ΕΚ = Επέκταση καλλιιεργειών και οικισμών, ΙΧ-ΑΛ = Χρήση ιχθυολογική αλυκές, ΡΥ = Ρύπανση, ΤΕ = Τεχνικά έργα, TM = Τεχνητή μεταβολή κοίτης.

3.3 Σύσταση των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών

Προκειμένου να προχωρήσουμε σε μία ολοκληρωμένη και βιώσιμη διαχείριση και προστασία των επιφανειακών υδάτων και των χρήσεων τους, είναι μεγάλης σημασίας να γνωρίζουμε τη σύσταση των ποταμών και λιμνών και να κατανοήσουμε τις εποχιακές και χωρικές διακυμάνσεις τους [9].

Τα νερά των ποταμών στην Ελλάδα είναι πλούσια σε ασβέστιο και όξινα ανθρακικά ιόντα ως αποτέλεσμα της μεγάλης κατανομής και διάδοσης των ανθρακικών πετρωμάτων. Εξάλλου, η γειτονία των ποταμών με τη θάλασσα συνεισφέρει ώστε οι συγκεντρώσεις των ποταμών σε νάτριο και χλώριο να θεωρούνται υψηλές (Πίνακας 4) [26].

Πίνακας 4. Η ακολουθία των κυριότερων ιόντων στα μεγαλύτερα ελληνικά ποτάμια [26]

Ιόντα	Ποτάμια
$\text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$	Έβρος, Άρδας, Νέστος, Αξιός, Αχελώος, Λούρος
$\text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$	Στρυμόνας, Αγγίτης, Αλιάκμονας, Πηνειός, Σπερχειός
$\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{--} > \text{Cl}^-$	Ποτάμια βόρειας και κεντρικής Ελλάδας
$\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{--}$	Ποτάμια δυτικής Ελλάδας

Ο Πίνακας 5 παρουσιάζει τη μέση σύσταση (κύρια ιόντα και ρυπαντές) 13 ελληνικών ποταμών και παραπόταμων. Τα δεδομένα αυτά λήφθηκαν από προγράμματα ελέγχου και σχετική βιβλιογραφία. Η ερμηνεία της υδρογεωχημείας των κύριων ποταμών βασίζεται σε δεδομένα του Σκουλικίδη (1989). Οι μεταβολές κατά τη διάρκεια των ετών και οι εντός του έτους μεταβολές λήφθηκαν από μακροπρόθεσμες σειρές δεδομένων από το τμήμα Άρδευσης και Προστασίας Νερού του Υπουργείου Γεωργίας. Αυτά τα δεδομένα αντιστοιχούν στην περίοδο 1977-1994 και συχνά είναι ημιτελή, με σειρές δεδομένων για κάποια χρόνια να λείπουν εντελώς. Επίσης υπάρχουν κάποια κενά στις παραμέτρους που μετρήθηκαν. Ωστόσο, τα δεδομένα αυτά είναι επαρκή για την ταυτοποίηση των χρονικών τάσεων στη σύσταση των ποτάμιων νερών.

Πίνακας 5. Φυσικοχημικές παράμετροι, κύρια ιόντα και ρυπαντές στους μεγαλύτερους ελληνικούς ποταμούς (* ιδιαίτερα υψηλή τιμή) [9]

Ποταμός Έβρος													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: Σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1984- 94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	19	0,5	460	6,40	2,60	0,40	0,60		2,30	0	0,70	0,60	
ΜΕΓΙΣΤΟ	235	27,5	940	7,70	5,00	3,20	2,80		5,10	0	4,80	1,10	
M.O.	50	16,1	722	7,40	4,11	1,35	1,55		3,31	0	2,99	0,79	
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	94	94	91-92 94	84 91-92 94	84 91-92 94	84 91-92 94	84 91-92 94		84 91-92 94	84 91-92 94	84 91-92 94	91-92 94	
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		5,5	360	7,80	1,80	0,42	1,00	0,13	2,08		0,94	0,43	4,65
ΜΕΓΙΣΤΟ		26,0	710	9,10	4,25	1,21	2,09	0,20	4,09		2,50	0,83	18,0
M.O.		16,9	540	8,39	2,84	0,77	1,53	0,16	2,93		1,54	0,62	11,5
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ - mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: Σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1991- 92, 1994 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	2,9	0,000	<0,02	0,065	3,0		25,3	0,30	<0,2				
ΜΕΓΙΣΤΟ	22,4	3,58	5,77	6,16	17,0		113,2	0,60	0,7				
M.O.	7,5	0,26	0,54	0,86	9,0		84,8	0,43	0,3				
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	91-92 94	91-92 94	91-92 94	91-92 94		94		91-92 94	91-92 94	92 94			
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί, για βαρέα μέταλλα 1 (σταθμός συνόρων) Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,84			0,17	3,55	2,09	62,0				4,0	4,0	5,5
ΜΕΓΙΣΤΟ	3,78			0,81	4,90	3,87	197,0				11,8	26,0	11,8
M.O.	2,47			0,40	4,55	2,77	107,8				5,0	23,0	7,9
Ποταμός Άρδας													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 1 σταθμός Εποχιακό εύρος μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		7,5	280	8,16	1,67	0,30	0,35	0,04	1,64		0,29	0,29	10,1
ΜΕΓΙΣΤΟ		27,0	370	8,56	2,17	0,49	0,61	0,09	2,08		0,56	0,53	13,4
M.O.		11,2	325	8,43	1,93	0,40	0,48	0,08	1,86		0,48	0,37	11,2
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: Σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1991- 92, 1994 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,59			0,04		1,11	102			2,0			
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,69			1,47*		2,18	138			4,0			
M.O.	1,01			0,40		1,62	116			3,0	26,0		5,5

Ποταμός Νέστος													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 30 km από τα σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1971-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	3,7	-1,0	125	6,6	0,8	0,20	0,20		1,00	0	0,10	0,10	
ΜΕΓΙΣΤΟ	173	24,0	470	8,9	3,2	1,40	0,80		3,40	0	1,40	0,60	
M.O.	32,2	11,1	261	7,6	2,1	0,52	0,43		2,31	0	0,62	0,18	
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	72- 84 88	78-84 88 93	71-84 88 92-93	84 92-94	84 92-94	84 92-94	84 92-94		84 92-94	84 92-94	84 92-94	71-84 88 92-93	
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 5 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		5,0	180	7,9	1,3	0,18	0,26	0,04	1,40		0,25	0,10	7,15
ΜΕΓΙΣΤΟ		30,0	400	8,8	2,9	0,55	0,61	0,12	3,40		0,52	0,26	13,30
M.O.		16,1	280	8,3	2,1	0,31	0,34	0,07	2,30		0,33	0,18	11,10
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 30 km από τα σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1971-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,10	0,000	0,000	0,01	1,5		29,1	0,3	0,00				
ΜΕΓΙΣΤΟ	3,43	0,053	0,65	0,34	9,5		118	0,6	0,20				
M.O.	1,04	0,031	0,11	0,12	4,5		86	0,4	<0,20				
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	80-84 88 92-93	84 92-93	80-84 88 92-93	82-84 88 92-93	79-84 94		78-84 88 92-94	88 93	81 93				
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 5 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,55			0,04	1,26	0,70	85				12,0		4,0
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,61			0,17	17,9	4,14	129				26,0		8,3
M.O.	0,85			0,12	5,12	2,39	104				19,0		6,1
Πηγή δεδομένων: Φυτιάνος κ.α. (1985) Σταθμός: 2 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1984-85 διμηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ								0,07	0,31	23,1		20,4	5,6
ΜΕΓΙΣΤΟ								0,11	0,60	42,3		75,3	16,4
M.O.								0,09	0,40	32,2		49,3	11,9

Ποταμός Στρυμόνας													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: Σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1978-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	18,4	-1,0	170	7,0	1,10	0,20	0,20		1,30	0,00	0,10	0,10	
ΜΕΓΙΣΤΟ	336	27,0	530	8,5	3,60	1,20	1,20		3,45	0,60	2,20	0,60	
M.O.	95,3	13,5	412	7,9	2,63	0,95	0,72		3,00	0,03	1,02	0,24	
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	79- 81 84	78-82 84,88 91-94	78-82 84,88 91-94	78-82 84 91-94	84 91-94	84 91-94	84 91-94		84 91-94	84 91-94	84 91-94	78-82 84,88 91-94	
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		7,0	300	8,06	1,95	0,30	0,39	0,06	2,20		0,46	0,21	7,9
ΜΕΓΙΣΤΟ		26,0	500	8,55	3,84	2,06	0,87	0,20	4,44		1,04	0,47	13,6
M.O.		15,7	400	8,33	2,71	0,73	0,57	0,09	3,15		0,56	0,32	11,2

Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: Σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1978-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,34	0,000	0,00	0,000	0,5		62,9	0,1	<0,2				
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,94	0,31	0,26	0,120	9,5		118	0,6	<0,2				
Μ.Ο.	0,89	<0,01	<0,06	0,037	3,8		90,4	0,41	<0,2				
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	80-82 84 91-94	91-94	80-82 84 91-94	80-82 84 91-94	78-82 84		80-82 84 91-94	91-94	81 91-94				
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-94 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,50			0,06	2,97	1,57				3,0	16,0		3,3
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,29			0,17	3,77	2,84				9,0	64,0		5,1
Μ.Ο.	0,89			0,09	3,17	2,07				6,0	29,7		4,2
Πηγή δεδομένων: Φυτιάνος κ.α. (1985) Σταθμός: 2 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1984-85 διμηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ								0,06	1,67	30,2		209	12,4
ΜΕΓΙΣΤΟ								0,10	2,56	57,2		300	26,9
Μ.Ο.								0,07	2,03	38,3		264	18,4
Ποταμός Αγγίτης													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 1 σταθμός Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		15,0	460	7,80	3,57	0,83	0,30	0,04	4,24		0,16	0,25	7,55
ΜΕΓΙΣΤΟ		18,0	580	8,00	4,47	1,13	0,61	0,05	4,72		0,98	0,31	12,15
Μ.Ο.		16,7	510	7,88	3,92	0,99	0,40	0,05	4,55		0,46	0,27	8,55
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,99			0,04		0,30	78,6						
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,69			0,09		1,87	109,0						
Μ.Ο.	1,27			0,07		1,09	96,5						
Ποταμός Γαλλικός													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS /cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mva l/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 1 σταθμός Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		11,5	390	7,85	1,41	0,69	0,98	0,07	2,80		0,55	0,45	8,9
ΜΕΓΙΣΤΟ		25,0	630	8,32	4,5	1,41	1,74	0,11	6,00		0,75	0,79	13,3
Μ.Ο.		19,0	530	8,07	3,12	1,04	1,45	0,09	4,44		0,64	0,64	10,3
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ - N mg/l	NO ₂ - N mg/l	NH ₄ - N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,28				1,49	1,46	93,1						
ΜΕΓΙΣΤΟ	0,84				2,96	2,94	149,0						
Μ.Ο.	0,66				2,33	2,29	120,0						

Ποταμός Αξιός													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 10 km από τα σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1977-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	24	0	250	7,0	2,0	0,4	0,3		2,8	0	0,2	0,1	
ΜΕΓΙΣΤΟ	870	28	870	8,3	6,0	1,7	1,3		4,6	0	4,5	0,7	
M.O.	118	13,7	439	7,7	3,62	1,01	0,71		3,49	0	1,42	0,37	
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	77-84 88 93-94	77-84 88 93-94	77-84 88 93-94	77-84 88 93-94	84 93-94	84 93-94	84 93-94		84 93-94	84 93-94	84 93-94	77-84 88 93-94	
Πηγή δεδομένων: Αλμπάνης κ.α. (1982) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:4/82 – 8/82													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ				7,40									
ΜΕΓΙΣΤΟ				8,00									
M.O.				7,74									
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 1 σταθμός Διάστημα μετρήσεων:1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		6,0	370	8,19	2,10	0,50	0,44	0,07	2,76		0,39	0,32	7,7
ΜΕΓΙΣΤΟ		22,5	350	8,43	3,10	1,28	1,58	0,13	3,68		1,27	0,59	11,6
M.O.		13,6	440	8,28	2,69	0,80	0,81	0,10	3,18		0,67	0,43	10,1
Πηγή δεδομένων: Βουλγαρόπουλος κ.α. (1985) Σταθμός: 2 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:1984-85 μηνιαίως													
M.O.			376	8,03									
Πηγή δεδομένων: Βασιλικιώτης κ.α. (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:9/87 – 7/88 μηνιαίως													
M.O.			474	7,97									
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 10 km από τα σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1977-84 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,07	0,000	0,00	0,07	0,5		50,0	0,1	0,00				
ΜΕΓΙΣΤΟ	3,40	0,070	1,15	1,86	10,0		113,0	0,6	0,50				
M.O.	1,48	0,016	0,13	0,55	3,91		85,7	0,36	0,27				
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	81-84 88 93-94	81-84 88 93-94	81-84 88 93-94	81-84 88 93-94	78-84		81-84 88 93-94	82-84 93-94	81-82 93-94				
Πηγή δεδομένων: Αλμπάνης κ.α. (1982) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:4/82 – 8/82 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,03			0,19									
ΜΕΓΙΣΤΟ	0,07			0,79									
M.O.	0,05			0,35									
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,79			0,15	1,48	1,07	88,6			2,0	19,0		4,6
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,34			0,92	2,42	1,82	120,0			11,0	21,0		5,0
M.O.	1,10			0,51	1,88	1,39	98,7			4,8	20,1		4,9
Πηγή δεδομένων: Βασιλικιώτης κ.α. (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:9/87 – 7/88 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,60	0,002	0,18					0,3	0,2	0,00	2,3	0,05	0,8
ΜΕΓΙΣΤΟ	2,60	0,200	0,63					8,9	5,2	2,80	15,9	1,00	16,4
M.O.	1,77	-	0,40					3,1	1,9	1,00	5,1	0,5	4,5

Ποταμός Αλιάκμονας													
Παράμετρος	Q ^a	T ^b	Cc	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	SiO ₂
Μονάδα	m ³ /s	°C	μS/cm		mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mg/l
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 50 km από την εκβολή Διάστημα μετρήσεων: 1978-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	1,9	2	210	6,9	1,0	0,4	0,2		2,4	0,0	0,1	0,1	
ΜΕΓΙΣΤΟ	65,7	26	510	8,6	3,8	3,4	0,3		4,6	0,6	2,2	0,4	
M.O.	31,9	13,7	397	8,2	2,3	1,7	0,3		3,5	0,2	0,5	0,1	
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	80-84 88 90-92	80-84 88,90 92-93	78-84 88 90-94	78-84 88 90-94	90-94	90-94	90-94		90-94	90-94	90-94	90-94	
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 7 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		5,0	210	8,3	1,88	0,34	0,13	0,03	2,12		0,10	0,11	7,8
ΜΕΓΙΣΤΟ		23,5	480	8,81	3,2	1,69	0,61	0,07	4,36		0,5	0,21	13,4
M.O.		17,0	410	8,5	2,69	1,27	0,24	0,05	3,71		0,32	0,17	10,3
Παράμετρος	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NH ₄ -N	P	TOC	DOC	DO	Hg	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu
Μονάδα	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	%	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 50 km από την εκβολή Διάστημα μετρήσεων: 1978-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,00	0,000	0,000	0,000	0,5		69,0	0,2	<0,2				
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,73	0,140	1,000	0,110	12,5		117,0	0,8	0,3				
M.O.	0,40	0,008	0,060	0,016	3,2		95,7	0,37	<0,2				
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	80-84 88 90-94	88 90-94	80-84 88 90-94	80-84 88 90-94	78-84 88		78-84 88 90-94	82-84 93-94	81-82 93-94				
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 7 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,55			0,006	1,15	0,94	88,9			2,0	7,0		6,2
ΜΕΓΙΣΤΟ	0,96			0,150	3,51	3,18	152			2,0	39,0		12,5
M.O.	0,69			0,050	2,05	1,59	105			2,0	18,3		9,3
Πηγή δεδομένων: Φυτιάνος κ.α. (1985) Σταθμός: 2 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1984-85 διμηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ								0,16	0,84	18,8			10,3
ΜΕΓΙΣΤΟ								0,35	2,40	32,8			17,3
M.O.								0,26	1,74	24,9			14,4

Ποταμός Πηνειός													
Παράμετρος	Q ^a	T ^b	Cc	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	SiO ₂
Μονάδα	m ³ /s	°C	μS/cm		mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mg/l
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 50 km από την εκβολή Διάστημα μετρήσεων: 1981-93 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0	4,0	275	6,75	1,70	0,60	0,30		2,80	0,00	0,3	0,10	
ΜΕΓΙΣΤΟ	257	27,5	1165	8,70	4,20	7,60	2,50		7,50	1,20	2,5	2,60	
M.O.	69,4	15,8	474	8,10	3,25	2,09	0,52		4,82	0,12	1,11	0,25	
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	81-84 88 92	81-84 88	81-84 88 90-93	81-84 88 90-93	90-93	90-93	90-93		90-93	90-93	90-93	81-84 88 90-93	
Πηγή δεδομένων: Αγορογιάννης και Χελιούδης (1993) Σταθμός: 2 σταθμοί (Λάρισα) Διάστημα μετρήσεων: καλοκαίρι 82 (48 μετρήσεις)													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ			335	7,6					1,54		0,28	0,19	
ΜΕΓΙΣΤΟ			565	8,0					2,80		0,68	0,70	

M.O.			438	7,8					2,15		0,42	0,39	
Πηγή δεδομένων: Αργυρόπουλος και Καρκάνιας (1982) Σταθμός: 1 σταθμός (Λάρισα) Διάστημα μετρήσεων: 7/77 – 5/82 μην.													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ			340	7,60									
ΜΕΓΙΣΤΟ			585	8,60									
M.O.			477	8,06									
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 5 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		6,5	350	7,70	2,2	1,21	0,17	0,02	3,52		0,18	0,11	7,7
ΜΕΓΙΣΤΟ		22,5	710	8,80	5,1	1,99	0,61	0,12	6,36		0,50	1,37	17,3
M.O.		15,2	470	8,28	3,1	1,5	0,31	0,05	4,33		0,34	0,27	13,1
Πηγή δεδομένων: Χατζηχριστίδης κ.α. (1991) Σταθμός: 11 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:1990 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ			320	7,0								0,11	
ΜΕΓΙΣΤΟ			1550	9,2								3,13	
M.O.			500	8,0								0,42	
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 50 km από τα σύνορα του κράτους Διάστημα μετρήσεων: 1981-93 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,08	0,0003	0,000	0,010	0,50		68,9	0,10	0,0				
ΜΕΓΙΣΤΟ	10,6	0,1400	0,710	0,220	6,50		120,0	0,70	0,3				
M.O.	1,71	0,0110	0,024	0,033	1,82		96,0	0,33	<0,2				
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	81-84 88 90-93	88 90-93	81-84 88 90-93	81-84 88 90-93	81-84		81-84 90-93	82-83 90-93	81-82 90-93				
Πηγή δεδομένων: Αγορογιάννης και άλλοι (1993) Σταθμός: 2 σταθμοί (Λάρισα) Διάστημα μετρήσεων: καλοκαίρι 82 (48 μετρήσεις)													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,09		0,07										
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,18		0,60										
M.O.	0,37		0,18										
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 5 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,50			0,02	1,50	0,73	37,0			2,0	11,0		
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,90			0,14	4,85	2,62	114,0			3,0	26,0		
M.O.	0,98			0,08	2,62	1,54	99,7			2,5	19,0		
Πηγή δεδομένων: Χατζηχριστίδης κ.α. (1991) Σταθμός: 11 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:1990 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,22	0,00		0,03									
ΜΕΓΙΣΤΟ	10,80	1,03		0,16									
M.O.	0,90	0,04		0,13									
Ποταμός Σπερχειός													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^o °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 4 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		9,5	380	7,98	2,95	0,60	0,35	0,03	3,28		0,52	0,18	6,7
ΜΕΓΙΣΤΟ		22,5	1850	8,53	6,10	1,96	36,48	0,15	5,68		146	12,28	15,1
M.O.		15	620	8,31	3,89	1,10	0,57	0,07	4,18		0,73	2,01	10,0
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,57			0,13	1,16	0,14	85,0			4,0	19,0		

ΜΕΓΙΣΤΟ	1,59			0,322	3,97	1,65	113,0			15,0	142,0		
M.O.	0,94			0,055	1,35	0,99	100,0			9,0	74,0		
Ποταμός Αγελιώς													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 50 km από την εκβολή Διάστημα μετρήσεων: 1981-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	45	8,0	200	6,8	2,00	0,20	0,20		1,70	0,00	0,10	0,10	
ΜΕΓΙΣΤΟ	487	23,0	380	8,4	3,00	0,80	1,40		3,00	0,60	1,20	0,80	
M.O.	174	14,5	313	7,9	2,46	0,42	0,59		2,42	0,05	0,49	0,54	
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	83-84 88	82-84 88	81-84 88	81-84 88	84 88	84 88	84 88		84 88	84 88	84 88	81-84 88	
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		9,50	260	8,10	2,15	0,25	0,17	0,03	2,40		0,17	0,10	3,0
ΜΕΓΙΣΤΟ		23,0	350	8,55	2,70	0,77	0,69	0,05	3,00		0,28	0,61	5,1
M.O.		15,8	235	8,25	2,47	0,36	0,53	0,04	2,68		0,23	0,46	4,1
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Υπουργείο Γεωργίας Σταθμός: 50 km από την εκβολή Διάστημα μετρήσεων: 1981-94 μηνιαίως													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,5		47,0	0,1	<0.2				
ΜΕΓΙΣΤΟ	1,13	0,26	0,42	0,66	9,0		116,0	0,5	<0.2				
M.O.	0,20	0,09	0,04	0,02	2,4		98,	0,32	<0.2				
Έτη με υπάρχουσες μετρήσεις	83-84 88	82-84 88	81-84 88	81-84 88	84 88		84 88		84 88				
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 3 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,54			0,006	0,80	0,61	90,9			2,0	16,0		
ΜΕΓΙΣΤΟ	0,69			0,030	2,28	1,67	180,0			11,0	87,0		
M.O.	0,59			0,010	1,10	0,8	119,0			5,7	43,5		
Ποταμός Λούρος													
Παράμετρος Μονάδα	Q ^a m ³ /s	T ^b °C	Cc μS/cm	pH	Ca mval/l	Mg mval/l	Na mval/l	K mval/l	HCO ₃ mval/l	CO ₃ mval/l	SO ₄ mval/l	Cl mval/l	SiO ₂ mg/l
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 4 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ			300	7.7	2.56	0.28	0.26	0.01	2.68	0.00	0.30	0.33	4.65
ΜΕΓΙΣΤΟ			360	7.92	3.0	0.41	0.61	0.02	3.06	0.00	0.35	0.38	4.9
M.O.			340	7.82	2.72	0.32	0.49	0.02	2.87	0.00	0.33	0.35	4.8
Πηγή δεδομένων: Κουσσούρης κ.α. (1989b) Σταθμός: 5 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων: 1986-87 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
M.O.		12.5		7.80	4.06						1.43	0.68	
Παράμετρος Μονάδα	NO ₃ -N mg/l	NO ₂ -N mg/l	NH ₄ -N mg/l	P mg/l	TOC mg/l	DOC mg/l	DO %	Hg ppb	Cd ppb	Pb ppb	Ni ppb	Zn ppb	Cu ppb
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 1 σταθμός Διάστημα μετρήσεων: 1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ						0,40	97,6			3,0	31,0		4,0
ΜΕΓΙΣΤΟ						1,29	109,0			3,0	76,0		4,6
M.O.	0,8			0,02		0,88	102,0			3,0	51,0		4,3

Πηγή δεδομένων: Κουσσούρης κ.α. (1989b) Σταθμός: 5 σταθμοί Διάστημα μετρήσεων:1986-87 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
M.O.	0,3	0,004	0,031	0,013									
<u>Ποταμός Αρκουδορέμμα</u>													
Παράμετρος	Q ^a	T ^o	Cc	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	CO ₃	SO ₄	Cl	SiO ₂
Μονάδα	m ³ /s	°C	μS/cm		mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mval/l	mg/l
Πηγή δεδομένων: Σκουλικίδης (1989) Σταθμός: 1 σταθμός Διάστημα μετρήσεων:1983-84 τέσσερις τιμές ανά εποχή													
ΕΛΑΧΙΣΤΟ		4,5	90	7,60	0,64	0,05	0,17	0,04	0,64		0,13	0,08	10,4
ΜΕΓΙΣΤΟ		21,0	190	8,48	1,45	0,18	0,26	0,07	1,55		0,21	0,18	13,9
M.O.		13,4	140	8,14	1,06	0,10	0,19	0,05	1,09		0,15	0,13	11,9
Παράμετρος	NO ₃ -N	P	DOC	DO	Ni	Cu							
Μονάδα	mg/l	mg/l	mg/l	%	ppb	ppb							
ΕΛΑΧΙΣΤΟ	0,27	0,02	0,71	102									
ΜΕΓΙΣΤΟ	0,31	0,07	2,42	132									
M.O.	0,29	0,05	1,81	113	15,0	4,4							

3.4 Υδρογεωχημεία και επίπεδα ρύπανσης

Το φορτίο των κύριων ιόντων στους ελληνικούς ποταμούς είναι πολύ υψηλότερο από τον Ευρωπαϊκό και Παγκόσμιο μέσο όρο (Σχήμα 2). Επίσης, από όλα τα ανόργανα διαλυτά στερεά το 3% προέρχεται από την Ελλάδα, διπλάσιο ποσοστό αυτού που θα περίμενε κάποιος από το αντίστοιχο ποσοστό φορτίου κύριων ιόντων (1,6%). Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε ασβέστιο και διττανθρακικά ιόντα. Αυτά τα δύο ιόντα αποτελούν περίπου το 75% των ολικών διαλυμένων στερεών.

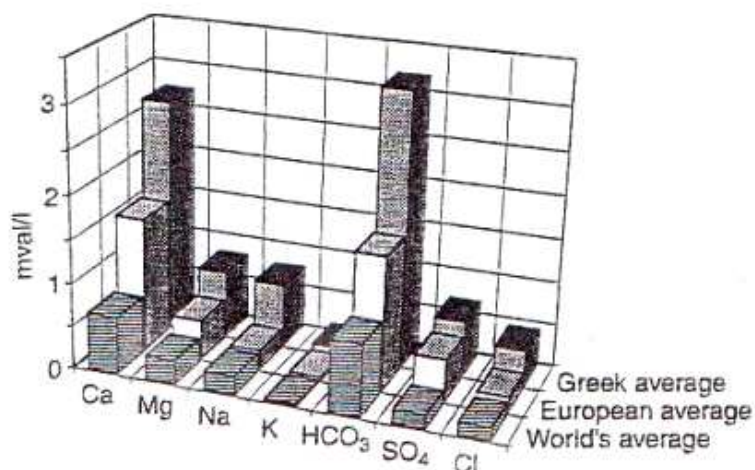
Ο Πίνακας 6 αναπαριστά την κατανομή σε ποσοστό % των γεωχημικά σημαντικών πετρωμάτων στις λεκάνες απορροής των ελληνικών ποταμών. Ο εμπλουτισμός των ελληνικών ποταμών σε ανθρακικό ασβέστιο είναι αποτέλεσμα των κλιματικών συνθηκών, καθώς και της διάβρωσης, πρώτον των ασβεστολιθικών πετρωμάτων που βρίσκονται άφθονα στην Ελλάδα, δεύτερον των ανθρακικών συστατικών των ιζημάτων του Νεογενούς και Τεταρτογενούς, και τέλος συγκεκριμένων υλικών που βρίσκονται στα ποτάμια και παράγουν υψηλές ανθρακικές συγκεντρώσεις. Η πετρογραφία των λεκανών απορροής καθορίζει το περιεχόμενο των ποταμών σε μαγνήσιο και πυρίτιο, ενώ σε μη διαταραγμένα ορεινά σημεία, το νάτριο και το κάλιο προέρχονται αποκλειστικά από τη διάβρωση των (αργίλο)πυριτικών πετρωμάτων ((alumo)silicates). Οι ποταμοί που βρίσκονται σε όξινο πυριτικό ανάγλυφο (Αρδας, Νέστος, Αρκουδορέμμα) παρουσιάζουν υψηλότερη συγκέντρωση σε πυριτικά άλατα και χαμηλότερη σε διττανθρακικά.

Η διάβρωση των πυριτικών ορυκτών που περιέχουν μαγνήσιο και σίδηρο παράγει ένα μεγάλο μέρος ασβεστίου και πυριτίου, εξηγώντας τις υψηλές συγκεντρώσεις τους στην ομάδα των ποταμών Βορειο-κεντρικής Ελλάδας. Οι ποταμοί που δεν έχουν μαγματικά και μεταμορφικά πετρώματα στις λεκάνες απορροής τους, όπως οι Αχελώος και Λούρος, χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυτών πυριτικών αλάτων.

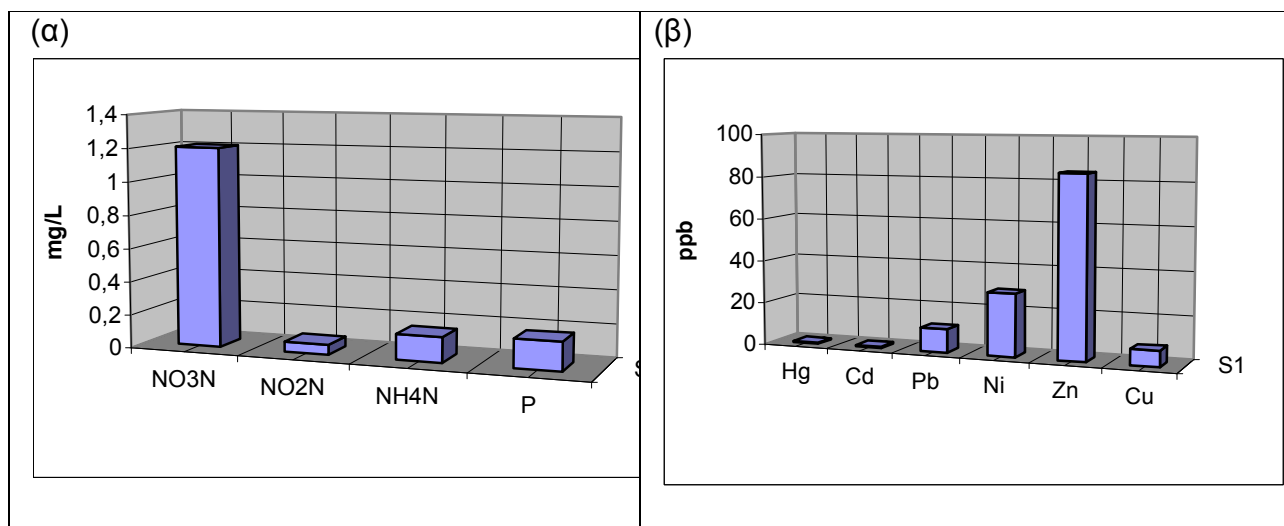
Η εξάτμιση και η βιολογική αναπνοή κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου και η έκπλυση του εδάφους κατά τη διάρκεια πλημμύρων, ενισχύουν τις ποτάμιες συγκεντρώσεις ανθρακικών αλάτων. Όσον αφορά το νάτριο και το χλώριο,

περίπου το 15% του ποτάμιου περιεχομένου οφείλεται στις βροχοπτώσεις. Η έκπλυση των αλμυρών εδαφών θεωρείται σαν μία ακόμη σημαντική πηγή γι' αυτά τα ιόντα στα πεδινά ποτάμια ή σε μέρη ποταμών [9].

Οι ορεινές ροές αποτελούν αξιόλογο πόρο εμπλουτισμού των εσωτερικών υδάτων με θρεπτικά συστατικά, αλλά και οργανισμούς, ενώ θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διαχείρισή τους η οποία έχει επιπτώσεις στις κατάντη χρήσεις και στη διατήρηση της προστασίας του περιβάλλοντος [26].



Σχήμα 2. Μέσοι όροι της σύστασης των ιόντων Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} και Cl^- των ποτάμιων νερών σε ελληνικό, ευρωπαϊκό και διεθνές επίπεδο [9]



Σχήμα 3. Μέσοι όροι σύστασης ποτάμιων νερών σε εθνικό επίπεδο. α: συγκέντρωση νιτρικού, νιτρώδους, αμμωνιακού αζώτου και ολικού φωσφόρου, β: συγκέντρωση βαρέων μετάλλων [9]

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες και επεμβάσεις στα εσωτερικά νερά στην Ελλάδα αποτελούν σημαντικό παράγοντα εξέλιξής τους και έχουν άμεσο και έμμεσο χαρακτήρα. Στις άμεσες επεμβάσεις ανήκουν οι αλλαγές στις όχθες και

κοίτες, οι εκτροπές, οι εγκιβωτισμοί καναλιών, η επέκταση των καλλιεργειών, γεωργοκτηνοτροφικών εγκαταστάσεων, βιομηχανιών και οικισμών. Στις έμμεσες επεμβάσεις ανήκουν οι δραστηριότητες εκείνες οι οποίες αλλοιώνουν ή και ανατρέπουν την ισορροπία του φυσικού περιβάλλοντος. Για παράδειγμα οι κατασκευές φραγμάτων και τεχνητών λιμνών στις κοίτες των ποταμών διακόπτουν την ελεύθερη ροή του νερού και των υλικών. Οι αποψιλώσεις και τα έργα προστασίας από τη διάβρωση και τις πλημμύρες, η απόδοση εδαφών για καλλιέργεια με αντίστοιχη δέσμευση του νερού ή και η ανεξέλεγκτη εγκατάσταση ανθρωπογενών δραστηριοτήτων κοντά στους υδατικούς πόρους επιδρούν δραστικά στο φυσικό περιβάλλον και το αλλοιώνουν.

Όπως είναι γνωστό, τα νιτρικά ιόντα 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 δε 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. Στις περιπτώσεις που το έδαφος είναι επικλινές και έχει μικρή διηθητικότητα, τα νιτρικά ιόντα παρασύρονται από τα νερά της επιφανειακής απορροής και μεταφέρονται στους υδάτινους αποδέκτες, όπου και συσσωρεύονται προκαλώντας τον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών και σε τελευταία ανάλυση την υποβάθμιση τους. Η ποσότητα του νιτρικού αζώτου που χάνεται προς τα υπόγεια ή επιφανειακά νερά εξαρτάται επίσης από τις βροχοπτώσεις, την άρδευση, το βαθμό φυτοκάλυψης καθώς και από το σύστημα διαχείρισης των καλλιεργειών [27].

Οι λεκάνες απορροής των κύριων ελληνικών ποταμών (Έβρος, Νέστος, Αχελώος, Στρυμόνας, Αξιός, Αλιάκμονας, Πηνειός) χαρακτηρίζονται από σημειακές πηγές μόλυνσης που κυρίως συγκεντρώνονται στα μεγάλα αστικά κέντρα καθώς και σε εκτενείς καλλιεργήσιμες περιοχές, και είναι γενικά πιο μολυσμένοι από μικρούς ποταμούς και ρυάκια. Η επιρροή της μόλυνσης στη σύσταση του ποτάμιου νερού φαίνεται καθαρά στην περίπτωση του Έβρου, που λόγω της υψηλής μόλυνσής του διαφέρει υδροχημικά από τους άλλους Βόρειους Ελληνικούς ποταμούς με παρόμοια πετρογραφικά και κλιματικά χαρακτηριστικά. Οι πρόσφατες μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών στους κύριους ποταμούς είναι γενικά χαμηλότερες από τις μέσες Ευρωπαϊκές ετήσιες τιμές (Πίνακας 7). Μόνο ο Έβρος παρουσιάζει πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών και ορθοφωσφορικών αλάτων, ενώ ο Αξιός παρουσιάζει εξαπλάσιο εμπλουτισμό σε ολικό φώσφορο όπως επίσης και τις υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων από όλους τους κύριους ποταμούς. Οι μέσες συγκεντρώσεις καδμίου, υδραργύρου, μολύβδου, νικελίου και χαλκού στους μεγαλύτερους ποταμούς (Πίνακας 5) είναι χαμηλότερες από τα αντίστοιχα ανώτατα επιτρεπτά όρια για το πόσιμο νερό.

Πίνακας 6. Ποσοστιαία κατανομή των γεωχημικά σημαντικών πετρωμάτων στις λεκάνες απορροής των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών [9]

Ποταμός	Τύπος πετρώματος στη λεκάνη απορροής του ποταμού (%)				
	Μαγματικά - μεταμορφικά πετρώματα	Με προσμίξεις σιδήρου-μαγνησίου	Ανθρακικά	Φλύσξης ψαμμίτης	Νεογενές Τεταρτογενές
	Όξινα				
Έβρος	38,8	0,9	10,0	9,4	41,9
Άρδας	57,5	0,7	20,2	14,2	7,4
Νέστος	68,3	0,0	12,6	1,1	18,0
Αρκουδόρεμμα	91,5	0,0	6,4	2,1	0,0
Στρυμόνας	41,6	2,4	17,1	5,2	33,7
Αγγίτης	9,3	0,0	31,3	0,0	59,4
Αξιός	43,5	7,7	11,3	5,6	31,9
Γαλλικός	53,1	4,4	1,0	0,0	41,5
Αλιάκμονας	14,5	9,2	15,7	29,6	31,0
Πηνειός	17,5	6,2	14,7	15,8	45,8
Σπερχειός	0,0	12,1	16,4	47,9	23,6
Αχελώος	0,0	0,0	41,6	48,4	10,0
Λούρος	0,0	0,0	62,8	0,0	37,2

Πίνακας 7. Οι μέσες ετήσιες τιμές θρεπτικών συστατικών των μεγαλύτερων ποταμών συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες τιμές της Ευρώπης [9]

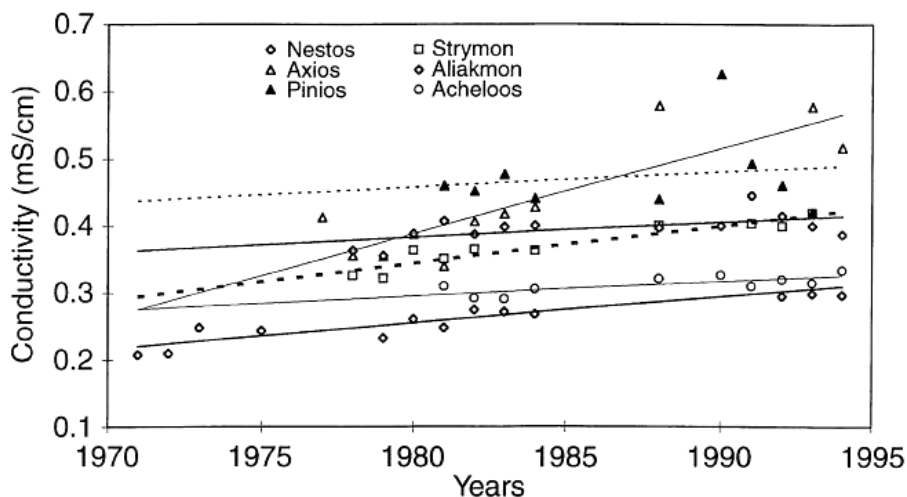
Ποταμός	NO ₃ -N ppm	NO ₂ -N ppm	NH ₄ -N ppm	Ολικός P ppm
Έβρος 91-92	12,26	0,013	0,061	0,470
Νέστος 92-93	0,71	0,011	0,026	0,073
Στρυμόνας 91-94	1,20	0,001	0,011	0,124
Αξιός 93-94	2,23	0,110	0,150	0,800
Αλιάκμονας 90-93	0,46	0,009	0,041	0,014
Πηνειός 90-93	2,05	0,010	0,039	0,077
Αχελώος 90-94	0,25	0,008	0,041	0,025
Ευρωπαϊκός ετήσιος μέσος όρος	2,63	-	0,066	0,0126

3.5 Μεταβολές στη σύσταση των μεγαλύτερων ελληνικών ποταμών κατά τη διάρκεια των ετών

Τα στοιχεία από το Υπουργείο Γεωργίας (1995) για τις τοποθεσίες από τις οποίες πηγάζουν οι ποταμοί εμφανίζουν σαφή αύξηση στις συγκεντρώσεις των ποτάμιων διαλυμένων στερεών κατά τη διάρκεια των ετών (Σχήμα 4). Ο ετήσιος ρυθμός αύξησης της αγωγιμότητας κυμαίνεται μεταξύ 2 και 12 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (μεταξύ 9 και 40% εντός μίας περιόδου 10-15 χρόνων), ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή των ποταμών. Αυτό οφείλεται στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Ευρώπης κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του '80 και των αρχών της δεκαετίας του '90 που είχε επιπτώσεις στην απορροή ποταμών, στην αυξανόμενη χρήση του ύδατος για

άρδευση και στις τεχνικές άρδευσης με σταλλακτήρες που ενίσχυσαν την εμφάνιση αλάτωσης των εδαφών, καθώς επίσης και στην αύξηση της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων. Σχετικά με τους ρύπους, υπάρχει μια αύξηση νιτρικών

αλάτων κατά τη διάρκεια των ετών στον Αξιό, Πηνειό και Στρυμόνα, ενώ μόνο ο Αξιός εμφανίζει εμπλουτισμό κατά τη διάρκεια των ετών σχετικά με τον ολικό φώσφορο [9].



<i>Nestos</i> $y = 0.0039x - 7.4569$ $R^2 = 0.799$	<i>Strymon</i> $y = 0.0056x - 10.676$ $R^2 = 0.8916$	<i>Axios</i> $y = 0.0127x - 24.694$ $R^2 = 0.7378$
<i>Aliakmon</i> $y = 0.0023x - 4.1011$ $R^2 = 0.3429$	<i>Acheloos</i> $y = 0.0022x - 3.9949$ $R^2 = 0.5804$	

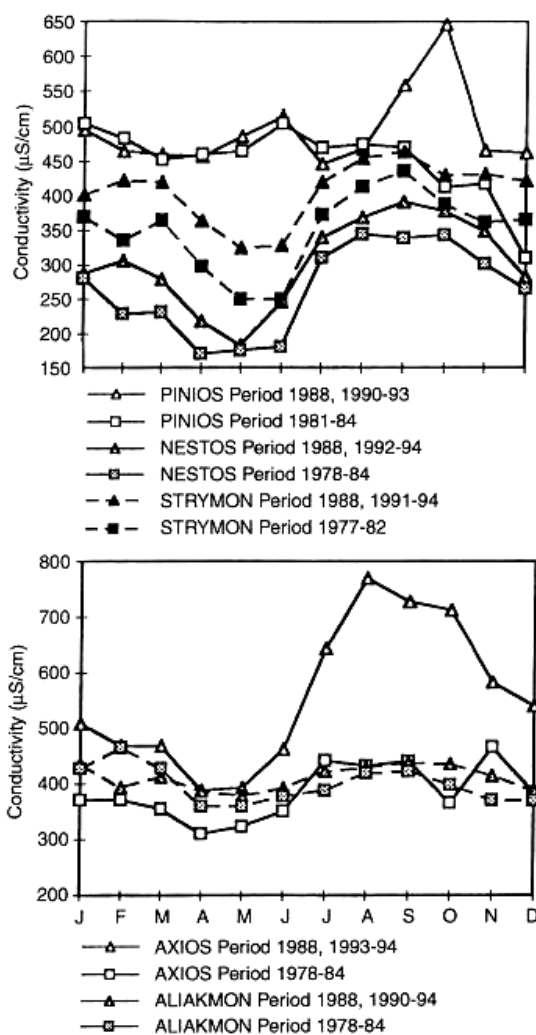
Σχήμα 4. Μέσες ετήσιες τιμές αγωγιμότητας στους μεγαλύτερους ελληνικούς ποταμούς κατά τη διάρκεια των ετών 1970 - 1995 [9]

3.6 Μεταβολές εντός του έτους

Οι ελληνικοί ποταμοί χαρακτηρίζονται από θεαματικές χρονικές υδροχημικές μεταβολές μέσα σε έναν ενιαίο υδρολογικό κύκλο. Επιπλέον, οι περισσότεροι κύριοι ποταμοί παρουσιάζουν περισσότερο χρονικές παρά χωρικές διαφοροποιήσεις σε ό,τι αφορά τη σύστασή τους. Η ξηρασία, η διάλυση και η έκπλυση είναι οι υδρολογικοί παράγοντες που ελέγχουν τα επίπεδα των συστατικών των ποτάμιων νερών. Γενικά, κατά τη διάρκεια της ξηράς περιόδου, οι απορροές της ελάχιστης (βασικής) ροής, της εξάτμισης, της βιολογικής αναπνοής και της ρύπανσης εμπλουτίζουν τα ύδατα ποταμών με διαλυμένα συστατικά. Οι αρχικές εκπλύσεις ενισχύουν τις διαδικασίες ξεπλύματος και εμπλουτίζουν το ποτάμιο νερό με σημαντικά ιόντα και ρυπαντές.

Το Σχήμα 5 παρουσιάζει τις μέσες μηνιαίες μεταβολές της αγωγιμότητας πέντε σημαντικών ελληνικών ποταμών (Νέστος, Στρυμόνας, Αξιός, Αλιάκμονας και Πηνειός) σε δύο χρονικές περιόδους (τέλη δεκαετίας του '70-αρχές δεκαετίας του '80 και τέλη δεκαετίας του '80-αρχές δεκαετίας του '90). Οι μηνιαίες μεταβολές της αγωγιμότητας μεταξύ των δύο περιόδων δείχνουν τους μηχανισμούς που ρυθμίζουν το μακροπρόθεσμο εμπλουτισμό των σημαντικών ελληνικών ποταμών με διαλυμένα συστατικά.

Οι μηνιαίες μεταβολές και των δύο καμπύλων αγωγιμότητας του Νέστου, Στρυμόνα και Αλιάκμονα δείχνουν μικρές διαφορές καταδεικνύοντας μία μεγαλύτερη ή μικρότερη μηνιαία αύξηση αγωγιμότητας κατά τη διάρκεια των χρόνων. Για τους Νέστο, Στρυμόνα, Αξιό και Πηνειό υπάρχει μία αύξηση της αγωγιμότητας κατά τη χειμερινή περίοδο στη δεύτερη χρονική περίοδο. Αυτό συμβαίνει λόγω της συσσώρευσης διαλυμένων αλάτων σε πεδινές καθιζήσεις των ποταμών. Έτσι ενισχύονται οι διαδικασίες έκπλυσης κατά τις πλημμύρες. Αντίθετα, για τον Αλιάκμονα, οι χαμηλότερες τιμές της αγωγιμότητας για το χειμώνα στην πιο πρόσφατη χρονική περίοδο οφείλονται πιθανώς στην πλημμύρα της πεδιάδας του και συνεπώς στον περιορισμό των διαδικασιών έκπλυσης.



Σχήμα 5. Μέσες μηνιαίες τιμές αγωγιμότητας 5 μεγάλων ελληνικών ποταμών σε δύο διαφορετικές χρονικές περιόδους (τέλη δεκαετίας '70 – αρχές δεκαετίας '80 και τέλη δεκαετίας '80 – αρχές δεκαετίας '90) [9].

Τέλος ο Αξιός και ειδικότερα ο Πηνειός παρουσιάζουν μία θεαματική αύξηση στη χρήση των πηγών τους κατά την ξηρή περίοδο [9]. Η αύξηση αυτή κατά τη θερινή περίοδο σχετίζεται με τις χαμηλές βροχοπτώσεις και ταυτόχρονα, με τις

αυξημένες ανάγκες για άρδευση και χρήση νερού λόγω του τουρισμού [2]. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο σύνολο της χώρας η σημερινή αρδευόμενη έκταση ανέρχεται σε 13,2 εκατομμύρια στρέμματα, από τα οποία τα συλλογικά εγχειοβελτιωτικά έργα, που είναι περίπου 500, καλύπτουν 40% της αρδευόμενης έκτασης. Πηγές υδροδότησης των περισσότερων εγχειοβελτιωτικών έργων είναι τα επιφανειακά νερά [28].

Κεφάλαιο 4

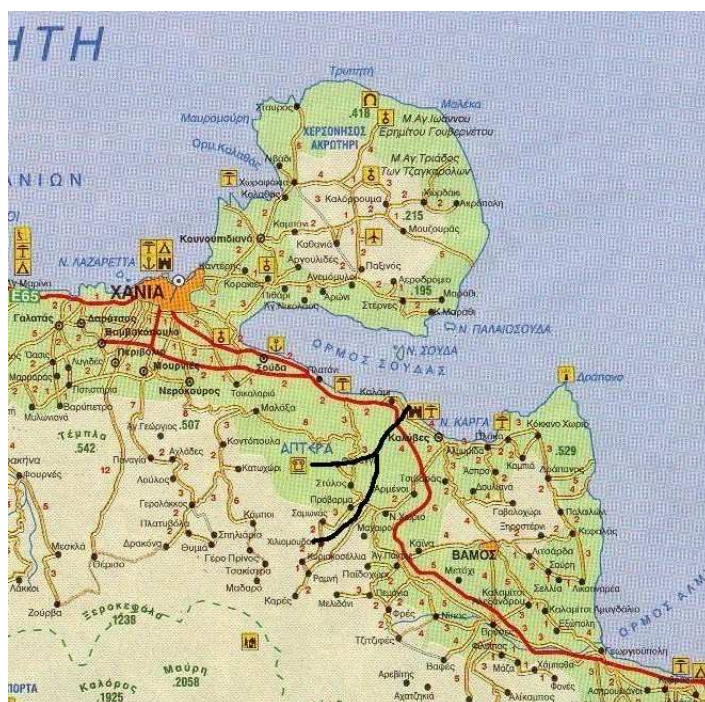
Περιγραφή της περιοχής μελέτης

Στα πλαίσια της εργασίας πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και αναλύσεις των συλλεγόμενων δειγμάτων στο Εργαστήριο Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας Νερού με σκοπό να γίνει μία εκτίμηση της ποιοτικής κατάστασης των δύο ποταμών. Οι δειγματοληψίες στον ποταμό Κοιλιάρη πραγματοποιήθηκαν την περίοδο Απρίλιος 2003 – Δεκέμβριος 2003 τις εξής ημερομηνίες: 8/4/2003, 12/5/2003, 19/6/2003, 5/7/2003, 27/7/2003, 22/8/2003, 25/9/2003, 1/12/2003. Στον ποταμό Ταυρωνίτη πραγματοποιήθηκαν την περίοδο Απρίλιος 2003 – Ιούνιος 2003 τις εξής ημερομηνίες: 14/4/2003, 12/5/2003, 19/6/2003, λόγω διακοπής της ροής του ποταμού μετά τον Ιούνιο, ενώ πραγματοποιήθηκε μία ακόμη δειγματοληψία στον ποταμό στις 27/1/2004.

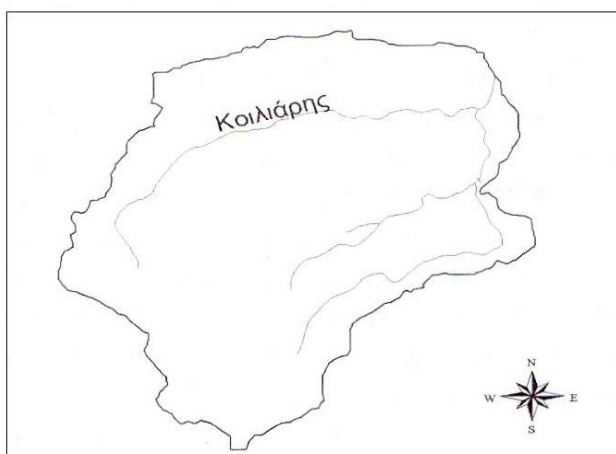
4.1 Ποταμός Κοιλιάρης

4.1.1 Γεωγραφική θέση και διοικητική υπαγωγή

Ο ποταμός Κοιλιάρης βρίσκεται περίπου 15 km ανατολικά της πόλης των Χανίων (Χάρτης 1). Η υδρολογική λεκάνη απορροής του διασχίζει μεγάλο μέρος του Δήμου Αρμένων και περιλαμβάνει σε όλη της την έκταση συνολικά 17 κοινότητες εκ των οποίων οι 8 είναι πεδινές, 2 ημιορεινές και 7 ορεινές [25]. Η λεκάνη απορροής του ποταμού Κοιλιάρη εκτείνεται από τους πρόποδες των Λευκών Ορέων μέχρι την παράκτια ζώνη του Δήμου Αρμένων και το τελευταίο χωριό που περιλαμβάνεται στη λεκάνη, το οποίο βρίσκεται στο μεγαλύτερο υψόμετρο, είναι το χωριό Καρές. Η έκτασή της υπολογίστηκε ότι ανέρχεται σε 130 km². Το συνολικό μήκος του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Κοιλιάρη είναι 36 km. Σε αυτόν συμβάλλουν τέσσερις παραπόταμοι, εκ των οποίων δύο χαρακτηρίζονται ως προσωρινά υδατορεύματα (Κεραμιώτης και Αναβρέτης), δεδομένου ότι κατά τη θερινή περίοδο παρατηρείται ξήρανση της κοίτης τους (Χάρτης 2). Από το σημείο συμβολής των παραποτάμων και μέχρι τις εκβολές το μήκος του κυρίου τμήματος του ποταμού Κοιλιάρη είναι 3,3 km. Όπως στις περισσότερες λεκάνες απορροής στο Νομό Χανίων, έτσι και η λεκάνη απορροής του ποταμού Κοιλιάρη τροφοδοτείται από τις ποσότητες των υδάτων που προέρχονται από τα Λευκά Όρη. Οι άλλοι δύο παραπόταμοι που συμβάλλουν στον ποταμό Κοιλιάρη είναι ο Μυλαυλακός και ο Μανταμάς και έχουν μόνιμη ροή καθόλη τη διάρκεια του έτους και για αυτό χαρακτηρίζονται ως μόνιμα υδατορέματα [25].



Χάρτης 1. Χάρτης ενός τμήματος του νομού Χανίων στο οποίο διακρίνεται ο ποταμός Κοιλιάρης.



Χάρτης 2. Υδρολογική λεκάνη απορροής του ποταμού Κοιλιάρη [25]

4.1.2 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Τέσσερις γεωλογικοί σχηματισμοί αναπτύσσονται στη λεκάνη απορροής του ποταμού Κοιλιάρη, οι οποίοι κατατάσσονται με σειρά αυξανόμενης γεωλογικής ηλικίας ως εξής:

- Αλλουβιακές προσχώσεις,
- Τριτογενείς σχηματισμοί (μάργες, κροκαλοπαγή, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι),

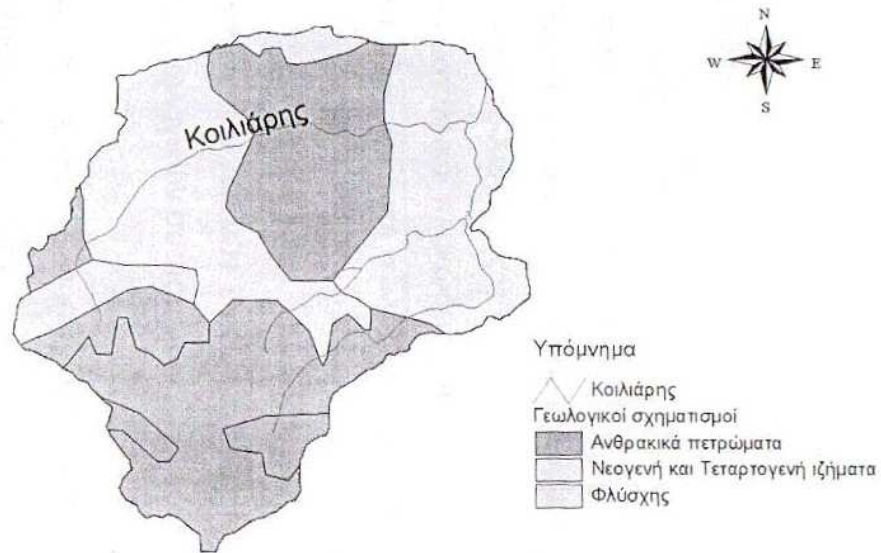
- Κάλυμμα της Τρίπολης, Προνεογενείς (ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες),
- Σχιστόλιθοι — φυλλίτες,
- Κρυσταλλικοί πλακώδεις ασβεστόλιθοι Plattenkalk του σχηματισμού του γεωλογικού υπόβαθρου της Κρήτης.

Στα δυτικά της λεκάνης απορροής αναπτύσσονται σχηματισμοί που ανήκουν στη Ζώνη της Τρίπολης, η οποία αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες. Στα ανατολικά συναντώνται τριτογενείς σχηματισμοί, όπως μάργες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι που επεκτείνονται και στα νότια της περιοχής μελέτης. Στα νότια της περιοχή μελέτης παρουσιάζονται επίσης μικρής έκτασης παλαιότεροι σχηματισμοί, όπως πλακώδεις ασβεστόλιθοι και κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι.

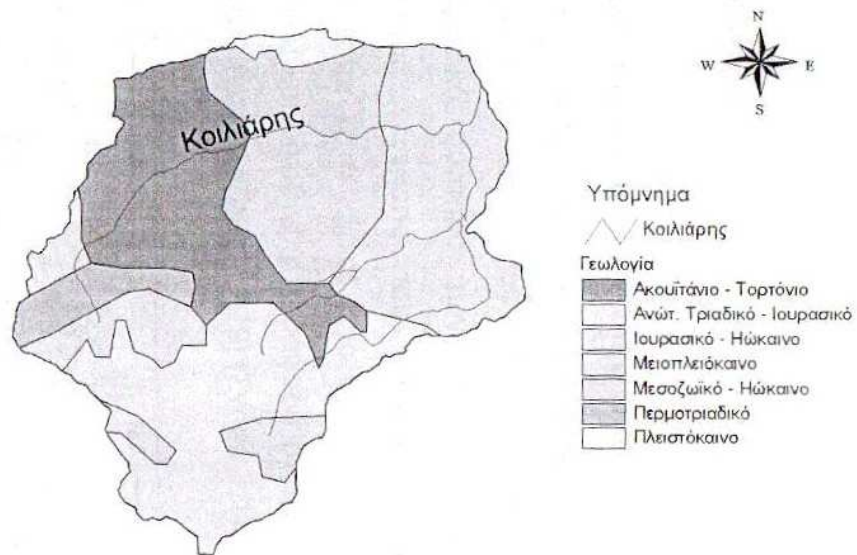
Οι αλλουβιακές προσχώσεις αναπτύσσονται ανατολικά των πηγών, που τροφοδοτούν τον ποταμό Κοιλιάρη (Πηγές Στύλου) και επεκτείνονται μέχρι τη θάλασσα. Οι αλλουβιακοί σχηματισμοί αποτελούνται από χάλικα, άμμο και άργιλο. Το πάχος των γεωλογικών αυτών σχηματισμών δεν είναι γνωστό με ακρίβεια, όμως σύμφωνα με εκτιμήσεις γεωλογικών μελετών είναι σημαντικό. Οι νεογενείς σχηματισμοί έχουν γενικά μεγαλύτερη έκταση από τις αλλουβιακές προσχώσεις και επικάθονται πάνω σε μεσοζωικούς ασβεστόλιθους και κατά περίπτωση πάνω στους σχιστόλιθους-χαλαζίτες και στους κρυσταλλικούς πλακώδεις ασβεστόλιθους. Το πάχος τους είναι σχετικά μεγάλο και αποτελούνται από κροκαλοπαγή, μάργες και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους.

Οι προτριτογενείς σχηματισμοί του τεκτονικού καλύμματος της Τρίπολης αποτελούνται από ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες. Τα ανθρακικά αυτά πετρώματα αναπτύσσονται στα δυτικά των πηγών και επεκτείνονται προς τον κύριο όγκο των Λευκών Ορέων. Στο σύνολο τους οι προτριτογενείς σχηματισμοί υπέρκεινται των φυλλιτών - χαλαζιτών είτε απ'ευθείας των πλακωδών ασβεστολίθων του υποβάθρου.

Όπως παρατηρείται στον Χάρτη 3 στα μεγαλύτερα υψόμετρα (νότια) στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κοιλιάρη εμφανίζονται ανθρακικά πετρώματα σε αντίθεση με τον κάτω ρου του ποταμού όπου παρατηρούνται νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα [25].



(α)



(β)

Χάρτης 3. Γεωλογικοί σχηματισμοί (α) και γεωλογία (β) της λεκάνης απορροής του ποταμού Κοιλιάρη [25]

Πίνακας 8. Συνολικός ετήσιος όγκος τροφοδοσίας από τις πηγές [25]

Πηγή	Συνολικός ετήσιος όγκος ύδατος Q ($10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$)
Αρμένιοι	23,3
Ζούρμπος	30,9
Στύλος	79,6
Αναβρέτη	7,9
Βλυχάδας	-
Κολιακών	2,2

Η ποιότητα των υδάτων των υδροφοριών που τροφοδοτούνται από τα Λευκά Όρη χαρακτηρίζεται γενικά καλή με μόνη εξαίρεση περιοχές όπου τα ανθρακικά πετρώματα επικοινωνούν με τη θάλασσα και η ποιότητα των νερών παρουσιάζεται επηρεασμένη από αυξημένες συγκεντρώσεις χλωριόντων. Γενικά αναπτύσσονται τρεις ζώνες υφαλμύρωσης των υπόγειων υδροφοριών:

- α) ζώνη Βλυχάδα-Καλάμι
- β) ζώνη Γεωργιούπολης
- γ) ζώνη νότιας πλευράς των Λευκών Ορέων.

Η ζώνη Βλυχάδας-Καλαμίου βρίσκεται στην λεκάνη απορροής του ποταμού Κοιλιάρη και για αυτό ακριβώς το λόγο οι πηγές των Καλυβών (Ζούρμπος) και η πηγή της Βλυχάδας εμφανίζουν σημαντικές συγκεντρώσεις χλωριόντων φαινόμενο το οποίο παρατηρείται και στον Πίνακα 9.

Εντός των επιτρεπτών ορίων και σε χαμηλές συγκεντρώσεις παρουσιάζονται τα νιτρικά (NO_3) και τα νιτρώδη ιόντα (NO_2 , μηδενικές τιμές) ενδεικτικό της καλής ποιότητας των πηγών. Μια μικρή αύξηση των νιτρικών ιόντων καταγράφεται κατά τον μήνα Οκτώβριο, η οποία οφείλεται πιθανότατα στη μη ύπαρξη στεγανών βόθρων και της διάλυσης. Το pH κυμαίνεται μεταξύ 7,6 και 8, που είναι τιμές εντός του ενδεικτικού επιπέδου. Τέλος οι τιμές των χλωριόντων εμφανίζονται στις πηγές Στύλου και Αρμένων σε χαμηλές συγκεντρώσεις, ενώ στην πηγή του Ζούρμπου σε πολύ μεγαλύτερα επίπεδα λόγω εισροής θαλάσσιου ύδατος.

Το νερό των πηγών Στύλου και των πηγών Αρμένων πληρεί τις προϋποθέσεις του πόσιμου νερού όπως αυτές ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, όμως δεν έχουν συμπεριληφθεί μικροβιολογικές αναλύσεις που είναι απαραίτητες. Αντίθετα το νερό της πηγής Ζούρμπου δεν είναι κατάλληλο λόγω μεγάλης σκληρότητας [25].

Στους πίνακες 9, 10 και 11 παρουσιάζονται μετρήσεις της ποιότητας του ποταμού Κοιλιάρη που πραγματοποιήθηκαν από το Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (Ε.Κ.Θ.Ε.).

Στους πίνακες 12 – 13 παρουσιάζονται μετρήσεις της ποιότητας του ποταμού Κοιλιάρη που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια το ερευνητικού προγράμματος STRIDE-HELLAS «Ποιοτικός έλεγχος και ορθολογική χρήση του Υδατικού Δυναμικού της Κρήτης», ενώ στα Σχήματα 6 και 7 φαίνονται οι αντίστοιχες θέσεις δειγματοληψίας. Το ερευνητικό αυτό πρόγραμμα ανατέθηκε από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας σε κοινοπραξία τριών φορέων, ενός αναπτυξιακού κρατικού μηχανισμού (ΟΑΔΥΚ – Οργανισμός Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης), του Πολυτεχνείου Κρήτης και της Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Χανίων (ΔΕΥΑΧ) κατά την περίοδο 1991-1994.

Τέλος στον Πίνακα 14 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας που έγινε στις 8/9/2003 σε γεώτρηση της περιοχής Στύλου Αποκορώνου Ν. Χανίων. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ), για λογαριασμό της εταιρίας «ΕΤΑΝΑΠ Α.Ε.» περιοχής Στύλου Αποκορώνου Ν. Χανίων.

Πίνακας 9. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη [25]

Πηγές Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Στύλος		Αρμένοι		Ζούρμπος	
	17-5-95	27-10-95	17-5-95	27-10-95	17-5-95	26-10-95
Συγκεντρώσεις κατιόντων (ppm)						
Ca ⁺⁺	27,5	35,27	27,25	30,46	35,27	51,27
Mg ⁺⁺	3,4	7,78	2,41	8,75	17,51	31,12
Na ⁺	4,59	6,43	3,44	5,51	97,73	186,27
K ⁺	0,39	0,78	0,39	1,56	3,91	8,6
Συγκεντρώσεις ανιόντων (ppm)						
HCO ₃ ⁻	97,6	132,9	97,6	125,66	124,44	146,4
CL ⁻	7,09	12,41	3,54	10,63	173,75	361,69
SO ₄ ⁻	3,84	2,88	4,8	1,44	29,28	47,04
NO ₃ ⁻	0	3,1	0	3,1	0	3,1
NO ₂ /NH ₄	-	-	-	-	-	-
pH	7,7	8	8	7,9	7,8	7,6
Θερμοκρασία (°C)	25	25	25	25	25	25
Αγωγιμότητα (μhos/cm)	176	239	173	217	808	1412

Πίνακας 10. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη [25]

Χρονική περίοδος	Καλοκαίρι 2000	Χειμώνας 2000	Άνοιξη 2001
pH	8.05	7.83	8.97
Αγωγιμότητα	280	213	228
DO (mg/L)	8.5	11.6	13.4
Θερμοκρασία	17.5	12.2	11.9
HCO ₃ meq/L	3.19	1.821	1.497
HCO ₃ mg/L	194.6	111.1	91.3
CO ₃ meq/L	0	0	0.474
Ca mg/L	44.5	35.6	39.7
Mg mg/L	9.4	3.4	4.5
NO ₂ mg/L	0.015	0.009	0.008
NO ₃ mg/L	3.64	2.31	2.26
NH ₄ mg/L	0.31	0.022	0.013
PO ₄ mg/L	0.46	0.1	0.03
CL mg/L	32.1	7	6.9
Total P mg/L	0.155	0.034	0.037
K mg/L	1.3	0.6	1.1
SO ₄ mg/L	11.5	4	4.7
SiO ₂ mg/L	3.3	0.6	2.2
Na mg/L	19.3	3.5	4.6

Πίνακας 11. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη [25]

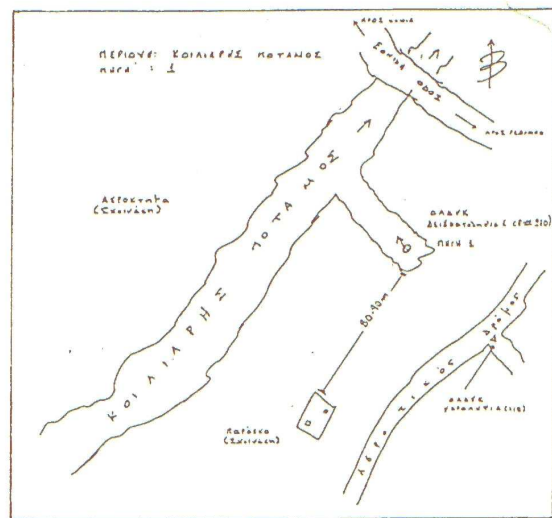
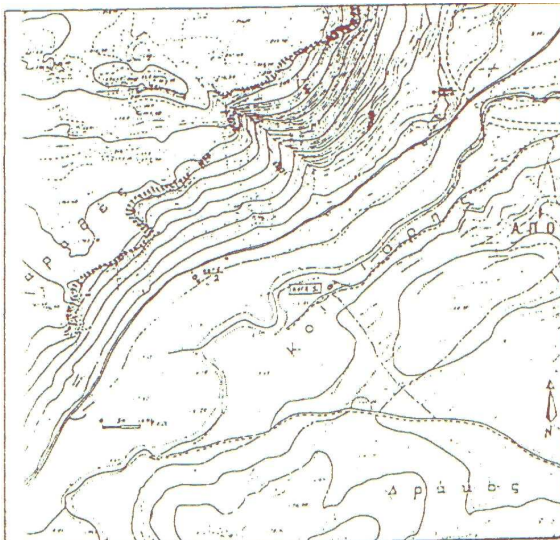
	Μέση τιμή	Ελάχιστο	Μέγιστο	MEDIAN	STDEV
pH	8.28	7.83	8.97	8.05	0.6
Αγωγιμότητα	240	213	280	228	35
DO (mg/L)	11.2	8.5	13.4	11.6	2.5
Θερμοκρασία	13.9	11.9	17.5	12.2	3.2
HCO ₃ meq/L	2.169	1.497	3.19	1.821	0.899
HCO ₃ mg/L	132.4	91.3	194.6	111.1	54.8
CO ₃ meq/L	0.158	0	0.474	0	0.274
Ca mg/L	39.9	35.6	44.5	39.7	4.5
Mg mg/L	5.8	3.4	9.4	4.5	3.2
NO ₂ mg/L	0.011	0.008	0.015	0.009	0.004
NO ₃ mg/L	2.74	2.26	3.64	2.31	0.78
NH ₄ mg/L	0.115	0.013	0.31	0.022	0.169
PO ₄ mg/L	0.197	0.03	0.46	0.1	0.231
CL mg/L	15.3	6.9	32.1	7	14.5
Total P mg/L	0.075	0.034	0.155	0.037	0.069
K mg/L	1	0.6	1.3	1.1	0.3
SO ₄ mg/L	6.7	4	11.5	4.7	4.1
SiO ₂ mg/L	2	0.6	3.3	2.2	1.4
Na mg/L	9.2	3.5	19.3	4.6	8.8

Πίνακας 12. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη [33]

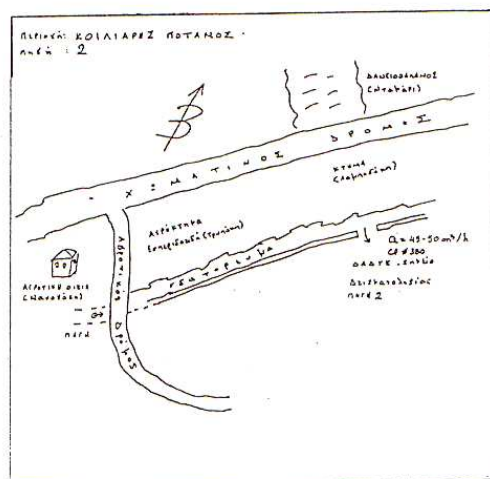
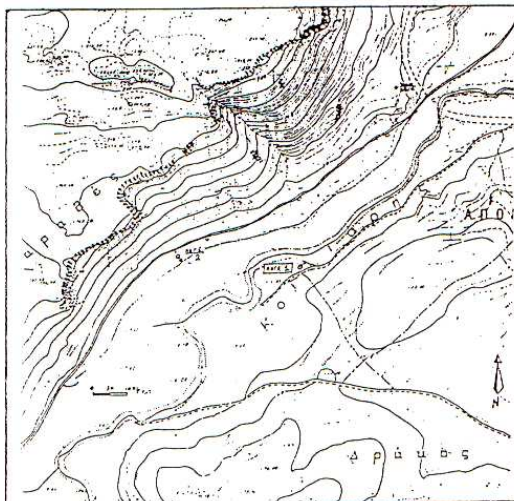
Θέση Δειγμ.	Ημ. Ώρα	Αρ. Δειγμ.	Διαλ. O ₂	Θερμ. °C	Υπολ. Cl ₂ (mg/L)	pH	Αγωγ. mS/cm	Ολικά Διαλ. Στ. tds
ΟΑΔΥΚ Πηγή 1	14-9-93 9:55	3507		17,4			2,01	
Πηγή 1	22-9-93 10:00	3513		18,2	525		1,89	
Πηγή 1	14-10-93	3518				7,98	1,75	0,82
Πηγή 1	3-11-93	3521		19,8			1,59	0,79

Πίνακας 13. Χημικές αναλύσεις των υδάτων των πηγών του ποταμού Κοιλιάρη [33]

Θέση Δειγμ.	Ημ. Ώρα	Αρ. Δειγμ.	Διαλ. O ₂	Θερμ. °C	Υπολ. Cl ₂	pH	Αγωγ. mS/cm	Ολικά Διαλ. Στ. tds
ΟΑΔΥΚ Πηγή 2	14-9-93 9:30	3506		16,7			1,84	0,42
Πηγή 2	22-9-93 1:30			18,6	245		1,00	0,50
Πηγή 2	14-10-93	3516				7,75	0,98	0,49
Πηγή 2	3-11-92	3522		17,6			0,95	0,48



Σχήμα 6. Θέση δειγματοληψίας «Πηγή 1» των μετρήσεων που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος STRIDE [33]



Σχήμα 7. Θέση δειγματοληψίας «Πηγή 2» των μετρήσεων που έγιναν στα πλαίσια του προγράμματος STRIDE [33]

Πίνακας 14. Χημικές αναλύσεις των υδάτων γεώτρησης της περιοχής Στύλου Αποκορώνου Ν. Χανίων από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ).

Παράμετρος	Μονάδα μέτρησης	Αποτέλεσμα δοκιμής	Ενδεικτικό Επίπεδο*	Ανώτατη Παραδεκτή συγκέντρωση	Πρότυπη μέθοδος
ρΗ (23°C)	Μονάδες ρΗ	7,9	6,5-8,5		ΕΛΟΤ 658:1983
Αγωγιμότητα (25°C)	μS/cm	273	400		ΕΛΟΤ EN 27888:1993
Ασβέστιο	mg/L	30,7	100		ΕΛΟΤ EN 169:1978
Μαγνήσιο	mg/L	12,5	30	50	ΕΛΟΤ 169:1978 & ΕΛΟΤ 170:1980
Νάτριο	mg/L	2,8	20	150	ISO 9964-1:1993
Κάλιο	mg/L	0,3	10	12	ISO 9964-2:1993
Ανθρακικά	mg/L	0,0			ISO 9963-1:1996
Όξινα ανθρακικά	mg/L	139			ISO 9963-1:1996
Χλωριούχα	mg/L	12,8	25		ISO 10304-1:1995
Θειικά	mg/L	5,8	25	250	ISO 10304-1:1995
Νιτρικά	mg/L	<5	25	50	ISO 10304-1:1995
Νιτρώδη	mg/L	<0,05		0,1	ISO 10304-1:1995
Αμμώνιο	mg/L	<0,26	0,05	0,5	ISO 6778-1984
Σκληρότητα ολική	mg/L CaCO ₃	128			ΕΛΟΤ 170-1980
Σκληρότητα παροδική	mg/L CaCO ₃	114			ISO 9963-1:1996
Σκληρότητα μόνιμη	mg/L CaCO ₃	14			ΕΛΟΤ 170:1980 & ISO 9963-1:1996
Πυριτικά	mg/L	3,5			
Σίδηρος	μg/L	<80	50	200	
Μαγγάνιο	μg/L	<10	20	50	EPA 200.8:1994
Χαλκός	μg/L	<10	100		EPA 200.8:1994
Ψευδάργυρος	μg/L	10	100		EPA 200.8:1994
Μόλυβδος	μg/L	<10		50	EPA 200.8:1994
Κάδμιο	μg/L	<1		5	EPA 200.8:1994
Νικέλιο	μg/L	<10		50	EPA 200.8:1994
Χρώμιο	μg/L	<10		50	EPA 200.8:1994
Βάριο	μg/L	<10	100		EPA 200.8:1994
Βόριο	μg/L	<10	1000		EPA 200.8:1994
Αργίλιο	μg/L	<10	50	200	EPA 200.8:1994
Βανάδιο	μg/L	<10			EPA 200.8:1994
Βηρύλλιο	μg/L	<10			EPA 200.8:1994
Μολυβδαίνιο	μg/L	<10			EPA 200.8:1994
Κοβάλτιο	μg/L	<10			EPA 200.8:1994
Αρσενικό	μg/L	<5		50	EPA 200.8:1994
Αντιμόνιο	μg/L	<5		10	EPA 200.8:1994
Σελήνιο	μg/L	<5		10	EPA 200.8:1994
Υδράργυρος	μg/L	<0,5		1	EPA 200.8:1994
Οξειδωσιμότητα (KmnO ₄)	mg/L O ₂	0,9	2	5	ΕΛΟΤ 827:1986
Στερεό υπόλειμμα (180°C)	mg/L	160		1500	STANDARD METHODS 148A, 13 th

					ed. STANDARD METHODS 148A, 13 th ed.
Στερεό υπόλειμμα (260°C)	mg/L	160			
Φώσφορος	μg/L P ₂ O ₅	<100	400	5000	
Φθόριο	μg/L	95		700	ISO 10304-1:1995
Κυανιούχα	μg/L	<50		50	
Βρωμιούχα	mg/L	<0,5			ASTM-D1246:1995
Βρωμικά	μg/L	-		25	Εσωτερική μέθοδος βασισμένη στην EPA 300.1:1999
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	μg/L C	<300			ISO 8245:1999
Αριθμός αποικιών σε 22°C	CFU/mL	-	20	100	ISO 622:1999
Αριθμός αποικιών σε 37°C	CFU/mL	-	5	20	ISO 622:1999
Ολικά κολοβακτηριοειδή	CFU/250 mL	-			ISO/FDIS 9308- 1:2000
<i>Escherichia coli</i>	CFU/250 mL	-			ISO/FDIS 9308- 1:2000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	CFU/250 mL	-			prEN 12780:1999
Εντερόκοκκοι	CFU/250 mL	-			ISO/FDIS 7899- 2:2000

*σύμφωνα με την Οδηγία 80/778/ΕΟΚ περί της ποιότητας του εμφιαλωμένου νερού

4.2 Ποταμός Ταυρωνίτης

4.2.1 Γεωγραφική θέση και διοικητική υπαγωγή

Ο ποταμός Ταυρωνίτης βρίσκεται περίπου 19,5 km δυτικά της πόλης των Χανίων (Χάρτης 5). Η υδρολογική λεκάνη απορροής του ποταμού Ταυρωνίτη, έκτασης 130 km² περίπου, διασχίζει μεγάλο μέρος του Δήμου Βουκολιών. Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης Ταυρωνίτη αποτελείται από τρεις κύριες υπολεκάνες των Σεμπρενιώτη (22 km²), Ρουματιανού (27 km²) και Ντεριανού (55 km²). Οι δύο πρώτες απολήγουν ανάντη των Βουκολιών. Κατάντη της περιοχής αυτής διαμορφώνεται και η κύρια κοίτη του Ταυρωνίτη. Ο Ντεριανός εκφορτίζεται στην κατάντη κοίτη του Ταυρωνίτη, 3,5 km περίπου ανάντη της παλαιάς (παραλιακής) εθνικής οδού. Η υπόλοιπη έκταση (26 km²) αντιστοιχεί σε μικρότερες υπολεκάνες της κοίτης του Ταυρωνίτη [34].



Χάρτης 5. Χάρτης ενός τμήματος του νομού Χανίων στο οποίο διακρίνεται ο ποταμός Ταυρωνίτης.

4.2.2 Γεωλογικά χαρακτηριστικά

Το μεγαλύτερο τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Ταυρωνίτη, 85 km² περίπου, αναπτύσσεται σε φυλλιτικούς χαλαζιτικούς σχηματισμούς, οι οποίοι τοπικά καλύπτονται από αλλούβια και υλικά τεταρτογενών αναβαθμίδων μικρής έκτασης και πάχους. Οι ανθρακικοί σχηματισμοί που συναντώνται στα ανάντη νότια τμήματα της λεκάνης (Ντεριανός, Ρουματιανός) καλύπτουν 15 km². Στο κατάντη τμήμα της λεκάνης αναπτύσσονται οι νεογενείς σχηματισμοί, κυρίως μάργες, σε έκταση περίπου 25 km². Η υπόλοιπη έκταση περίπου 5 km² αντιστοιχεί σε τεταρτογενείς αποθέσεις αναβαθμίδων και σύγχρονων αλλουβίων, σχηματισμοί οι οποίοι καλύπτουν νεογενείς αποθέσεις και καταλαμβάνουν τα όρια της ευρύτερης κοίτης του Ταυρωνίτη (μέχρι το ύψος των Βουκολιών) και του χειμάρρου Ντεριανού. Μικρές επίσης εκτάσεις τεταρτογενών αναβαθμίδων καλύπτουν νεογενείς σχηματισμούς σε θέσεις εκτός της κοίτης των χειμάρρων οι οποίες δεν έχουν από μόνες υδρογεωλογικό ενδιαφέρον και εντάσσονται στις εκτάσεις των νεογενών.

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί που αναπτύσσονται στα νότια τμήματα της λεκάνης δεν εκφορτίζονται εντός αυτής και μεταγγίζουν τα νερά τους προς διπλανές λεκάνες (Κερίτης και Νότια Κρήτη). Μικρή επίσης εμφάνιση ανθρακικών σχηματισμών της σειράς Τρυπαλίου παρατηρείται στην περιοχή Ντερέ. Η εκεί αναπτυσσόμενη υδροφορία πρέπει να συνδέεται με τις εκφορτίσεις του Κερίτη (Κουφός).

Στις σύγχρονες αποθέσεις της ευρύτερης κοίτης του Ταυρωνίτη αναπτύσσεται ασθενής φρεάτιος υδροφορία που εκμεταλλεύεται από σημαντικό αριθμό πηγαδιών μικρής γενικά παροχής.

Το μέσο πάχος των σύγχρονων αποθέσεων είναι περί τα 12 m.

Το υπόβαθρο των σύγχρονων αποθέσεων ικανού πάχους αποτελούν τα μαργαϊκά στρώματα του νεογενούς. Μόνο κατά μήκος του Ντεριανού στο ανάντη τμήμα του το υπόβαθρο των εκεί σύγχρονων αποθέσεων αναβαθμίδων μικρού πάχους αποτελούν οι φυλλίτες.

Ένα τμήμα των υλικών των αναβαθμίδων που αναπτύσσονται κάποια μέτρα πάνω από την ευρύτερη σημερινή κοίτη του ποταμού πρέπει να μη συνδέεται υδραυλικά με την υδροφορία των σύγχρονων αποθέσεων της κοίτης.

Στις νεογενείς αποθέσεις συναντώνται στρώματα και παρεμβολές γύψων ικανού πάχους. Οι ενστρώσεις αυτές καθιστούν τις υδροφορίες που αναπτύσσονται στους σχηματισμούς αυτούς ποιοτικά υποβαθμισμένες εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας σε θειικά άλατα.

Στην περιοχή Βουκολιών πραγματοποιήθηκε γεωφυσική διασκόπηση χωρίς να γίνει κατορθωτό να συναντηθεί το υπόβαθρο των νεογενών και σύγχρονων αποθέσεων. Αντίθετα στην περιοχή του Ντερέ κάτω από τις σύγχρονες αποθέσεις της κοίτης συναντήθηκαν ανθρακικοί σχηματισμοί που πρέπει να διερευνηθεί η υδροφορία τους [34].

4.2.3 Υδρολογικά χαρακτηριστικά

Στην περιοχή της λεκάνης του Ταυρωνίτη απογράφηκαν 55 σημεία εμφάνισης νερού από τα οποία τα 16 αναφέρονται σε γεωτρήσεις, τα 38 σε πηγάδια και το 1 σε πηγή. Από τα παραπάνω σημεία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις διακύμανσης στάθμης σε 30 πηγάδια και 7 γεωτρήσεις.

Από τις μετρήσεις στάθμης που πραγματοποιήθηκαν συντάχθηκαν πιεζομετρικοί χάρτες και χάρτες διακύμανσης στάθμης τόσο ετήσιας όσο και υπερετήσιας περιόδου.

Η υπόγεια αποστράγγιση της λεκάνης γίνεται φυσικά προς βορρά και παρουσιάζεται ανεξάρτητη της υπόγεια υδροφορίας των νεογενών αποθέσεων και κατά θέσεις και από αυτή των αναβαθμίδων (περιοχή Πολεμάρχι).

Η κλίση της υπόγεια πιεζομετρίας επιφάνειας δεν είναι ίδια κατά μήκος της πεδιάδας. Στο τμήμα μεταξύ Σιριλίου και θάλασσας είναι περί το 0,5%, στο τμήμα μεταξύ Νεριανών - Βουκολιών είναι περί το 1,1% και τέλος στο ανάντη τμήμα ανέρχεται σε 1,7%.

Η πιεζομετρία είναι άμεσα συνδεδεμένη με την τροφοδοσία από τα νερά της απορροής.

Με βάση τις παρατηρήσεις της ετήσιας διακύμανσης της υπόγεια στάθμης παρατηρείται ότι στο κατάντη τμήμα (Σιρίλι – Ταυρωνίτη) έχουμε μία πτώση περί τα 5 m μεταξύ ξηρής και υγρής περιόδου, στο τμήμα Σιρίλι – Βουκολιές κατά θέσεις 2-5 m και τέλος στο ανάντη των Βουκολιών τμήμα 0-1 m. Στο τελευταίο αυτό τμήμα παρατηρείται ροή του ποταμού όλο το χρόνο.

Πολλά από τα πηγάδια κατά την ξηρή περίοδο στερεύουν.

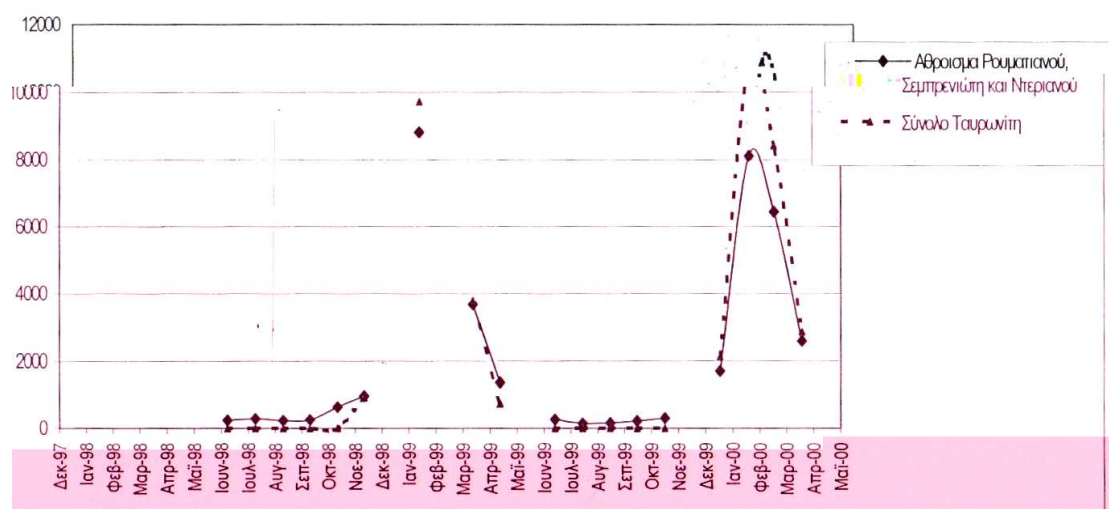
Με βάση την επεξεργασία των μετρήσεων, που πραγματοποιεί η Περιφέρεια Κρήτης, η μέση ετήσια απορροή των χειμάρρων Σεμπρενιώτη και Ρουματιανού της περιόδου 1977-1997 ήταν $12,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ και $5,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ αντίστοιχα. Μετρήσεις παροχών σε άλλα σημεία της λεκάνης Ταυρωνίτη δεν υπήρχαν και επομένως δεν ήταν δυνατό να εξαχθούν συμπεράσματα τόσο για τη συνολική απορροή του Ταυρωνίτη, όσο και για τις πραγματοποιούμενες διηθήσεις της απορροής κατά

μήκος της κοίτης. Έτσι η Υπηρεσία Εγγείων Βελτιώσεων να πραγματοποιήσει υδρομετρήσεις σε τρεις επιπλέον θέσεις. Η πρώτη στο ύψος των Βουκολιών, κατόπιν της συμβολής Σεμπρενιώτη και Ρουματιανού με σκοπό της εκτίμηση τυχόν διηθήσεων, η δεύτερη στην απόληξη της υπολεκάνης του Ντεριανού (Σιρίλι) για τον υπολογισμό των απορροών και η τρίτη στη γέφυρα της παλαιάς εθνικής οδού για τον υπολογισμό των συνολικών απορροών της λεκάνης Ταυρωνίτη. Οι μετρήσεις αυτές που πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα Ιούνιος 1998 – Απρίλιος 2000, δίνονται στον Πίνακα 15 και παρουσιάζονται σχηματικά στο Σχήμα 8. Οι μετρήσεις που πραγματοποίησε η Υπηρεσία χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της ετήσιας απορροής του υδρολογικού έτους 1998 – 1999 και παρουσιάζονται στον Πίνακα 16.

Στον Πίνακα 17 παρουσιάζονται μετρήσεις παροχής που πραγματοποιήθηκαν στον ποταμό Ταυρωνίτη από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών τη χρονική περίοδο 1996 – 2004, στο σημείο Σιρίλι.

Πίνακας 15. Μετρήσεις απορροής χειμάρρων περιοχής Ταυρωνίτη (παροχή σε m³/h) [34]

Ημερ/νία μέτρησης	Ρουματιανός (1)	Σεμπρενιώτης (2)	Συνολικό (1+2)	Βουκολίες (γέφυρα) (3)	Ντεριανός (4)	Συνολικό (3+4)	Άθροισμα Ρουματιανού, Σεμπρενιώτη και Ντεριανού	Σύνολο Ταυρωνίτη
Μαρ-98	651,60	1602,00	2253,60					
Απρ-98								
Μαΐ-98								
Ιουν-98	255,60	1036,80	1292,40					
Ιουλ-98	10,80	234,00	244,80	18,00	0,00	18,00	244,80	0,00
Αυγ-98	0,00	291,60	291,60	7,20	0,00	7,20	291,60	0,00
Σεπ-98	0,00	234,00	234,00	3,60	0,00	3,60	234,00	0,00
Οκτ-98	3,60	255,60	259,20	140,40	0,00	140,40	259,20	0,00
Νοε-98	140,40	500,40	640,80	252,00	0,00	252,00	640,80	0,00
Δεκ-98	172,80	410,40	583,20	504,00	392,40	1256,40	975,60	936,00
Ιαν-99								
Φεβ-99	1825,20	3337,20	5162,40	5198,40	3650,40	8848,80	8812,80	9730,80
Μαρ-99								
Απρ-99	565,20	2134,80	2700,00	2527,20	975,60	3502,80	3675,60	3798,00
Μαΐ-99	345,60	1026,00	1371,60	1191,60	0,00	1191,60	1371,60	745,20
Ιουν-99								
Ιουλ-99	7,20	259,20	266,40	39,60	0,00	39,60	266,40	0,00
Αυγ-99	0,00	147,60	147,60	0,00	0,00	0,00	147,60	0,00
Σεπ-99	7,20	158,40	165,60	0,00	0,00	0,00	165,60	0,00
Οκτ-99	10,80	205,20	216,00	0,00	0,00	0,00	216,00	0,00
Νοε-99	90,00	216,00	306,00	133,20	0,00	133,20	306,00	0,00
Δεκ-99								
Ιαν-00	406,80	777,60	1184,40	1119,60	514,80	1634,40	1699,20	2116,80
Φεβ-00	1504,80	3949,20	5454,00	7178,40	2667,60	9846,00	8121,60	10872,00
Μαρ-00	1036,80	3016,80	4053,60	4194,00	2368,80	6562,80	6422,40	8420,40
Απρ-00	399,60	1504,80	1904,40	3697,20	680,40	4377,60	2584,80	2865,60



Σχήμα 8. Συγκριτικό διάγραμμα απορροής μεταξύ Ρουματιανού – Σεμπρενιώτη – Ντεριανού στο ανάντη και στο σύνολο του ποταμού Ταυρωνίτη στα κατάντη.

Πίνακας 16. Εκτίμηση παροχών χειμάρρων λεκάνης Ταυρωνίτη και κοίτης Ταυρωνίτη (m^3/h) υδρολογικού έτους 1998-1999 (βάσει των μετρήσεων του Πίνακα 15) [34].

Μήνες	Ρουματιανός	Σεμπρενιώτης	Βουκολιές (γέφυρα)	Ντεριανός	Σύνολο Ταυρωνίτη
Σ	0,0	234,0	3,6	0,0	0,0
Ο	3,6	255,6	140,4	0,0	0,0
Ν	140,4	500,4	252,0	0,0	0,0
Δ	172,8	410,4	504,0	392,4	936,0
Ι	999,0	1873,8	2851,2	2021,4	5333,4
Φ	1825,2	3337,2	5198,4	3650,4	9730,8
Μ	1195,2	2736,0	3862,8	2313,0	6764,4
Α	565,2	2134,8	2527,2	975,6	3798,0
Μ	345,6	1026,0	1191,6	0,0	745,2
Ι	176,4	642,6	615,6	0,0	372,6
Ι	7,2	259,2	39,6	0,0	0,0
Α	0,0	147,6	0,0	0,0	0,0
Σύνολο ($m^3 \cdot 10^6$)	3,9	9,8	12,4	6,7	19,9

Πίνακας 17. Μετρήσεις παροχής στον ποταμό Ταυρωνίτη από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών [23]

Ημερομηνία	Παροχή (m ³ / h)	Ημερομηνία	Παροχή (m ³ / h)
19-Δεκ-96	1.384,20	21-Ιαν-00	9.782,28
29-Ιαν-97	9.870,84	14-Φεβ-00	5.283,72
21-Φεβ-97	24.168,60	6-Δεκ-00	5.007,60
27-Μαρ-97	14.130,00	7-Μαρ-01	8.546,76
5-Μαϊ-97	5.178,24	22-Μαϊ-02	682,92
9-Ιουν-97	519,84	28-Ιουν-02	270,00
31-Ιουλ-97	21,24	10-Ιουλ-02	150,48
28-Νοε-97	537,84	17-Δεκ-02	3.685,68
12-Δεκ-97	6.981,12	14-Ιαν-03	5.277,24
10-Φεβ-98	7.406,28	27-Φεβ-03	28.587,60
23-Μαρ-98	5.244,84	26-Μαρ-03	25.884,72
30-Απρ-98	4.190,40	15-Απρ-03	9.682,20
26-Μαϊ-98	1.306,44	15-Μαϊ-03	4.422,60
19-Ιουν-98	328,68	18-Ιουν-03	1.210,68
31-Δεκ-98	21.600,00	14-Ιουλ-03	403,20
25-Ιαν-99	17.703,36	13-Αυγ-03	22,68
2-Μαρ-99	8.721,72	18-Νοε-03	478,44
22-Απρ-99	3.273,12	22-Δεκ-03	3.308,40
19-Μαϊ-99	636,84	29-Ιαν-04	14.744,52
15-Ιουν-99	141,48	12-Φεβ-04	7.556,40

Στον Πίνακα 18 γίνεται με βάση τις μέσες ετήσιες μετρήσεις παροχών της Υπηρεσίας την περίοδο 1977 – 1997 για τους Σεμπρενιώτη και Ρουματιανό, θεωρητική αναγωγή σύμφωνα με την κατανομή παροχών που παρουσιάζει το πλέον υδρολογικό έτος 1998 – 1999. Με τη μέθοδο αυτή εκτιμώνται θεωρητικά οι παροχές στις υπόλοιπες τρεις θέσεις υδρομετρήσεων για την περίοδο 1977 – 1997.

Από την αναγωγή εκτιμάται ότι η συνολική μέση ετήσια επιφανειακή απορροή του Ταυρωνίτη για την περίοδο 1977 – 1997, είναι $26,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Στον Πίνακα 19 γίνεται ο υπολογισμός του μέσου ετήσιου υδρολογικού σοζυγίου της λεκάνης Ταυρωνίτη για την περίοδο 1977 – 1997, με συνεκτίμηση των στοιχείων του Πίνακα 18.

Στον υπολογισμό του μέσου ετήσιου υδρολογικού ισοζυγίου έχουν εκμηθεθεί οι απορροές και οι κατεισδύσεις στις ενδιάμεσες νεογενείς υδρολογικές λεκάνες. Οι κατεισδύσεις στις λεκάνες αυτές εκτιμώνται από 5% έως 6%, ανάλογα με την ανάπτυξη των αλλουβίων στο νεογενές περιβάλλον. Επίσης από τις εκτάσεις των υδρολογικών λεκανών Ρουματιανού και Ντεριανού έχουν αφαιρεθεί οι επιφάνειες των ανθρακικών σχηματισμών, οι οποίες εκφορτίζονται εκτός λεκάνης Ταυρωνίτη. Για τον υπολογισμό των εισροών στον Ντεριανό, έγινε διαχωρισμός της αντίστοιχης υδρολογικής λεκάνης σε δύο τμήματα, στο ανάντη που δομείται από φυλλίτες και στο κατόντη που αναπτύσσονται οι νεογενείς σχηματισμοί.

Με βάση τις παραδοχές αυτές η μέση ετήσια βροχόπτωση που δέχεται η λεκάνη Ταυρωνίτη είναι της τάξης των $120 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, από τις οποίες περίπου $32 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (26%) απορρέουν επιφανειακά μέσω των κεντρικών χειμάρρων, διηθούνται στην κοίτη του Ταυρωνίτη και κατεισδύουν στους κατόντη νεογενείς σχηματισμούς. Το

υπόλοιπο ποσοστό (74%) θεωρείται ότι αποτελεί το άθροισμα της εξαμυσοδιαπνοής και των κατεισδύσεων στους φυλλίτες. Το ποσοστό αυτό κρίνεται αρκετά υψηλό και οφείλεται πιθανά:

- στην παρουσία των υποκείμενων ασβεστόλιθων στα ανάντη της λεκάνης
- στην ύπαρξη ανθρακικών στρωμάτων στους φυλλίτες τα οποία αποστραγγίζουν την κατείσδυση εκτός υδρολογικής λεκάνης ή μεταγγίζουν την τροφοδοσία στους υποκείμενους ασβεστόλιθους.

Στη συγκεκριμένη περιοχή δεν πραγματοποιήθηκε γεωλογική χαρτογράφηση – προσαρμογή και έγιναν δεκτά τα δεδομένα του αντίστοιχου γεωλογικού φύλλου του Ι.Γ.Μ.Ε. Σε κάθε περίπτωση όμως τα προηγούμενα δεν επηρεάζουν τη σύνταξη του υδατικού ισοζυγίου της λεκάνης Ταυρωνίτη, αφού βασίζεται σε στοιχεία μετρήσεων απορροών.

Οι μέσες ετήσιες ποσότητες που απορρέουν επιφανειακά και εκφορτίζονται στη θάλασσα είναι της τάξης των $27 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, εκείνες που διηθούνται στις προσχώσεις και διαμέσου αυτών στους υποκείμενους νεογενείς σχηματισμούς $3,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ενώ οι κατεισδύσεις υπολογίστηκαν σε $1,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Έτσι το σύνολο της μέσης ετήσιας υπόγειας τροφοδοσίας προσχώσεων και νεογενών σχηματισμών ανέρχεται σε $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ περίπου.

Προκύπτει επομένως ότι η κύρια τροφοδοσία των υπόγειων υδροφοριών πραγματοποιείται μέσω των διηθήσεων του ποταμού ($3,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) και κατά μικρότερο βαθμό από την κατείσδυση ($1,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) της βροχόπτωσης.

Από τον Πίνακα 17, παρατηρείται:

- στην περιοχή ενδιάμεσα της συμβολής Σεμπρενιώτη – Ρουματιανού και των Βουκολιών, πραγματοποιείται ο μεγαλύτερος όγκος της διήθησης ($3,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) από την επιφανειακή απορροή. Η διήθηση αυτή θεωρείται ότι τροφοδοτεί τις υδροφορίες των νεογενών και σύγχρονων αποθέσεων.
- Στην ενδιάμεση περιοχή μεταξύ Βουκολιών και παλαιάς εθνικής οδού (έξοδος Ταυρωνίτη) παρατηρείται ότι με εξαίρεση το διάστημα Ιανουαρίου – Απριλίου, πραγματοποιούνται διηθήσεις της τάξης των $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, ενώ το υπόλοιπο διάστημα του υδρολογικού έτους (Ιανουάριος – Απρίλιος) $1,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ της υπόγειας υδροφορίας τροφοδοτούν την επιφανειακή απορροή.

Η συνολική μέση ετήσια ποσότητα διήθησης και κατείσδυσης των $4,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ τροφοδοτεί τις υδροφορίες τόσο των σύγχρονων αποθέσεων της κοίτης, όσο κι εκείνες που αναπτύσσονται στους νεογενείς σχηματισμούς. Από τα Σ.Ε.Ν. που απογράφηκαν όλα τα πηγάδια αντλούν νερό από τον προσχωματικό υδροφορέα και όλες οι γεωτρήσεις (πλην των Γ264 και Γ265) έχουν διανοιχθεί στην περιοχή που αναπτύσσονται οι προσχώσεις. Οι γεωτρήσεις αυτές αντλούν νερό και από τον προσχωματικό υδροφορέα αλλά και από τους υδροφορείς που αναπτύσσονται στα υδροπερατά τμήματα των νεογενών. Τα πηγάδια παρουσιάζουν μέση ετήσια διακύμανση στάθμης της τάξης των 3,5 m, τιμή που κρίνεται αντιπροσωπευτική για το σύνολο της προσχωματικής υδροφορίας, αφού ο αριθμός της απογραφής των πηγαδιών είναι ικανοποιητικός. Οι γεωτρήσεις που υφίστανται στην περιοχή και απογράφηκαν είναι ελάχιστες, παρουσιάζουν διακυμάνσεις στάθμης από 0,6, m μέχρι 15 m και δεν είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων σε σχέση με την εκμετάλλευση των υδροφοριών οι οποίες αναπτύσσονται στα νεογενή.

Με βάση επομένως τη μέση ετήσια διακύμανση στάθμης στο σύνολο της επιφάνειας ανάπτυξης των προσχώσεων ($2,5 \text{ km}^2$) που είναι περί τα $3,5 \text{ m}$ και ένα ενεργό πορώδες της τάξης του 8% για τις σύγχρονες αποθέσεις προκύπτει δυνατότητα εναποθήκευσης της τάξης των $0,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Είναι φανερό επίσης ότι από τα διαθέσιμα στοιχεία δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός των ποσοτήτων της προσχωματικής υδροφορίας και της υδροφορίας στα νεογενή, οι οποίες εκφορτίζονται στη θάλασσα, το σύνολο της οποίας εκτιμάται σε $4,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Παρακάτω παρουσιάζεται το εκτιμητικό υδρολογικό ισοζύγιο:

A. Εισροές

Σύνολο τροφοδοσίας κοίτης Ταυρωνίτη και υπόγειων υδροφοριών: $31,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

B. Εκροές

Επιφανειακή εκφόρτιση συνόλου λεκάνης στη θάλασσα: $26,90 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Υπόγεια εκφόρτιση υδροφοριών λεκάνης στη θάλασσα: $4,10 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Αντλήσεις: $0,80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Σύνολο: $31,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Από τα δεδομένα του υδατικού ισοζυγίου, προκύπτει ότι υπάρχουν περιθώρια αξιοποίησης του υδάτινου δυναμικού. Στο γενικότερο σχεδιασμό αξιοποίησης, προβλέπεται η κατασκευή δύο ταμειωτήρων, στους Ρουματιανό και Σεμπρενιώτη, οι οποίοι θα παρακρατήσουν το 50% περίπου της συνολικής απορροής της λεκάνης. Η υπόλοιπη ποσότητα νερού θα συνεχίσει να ρέει στον Ταυρωνίτη και χαρακτηρίζεται επαρκής για τη διατήρηση του υδρογεωλογικού καθεστώτος.

Η απόληψη μεγαλύτερων ποσοτήτων νερού μέσω των υδροληπτικών μέσων, από τον υδροφόρο ορίζοντα, με τις σημερινές συνθήκες τροφοδοσίας και δίαιτας, δεν κρίνεται εφικτή. Οι ανάγκες εξασφάλισης επιπλέον ποσοτήτων νερού παρουσιάζονται στην ξηρή περίοδο, κατά την οποία τα αποθέματα στον υδροφόρο ορίζοντα είναι πολύ φτωχά, αφού οι ποσότητες της επιφανειακής ανάντη απορροής είναι ελάχιστες. Έτσι ανεξάρτητα με τη δημιουργία ή μη φραγμάτων ανάντη, χρειάζεται να εξετασθούν μέτρα που θα έχουν σαν αποτέλεσμα τη μείωση της υπόγειας απορροής από τον προσχωματικό υδροφόρο ορίζοντα προς τη θάλασσα, ή διαφορετικά τη μείωση των ποσοτήτων της υπόγειας εκφόρτισης της προσχωματικής υδροφορίας. Για τη μείωση των ποσοτήτων της υπόγειας εκφόρτισης των νεογενών σχηματισμών στη θάλασσα, στην παρούσα φάση δεν είναι δυνατή η εξέταση μέτρων, αφού δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία (πιεζομετρία, ζώνη εκφόρτισης κ.τ.λ.).

Η μείωση των ποσοτήτων υπόγειας εκφόρτισης της προσχωματικής υδροφορίας επιτυγχάνεται με τη δημιουργία υπόγειων διαφραγμάτων, στην περιοχή κατάντη των Βουκολιών μέχρι την έξοδο του Ταυρωνίτη. Η συνολική μέγιστη ποσότητα νερού που είναι στόχος να παρακρατηθεί για εκμετάλλευση την ξηρή περίοδο με τη δημιουργία διαφραγμάτων, έχει υπολογιστεί σε $0,70 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Η επιτυχία της παρέμβασης είναι αρκετά δύσκολη και εξαρτάται κυρίως από την ενιαία ύπαρξη μαργαϊκού υδατοστεγανού σχηματισμού κάτω από τις προσχώσεις στις επιμέρους λεκάνες που θα διαμορφωθούν από τα διαφράγματα, καθώς και από τη διατήρηση της υφισταμένης υδραυλικής κλίσης. Σε κάθε περίπτωση, ακόμη και στην

Πίνακας 18. Εκτίμηση παροχών χειμάρρων λεκάνης Ταυρωνίτη και κοίτης Ταυρωνίτη (m³/h) (περίοδος 1977 – 1997) [34].

Μήνες	A	B	Γ	Δ	E	ΣΤ	Z	H	Θ	I	ΙΑ
Σ	307,4	27,3	334,8	4,7	330,1	17,1	0,0	15,4	37,2	0,0	37,2
Ο	340,6	30,3	370,8	184,2	186,6	18,9	0,0	17,0	220,1	0,0	220,1
N	841,9	74,8	916,8	330,6	586,2	46,8	0,0	42,1	419,5	0,0	419,5
Δ	766,2	68,1	834,4	661,2	173,1	42,6	530,6	38,3	1272,7	1263,3	9,3
I	3774,5	335,5	4110,0	3740,6	369,3	209,7	2733,2	188,7	6872,3	7198,6	-326,3
Φ	6782,7	602,9	7385,6	6820,1	565,6	376,8	4935,9	339,1	12471,9	13133,9	-662,0
M	5165,1	459,1	5624,2	5067,8	556,4	286,9	3127,5	258,3	8740,5	9130,1	-389,5
A	3547,4	315,3	3862,8	3315,6	547,2	197,1	1319,2	177,4	5009,2	5126,3	-117,1
M	1802,1	160,2	1962,3	1563,3	399,0	100,1	0,0	90,1	1753,5	1005,8	747,7
I	1076,1	95,6	1171,7	807,6	364,1	59,8	0,0	53,8	921,2	502,9	418,3
I	350,0	31,1	381,1	52,0	329,2	19,4	0,0	17,5	88,9	0,0	88,9
A	193,9	17,2	211,2	0,0	211,2	10,8	0,0	9,7	20,5	0,0	20,5
Σύνολο (m ³ ·10 ⁶)	18,0	1,6	19,6	16,3	3,3	1,0	9,1	0,9	27,3	26,9	0,4

Από Ιανουάριο μέχρι Απρίλιο 1,1·10⁶ m³ της υπόγειας απορροής τροφοδοτούν την κοίτη ενώ τους υπόλοιπους μήνες διαπιστώνεται διήθηση 1,5·10⁶ m³

- A. Σύνολο παροχών Σεμπρενιώτη και Ρουματιανού
- B. Ενδιάμεση λεκάνη μέχρι Βουκολιές
- Γ. (A+B) Βουκολιές
- Δ. Βουκολιές
- E. (Γ-Δ) Βουκολιές – διήθηση
- ΣΤ. Ενδιάμεση λεκάνη μεταξύ Βουκολιές – Σιρίλι
- Z. Ντεριανός
- H. Ενδιάμεση λεκάνη μεταξύ Σιρίλι – Έξοδος
- Θ. (Δ+ΣΤ+Z+H) Σύνολο Ταυρωνίτη
- I. Σύνολο Ταυρωνίτη
- ΙΑ. (Θ-I) Ταυρωνίτης – διήθηση κατάντη Βουκολιών

Πίνακας 19. Εκτίμηση εισροών λεκάνης Ταυρωνίτη (περίοδος 1977 – 1997) [34].

Υδρ. λεκάνη	Επιφ. Km ²	Υψ. Βροχής mm	Βροχοπτ. 10 ⁶ m ³	Τροφοδ. %	Επιφ. Απορ. %	Διήθηση %	Κατεισδυση	Ποσότη τες επ. απορ. 10 ⁶ m ³	Ποσότη τες. διηθ. 10 ⁶ m ³	Ποσότη τες. κατεισδ. 10 ⁶ m ³	Ποσότη τες. υπ. Απορ. 10 ⁶ m ³	Σύνολο Τροφ 10 ⁶ m ³
Σεμπρενιώτης	22	1518	33		37%	0%	0%	12,2				
Ρουματιανός	25	1396	35		17%	0%	0%	5,8				
Βουκολιές (ενδιαμ)	11	750	8		19%		5%	1,6		0,4	3,7	
Βουκολιές (σύνολο)	58	1320	77	26%	21%	4%	1%	16,3	3,3	0,4		
Σιρίλι (ενδιαμ)	7	700	5		20%		6%	1,0		0,3	0,3	
Ντεριανός (ανάντη)	38	1250	48		18%	0%	0%	8,4				
Ντεριανός (κατάντη)	5	700	4		20%		6%	0,7		0,2	0,2	
Ντεριανός (σύνολο)	43	1210	52		17%		0,4%	9,1		0,2	0,2	
Ταυρωνίτης (ενδιαμ)	7	680	5		19%		6%	0,9		0,3	0,3	
Ταυρωνίτης (έξοδος)								26,9	0,4	0,6	1,0	
Σύνολο (m³·10⁶)	115	1050	121	26%	22%	3%	1%	26,9	3,7	1,2	4,9	31,8

Η ποσότητα των 31,8·10⁶ m³ αντιστοιχεί στο σύνολο της τροφοδοσίας της κοίτης του Ταυρωνίτη και των υδροφόρων οριζόντων στους νεογενείς σχηματισμούς της λεκάνης Ταυρωνίτη

πλέον ευνοϊκή, εκτιμάται ότι η όλη παρέμβαση δε μπορεί να παρακρατήσει ποσότητες μεγαλύτερες από $0,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, την περίοδο της χαμηλής στάθμης.

Στην περίπτωση που κριθεί τεχνικοοικονομικά εφικτή η λύση αυτή, τα υπόγεια διαφράγματα προτείνεται να κατασκευασθούν στις τεταρτογενείς προσχώσεις του Ταυρωνίτη και να είναι από άργιλο ή μείγμα αργίλου – μπεντονίτη (ανάλογα με τη διαπερατότητα των προσφερόμενων υλικών). Το μέγιστο βάθος του κάθε διαφράγματος θα είναι 12 μέχρι 15 m περίπου, το οποίο αντιστοιχεί στο πάχος των προσχώσεων υπολογίζοντας επιπλέον και ένα μικρό βάθος υποκείμενων διαβρωμένων ημιπερατών νεογενών σχηματισμών. Το μήκος κάθε διαφράγματος θα ορίζεται από εύρος των τεταρτογενών κατά μήκος του Ταυρωνίτη. Η στέψη των διαφραγμάτων θα φθάνει σε κάθε θέση 1 m υψηλότερα από την υψηλή στάθμη της υπόγειας υδροφορίας, η οποία μετρήθηκε στη διάρκεια εκπόνησης της μελέτης.

Με βάση:

- την ετήσια διακύμανση της στάθμης στα Σ.Ε.Ν. (5 m περίπου)
- την υπόγεια υδραυλική κλίση που κυμαίνεται από 0,5% μέχρι 1,7% και
- το μήκος των περίπου 10 km του Ταυρωνίτη (από Βουκολιές μέχρι ανάντη της γέφυρας της παλαιάς Ε.Ο. Χανιά – Κίσαμμος), τμήμα στο οποίο διαμορφώνεται η πιεζομετρία

απαιτείται, για τη μείωση της υπόγειας απορροής με τη δημιουργία μικρών υπόγειων ταμειυτήρων, η κατασκευή 11 διαφραγμάτων. Σε πρώτη φάση μπορούν να κατασκευασθούν τα δύο πρώτα αρχίζοντας από τα ανάντη. Πριν και μετά την κατασκευή των διαφραγμάτων θα χρειαστεί συστηματική παρακολούθηση (μετρήσεις στάθμης, ανάντη και κατόντη των θέσεων των διαφραγμάτων), ώστε με αξιολόγηση να προκύψουν τα αναγκαία συμπεράσματα σε σχέση με τις συνθήκες που προαναφέρθηκαν.

Στο Παράρτημα II παρουσιάζεται γεωλογικός χάρτης τμήματος της λεκάνης απορροής του ποταμού Ταυρωνίτη και παραθέτονται τα δελτία απογραφής των υπαρχόντων φρεατίων και γεωτρήσεων. Επίσης παρουσιάζεται χάρτης χημικής ανάλυσης νερού του ποταμού Ταυρωνίτη της περιόδου Απριλίου '99 [34].

4.2.4 Ποιοτικά χαρακτηριστικά

Στον ποταμό Ταυρωνίτη τα νερά είναι γενικά του τύπου $\text{Ca}^{2+}\text{-Na-HCO}_3^-$, ενώ σποραδικότερα έχουμε εμφανίσεις και των ιόντων Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} .

Η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου κυμαίνεται από 14,2 mg/L έως 141,8 mg/L με μία μέση τιμή 56,6 mg/L, των θειικών από 14,4 mg/L έως 1359,3 mg/L με μία μέση τιμή 181,5 mg/L, ενώ η αγωγιμότητα από 320 $\mu\text{S/cm}$ έως 2700 $\mu\text{S/cm}$ με μία μέση τιμή 809 $\mu\text{S/cm}$.

Οι συγκεντρώσεις των ιόντων χλωρίου είναι κάτω από τα ανώτερα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας, ενώ σε κάποια δείγματα (Φ270, Γ268, Φ243, Φ263, Φ264) παρατηρούνται συγκεντρώσεις SO_4^{2-} αρκετά υψηλότερες των ανώτερων επιτρεπτών ορίων ποσιμότητας, γεγονός που συνδέεται με εβαποριτικές αποθέσεις. Οι αγωγιμότητες είναι γενικά κάτω ή υπερβαίνουν λίγο τα ανώτερα επιτρεπτά όρια ποσιμότητας με εξαίρεση τα δείγματα που παρουσιάζουν υψηλή συγκέντρωση SO_4^{2-} [34].

Τέλος, όσον αφορά την αρδευτική καταλληλότητα, τα νερά κατατάσσονται στις κατηγορίες C2S1 και CS31, που σημαίνει ότι είναι νερά με χαμηλή επικινδυνότητα αλκαλίωσης και μέτριας ως υψηλής αλατότητας [34].

Στον Πίνακα 20 παρουσιάζονται μετρήσεις παροχής που πραγματοποιήθηκαν στον ποταμό Ταυρωνίτη (σημείο Σιρίλι) από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών τη χρονική περίοδο 1996 – 2004.

Πίνακας 20. Μετρήσεις αγωγιμότητας στον ποταμό Ταυρωνίτη από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών [23]

Ημερομηνία	Αγωγιμότητα ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	Ημερομηνία	Αγωγιμότητα ($\mu\text{s}/\text{cm}$)
19-Δεκ-96	656,00	21-Ιαν-00	464,00
29-Ιαν-97	403,00	14-Φεβ-00	376,00
21-Φεβ-97	331,00	6-Δεκ-00	277,00
27-Μαρ-97	385,00	7-Μαρ-01	361,00
5-Μαΐ-97	770,00	22-Μαΐ-02	492,00
9-Ιουν-97	585,00	28-Ιουν-02	653,00
31-Ιουλ-97	714,00	10-Ιουλ-02	710,00
28-Νοε-97	590,00	17-Δεκ-02	394,00
12-Δεκ-97	417,00	14-Ιαν-03	341,00
10-Φεβ-98	366,00	27-Φεβ-03	335,00
23-Μαρ-98	363,00	26-Μαρ-03	331,00
30-Απρ-98	404,00	15-Απρ-03	347,00
26-Μαΐ-98	530,00	15-Μαΐ-03	430,00
19-Ιουν-98	544,00	18-Ιουν-03	525,00
31-Δεκ-98		14-Ιουλ-03	570,00
25-Ιαν-99		13-Αυγ-03	760,00
2-Μαρ-99	327,00	18-Νοε-03	
22-Απρ-99	399,00	22-Δεκ-03	421,00
19-Μαΐ-99	517,00	29-Ιαν-04	269,00
15-Ιουν-99	530,00	12-Φεβ-04	294,00

Κεφάλαιο 5

Στα πλαίσια της εργασίας, μέσω της μέτρησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού που παρουσιάζονται σε αυτό το κεφάλαιο, έγινε μία εκτίμηση για την υφιστάμενη ποιοτική κατάσταση των υδάτων των δύο ποταμών. Για το σκοπό αυτό τα αποτελέσματα των μετρήσεων συγκρίθηκαν με τις αντίστοιχες τιμές που ορίζονται ως επιτρεπτές από την ισχύουσα νομοθεσία για την ποιότητα των υδάτων. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν τόσο με την Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001 [21], η οποία αποτελεί εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με την οδηγία 98/83/ΕΚ για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, όσο και με την Υπουργική Απόφαση 46399/1352/86 [18], η οποία αφορά την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων και αποτελεί εναρμόνιση της ελληνικής νομοθεσίας με τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440/ΕΟΚ, 76/160/ΕΟΚ, 78/659/ΕΟΚ, 79/923/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ.

Η κύρια χρήση του νερού στις περιοχές που μελετήθηκαν είναι η άρδευση. Συνεπώς η σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις τιμές των αντίστοιχων επιτρεπτών ορίων που έχουν τεθεί για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης δεν έχει κάποια πρακτική σημασία. Τα πρότυπα που καθορίζονται για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία ως σημείο αναφοράς, προκειμένου να αξιολογηθεί η ποιότητα του νερού των δύο ποταμών σε σχέση με τα πρότυπα αυτά. Επιπλέον γίνεται σύγκριση με την οδηγία 75/440/ΕΟΚ, η οποία εναρμονίζεται στην ελληνική νομοθεσία μέσω της Υπουργικής Απόφασης 46399/1352/86 και αφορά τα επιφανειακά νερά που προορίζονται για ύδρευση. Η σύγκριση αυτή θα ήταν δυνατόν να φανεί χρήσιμη στην κατηγοριοποίηση των υδάτων των δύο ποταμών σε μία από τις τρεις κατηγορίες που ορίζει η οδηγία. Οι κατηγορίες αυτές ορίζονται ως Α1, Α2 και Α3 και διαφοροποιούνται, όπως αναφέρεται και στην παράγραφο 2.5, ανάλογα με την επεξεργασία η οποία πρέπει να προηγηθεί στο νερό προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς ύδρευσης. Τέλος γίνεται σύγκριση με τα πρότυπα για τα νερά κολύμβησης που ορίζονται στην οδηγία 76/160/ΕΟΚ, η οποία εναρμονίζεται και αυτή στην ελληνική νομοθεσία μέσω της Υπουργικής Απόφασης 46399/1352/86. Ο σκοπός της σύγκρισης αυτής είναι να αξιολογηθεί η ποιότητα του νερού των δύο ποταμών σε σχέση με τα επιθυμητά όρια που ορίζονται από τη νομοθεσία για τα νερά κολύμβησης.

Οι συγκρίσεις που προαναφέρθηκαν γίνονται στα κεφάλαια 7 και 8 της εργασίας, παράλληλα με την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και τον σχολιασμό τους.

Ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

5.1 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

5.1.1 Θολότητα

Η θολότητα αποτελεί μία έκφραση της οπτικής ιδιότητας ενός δείγματος νερού να σκεδάζει και να απορροφά το φως που διέρχεται από αυτό και να μη μεταδίδει το

φως σε ευθεία γραμμή. Συσχέτιση της θολότητας με το περιεχόμενο του δείγματος σε βάρος αιωρούμενων στερεών είναι δύσκολη, διότι το διαφορετικό μέγεθος, σχήμα και σύσταση των στερεών επηρεάζουν το βαθμό σκέδασης του φωτός [24].

Η θολότητα είναι μία σημαντική παράμετρος αισθητικής αποδοχής από τους καταναλωτές, αλλά και λειτουργικής καταλληλότητας στο βαθμό που επηρεάζεται αρνητικά η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Οι καταναλωτές πρέπει να αποφεύγουν την κατανάλωση νερού που είναι ορατά θολό.

Η θολότητα αυτή καθ' αυτή δεν έχει κάποιο άμεσο αποτέλεσμα στην υγεία. Συνήθως οφείλεται στην παρουσία αργίλου, κολοειδούς ύλης σε αιώρηση και μικροοργανισμούς (κυρίως φύκη). Ωστόσο ορισμένα ορυκτά υλικά (όπως βαρέα μέταλλα) ή οργανικές ενώσεις (φυτοφάρμακα κλπ) ή βακτήρια έχουν την τάση να προσκολλώνται στα αιωρούμενα σωματίδια.

Αιωρούμενα στερεά που προκαλούν αύξηση της θολότητας βοηθούν την ανάπτυξη βακτηρίων, επειδή στην επιφάνειά τους που προσκολλώνται τα βακτήρια, προσροφώνται και ανόργανα και οργανικά θρεπτικά υλικά.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα συσχέτισης θολότητας και χαμηλής ποιότητας νερού. Η υψηλή θολότητα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης [29].

Η θολότητα του νερού είναι μία καθοριστική παράμετρος που περιορίζει τις χρήσεις του. Αντίθετα η διαύγεια είναι απαραίτητη τόσο για το πόσιμο νερό όσο για τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις π.χ. στη βιομηχανία ποτών, αναψυκτικών, τροφίμων, κ.ά. Για τους λόγους αυτούς η θολότητα είναι μία βασική παράμετρος ελέγχου της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των νερών.

5.2 Φυσικοχημικές παράμετροι

5.2.1 Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH)

Το pH του νερού αποτελεί ένα μέτρο της ισορροπίας όξινων και βασικών ενώσεων που βρίσκονται σε διάλυση. Υπάρχει μια κλίμακα μέτρησης του pH με εύρος από 0 - 14. Στην κλίμακα αυτή το 7 σημαίνει ουδέτερο διάλυμα. Κάτω από 7 το διάλυμα γίνεται όξινο και όσο μικρότερη τιμή έχουμε τόσο μεγαλύτερη οξύτητα παρουσιάζει. Πάνω από το 7 το διάλυμα γίνεται αλκαλικό (βασικό) και όσο μεγαλύτερη τιμή έχουμε τόσο μεγαλύτερη αλκαλικότητα παρουσιάζει.

Η τιμή του pH μπορεί να μεταβληθεί κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του νερού. Η χλωρίωση με αέριο χλώριο συνήθως μειώνει το pH, ενώ η αποσκλήρυνση με προσθήκη άλμης / σόδας αυξάνει το pH [29].

Το pH των φυσικών νερών έχει ιδιαίτερη σημασία για τους ζωντανούς οργανισμούς οι οποίοι παρουσιάζουν μικρή αντοχή στις μεταβολές του. Κάποια είδη σαύρας και βατράχων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις μεταβολές του κυρίως στο χαμηλό pH.

Μελέτες έχουν δείξει ότι νερά με pH μεταξύ 6,7 και 8,6 βοηθούν την ανάπτυξη των ψαριών με άριστες τιμές 7,5 έως 8,5. Όσο οι τιμές του pH βρίσκονται μέσα σε αυτά τα όρια δεν υπάρχει δυσμενής επίπτωση για την ανάπτυξη της ζωής και για την αναπαραγωγή. Πολλά είδη ψαριών βέβαια μπορούν να ζήσουν και σε νερά με τιμές pH υψηλότερες ή χαμηλότερες. Σαν παραδείγματα αναφέρουμε την πέστροφα με

όρια pH 5,5 - 9,4, τον κυπρίνο με όρια pH 4,5 - 10,8. Υπάρχουν όμως και ψάρια που δεν μπορούν να ζήσουν έξω από τα όρια 5 - 9.

Αν διαπιστώσουμε ότι μια υδάτινη μάζα έχει pH έξω από τα όρια 7 - 8,5 τότε πρέπει να υποπτευθούμε ότι υπάρχει μόλυνση και ρύπανση του νερού.

Μία απευθείας συσχέτιση του pH του νερού με την ανθρώπινη υγεία είναι αδύνατον να προσδιοριστεί αφού το pH σχετίζεται με πολλές άλλες ποιοτικές παραμέτρους του νερού. Τιμές του pH πάνω από 10 προκαλούν ερεθισμό ή ακόμα και βλάβη στο δέρμα. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του pH τόσο εντονότερος είναι ο ερεθισμός που μπορεί να προκληθεί στα μάτια.

Υψηλές τιμές pH μπορούν να έχουν έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία αφού μειώνουν την απολυμαντική ικανότητα της χλωρίωσης και συντελούν στην αύξηση της διάβρωσης των σιδηρών σωλήνων, αυξάνοντας έτσι τις συγκεντρώσεις των διαλυμένων αλάτων στο νερό. Υψηλές τιμές pH μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα αισθητικής, όπως έντονο χρωματισμό και πικρή γεύση.

5.2.2. Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα ορίζεται ως το αντίστροφο της αντίστασης R ($L=1/R$) και εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από τους διάφορους αγωγούς.

Για να υπάρχει δυνατότητα σύγκρισης των τιμών της αγωγιμότητας που λαμβάνονται με διάφορα ηλεκτρόδια χρησιμοποιείται ο όρος ειδική αγωγιμότητα κ με μονάδες $\mu\text{hos/cm}$ ή mS/cm , $1 \mu\text{S/cm} = 1 \mu\text{hos/cm}$.

Η ειδική αγωγιμότητα του νερού επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία και αυξάνεται μ' αυτήν. Για το λόγο αυτό, κάθε φορά που γίνονται μετρήσεις αγωγιμότητας, καταγράφεται και η θερμοκρασία του νερού κι αν είναι απαραίτητο γίνονται οι σχετικές διορθώσεις με τη βοήθεια των πινάκων σχέσης αγωγιμότητας-θερμοκρασίας.

Είναι μία πολύ χρήσιμη παράμετρος στον έλεγχο της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των νερών. Η παράμετρος αυτή δίνει ένα μέτρο της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο νερό. Ως εκ τούτου δε μπορεί να συνδεθεί άμεσα με την υγεία. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί μόνο σα μία σημαντική λειτουργική παράμετρος.

Το νερό που διέρχεται μέσα από ασβεστόλιθους, που αποτελούν την πλειοψηφία των ελληνικών βουνών, διαλύει σημαντική ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) που συντελεί στην αύξηση της αγωγιμότητας. Έτσι το νερό των γεωτρήσεων και των χειμάρρων είναι συνήθως πάνω από $250 \mu\text{S/cm}$ [29].

Επίσης η τιμή της ειδικής αγωγιμότητας μας πληροφορεί για (α) το βαθμό καθαρότητας του απιονισμένου νερού και (β) το βαθμό επιβάρυνσης του νερού της βροχής με διάφορα ιόντα. Οι καθαρές βροχές έχουν κατά κανόνα τιμές αγωγιμότητας που κυμαίνονται από $20\text{-}50 \mu\text{hos}\cdot\text{cm}^{-1}$. Βροχές που σχηματίζονται ή περνούν από περιοχές με αυξημένη ρύπανση εμφανίζουν αυξημένες τιμές οι οποίες ορισμένες φορές φθάνουν και τα $500 \mu\text{hos}\cdot\text{cm}^{-1}$, π.χ. ορισμένες βροχές που πέφτουν στην Ελλάδα με προέλευση τη Β.Αφρική (λασποβροχές).

5.2.3 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία μαζί με το διαλυμένο οξυγόνο αποτελούν τις σημαντικότερες ίσως παραμέτρους που επηρεάζουν τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Όλοι οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν σε πολύ συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών, το ξεπέρασμα του οποίου επιφέρει, αρχικά «στρες» και στη συνέχεια το θάνατο. Γι' αυτό η μέτρηση της θερμοκρασίας πρέπει να συνοδεύει κάθε δειγματοληψία.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας είναι ακόμη απαραίτητη στη διαδικασία μέτρησης ορισμένων χαρακτηριστικών του νερού, όπως το pH, η αγωγιμότητα, η αλατότητα, το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο κλπ.

Επίσης, σε ωκεανογραφικές και λιμνολογικές έρευνες, η μέτρηση της θερμοκρασίας μαζί με εκείνη του βάθους, του διαλυμένου οξυγόνου και της αλατότητας είναι βασική προϋπόθεση προκειμένου να υπολογιστεί το επίπεδο κορεσμού του νερού σε οξυγόνο.

Η θερμοκρασία των επεξεργασμένων αποβλήτων που αποχετεύονται στη θάλασσα ή άλλα επιφανειακά νερά επίσης, πρέπει να βρίσκεται σε ορισμένα όρια (25-40 °C) και πρέπει να ελέγχεται τακτικά σύμφωνα με τη νομοθεσία μας [24].

5.2.4 Αλατότητα

Η αλατότητα είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για ωκεανογραφικές έρευνες, υδατοκαλλιέργειες και για τον έλεγχο ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων. Στα θαλάσσια οικοσυστήματα, η αλατότητα μαζί με τη θερμοκρασία και το οξυγόνο καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τα είδη και τον αριθμό των διαφόρων ειδών χλωρίδας και πανίδας που τα συνθέτουν ενώ στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς, ο έλεγχος και η ρύθμιση της αλατότητας αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην εκκόλαψη και στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των ιχθυοειδών.

Ως αλατότητα του νερού ορίζεται η συγκέντρωση των ολικών στερεών που περιέχονται στο θαλασσινό νερό όταν όλα τα ανθρακικά άλατα έχουν μετατραπεί σε οξειδία, όλα τα βρωμιούχα και ιωδιούχα έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα και όλες οι οργανικές ουσίες έχουν πλήρως οξειδωθεί. Ο εργαστηριακός προσδιορισμός των αλάτων που περιέχονται σε ένα δείγμα νερού με ξήρανση και ζύγιση δεν είναι εύκολος στην πράξη, γιατί κάποια συστατικά χάνονται κατά τη διάρκεια της θέρμανσης. Ο μόνος αξιόπιστος τρόπος για τον προσδιορισμό της αλατότητας του νερού είναι η πλήρης χημική ανάλυση. Όμως κάτι τέτοιο θα ήταν εξαιρετικά χρονοβόρο. Έτσι στην πράξη η αλατότητα προσδιορίζεται με έμμεσες μεθόδους οι οποίες βασίζονται κυρίως στις φυσικές ιδιότητες του νερού, όπως η αγωγιμότητα, πυκνότητα κλπ.

Η αριθμητική τιμή της αλατότητας είναι συνήθως μικρότερη από την τιμή των ολικών διαλυμένων στερεών. Η αλατότητα, εκφράζεται σε γραμμάρια ανά χιλιόγραμμο (g/kg) ή ως ποσοστό επί τοις χιλίοις (‰) και συνηθίζεται να συμβολίζεται ως S.

Η αλατότητα εξαρτάται από την περιεκτικότητα του νερού σε χλωριούχα, βρωμιούχα και ιωδιούχα ιόντα. Συναφής όρος με την αλατότητα είναι και η χλωριότητα, που ορίζεται ως η περιεκτικότητα του δείγματος σε χλωριούχα,

βρωμιούχα και ιωδιούχα (σε g) που περιέχεται (σε 1 kg) θαλασσινού νερού, αν υποθεθεί ότι το βρώμιο και το ιώδιο έχουν αντικατασταθεί από χλώριο [24].

Ένας εμπειρικός τύπος συσχέτισης της αλατότητας με την χλωριότητα που ισχύει για το θαλασσινό νερό είναι ο ακόλουθος:

$$S (\%) = 0,03 + 1,805 \times Cl (\%) \quad [24]$$

όπου: S, η αλατότητα και
Cl, η χλωριότητα.

5.2.5 Ολικά στερεά

Μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους του νερού και των υγρών αποβλήτων είναι η συγκέντρωση των ολικών στερεών σωματιδίων που συνίσταται από αιωρούμενη, καθιζώμενη, κολλοειδή και διαλυμένη μάζα. Ως ολικά στερεά σωματίδια ορίζεται όλη εκείνη η μάζα που παραμένει ως στερεό υπόλειμμα, όταν ένα δείγμα νερού ή υγρών αποβλήτων υποστεί εξάτμιση στους 105 °C. Τα ολικά στερεά συστατικά βρίσκονται αιωρημένα (αιωρούμενα στερεά, Suspend Solids – SS) ή διαλυμένα (διαλυμένα στερεά, Dissolved Solids – DS) στη μάζα ενός δείγματος νερού ή υγρών αποβλήτων και αποτελούνται από οργανικά (ή εξαερώσιμα υλικά) στερεά (Volatile Solids – VS) και ανόργανα (αδρανή, στερεά ή μη εξαερώσιμα, Non – volatile ή Fixed Solids – FS) στερεά.

Από άποψη ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος μεγάλη σημασία έχουν τα SS, γιατί κατά τη διοχέτευση των απόβλητων σε έναν υδάτινο φορέα συσσωρεύονται στον πυθμένα δημιουργώντας στρώμα λάσπης και ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες για το οικοσύστημα του φορέα. Τα DS προκαλούν τη θολότητα του υδάτινου αποδέκτη [30].

Μία αναλυτική έκφραση που συνδέει με ικανοποιητική ακρίβεια (της τάξης του 10%) την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) με τα TDS (Total Dissolved Solids – TDS) είναι η ακόλουθη:

$$TDS (\text{mg/L}) = 640 \times EC (\text{mmhos/cm ή dS/m}) \quad [30]$$

Όσον αφορά το πόσιμο νερό, η παράμετρος των TDS χρησιμοποιείται, κυρίως, στην αξιολόγηση της ποιότητάς του με ανώτατη επιτρεπτή τιμή 1500 mg/L. Συνήθως, όμως, οι τιμές του πόσιμου νερού κυμαίνονται στα 300-400 mg/L [29].

5.3 Ανόργανα συστατικά

5.3.1 Άζωτο

Το στοιχείο άζωτο που συναντάμε στα νερά μπορεί να έχει προέλευση από την ατμόσφαιρα, από ανόργανες και οργανικές ενώσεις. Με δεδομένο ότι το άζωτο συμμετέχει σε ένα πλήρη βιοχημικό κύκλο περιμένουμε και τις τρεις αυτές μορφές να υπάρχουν στο φυσικό νερό:

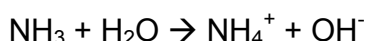
1. Διαλυμένο αέριο άζωτο
2. Ανόργανες αζωτούχες ενώσεις, νιτρώδη, νιτρικά, αμμωνιακά ιόντα και αμμωνία.

3. Πολλές οργανικές ενώσεις που περιέχουν άζωτο όπως οι πρωτεΐνες και προϊόντα μεταβολισμού όπως η ουρία και το ουρικό οξύ.

Από τις παραπάνω μορφές αζώτου, το ατμοσφαιρικό άζωτο πρέπει να αποκλεισθεί σαν δείκτης αζωτούχων ρυπάνσεων. Τα επιφανειακά νερά είναι σε διαρκή επαφή με την ατμόσφαιρα και συνεπώς είναι κορεσμένα σε αέριο άζωτο. Τα οργανικά συστατικά είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν και έτσι μόνο οι ανόργανες μορφές αζώτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν δείκτες αζωτούχου ρύπανσης.

5.3.2 Αμμωνιακά ιόντα

Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να βρίσκεται υπό την μορφή αμμωνιακών ιόντων (NH_4^+) ή ελεύθερης αμμωνίας (NH_3), ανάλογα με το pH του διαλύματος, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση ισορροπίας:



Στα υπόγεια νερά η συγκέντρωση του αμμωνίου είναι χαμηλή και συνήθως κάτω από 0,5 mg/L. Ωστόσο, σε υπόγεια νερά όπου το υπέδαφος είναι πλούσιο σε χουμώδεις ουσίες ή περιέχει στρώματα πλούσια σε σίδηρο, το αμμώνιο μπορεί να ανέλθει στα 1- 3 mg/L. Σε νερό από πολύ βαθείς υδροφόρους, έχουν παρατηρηθεί συγκεντρώσεις μέχρι και 50 mg/L.

Η αμμωνία είναι προϊόν αποσύνθεσης των φυτικών και ζωικών πρωτεϊνών και απορριμμάτων. Σχηματίζεται ακόμα από την διάσπαση της ουρίας και του ουρικού οξέος. Με δεδομένο ότι πολλά λιπάσματα περιέχουν αμμωνία και ενώσεις αμμωνίας, η έκπλυση των χωραφιών μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας στο νερό. Μελετώντας κάποιος τον κύκλο του αζώτου σε ένα φυσικό οικοσύστημα καταλαβαίνει και τον ρόλο της αμμωνίας.

Το αμμώνιο δεν επηρεάζει την υγεία στις συνήθεις συγκεντρώσεις που απαντάται στο πόσιμο νερό (συνήθως κάτω από 0,5 mg/L) αλλά ούτε και σε υψηλότερες. Συνήθως αυξημένες συγκεντρώσεις γίνονται αντιληπτές με την οσμή. Εν τούτοις, είναι ιδιαίτερης σημασίας για το πόσιμο νερό επειδή είναι δείκτης κοπρανώδους μόλυνσης και αντιδρά με το χλώριο που τυχόν προστίθεται για απολύμανση και μειώνει την αποτελεσματικότητά του. Η ύπαρξη αυξημένων συγκεντρώσεων αμμωνίου ευνοεί την ανάπτυξη αυτοχθόνων βακτηρίων και φυκών στο νερό επειδή αποτελεί βασικό θρεπτικό συστατικών αυτών. Επίσης το αμμώνιο συμβάλλει σημαντικά στη διάβρωση του χαλκού και των κραμάτων αυτού.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, στη χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση αμμωνιακών στο πόσιμο νερό είναι 0,50 mg/L, ενώ το ανώτατο επιτρεπτό όριο στα γλυκά νερά για τη διαβίωση της πέστροφας και των ειδών της οικογένειας των Σαλμονίδων και Κυπρινίδων, είναι 0,025 mg/L. Στα απόβλητα που εκβάλουν στα επιφανειακά νερά η τιμή της ολικής αμμωνίας δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 15 mg/L [29].

5.3.3 Νιτρικά ιόντα

Το νιτρικό ιόν είναι η σταθερή μορφή του οξειδωμένου αζώτου. Στη φύση μπορεί να υποστεί αναγωγή και μετατροπή του σε νιτρώδες μέσω βακτηριακής δράσης.

Τα νιτρικά άλατα χρησιμοποιούνται κυρίως στην παρασκευή λιπασμάτων. Η εντατικοποίηση της αγροτικής παραγωγής οδήγησε στη χρήση, μετά το 1950, τεράστιων ποσοτήτων λιπασμάτων που περιείχαν άζωτο με την μορφή των νιτρικών ιόντων. Τα νιτρικά ιόντα είναι προϊόν της αποικοδόμησης των πρωτεϊνών στο νερό. Τα φυτά δεν αξιοποιούν το σύνολο του προστιθέμενου αζώτου και σε συνδυασμό με την μεγάλη διαλυτότητα των νιτρικών ιόντων στο νερό αυτά παρασύρονται προς τα βαθύτερα υδροφόρα στρώματα. Εκεί αν επικρατούν αερόβιες συνθήκες παραμένουν σαν νιτρικά ενώ αν επικρατούν αναερόβιες συνθήκες ανάγονται σε νιτρώδη ιόντα αλλά η διαδικασία αυτή μπορεί να φθάσει και μέχρι πλήρους μετατροπής σε μοριακό άζωτο (απονιτροποίηση).

Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στα επιφανειακά νερά είναι σχετικά χαμηλή (0 – 18 mg/L) αλλά όταν υπάρχουν εισροές από στραγγίσματα γεωργικών εκμεταλλεύσεων ή σκουπιδοτόπων, οι συγκεντρώσεις μπορεί να φτάσουν σε σημαντικά υψηλότερα επίπεδα. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες υπάρχει μία αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια που στην Αγγλία παρατηρήθηκε ότι φτάνει τα 0.7 mg/L ετησίως.

Σε υπόγεια νερά που δεν επηρεάζονται από εντατικές γεωργικές εκμεταλλεύσεις οι συνήθεις συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων είναι μερικά mg/L. Όμως αυτά που επηρεάζονται υδρολογικά από εκτάσεις που γίνεται έντονη χρήση λιπασμάτων οι συγκεντρώσεις μπορεί να φτάσουν πολύ ψηλά. Σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες έχουν παρατηρηθεί αυξητικές τάσεις που είναι της τάξης των 0.2 – 1.3 mg/L.

Τα νιτρικά ιόντα ανάγονται από βακτήρια στο στομάχι σε νιτρώδη. Τα νιτρώδη ιόντα αντιδρούν με τη μυογλοβίνη αντικαθιστώντας το οξυγόνο και τη μετατρέπουν σε νιτρωδομυογλοβίνη. Με τον τρόπο αυτό αποτρέπεται το οξυγόνο από το να φτάσει στους ιστούς. Πολλές επιδημιολογικές έρευνες προσπάθησαν να συνδέσουν τα νιτρικά ιόντα με τον καρκίνο (κυρίως του στομάχου). Αυτό όμως δεν έγινε κατορθωτό διότι παρεμβάλλεται μεγάλος αριθμός άλλων παραγόντων, πέρα από την έκθεση στα νιτρικά ιόντα.

Ο κίνδυνος είναι ιδιαίτερα μεγάλος για τα νεογνά μέχρι ηλικίας 3 μηνών τα οποία μπορούν να πάθουν ένα είδος αναιμίας, τη μεθαιμογλοβιναιμία, γνωστή και ως κυάνωση του βρέφους. Η αιμογλοβίνη των νεογνών είναι πιο επιρρεπής σε μετατροπή σε μεθαιμογλοβίνη σε σχέση με τα μεγαλύτερα παιδιά και τους ενήλικες. Συγκριτικές μελέτες στις ΗΠΑ έχουν δείξει ότι παιδιά μεγαλύτερα του ενός έτους που κατανάλωναν νερό με νιτρικά της τάξης 10 – 500 mg/L δεν έδειξαν διαφορά στη συγκέντρωση μεθαιμογλοβίνης στο αίμα τους σε σχέση με παιδιά της ίδιας ηλικίας που κατανάλωναν νερό με συγκέντρωση νιτρικών ιόντων μικρότερη των 10 mg/L. Μεθαιμογλοβίνη πάνω από 3% σε υγιή νεογνά έχει εντοπιστεί σε περιπτώσεις που το νερό είχε πάνω από 60 mg/L νιτρικά ιόντα.

Τέλος πιστεύεται ότι το υποξείδιο του αζώτου (N₂O) που εκλύεται στην ατμόσφαιρα και το οποίο κατά ένα ποσοστό προέρχεται από την απονιτροποίηση των αζωτούχων λιπασμάτων, παίζει σημαντικό ρόλο στην καταστροφή της

στοιβάδας του όζοντος της στρατόσφαιρας και συμβάλλει έτσι στην διαταραχή των κλιματικών συνθηκών του πλανήτη μας [24,29].

5.3.4. Φώσφορος

Στα επιφανειακά νερά και στα απόβλητα, ο φώσφορος απαντάται σε πολλές μορφές, πιο συχνά με τη μορφή ορθοφωσφορικών (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) και πολυορθοφωσφορικών (π.χ. $\text{Na}_3(\text{PO}_3)_6$) ιόντων και ως οργανικός φώσφορος, δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Όταν τα νερά είναι καθαρά, τα ορθοφωσφορικά ιόντα ανιχνεύονται σε μικρές μόνο ποσότητες. Τα ιόντα αυτά προέρχονται κατά το πλείστον από τις βροχές και από τη διάβρωση ορθοφωσφορικών πετρωμάτων (π.χ. απατίτης). Η παρουσία τους οφείλεται και σε πολλές άλλες πηγές, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Λύματα και απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς αποδέκτες, επιβαρημένα με σημαντικές ποσότητες φωσφόρου. Τα φωσφορούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες, δε δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και έτσι οι εκπλύσεις εδαφών περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου.

Ο φώσφορος είναι το 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 φυτών ή μακρόφυτων που με τη σειρά τους προκαλούν ευτροφισμό. Ο ευτροφισμός αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο πρόβλημα σε ποταμούς, λίμνες, εκβολές ποταμών και παράκτιες περιοχές [11].

Μία από τις μεγαλύτερες πηγές ορθοφωσφορικών ως ρυπαντές των νερών είναι τα απορρυπαντικά. Η αντίδραση συνθετικών απορρυπαντικών με ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου για να σχηματίσουν σύμπλοκα ιόντα, ελαττώνει την ικανότητα καθαρισμού των απορρυπαντικών. Τα πολυφωσφορικά ιόντα, τα οποία είναι ανιόντα που περιέχουν διάφορες φωσφορικές ομάδες ενωμένες με κοινό άτομο οξυγόνου, προστίθενται στα απορρυπαντικά ως πρόσθετα (builders), σχηματίζοντας έτσι ευδιάλυτα σύμπλοκα με τα μέταλλα αυτά. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπουν τα μόρια του απορρυπαντικού να δράσουν ως παράγοντες καθαρισμού, παρά να είναι δεσμευμένα ως σύμπλοκα με τα ιόντα Ca^{2+} και Mg^{2+} . Ένας άλλος ρόλος των προσθέτων είναι ότι μετατρέπουν το νερό πλυσίματος σε αλκαλικό, γεγονός που βοηθάει στην απομάκρυνση των ρύπων από διάφορους τύπους υφασμάτων.

Σύμφωνα με την νομοθεσία το επιθυμητό όριο ορθοφωσφορικών στο πόσιμο νερό είναι 0,4 mg/L P_2O_5 ενώ το ανώτατο όριο είναι 0,7 mg/L [24,29].

5.3.5 Διαλυμένο οξυγόνο

Το οξυγόνο είναι ένα διαυγές, χωρίς χρώμα, οσμή και γεύση αέριο, το οποίο διαλύεται μέχρι ένα ορισμένο όριο στο νερό. Οι υδρόβιοι οργανισμοί, φυτά και ζώα, οφείλουν την επιβίωση τους στο διαλυμένο οξυγόνο. Έτσι ο προσδιορισμός του περιεχομένου διαλυμένου οξυγόνου είναι ίσως ο πιο σημαντικός παράγοντας για να μετρήσουμε τη ποιότητα του νερού ενός ρεύματος, μιας λίμνης, μιας κλειστής ή

ρηχής θάλασσας ή οποιασδήποτε άλλης επιφανειακής υδάτινης μάζας. Γενικά ένα παραδεκτό περιβάλλον για τη ζωή των υδροβίων πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 5 mg/L οξυγόνο. Είναι προφανές ότι τα προς τα πάνω και προς τα κάτω όρια αυτής της τιμής είναι σχετικά μεγάλα και εξαρτώνται από τη φύση του οργανισμού, το βαθμό της δραστηριότητάς του, τους ρυπαντές που υπάρχουν, τη θερμοκρασία του νερού αλλά και άλλους παράγοντες. Σαν παράδειγμα αναφέρουμε ένα είδος πέστροφας που θέλει 55 mg οξυγόνου την ώρα για κάθε Kg του βάρους της, όταν αναπαύεται σε θερμοκρασία 5 °C. Στους 25 °C με όλες τις άλλες συνθήκες όμοιες η κατανάλωση ανέρχεται σε 285 mg την ώρα. Δεν αποτελεί σύμπτωση το γεγονός ότι ένα ψάρι, όπως η πέστροφα, με υψηλές απαιτήσεις κατανάλωσης οξυγόνου βρίσκεται στα κρύα συνεχώς ανανεούμενα νερά, ούτε το γεγονός ότι άλλα ψάρια που μπορούν να ζήσουν με χαμηλή περιεκτικότητα οξυγόνου βρίσκονται σε θερμά - στάσιμα νερά. Η επιλογή ενός περιβάλλοντος για να ζήσουν τα ψάρια ή άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί κανονίζεται σε μεγάλο βαθμό από το γεγονός ότι η διαλυτότητα του οξυγόνου, όπως και των άλλων αερίων, αυξάνει με την ελάττωση της θερμοκρασίας.

Το οξυγόνο είναι συχνά οριακός παράγοντας για την ύπαρξη ζωής σε μια υδάτινη μάζα. Το οξυγόνο που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό προέρχεται το περισσότερο από την ατμόσφαιρα και γι' αυτό η ποσότητα του εξαρτάται από την κινητικότητα των υδάτων. Το νερό ενός ποταμού περιέχει περισσότερο οξυγόνο από το νερό μιας λίμνης. Το υπόλοιπο οξυγόνο προέρχεται από τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης που γίνεται από τους υδρόβιους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς (φυτοπλαγκτόν, φύκη κλπ).

Το οξυγόνο καταναλώνεται από την αναπνοή των οργανισμών και αν ο ρυθμός εμπλουτισμού σε οξυγόνο είναι μικρότερος από τον ρυθμό κατανάλωσης του, έχουμε έλλειμμα οξυγόνου και τα ψάρια πεθαίνουν από ασφυξία.

Γενικά η περιεκτικότητα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

1. Τη θερμοκρασία
2. Την παρουσία ή την απουσία φυτών, τα οποία μπορούν να φωτοσυνθέτουν
3. Το βαθμό της διείσδυσης του φωτός, ο οποίος εξαρτάται από το βάθος
4. Το βαθμό θολότητας του νερού
5. Την κινητικότητα του νερού
6. Το ποσό της οργανικής ύλης που αποσυντίθεται στο νερό (αστικά λύματα, απόβλητα, νεκροί οργανισμοί).

Εάν η περιεκτικότητα του οξυγόνου στο νερό είναι σταθερά χαμηλή, όχι μόνο υπάρχει δυσμενής επίδραση για τη ζωή, αλλά ταυτόχρονα οι αναερόβιοι οργανισμοί αρχίζουν να αποσυνθέτουν την οργανική ύλη με αποτέλεσμα να δημιουργούν προϊόντα, όπως το υδρόθειο και το μεθάνιο. Το υδρόθειο είναι εκείνο που προκαλεί τη δυσάρεστη οσμή σε κόλπους με έντονη μόλυνση [24,29].

5.3.6 Ιόντα χλωρίου

Το χλώριο είναι ευρέως διαδεδομένο στη φύση και συνιστά περίπου το 0,05 % του στερεού φλοιού της γης. Το μεγαλύτερο από αυτό το ποσό βρίσκεται διαλυμένο στη θάλασσα. Εν τούτοις το χλώριο που βρίσκεται στο φυσικό γλυκό νερό είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις. Υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες που

βρίσκονται κοντά στην ακτή μπορεί να παρουσιάσουν πολύ υψηλότερες συγκεντρώσεις λόγω της διείσδυσης του θαλασσινού νερού. Μερικοί ποταμοί επίσης μπορεί να παρουσιάσουν υψηλές συγκεντρώσεις λόγω ρύπανσης από βιομηχανικά απόβλητα.

Η συγκέντρωση των χλωριούχων αλάτων στα αστικά λύματα και στα διασταλάζοντα υγρά των αστικών απορριμμάτων είναι σχετικά μεγάλη. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το χλωριούχο νάτριο είναι από τα βασικά συστατικά της διατροφής μας.

Το ιόν του χλωρίου είναι το πλέον διαδεδομένο στο ανθρώπινο σώμα και συμβάλλει σημαντικά στις οσμωτικές διαδικασίες των εξωκυτταρικών υγρών. Το επίπεδο των χλωριόντων στο σώμα ρυθμίζεται από ένα περίπλοκο σύστημα. Η ημερήσια λήψη χλωρίου από έναν ενήλικα είναι 2 – 5 gr.

Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριούχων αλάτων στο νερό προσδίδουν μία δυσάρεστη γεύση. Η επιθυμητή τιμή που έχει οριστεί από την Ε.Ε. ως 250 mg/L βασίζεται μόνο στην αρνητική επίπτωση στη γεύση του νερού. Γενικά υψηλές συγκεντρώσεις αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού.

Νερό με συγκέντρωση χλωριόντων μεγαλύτερη από 150 mg/L επιταχύνει τη διαδικασία της διάβρωσης στους μεταλλικούς αγωγούς με αποτέλεσμα να εντείνονται τα φαινόμενα «καφετί» χρωματισμού του νερού λόγω σκουριάς. Έτσι είναι απαραίτητο να ελέγχονται σε λειτουργική παράμετρος, διότι αυξάνουν το ρυθμό διάβρωσης των μεταλλικών επιφανειών [24,29].

5.4 Δείκτες οργανικού φορτίου

5.4.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) στα απόβλητα, στις απορροές εργοστάσιων και στα επιφανειακά νερά είναι μία έκφραση της ποσότητας του οξυγόνου που απαιτείται για την αποσύνθεση της οργανικής ύλης μέσω βιοχημικών διεργασιών. Η μέτρηση του BOD αποτελεί ένα σημαντικό έλεγχο για την επίδραση των οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων στις εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού και στους επιφανειακούς αποδέκτες.

Τα απόβλητα περιέχουν εκτός των άλλων και οργανικές αζωτούχες ενώσεις (με αμμωνιακές ομάδες), οι οποίες οξειδώνονται σε νιτρώδη και νιτρικά από νιτροποιητικά βακτήρια σε αργούς ρυθμούς.

Η οξείδωση όλων των οργανικών ενώσεων των αποβλήτων δίνεται παραστατικά από τον ακόλουθο τύπο.

Οργανικές ενώσεις + O₂ + μικροοργανισμοί → CO₂ + H₂O + ενέργεια + νέοι μικροοργανισμοί

Οργανικό άζωτο → NH₃ → NO₂⁻ → NO₃⁻ (νιτροποίηση)

Κατά τον προσδιορισμό του BOD συγκεκριμένος όγκος δείγματος επωάζεται σε σκοτεινό θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας 20 °C. Το BOD εκφράζεται σε mg/L O₂ και συμβολίζεται ως BOD₅, όταν ο χρόνος επώασης του δείγματος είναι 5 ημέρες. Φυσικά σε 5 ημέρες δεν αποικοδομούνται όλες οι οργανικές ενώσεις. Ιδιαίτερα οι

αζωτούχες ενώσεις αρχίζουν να αποικοδομούνται (και να νιτροποιείται το άζωτο) περίπου 10 ημέρες μετά την έναρξη της αποικοδόμησης των ενώσεων άνθρακα.

Η μικροβιακή αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως:

- είδος και αριθμός μικροοργανισμών
- προσφορά θρεπτικών συστατικών
- προσφορά οξυγόνου
- θερμοκρασία, φωτισμός, κ.ά.

Η παρουσία τοξικών ουσιών παρεμποδίζει τη δράση των μικροοργανισμών, έτσι ώστε οι τιμές BOD να εμφανίζονται μικρότερες ή ακόμη και μηδενικές.

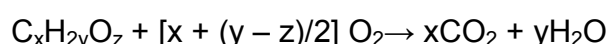
Ο προσδιορισμός του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου γίνεται με τρεις τρόπους: μανομετρικά (μέτρηση της πίεσης), ηλεκτροχημικά (μέτρηση με οξυγονόμετρο) και χημικά (ιωδομετρική μέτρηση) [24].

5.4.2 Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (COD)

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand - COD) είναι η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξειδωση – σε έντονα οξειδωτικό περιβάλλον – των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε ένα δείγμα υδάτων ή αποβλήτων. Είναι μία ακριβής και γρήγορη μέτρηση, χρήσιμη για την εκτίμηση της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και για τον έλεγχο και σχεδιασμό συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων.

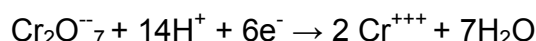
Οι τιμές COD δε συνδέονται άμεσα με τις τιμές του BOD, αλλά έμμεσα και εμπειρικά όταν πρόκειται για δείγματα σταθερής σύνθεσης. Στα δείγματα αυτά είναι δυνατό με βάση τις τιμές COD να εκτιμήσουμε τις τιμές του BOD. Αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για τον έλεγχο του οργανικού φορτίου δειγμάτων, τα οποία περιέχουν τοξικές ουσίες, και επομένως δεν είναι δυνατός ο προσδιορισμός του BOD.

Εάν έχουμε μία οργανική ένωση του τύπου $C_xH_{2y}O_z$ αυτή θα οξειδωθεί με οξυγόνο προς CO_2 και H_2O κατά την αντίδραση:



Έτσι μπορούμε να προσδιορίσουμε τον ολικό άνθρακα εφόσον γνωρίζουμε το λόγο $(y - z)/2$. Ο λόγος αυτός είναι άγνωστος τις περισσότερες φορές και έτσι η μέθοδος COD αποκτά μεγάλη αξία.

Το $K_2Cr_2O_7$ δρα ως οξειδωτικό σύμφωνα με την αντίδραση



Η οξειδωση των περισσότερων οργανικών ενώσεων είναι επιτυχής σε ποσοστό πάνω από το 90% της θεωρητικής τιμής. Το ποσοστό των οργανικών ενώσεων που οξειδώνονται αυξάνει σημαντικά παρουσία θειικού αργύρου.

Τα δείγματα που πρόκειται να αναλυθούν για COD τοποθετούνται σε δοχεία πολυαιθυλενίου ή γυάλινα και διατηρούνται μέχρι 7 ημέρες, εφ' όσον προστεθεί H_2SO_4 ($pH < 2$) [24].

5.4.3 Απορρυπαντικά

Τα τελευταία χρόνια με τη μεγάλη διάδοση των απορρυπαντικών και τη γενικευμένη χρήση τους ως μέσων οικιακού καθαρισμού, η παρουσία των απορρυπαντικών στα επιφανειακά νερά όπου καταλήγουν τα αστικά λύματα είναι μετρήσιμη ενώ συχνά η παρουσία τους γίνεται ορατή και μακροσκοπικά από την παρουσία αφρών και γαλακτωμάτων στην επιφάνεια της θάλασσας ή των λιμνών.

Τα απορρυπαντικά είναι συνθετικές επιφανειοδραστικές ουσίες που περιέχουν στο ίδιο μόριο μία υδρόφοβη και μία υδρόφιλη ομάδα. Μόρια με τέτοια δομή, έχουν την ιδιότητα να υπεισέρχονται στην επιφάνεια του νερού και ενός άλλου μέσου, π.χ. αέρα, πετρέλαιο, λάδι, σωματίδια και να διαχωρίζουν τη μία φάση από την άλλη, προκαλώντας αφρισμό, γαλακτώματα ή συσσωματώματα. Η υδρόφοβη ομάδα των απορρυπαντικών αποτελείται από ένα υδρογονάνθρακα με 10 ως 20 άτομα άνθρακα. Οι υδρόφιλες ομάδες είναι δύο τύπων, αυτές που ιονίζουν το νερό και αυτές που δεν το ιονίζουν. Τα απορρυπαντικά που ιονίζουν το νερό μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες, τα ανιονικά και τα κατιονικά. Τα μη ιονιζόμενα απορρυπαντικά συνήθως περιέχουν πολυοξυαιθυλενικές υδρόφιλες ομάδες.

Οι επιπτώσεις που προκαλούν τα απορρυπαντικά στο φυσικό περιβάλλον, εκτός από τα προβλήματα αφρισμού και γαλακτωμάτων που δημιουργούν, είναι ο μεγάλος χρόνος διάσπασής τους και η συμβολή τους στη δημιουργία ευτροφικών συνθηκών σε κλειστά συστήματα επιφανειακών υδάτων, λόγω της περιεκτικότητάς τους σε πολυορθοφωσφορικά άλατα που προστίθενται στα απορρυπαντικά για αποσκλήρυνση του νερού. Το πρόβλημα ήταν ιδιαίτερα σοβαρό παλιότερα που χρησιμοποιούνταν απορρυπαντικά τύπου A.B.S. (αλκυ-λο-βενζο-σουλφονικά άλατα) που δομικά περιέχουν ομάδες αλκυλίων διακλαδισμένης διάταξης, δύσκολα βιοδιασπάσιμες. Η αλλαγή της σύνθεσης των απορρυπαντικών από τα μέσα του 1965 και η παραγωγή περισσότερο βιοδιασπάσιμων απορρυπαντικών, τύπου L.A.S. (ευθείας αλύσου σουλφονικά άλατα), μείωσε σημαντικά τα περιστατικά αφρισμού, δεν εξάλειψε όμως τα προβλήματα ευτροφισμού από την παρουσία των πολυορθοφωσφορικών αλάτων.

Τα περισσότερα απορρυπαντικά που χρησιμοποιούνται σήμερα, είναι ανιονικού τύπου. Στα ανεπεξέργαστα λύματα η περιεκτικότητα των ανιονικών απορρυπαντικών κυμαίνεται από 1 ως 20 mg L⁻¹. Στα επιφανειακά νερά η περιεκτικότητα των ανιονικών απορρυπαντικών είναι συνήθως μικρότερη από 0,1 mg L⁻¹ με εξαίρεση τα σημεία εκβολής των αποχετευτικών αγωγών, όπου μπορεί να είναι υψηλότερη.

Στο πόσιμο νερό η ανώτατη παραδεκτή τιμή των επιφανειοδραστικών ουσιών που αντιδρούν με το κυανούν του μεθυλενίου είναι 200 mg L⁻¹. Στα απόβλητα που αποχετεύονται σε ρέματα ή τη θάλασσα η συγκέντρωση των απορρυπαντικών πρέπει να είναι λιγότερο από 5 mg L⁻¹ και βιοδιασπάσιμα σε ποσοστό 80 %.

Στην τελευταία έκδοση των Πρότυπων Μεθόδων Εξέτασης Υδάτων και Αποβλήτων των Η.Π.Α. περιλαμβάνονται δύο μέθοδοι για τον προσδιορισμό των απορρυπαντικών. Η πρώτη μέθοδος αφορά τον προσδιορισμό ανιονικών απορρυπαντικών, τύπου MBAS, που θεωρούνται οι ουσίες που αντιδρούν με το κυανούν του μεθυλενίου. Η δεύτερη μέθοδος αφορά τον προσδιορισμό μη ιονικών απορρυπαντικών. Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε η πρώτη μέθοδος που

αφορά τον προσδιορισμό ανιονικών απορρυπαντικών που είναι και τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα. Η μέθοδος αυτή περιγράφεται σε έκδοση της Αμερικάνικης Υπηρεσίας Δημόσιας Υγείας ((ΑΡΗΑ), 1989) ενώ προβλέπεται και από τον Αμερικάνικο Οργανισμό Τυποποίησης (ASTM, 1991) [24].

5.5 Μικροβιολογικές παράμετροι

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 όπως πόση, κολύμβηση, κτλ. Ο έλεγχος αυτός γίνεται με συγκεκριμένη μεθοδολογία και τεχνικές που σκοπό έχουν τον εντοπισμό της παρουσίας και προσδιορισμό της πυκνότητας μικροοργανισμών που είναι δείκτες κοπρικής μόλυνσης ή έχουν παθογόνο δυναμικό.

Από το πλήθος μικροοργανισμών που υπάρχουν στη φύση λίγοι είναι εκείνοι που είναι παθογόνοι και μπορούν να μεταδοθούν στον άνθρωπο από το νερό. Στους παθογόνους όμως μικροοργανισμούς, περιλαμβάνονται είδη που προκαλούν σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο όπως ο τύφος από *Salmonella typhosa*, η χολέρα από *Vibrio comma*, η δυσεντερία από *Entamoeba histolytica* κτλ. Σε μικροοργανισμούς οφείλονται και ιώσεις όπως η ηπατίτιδα, καθώς και μυκητιάσεις όπως οι κολπίτιδες, οι δερματίτιδες κτλ [24].

Ο προσδιορισμός του μικροβιακού φορτίου σε ένα δείγμα υδάτων ή υγρών αστικών αποβλήτων γίνεται μέσω της μέτρησης συγκεκριμένων βακτηρίων, τα οποία βρίσκονται στο πεπτικό σύστημα του ανθρώπου και των ζώων και στα κόπρανα και έχουν χαρακτηριστεί από τις υγειονομικές υπηρεσίες σα *μικροβιακοί δείκτες* σε σχέση με την ποιότητα του νερού.

Τα προαναφερθέντα βακτήρια χρησιμοποιούνται σα μικροβιακοί δείκτες λόγω μιας πιθανής συνύπαρξης τους στο πεπτικό σύστημα και στα κόπρανα με παθογόνους μικροοργανισμούς (βακτηρία, ιούς και πρωτόζωα) στα εξεταζόμενα δείγματα νερού.

Ως δείκτες κοπρικής ρύπανσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν είδη ή ομάδες μικροοργανισμών που πληρούν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Βρίσκονται στα λύματα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες απ' ότι οι παθογόνοι μικροοργανισμοί.
- Δεν πολλαπλασιάζονται στο εξωτερικό περιβάλλον.
- Είναι πιο ανθεκτικοί από τους παθογόνους μικροοργανισμούς τόσο στις συνήθεις τεχνικές απολύμανσης όσο και στο εξωτερικό περιβάλλον.
- Δίνουν χαρακτηριστικές αντιδράσεις εξειδικευμένες και σχετικά απλές που να επιτρέπουν γρήγορες και μονοσήμαντες αναγνωρίσεις.

Δεν υπάρχουν ιδανικοί δείκτες που να πληρούν όλες τις παραπάνω προϋποθέσεις. Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι μικροβιακοί δείκτες είναι τα ολικά κολοβακτήρια (Total Coliform), τα κοπρανώδη (θερμοανθεκτικά) κολοβακτήρια (Faecal Coliform), το βακτήριο *Escherichia coli* (*E. coli*), οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι και οι κοπρανώδεις εντερόκοκκοι. Οι δείκτες αυτοί έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για αρκετά χρόνια στο παρελθόν και εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται και σήμερα.

Οι δύο πρώτες ομάδες, παίρνουν το όνομά τους από την μορφολογική τους ομοιότητα με την *Escherichia coli*, βακτήριο που ζει συμβιωτικά στο τμήμα κόλον του

εντερικού σωλήνα του ανθρώπου και ορισμένων ζώων. Η *E. coli* είναι από τα πιο μελετημένα και ευκολοπροσδιοριζόμενα βακτήρια γι' αυτό δημιουργήθηκε η - εκτός ταξονομικής - ομάδα των κολοβακτηριδιομόρφων (Coliform) που μοιάζουν με το βακτήριο αυτό.

Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται αερόβια και επαμφοτερίζοντα βακτήρια που είναι πλατιά διαδεδομένα και αναπτύσσονται στο έδαφος, τα επιφανειακά νερά, τα τρόφιμα και αλλού. Η ομάδα αυτή περιλαμβάνει είδη από τα γένη *Klebsiella*, *Enterobacter* και *Citrobacter*. Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται ακόμα είδη που ζουν στο παχύ έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων και αποβάλλονται με τα λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Η παρουσία αντιπροσώπων από την ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων στο νερό αποτελεί ένδειξη επιμόλυνσης από εξωγενείς παράγοντες αν και δεν είναι απαραίτητο η προέλευσή τους να είναι αποκλειστικά κοπρική.

Στην ομάδα των κοπρανώδων κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται είδη που ζουν αποκλειστικά στο έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια περιέχονται σε μεγάλους αριθμούς, της τάξης των εκατομμυρίων, στα περιττώματα, τα λύματα και τα κτηνοτροφικά απόβλητα. Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια, ταξονομικά, ανήκουν στην οικογένεια των *Enterobacteriaceae* που περιλαμβάνει και το είδος *Escherichia coli*. Η παρουσία κοπρανώδων κολοβακτηρίων στο νερό αποτελεί σαφή ένδειξη κοπρικής επιμόλυνσης, χωρίς όμως να καθιστά το νερό υγειονομικά επικίνδυνο εάν δεν έχει ανιχνευθεί και η παρουσία συγκεκριμένων παθογόνων παραγόντων [24].

Κεφάλαιο 6

Πειραματικό μέρος

6.1 Διαδικασία και θέσεις δειγματοληψίας

Κατά τη δειγματοληψία χρησιμοποιήθηκαν φιάλες από πολυαιθυλένιο όγκου 2 L. Τα δείγματα φυλάσσονταν σε σκιερό μέρος κατά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο. Κατά τους θερινούς μήνες χρησιμοποιήθηκε φορητό ψυγείο για την αποθήκευσή τους. Η διαφορά μεταξύ ώρας δειγματοληψίας και ώρας έναρξης της ανάλυσης ήταν περίπου μία ώρα.

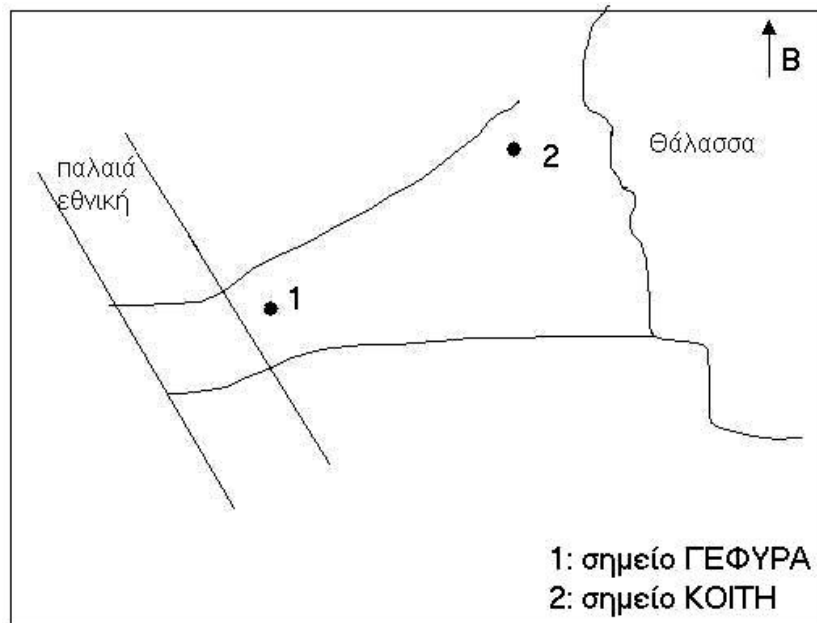
Στον ποταμό Κοιλιάρη επιλέχθηκαν δύο θέσεις δειγματοληψίας. Η θέση Κοίτη (Εικόνα 1) βρίσκεται στην εκβολή του ποταμού κοντά στη θάλασσα, ενώ η θέση Γέφυρα (Εικόνα 2) βρίσκεται περίπου 2,5 km ΝΔ της θέσης Κοίτη κάτω από την γέφυρα επί της παλαιάς εθνικής οδού (Σχήμα 9). Τα σημεία αυτά επιλέχθηκαν με σκοπό την παρακολούθηση της τυχόν ποιοτικής επιβάρυνσης του ποταμού κατά τη ροή του από την πηγή του ποταμού στην περιοχή του Στύλου ως την εκβολή του (θέση Κοίτη).



Εικόνα 1. Θέση δειγματοληψίας Κοίτη του ποταμού Κοιλιάρη



Εικόνα 2. Θέση δειγματοληψίας Γέφυρα του ποταμού Κοιλιάρη

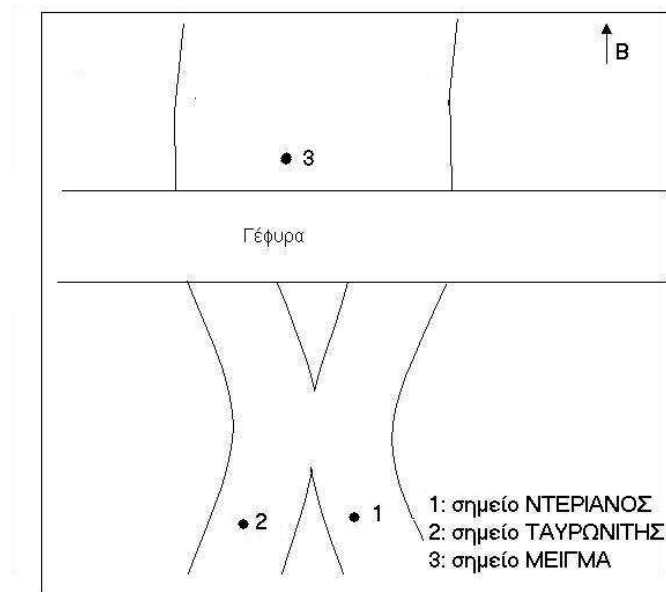


Σχήμα 9. Σκαρίφημα των θέσεων δειγματοληψίας του ποταμού Κοιλιάρη

Στον ποταμό Ταυρωνίτη επιλέχθηκαν τρεις θέσεις δειγματοληψίας. Το δείγμα 1 (Ντεριανός) προέρχεται από το σημείο εκφόρτισης του ποταμού Ντεριανού, το δείγμα 2 (Ταυρωνίτης) προέρχεται από τον ποταμό Ταυρωνίτη λίγο πριν τη συμβολή του με τον ποταμό Ντεριανό και το δείγμα 3 (Μείγμα) αποτελεί το σημείο συμβολής των δειγμάτων 1 και 2. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν έως τις 19/6/2003 λόγω διακοπής της ροής του ποταμού έπειτα από αυτό το χρονικό σημείο. Δειγματοληψία έγινε ξανά την επόμενη χρονιά στο μέσο της χειμερινής περιόδου βροχών στις 27/1/2004 στις θέσεις Ντεριανός και Ταυρωνίτης.



Εικόνα 3. Θέσεις δειγματοληψίας Ντεριανός (1) και Ταυρωνίτης (2) του ποταμού Ταυρωνίτη



Σχήμα 10. Σκαρίφημα των θέσεων δειγματοληψίας του ποταμού Ταυρωνίτη

6.2 Υλικά και μέθοδοι ανάλυσης

6.2.1 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

6.2.1.1 Θολότητα

Οι μετρήσεις της θολότητας πραγματοποιήθηκαν με φορητό θολερόμετρο (Lovibond CR3210) (Εικόνα 4).



Εικόνα 4. Φορητό θολερόμετρο (Lovibond CR3210).

Η λειτουργία της συσκευής στηρίζεται στη σύγκριση της έντασης σκεδασμού του φωτός από το δείγμα σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς. Όσο μεγαλύτερη είναι η σκέδαση του φωτός από το δείγμα τόσο μεγαλύτερη είναι η θολότητα. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε Νεφελομετρικές Μονάδες Θολότητας (Nephelometric Turbidity Units, NTU).

Κατά τη μέτρηση γίνεται αρχικά βαθμονόμηση του οργάνου με τέσσερα πρότυπα διαλύματα θολότητας 1, 10, 100 και 1000 NTU. Κατόπιν η κυψελίδα που υπάρχει στη θήκη του οργάνου γεμίζεται με το εξεταζόμενο δείγμα και τοποθετείται στον ειδικό υποδοχέα του οργάνου όπου μετράται η θολότητα του δείγματος.

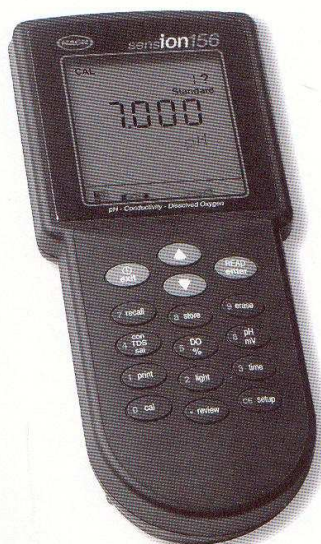
Πριν την εκτέλεση της ανάλυσης είναι πολύ σημαντικό τα εξωτερικά τοιχώματα της κυψελίδας να είναι καθαρά και στεγνά (χωρίς σκόνη). Η κυψελίδα πρέπει να καθαρίζεται με καθαρό, χωρίς χνούδια πανί μέσα και έξω, διότι δακτυλιές ή σταγόνες νερού πάνω στην επιφάνεια της κυψελίδας οδηγούν σε εσφαλμένη μέτρηση. Επίσης φυσαλίδες στο εσωτερικό της κυψελίδας, μη επαρκής καθαρισμός της κυψελίδας μετά από κάθε ανάλυση και μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας ανάμεσα στην χρησιμοποιούμενη συσκευή, το δείγμα και το περιβάλλον προκαλούν σφάλματα στη μέτρηση.

6.2.2 Φυσικοχημικές παράμετροι

6.2.2.1 Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH)

Το pH μετράται είτε με χρωματομετρική μέθοδο, είτε με ηλεκτρομετρική μέθοδο. Στην παρούσα εργασία η μέτρηση του pH έγινε ηλεκτρομετρικά. Κατά τη μέθοδο αυτή μετράται η διαφορά δυναμικού του διαλύματος και αντιστοιχίζεται σε συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου ($[H^+]$). Η μέθοδος αυτή έχει το πλεονέκτημα ότι για τιμές pH από 1 έως 10 δεν επηρεάζεται από έγχρωμα διαλύματα, ύπαρξη οξειδωτικών ή αναγωγικών ουσιών, διασπαρμένα κolloειδή ή θολότητα του δείγματος, παράγοντες που επηρεάζουν την αλλαγή του χρώματος στη χρωματομετρική μέθοδο. Η θερμοκρασία λαμβάνεται πάντα υπόψη κατά τη μέτρηση του pH.

Χρησιμοποιήθηκαν τα pH-μετρα CONSORT (multi-parameter analyzer, C532) και HACH (sensionTM156) (Εικόνα 8) για τη μέτρηση του pH.



Εικόνα 5. pH-μέτρο HACH sensionTM156

Όταν το όργανο έχει βαθμονομηθεί, η μέτρηση του pH στο δείγμα γίνεται διά εμβάπτισης του ηλεκτροδίου σ' αυτό. Το δείγμα αναδεύεται με τη βοήθεια του ηλεκτροδίου για να είναι περισσότερο ομογενές.

Η μέτρηση του pH γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

6.2.2.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας του νερού γίνεται με τη βοήθεια της γέφυρας Wheastone. Στη γέφυρα αυτή εξισορροπείται η αγωγιμότητα του αγνώστου δείγματος, με την αγωγιμότητα γνωστών διαλυμάτων.

Χρησιμοποιήθηκαν τα αγωγιμόμετρα / pH-μετρα CONSORT (multi-parameter analyzer, C532) και HACH (sensionTM156) για τη μέτρηση της αγωγιμότητας. Οι συσκευές αυτές είναι οι ίδιες με αυτές που χρησιμοποιήθηκαν στη μέτρηση του pH με διαφορετικά όμως ηλεκτρόδια.

Όταν το όργανο έχει βαθμονομηθεί, η μέτρηση της αγωγιμότητας στο δείγμα γίνεται διά εμβάπτισης του ηλεκτροδίου σ' αυτό. Το δείγμα αναδεύεται με τη βοήθεια του ηλεκτροδίου για να είναι περισσότερο ομογενές.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

6.2.2.3 Θερμοκρασία

Η μέτρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιήθηκε επί τόπου με τον πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®) (Εικόνα 5).

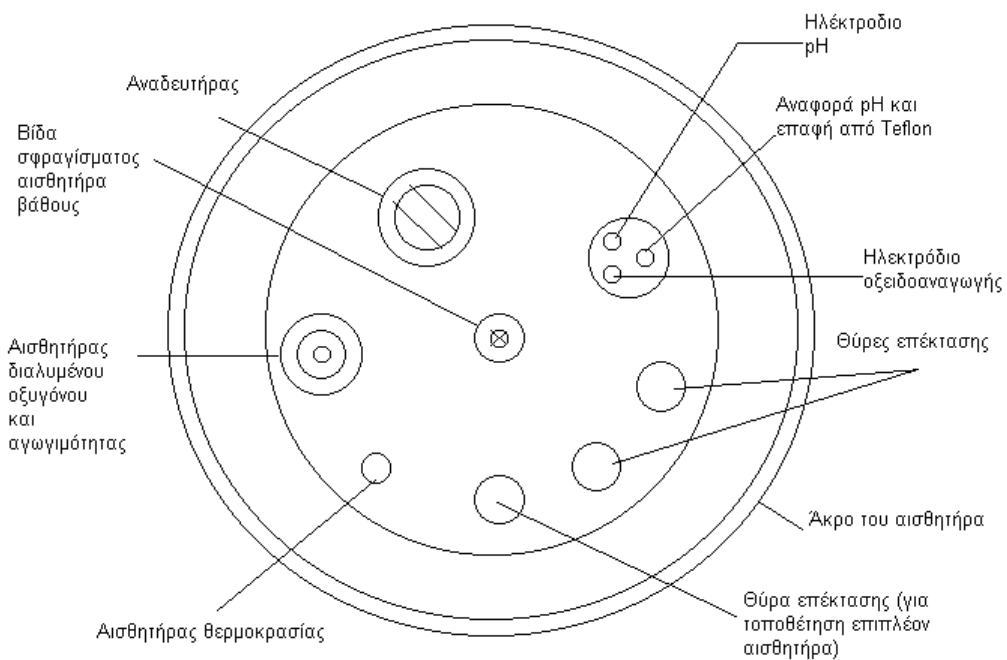
Ο πολυαισθητήρας Surveyor® 4 (HYDROLAB®) είναι ένα όργανο χρήσιμο για επιτόπου μετρήσεις σε υδάτινους αποδέκτες (στην ύπαιθρο) και συνοδεύεται από βαλίτσα μεταφοράς, αισθητήρες βάθους, βίδες προστασίας αισθητήρων βάθους και φορτιστή.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση διαλυμένου οξυγόνου, αλατότητας, ολικών διαλυμένων στερεών, θερμοκρασίας νερού, αγωγιμότητας, βάθους και pH.

Κατά τη μέτρηση ένα βαρίδι ασφαλείας βιδώνεται στον πολυαισθητήρα ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των ευαίσθητων αισθητήρων που διαθέτει (Εικόνα 6) αλλά και για να υπάρχει κατακόρυφος προσανατολισμός του κατά την εμβάπτισή του στο νερό. Μετά από μερικά sec από την εμβάπτισή του στο νερό μπορούν εύκολα να ληφθούν τα αποτελέσματα των μετρούμενων παραμέτρων, καθώς διαβάζονται από την οθόνη που συνδέεται με τον πολυαισθητήρα μέσω καλωδίου.



Εικόνα 6. Ο πολυαισθητήρας Surveyor® 4 (HYDROLAB®)



Εικόνα 7. Οι αισθητήρες του πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®)



Εικόνα 8. Μέτρηση θερμοκρασίας και άλλων χαρακτηριστικών επί τόπου με τον πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®) στη θέση Γέφυρα του ποταμού Κοιλιάρη

Ο αισθητήρας θερμοκρασίας είναι μόνιμα εγκατεστημένος στον πολυαισθητήρα και δεν απαιτεί κανενός είδους συντήρηση πέρα από το να διατηρείται καθαρός.

6.2.2.4 Αλατότητα

Η μέτρηση της αλατότητας πραγματοποιήθηκε επί τόπου με τον πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®).

Για τον προσδιορισμό της αλατότητας μετράται η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού και μέσω αυτής υπολογίζεται η αλατότητα.

6.2.2.5 Ολικά διαλυμένα στερεά (Total Dissolved Solids, TDS)

Η μέτρηση των ολικών διαλυμένων στερεών πραγματοποιήθηκε επί τόπου με τον πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®).

Για τον προσδιορισμό των ολικών διαλυμένων στερεών μετράται η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού και μέσω αυτής υπολογίζεται η συγκέντρωση των TDS.

6.2.2.6 Ολικά αιωρούμενα στερεά (Total Suspended Solids, TSS)

Κατά τη δειγματοληψία της 19-6-2003 εφαρμόσθηκε η μέθοδος μέτρησης των ολικών αιωρούμενων στερεών που βασίζεται σε διήθηση συγκεκριμένου όγκου δείγματος σε φίλτρο, ξήρανση του φίλτρου στους 105°C και υπολογισμό του βάρους των TSS με ζύγιση.

Απαιτούμενες Συσκευές: Κατά τη διαδικασία μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν διηθητικό χαρτί με διάμετρο πόρων 0,45 μm (glass fibre filter), αντλία κενού (Buchi Vac® V-500), παγίδα νερού, μαγνητική χοάνη διήθησης 300 mL (Pall), συσκευή υποδοχής χοανών, ζυγός, φούρνος ξήρανσης και γυάλινος ξηραντήρας με υγροσκοπικό υλικό (silica gel).

Διαδικασία: Αρχικά ξηραίνεται το φίλτρο (glass fibre filter, 0,45 μm) σε φούρνο ξήρανσης στους 105 °C για 2 τουλάχιστον ώρες. Στη συνέχεια και αφού το φίλτρο αποκτήσει θερμοκρασία δωματίου μέσα σε ειδικό ξηραντήρα που περιέχει υγροσκοπικό υλικό (silica gel), ζυγίζεται. Η τιμή της ζύγισης σημειώνεται ως X.

Το φίλτρο τοποθετείται στη μαγνητική χοάνη διήθησης που συνδέεται μέσω μιας παγίδας νερού με την αντλία κενού. Πάνω στο φίλτρο τοποθετείται η χοάνη που με τη βοήθεια μαγνήτη σταθεροποιείται πάνω στο φίλτρο και δεν επιτρέπει τη διαρροή του δείγματος παρά την διήθηση του μέσα από το φίλτρο.

Όγκος δείγματος 100 mL (A) τοποθετείται στη χοάνη και η αναρρόφηση που επιτυγχάνεται μέσω της αντλίας κενού, αναγκάζει το δείγμα να περάσει μέσα από το διηθητικό χαρτί. Όλα τα αιωρούμενα στερεά δεσμεύονται πάνω στο φίλτρο. Στη συνέχεια το φίλτρο αυτό τοποθετείται στο φούρνο ξήρανσης στους 105°C. Μετά από μια ώρα το φίλτρο βγαίνει από τον φούρνο και αφού αποκτήσει θερμοκρασία δωματίου μέσα στον ειδικό ξηραντήρα που περιέχει silica gel, ζυγίζεται. Η τιμή της ζύγισης σημειώνεται ως Y.

Μέτρηση: Η τιμή της συγκέντρωσης των ολικών αιωρούμενων στερεών υπολογίζεται μέσω της παρακάτω σχέσης:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{Y - X}{A} \cdot 1000$$

6.2.3 Ανόργανα συστατικά

6.2.3.1 Αμμωνιακά ιόντα

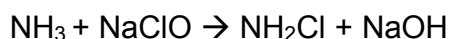
Στην παρούσα εργασία για την μέτρηση των αμμωνιακών ιόντων χρησιμοποιήθηκε ημιποσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit της εταιρίας Merck Γερμανίας. Χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικά test, το Ammonium Cell Test MERCK 14739 στις δειγματοληψίες έως 19-6-2003, και το Ammonium Cell Test MERCK 14752 στις υπόλοιπες δειγματοληψίες. Τα αμμωνιακά ιόντα σύμφωνα με τη μεθοδολογία αυτή εκφράζονται ως αμμωνιακό άζωτο (NH₄-N).

Αρχή της μεθόδου: Το αμμωνιακό άζωτο υφίσταται μερικώς με τη μορφή αμμωνιακών ιόντων και μερικώς με τη μορφή αμμωνίας. Μεταξύ των δύο αυτών μορφών υπάρχει μία δυναμική ισορροπία, εξαρτημένη από το pH. Σε ισχυρά αλκαλικά διαλύματα το NH₄-N βρίσκεται ως επί το πλείστον με τη μορφή αμμωνίας, η οποία αντιδρά με τα υποχλωριώδη ιόντα σχηματίζοντας μονοχλωραμίνες. Οι μονοχλωραμίνες παρουσία φαινόλης σχηματίζουν την μπλε ινδοφαινόλη, η συγκέντρωση της οποίας προσδιορίζεται φωτομετρικά.

Μετά από ρύθμιση του pH σε 13 (με το αντιδραστήριο NH₄-1B) η αμμωνία αντιδρά με υποχλωριώδες άλας (αντιδραστήριο NH₄-2B) σχηματίζοντας μονοχλωραμίνη, η οποία με τη σειρά της σχηματίζει μία χρωστική ουσία, την μπλε ινδοφαινόλη, σε μία αντίδραση δύο σταδίων, παρουσία καταλύτη, με θυμόλη (αντιδραστήριο NH₄-3B).

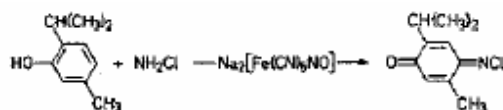
Χαρακτηριστικό σημείο της μεθόδου σχηματισμού της μπλε ινδοφαινόλης είναι η χρήση ενός ισχυρά αλκαλικού μέσου σε σχετικά υψηλό pH, το οποίο θα πρέπει να είναι 13±0.1%.

Μετά την προσθήκη του αντιδραστήριου NH₄-1B συνίσταται να ελέγχεται το pH σε περίπτωση όξινου δείγματος. Αναλυτικότερα λαμβάνουν μέρος οι παρακάτω αντιδράσεις. Μετά την προσθήκη του αντιδραστήριου NH₄-2B, ένα αντιδραστήριο χλωρίωσης ρυθμισμένης δραστηριότητας, το αμμώνιο που σε αυτό το pH υφίσταται αποκλειστικά σαν αμμωνία, αντιδρά ποσοτικά προς μονοχλωραμίνη σε διάστημα 5 λεπτών:

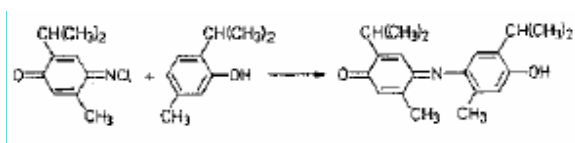


Το ισχυρά αλκαλικό μέσο που χρησιμοποιείται παρεμποδίζει το σχηματισμό διχλωραμίνης και τριχλωραμίνης. Το δείγμα δε θα πρέπει να περιέχει ουσίες που καταναλώνουν ή απελευθερώνουν χλώριο, εφόσον μία ασήμαντη ποσότητα υποχλωριώδων προϊόντων μπορεί να προκαλέσει μία μη ποσοτική αντίδραση, ενώ μία περίσσεια θα μπορούσε να οδηγήσει στον απευθείας σχηματισμό αζώτου.

Το επόμενο στάδιο είναι η αντίδραση της μονοχλωραμίνης με τα συστατικά του αντιδραστήριου NH₄-3B, νιτροπρωσικό νάτριο (καταλύτης) και θυμόλη (2-ισοπρόπυλο-5-μέθυλοφαινόλη) σε N-χλωρο-2-ισοπρόπυλο-5-μέθυλοκινόνη μονομερή αμίνη.



Στο τελικό στάδιο της αντίδρασης, η κινόνη μονομερής αμίνη αντιδρά με ένα μεγαλύτερο μόριο θυμόλης για να σχηματίσει την αντίστοιχη χρωστική ουσία της ινδοφαινόλης, η οποία σε ένα αλκαλικό μέσο έχει μπλε χρώμα:



Από την παραπάνω αντίδραση φαίνεται ότι κάθε αμμωνιακό ιόν μετατρέπεται σε μόριο χρωστικής.

6.2.3.1.1 Ammonium Cell Test MERCK 14739

Κατά τη διαδικασία μέτρησης με το Ammonium Cell Test MERCK 14739, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Αρχικά γίνεται αντικατάσταση του μαύρου βιδωτού πώματος του μπουκαλιού $\text{NH}_4\text{-1K}$ με τον μπλε δοσομετρητή. Με χρήση σιφωνίου τοποθετούνται 5,0 mL του εξεταζόμενου δείγματος στο φιαλίδιο με το test (κυψελίδα με το test), κλείνεται το φιαλίδιο και ακολουθεί ανάμιξη με αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Προσθέτεται 1 δόση του αντιδραστήριου $\text{NH}_4\text{-1K}$ με τον μπλε δοσομετρητή και βιδώνεται το καπάκι. Σε κάθε δόση πιέζεται το έμβολο. Το φιαλίδιο ανακινείται καλά για να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο και διατηρείται σε ηρεμία για 15 min.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (MERCK Spectroquant® NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert cell or start measurement”. Τοποθετείται το κυλινδρικό φιαλίδιο στον υποδοχέα των κυλινδρικών φιαλιδίων (κυλινδρικών κυψελίδων) ως ότου να κουμπώσει. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του φιαλιδίου πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Πολύ θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι διαφορετικά δίνουν θετικά σφάλματα. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις τα φιαλίδια πρέπει να είναι καθαρά.

Το εύρος του test είναι 0.01 – 2.00 mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$.

Για τη διασφάλιση της ποιότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα 1.00 mg/L $\text{NH}_4\text{-N}$ (Spectroquant Combichack 50) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test), της συσκευής μέτρησης, χειρισμός) και του τρόπου λειτουργίας καθώς και ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.

6.2.3.1.2 Ammonium Reagent Test MERCK 14752

Κατά τη διαδικασία μέτρησης με το Ammonium reagent test MERCK 14752, με χρήση σιφωνίου τοποθετούνται 5,0 mL του εξεταζόμενου δείγματος σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθενται με τη βοήθεια ρυθμιζόμενου σιφωνίου ακριβείας 0,6 mL του αντιδραστήριου NH₄-1B και ο δοκιμαστικός σωλήνας αναδεύεται σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Προστίθεται μία δόση του αντιδραστήριου NH₄-2B και ακολουθεί ανάδευση για να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για 5 min. Κατόπιν προστίθενται 4 δόσεις (σταγόνες) του αντιδραστήριου NH₄-3B και ακολουθεί ανάδευση. Ο σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για ακόμη 5 min.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (MERCK Spectroquant® NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια πλαστική κυψελίδα πάχους 10 mm, η οποία τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Επίσης πολύ θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι διαφορετικά δίνουν θετικά σφάλματα. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις οι κυψελίδες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι καθαρές.

Το εύρος του test είναι 0.05 – 3.00 mg/L NH₄-N.

6.2.3.2 Νιτρικά ιόντα

Στην παρούσα εργασία για την μέτρηση των νιτρικών ιόντων χρησιμοποιήθηκε ημιποσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit της εταιρίας Merck Γερμανίας. Χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικά test, το Nitrate Cell Test MERCK 14563 στις δειγματοληψίες έως 19-6-2003 και το Nitrate Reagent Test MERCK 09713 στις υπόλοιπες δειγματοληψίες. Τα νιτρικά ιόντα σύμφωνα με τη μεθοδολογία αυτή εκφράζονται ως νιτρικό άζωτο (NO₃-N).

Αρχή της μεθόδου: Σ' ένα διάλυμα που έχει οξινοστεί με θειικό και φωσφορικό οξύ, το νιτρικό άλας αντιδρά με 2,6-διμεθυλοφαινόλη για να σχηματίσει 4-νιτρο-2,6-διμεθυλοφαινόλη πορτοκαλί χρώματος, η οποία προσδιορίζεται φωτομετρικά.

6.2.3.2.1 Nitrate Cell Test MERCK 14563

Κατά τη διαδικασία μέτρησης, με χρήση σιφωνίου 1 mL τοποθετείται 1,0 mL του εξεταζόμενου δείγματος στο φιαλίδιο με το test και αυτό κλείνεται χωρίς να ακολουθήσει ανάδευση. Προστίθεται με χρήση σιφωνίου 1,0 mL του αντιδραστήριου NO₃-1K. Το φιαλίδιο ζεσταίνεται καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη. Βιδώνεται καλά

το καπάκι και ακολουθεί ανάδευση σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Το φιαλίδιο πρέπει πάντα να κρατιέται μόνο από το βιδωτό καπάκι. Το ζεστό φιαλίδιο διατηρείται σε ηρεμία για 10 min. Δεν χρησιμοποιείται σε καμία περίπτωση κρύο νερό για την επαναφορά του σε θερμοκρασία δωματίου.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (MERCK Spectroquant® NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert Cell or start measurement”. Τοποθετείται το κυλινδρικό φιαλίδιο στον υποδοχέα των κυλινδρικών φιαλιδίων ως ότου να κουμπώσει. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του φιαλιδίου πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Δείγματα που περιέχουν $\text{Cl}^- > 1000 \text{ mg/L}$ πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό. Επίσης πολύ θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι διαφορετικά δίνουν θετικά σφάλματα. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις τα φιαλίδια πρέπει να είναι καθαρά.

Το εύρος του test είναι 0.5 – 25.0 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$.

Για τη διασφάλιση της ποιότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα 9 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$ (Spectroquant Combichек 20) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test, της συσκευής μέτρησης, χειρισμός) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.

6.2.3.2.2 Nitrate Reagent Test MERCK 09713

Κατά τη διαδικασία μέτρησης, χρησιμοποιώντας μία από τις δύο βαθμονομημένες σύριγγες που περιέχονται στο πακέτο, τοποθετούνται 4,0 mL του αντιδραστηρίου $\text{NO}_3\text{-1}$, σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθενται με τη βοήθεια ρυθμιζόμενου σιφωνίου ακριβείας 0,5 mL δείγματος στο δοκιμαστικό σωλήνα, χωρίς να ακολουθήσει ανάδευση. Προστίθενται 0,5 mL του αντιδραστηρίου $\text{NO}_3\text{-2}$, χρησιμοποιώντας σιφώνιο. Το φιαλίδιο ζεσταίνεται καθώς η αντίδραση είναι εξώθερμη. Ακολουθεί ανάδευση σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Ο δοκιμαστικός σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για 10 min. Έπειτα το περιεχόμενό του μεταφέρεται με προσοχή σε ορθογώνια κυψελίδα των 10 mm για να μετρηθεί στο φωτόμετρο. Χρησιμοποιείται γυάλινη κυψελίδα λόγω της τοξικότητας των αντιδραστηρίων που χρησιμοποιήθηκαν.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (MERCK Spectroquant® NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert Cell or start measurement”. Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Η κυψελίδα τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι δίνουν θετικά σφάλματα. Δείγματα που περιέχουν $Cl^- > 1000 \text{ mg/L}$ πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό.

Το εύρος του test είναι $1.0 - 25.0 \text{ mg/L NO}_3\text{-N}$.

6.2.3.3 Ορθοφωσφορικά ιόντα

Στην παρούσα εργασία για την μέτρηση ορθοφωσφορικών ιόντων χρησιμοποιήθηκε ημιποσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit της εταιρίας Merck Γερμανίας. Χρησιμοποιήθηκαν 2 διαφορετικά test, το Phosphate Cell Test MERCK 14543 στις δειγματοληψίες έως 19-6-2003 και το Phosphate Reagent Test MERCK 14848 στις υπόλοιπες δειγματοληψίες.

Αρχή της μεθόδου: Σ' ένα διάλυμα που έχει οξινιστεί με θειικό οξύ, τα ορθοφωσφορικά ιόντα αντιδρούν με μολυβδαινικά ιόντα και σχηματίζουν μολυβδοφωσφορικό οξύ. Το ασκορβικό οξύ το ανάγει σε φωσφόρο-μολυβδαινικό σύμπλοκο του αντιμονίου μπλε χρώματος (PMB) το οποίο προσδιορίζεται φωτομετρικά.

6.2.3.3.1 Phosphate Cell Test MERCK 14543

Κατά τη διαδικασία μέτρησης, αρχικά γίνεται αντικατάσταση των μαύρων βιδωτών πωμάτων των μπουκαλιών P-1K και P-3K με τους αντίστοιχους δοσομετρητές. Ο πράσινος δοσομετρητής αντιστοιχεί στο αντιδραστήριο P-1K και ο μπλε δοσομετρητής στο αντιδραστήριο P-3K. Προστίθενται με χρήση σιφώνιου $5,0 \text{ mL}$ δείγματος στο φιαλίδιο με το test και ακολουθεί ανάμιξη. Προστίθεται 1 δόση του αντιδραστηρίου P-1K και βιδώνεται το καπάκι. Προστίθενται 5 σταγόνες του αντιδραστηρίου P-2K, βιδώνεται το καπάκι και ακολουθεί ανάδευση σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Το φιαλίδιο ανακινείται καλά στον αναδευτήρα για να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Προστίθεται 1 δόση του αντιδραστηρίου P-3K και βιδώνεται το καπάκι. Το φιαλίδιο διατηρείται σε ηρεμία για 5 min .

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (MERCK Spectroquant® NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Το κυλινδρικό φιαλίδιο τοποθετείται στον υποδοχέα ως ότου να κουμπώσει. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του φιαλιδίου πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Επίσης θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι διαφορετικά δίνουν θετικά σφάλματα. Το pH του δείγματος πρέπει να είναι $0 - 10$. Διορθώνεται, αν είναι απαραίτητο, με υδροξείδιο του νατρίου ή θειικό οξύ. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις τα φιαλίδια πρέπει να είναι καθαρά.

Το εύρος του test είναι $0.05 - 5.00 \text{ mg/L PO}_4\text{-P}$.

Για τη διασφάλιση της ποιότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα $0.80 \text{ mg/L PO}_4 - \text{P}$ (Spectroquant Combicheck 10) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test, της συσκευής

μέτρησης, χειρισμός) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.

6.2.3.3.2 Phosphate Reagent Test MERCK 14848

Κατά τη διαδικασία μέτρησης, προστίθενται 5 σταγόνες του αντιδραστηρίου P-1A σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα και ακολουθεί ανάδευση σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Κατόπιν προστίθεται 1 δόση του αντιδραστηρίου P-2A με το μπλε μικροκουταλάκι. Ακολουθεί έντονη ανάδευση έως ότου διαλυθεί το ίζημα. Ο σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για 5 min.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια πλαστική κυψελίδα πάχους 10 mm, η οποία τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι δίνουν θετικά σφάλματα. Δείγματα που περιέχουν $\text{Cl}^- > 1000 \text{ mg/L}$ πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό.

Το εύρος του test είναι 0.05 – 5.00 mg/L $\text{PO}_4\text{-P}$.

Για τη διασφάλιση της ποιότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα με 0.80 mg/L $\text{PO}_4\text{-P}$ (Spectroquant Combicheck 10) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test, της συσκευής μέτρησης, χειρισμός) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.

6.2.3.4 Διαλυμένο οξυγόνο

Η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου πραγματοποιήθηκε επί τόπου με τον πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB).

Το ηλεκτρόδιο διαλυμένου οξυγόνου είναι ένας ηλεκτρικός αισθητήρας που χρησιμοποιείται στη μέτρηση διαλυμένου οξυγόνου σε υδατικά διαλύματα. Αποτελείται από ένα σύστημα ηλεκτροδίου με άνοδο και κάθοδο, διαχωριζόμενο από το δείγμα με μία μεμβράνη από Teflon, διαπερατή στο οξυγόνο.

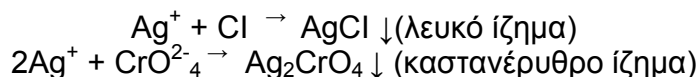
Κατά τη μέτρηση είναι απαραίτητο το ηλεκτρόδιο να μη μένει ακίνητο αλλά να ανακινείται μέσα στο νερό για να απελευθερώνεται ο αέρας.

6.2.3.5 Ιόντα χλωρίου

Αρχή της μεθόδου : Για τη μέτρηση των ιόντων χλωρίου χρησιμοποιήθηκε η αναλυτική μέθοδος νιτρικού αργύρου (μέθοδος Mohr). Σύμφωνα με την μέθοδο, το

δείγμα ογκομετρείται με διάλυμα νιτρικού αργύρου και με δείκτη τελικού σημείου διάλυμα χρωμικού καλίου [24].

Οι αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα σε ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον (pH 8,3) και είναι οι εξής:



Όπως φαίνεται από τις αντιδράσεις, τα χλωριόντα δεσμεύονται από τον νιτρικό άργυρο (AgNO_3) σε μορφή ιζήματος χλωριούχου αργύρου (AgCl) παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου. Αρχικά καταβυθίζεται ο AgCl και μετά ο χρωμικός άργυρος (Ag_2CrO_4) με μία ελάχιστη περίσσεια διαλύματος AgNO_3 .

Με την εμφάνιση καστανέρυθρου χρώματος έχει ολοκληρωθεί ποσοτικά η καταβύθιση του AgCl .

Απαιτούμενος εξοπλισμός: Για την εκτέλεση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν σιφώνια των 10 mL και 1 mL, κωνικές φιάλες των 250 mL και προχοΐδα των 25 mL.

Αντιδραστήρια: Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν παρασκευάστηκαν είναι τα ακόλουθα:

Νερό απαλλαγμένο ιόντων χλωρίου, απιονισμένο με χρήση στήλης (IONIL)

Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου 0,01 N. Διαλύονται 1,659 g AgNO_3 σε 500 mL αποσταγμένο νερό, μεταφέρονται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη του λίτρου και αραιώνονται μέχρι της χαραγής. Το διάλυμα διατηρείται σε σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη με εσφυρισμένο πώμα, σε θερμοκρασία δωματίου.

Δείκτης χρωμικού καλίου 2%. Διαλύονται 2,000 g K_2CrO_4 σε 50 mL απεσταγμένο νερό, μεταφέρονται ποσοτικά σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL και αραιώνονται μέχρι της χαραγής. Το διάλυμα αφήνεται σε ηρεμία, προστατευόμενο από το φως.

Ανθρακικό ασβέστιο, CaCO_3 . 0,5 gr CaCO_3 ξηραίνονται για 1 h στους 105°C και τοποθετούνται σε ξηραντήρα για απορρόφηση της υγρασίας.

Διαδικασία μέτρησης: Με χρήση του σιφωνίου των 10 mL μεταφέρονται σε κωνική φιάλη 25 mL απιονισμένου νερού και 1 mL δείκτη χρωμικού καλίου. Ποσοτικά μεταφέρονται 0,5 gr αποξηραμένου CaCO_3 και η φιάλη ανακινείται ελαφρά έως την τελική διάλυσή του. Το διάλυμα ογκομετρείται με διάλυμα AgNO_3 μέχρι τελικού σημείου, όπου παρατηρείται αλλαγή του χρώματος από κίτρινο σε καστανέρυθρο. Σημειώνονται τα mL του AgNO_3 που καταναλώθηκαν. Η τιμή αυτή αποτελεί τον όγκο του AgNO_3 που καταναλώθηκε για το λευκό διάλυμα (μάρτυρας).

Με χρήση του σιφωνίου των 10 mL μεταφέρονται σε κωνική φιάλη 25 mL απιονισμένου νερού, 25 mL δείγματος και 1 mL δείκτη χρωμικού καλίου. Το δείγμα ογκομετρείται με AgNO_3 μέχρι τελικού σημείου, όπου παρατηρείται αλλαγή του χρώματος από κίτρινο σε καστανέρυθρο. Σημειώνονται τα mL του AgNO_3 που καταναλώθηκαν.

Υπολογισμός:

$$\text{mg / L Cl}^- = (A - B) \times N \times 35.450 / C$$

όπου:

A = τα mL διαλύματος AgNO_3 που καταναλώθηκαν για το δείγμα

B = τα mL διαλύματος AgNO_3 που καταναλώθηκαν για το μάρτυρα

N = η κανονικότητα του διαλύματος AgNO_3

C = ο όγκος του δείγματος, σε mL

6.2.4 Δείκτες οργανικού φορτίου

6.2.4.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand BOD)

Η μέτρηση του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου πραγματοποιήθηκε μανομετρικά με την ειδική συσκευή BOD (Lovibond).

Αρχή μεθόδου: Ο εξοπλισμός της συσκευής αποτελείται από την κεφαλή – ψηφιακό αισθητήρα BOD (Lovibond) που απλά βιδώνει στη σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη με το δείγμα. Η αρχή μέτρησης βασίζεται σε ένα κλειστό σύστημα στο οποίο το οξυγόνο που καταναλώνουν τα βακτήρια στο δείγμα, αναπληρώνεται από το οξυγόνο του αέρα που βρίσκεται επάνω από το δείγμα. Το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα βακτήρια απομακρύνεται από το σύστημα με την προσθήκη διαλύματος υδροξειδίου καλίου (KOH) που περιέχεται σε θήκη από καουτσούκ. Το αποτέλεσμα είναι μία πτώση πίεσης στη φιάλη που μετρείται από την κεφαλή, που είναι ένας ψηφιακός αισθητήρας και εμφανίζει την ένδειξη στην οθόνη σαν mg/L BOD.

Ο αισθητήρας μετρά απευθείας τιμές BOD. Τα δείγματα μπορούν να ελεγχθούν σε αραιωμένη ή μη μορφή.

Η τιμή του BOD δεν πρέπει κανονικά να περιλαμβάνει την αζωτούχο απαίτηση οξυγόνου που προκύπτει από τη δραστηριότητα των νιτροποιητικών βακτηρίων που καταναλώνουν οξυγόνο στο δείγμα. Αυτό μπορεί να εμφανιστεί ακόμα και στην περίοδο των πέντε πρώτων ημερών και συμβαίνει συνήθως σε δείγματα που περιέχουν χαμηλή συγκέντρωση οργανικής ουσίας. Η νιτροποίηση μπορεί να αποφευχθεί με την προσθήκη του αναστολέα νιτροποίησης B. Σε περίπτωση που είναι επιθυμητό να υπολογιστεί και η αζωτούχος απαίτηση οξυγόνου η μέτρηση γίνεται σε δύο δείγματα, ένα με προσθήκη του αναστολέα νιτροποίησης και ένα χωρίς. Η διαφορά των δύο αποτελεσμάτων αντιστοιχεί στην αζωτούχο απαίτηση οξυγόνου που προκύπτει από τη δραστηριότητα των νιτροποιητικών βακτηρίων.

Το δείγμα επωάζεται σε θερμοκρασία 20°C. Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση της σκουρόχρωμης φιάλης σε έναν θάλαμο ελεγχόμενο θερμοκρασιακά καθώς το δείγμα αναδεύεται συνεχώς. Οι πρότυπες μέθοδοι για τον προσδιορισμό του BOD επιβάλλουν μία σταθερή θερμοκρασία 20°C. Μία σταθερή γνωστή θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική καθώς κάθε απόκλιση ή διακύμανση από τους 20°C θα επηρεάσει τα αποτελέσματα. Μία απόκλιση 1-1,5°C μπορεί να προκαλέσει τιμές BOD που να αποκλίνουν 5-10%.

Απαιτούμενος εξοπλισμός: Τα σκεύη που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση του BOD ήταν ειδικές σκουρόχρωμες φιάλες με κεφαλές ενσωματωμένες με ψηφιακούς αισθητήρες (Lovibond), υπερχειλιστής χωρητικότητας 428 mL, μαγνητικοί ράβδοι ανάδευσης, μαύρες θήκες από καουτσούκ για το KOH και θερμοστατούμενος θάλαμος επώασης σε θερμοκρασία 20°C (Lovibond).

Προετοιμασία δείγματος: Αρχικά μετράται το pH του δείγματος και ρυθμίζεται μεταξύ 6,5-7,5 που είναι η καλύτερη τιμή pH για το test του BOD. Εάν το pH του δείγματος βρίσκεται εκτός αυτού του εύρους, θα προκύψουν χαμηλότερες τιμές BOD. Σ' αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να ρυθμιστεί το pH του δείγματος εντός του εύρους. Στα δείγματα που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία, οι υψηλότερες

τιμές pH ελαττώνονται με προσθήκη H_2SO_4 6N. Χαμηλές τιμές pH μπορεί να διορθωθούν με προσθήκη διαλύματος $NaOH$ 1M.

Γεμίζουμε την φιάλη του υπερχειλιστή με το δείγμα έως ότου να ξεχειλίσει και το περιεχόμενο του υπερχειλιστή αδειάζεται στη φιάλη του BOD. Συνιστάται να υπάρχει μία ομοιόμορφη κατανομή των διαλυμένων στερεών στο δείγμα.

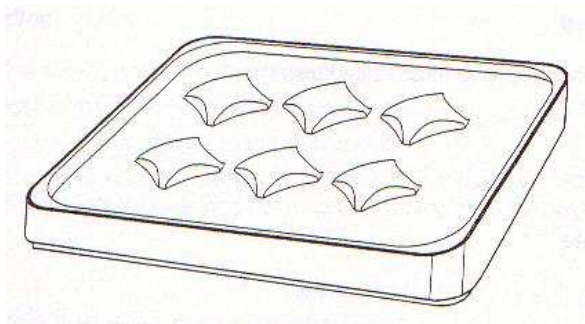
Για την αποφυγή νιτροποίησης συνιστάται η προσθήκη του αναστολέα νιτροποίησης B (ATH) στο δείγμα. Αυτό είναι πολύ σημαντικό στο χαμηλό εύρος μέτρησης 0-40 mg/L BOD και για δείγματα σχετικά με τον έλεγχο απορροών από εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού. Η δόση του ATH για το εύρος 0-40 mg/L στο οποίο εφαρμόστηκε η μέθοδος ήταν 10 σταγόνες.

Τοποθετείται μία καθαρή μαγνητική ράβδος ανάδευσης σε κάθε σκουρόχρωμη φιάλη, προσθέτονται 2 σταγόνες διαλύματος υδροξειδίου του καλίου 45% σε μία μαύρη θήκη από καουτσούκ και τοποθετείται στη φιάλη.

Για την εξασφάλιση ακριβών μετρήσεων πρέπει όλα τα εξαρτήματα (φιάλη δείγματος, θήκη από καουτσούκ, μαγνητική ράβδος) να καθαρίζονται προσεκτικά μετά από κάθε χρήση, διαφορετικά τα παραμένοντα βακτήρια ενδέχεται να αυξηθούν, οδηγώντας σε ανακριβείς μετρήσεις. Τα μπουκάλια πρέπει να αδειάζονται και να ξεπλένονται αρκετές φορές με νερό, μετά να καθαρίζονται με ζεστό σαπουνόνερο ή με απορρυπαντικό του εργαστηρίου και βούρτσα. Κατόπιν πρέπει να ξεπλυθούν επανειλημμένα με νερό βρύσης και εν τέλει με απιονισμένο νερό. Το προσεκτικό πλύσιμο είναι απαραίτητο, καθώς τα απορρυπαντικά και τα υπολείμματα οργανικών αντιδραστηρίων μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένη μέτρηση. Τα πώματα από καουτσούκ και οι μαγνητικές ράβδοι ανάδευσης πρέπει να καθαρίζονται με παρόμοιο τρόπο.

Μέτρηση BOD: Τοποθετείται η κεφαλή με τον ψηφιακό αισθητήρα BOD (Lovibond) στη φιάλη του δείγματος και κλείνεται ερμητικά. Αυτό είναι πάρα πολύ σημαντικό γιατί το σύστημα πρέπει να είναι εντελώς αεροστεγές.

Πατιούνται ταυτόχρονα τα κουμπιά S και M για δύο δευτερόλεπτα, η οθόνη θα δείξει 00. Μ' αυτόν τον τρόπο σβήνονται οι ήδη αποθηκευμένες τιμές. Τα κουμπιά S και M αφήνονται και η μέτρηση του BOD έχει ενεργοποιηθεί. Η φιάλη τότε τοποθετείται σε μία βάση στήριξης όπως αυτή του Σχήματος 11, μέσα στο θάλαμο όπου επωάζεται στους $20^{\circ}C$ καθώς αναδεύεται συνεχώς.



Σχήμα 11. Βάση στήριξης φιαλών BOD

Ερμηνεία των αποτελεσμάτων: Η κεφαλή με τον ψηφιακό αισθητήρα του BOD καταγράφει μία μέτρηση κάθε 24 ώρες για μία περίοδο μεγαλύτερη των 5 ημερών. Η

μετρούμενη τιμή αποθηκεύεται αυτόματα στη μνήμη. Πατώντας το κουμπί M για ένα δευτερόλεπτο εμφανίζεται η τιμή της τρέχουσας μέρας.

Μετά από 5 ημέρες οι τιμές θα έχουν αποθηκευτεί στη μνήμη του αισθητήρα. Πατώντας διαδοχικά το κουμπί S αυτές οι τιμές εμφανίζονται σε χρονολογική σειρά:

- Πατιέται μία φορά το S: η οθόνη δείχνει μια παύλα
- Πατιέται γρήγορα άλλη μία φορά το S: η οθόνη δείχνει την ημέρα της μέτρησης (1) και ακολουθεί η τιμή μέτρησης γι' αυτήν την ημέρα
- Πατώντας ξανά το S εμφανίζονται οι τιμές για τη δεύτερη, τρίτη, τέταρτη και πέμπτη ημέρα

Παρατηρήσεις:

1. Η τιμή του BOD για μία συγκεκριμένη ημέρα πρέπει πάντα να είναι μεγαλύτερη από την τιμή της προηγούμενης ημέρας
2. Η αύξηση του BOD με το χρόνο δεν είναι γραμμική αλλά μειώνεται με την πάροδο του χρόνου.
3. Αν για τις πρώτες ημέρες της επώασης παρατηρηθεί μία περίπου γραμμική αύξηση του BOD, το δείγμα θα έχει μια υψηλότερη τιμή BOD από αυτήν που είχε αρχικά εκτιμηθεί και χρειάζεται να επιλεχθεί μεγαλύτερο εύρος.
4. Αν η τιμή του BOD ελαττώνεται από την μία μέρα στην άλλη το σύστημα πρέπει να ελεγχθεί για διαρροή αέρα από τη φιάλη.

6.2.4.2 Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, COD)

Αρχή της μεθόδου : Η μέθοδος βασίζεται στην οξειδωση δείγματος νερού με θερμό διάλυμα διχρωμικού καλίου και θειικό άργυρο ως καταλύτη. Το χλώριο του δείγματος εξουδετερώνεται με νιτρικό υδράργυρο. Η συγκέντρωση των ιόντων $Cr_2O_7^{2-}$ κίτρινου χρώματος που δεν καταναλώθηκαν προσδιορίζεται φωτομετρικά.

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) εκφράζει την ποσότητα του οξυγόνου που προέρχεται από το διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$), το οποίο αντιδρά με οξειδώσιμες ενώσεις που περιέχονται σε 1 Lt νερό υπό δεδομένες συνθήκες. Ισχύει η ισοδυναμία $1 \text{ mole } K_2Cr_2O_7 \Leftrightarrow 1 \text{ mole } O_2$. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L COD (=mg/L O_2).

Στην παρούσα εργασία για την μέτρηση του COD χρησιμοποιήθηκε ημιποσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit. Στις δειγματοληψίες των 27/7/2003, 25/9/2003 και 1/12/2003 χρησιμοποιήθηκε το COD Cell Test MERCK 14560, ενώ στις υπόλοιπες δειγματοληψίες το COD Cell Test MERCK 14540. Η διαδικασία μέτρησης είναι κοινή και στα δύο test kit.

6.2.4.2.1 COD Cell Test MERCK 14540 και COD Cell Test MERCK 14560

Κατά τη διαδικασία μέτρησης COD ακολουθείται η εξής διαδικασία. Προστίθεται στο φιαλίδιο προσεκτικά με πιπέτα 3 mL δείγματος, βιδώνεται το καπάκι και αναμιγνύεται καλά. Πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη προσοχή γιατί το φιαλίδιο θερμαίνεται πολύ. Κατόπιν το φιαλίδιο με το test τοποθετείται στους 148 °C για 120 min, βγαίνει από τον θερμοαντιδραστήρα και αφήνεται στο πλέγμα στήριξης να

κρουώσει. Μετά από 10 min ανακινείται ξανά το φιαλίδιο, επανατοποθετείται στο πλέγμα στήριξης και αφήνεται να επανέλθει σε θερμοκρασία δωματίου (διάρκεια τουλάχιστον 30 min). Το φιαλίδιο τοποθετείται στον υποδοχέα φιαλιδίων με την κατακόρυφη γραμμή να δείχνει προς την εγκοπή.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (MERCK Spectroquant® NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert Cell or start measurement". Το φιαλίδιο τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών φιαλιδίων ως ότου να κουμπώσει. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του φιαλιδίου πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Η ανάλυση πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Δείγματα που περιέχουν $Cl^- > 2000 \text{ mg/L}$ πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό πριν τον καθορισμό του COD. Επίσης θολά δείγματα θα πρέπει να φιλτράρονται, διότι διαφορετικά δίνουν αρνητικά σφάλματα. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις οι κυψελίδες πρέπει να είναι καθαρές.

Το εύρος του test COD Cell Test MERCK 14540 είναι 10 - 150 mg/L COD.

Για τη διασφάλιση της ποιότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα με 80 mg/L COD (Spectroquant Combicheck 10) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test, της συσκευής της μέτρησης, χειρισμός) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα.

Το εύρος του test COD Cell Test MERCK 14560 είναι 4 - 40 mg/L COD.

6.2.4.3 Απορρυπαντικά

Αρχή της μεθόδου: Ως ανιονικά απορρυπαντικά τύπου MBAS, θεωρούνται οι ουσίες που σε υδατικό διάλυμα αντιδρούν με το μπλε του μεθυλενίου. Το μπλε του μεθυλενίου είναι μία κατιονική χρωστική που αντιδρά με τις ανιονικές τασιενεργές ουσίες και σχηματίζει άλας κυανού χρώματος. Το άλας αυτό, είναι διαλυτό στο χλωροφόρμιο και η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση. Το χρώμα μετράται φασματοφωτομετρικά στα 652 nm.

Η μέθοδος είναι σχετικά απλή και ακριβής και μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε πόσιμα και επιφανειακά νερά, όσο και σε λύματα και απόβλητα. Με τη μέθοδο αυτή δεν είναι δυνατός ο διαχωρισμός των απορρυπαντικών τύπου L.A.S. και τύπου A.B.S. Λαμβάνοντας όμως υπόψη ότι τα απορρυπαντικά τύπου A.B.S. δεν παράγονται πια, μπορούμε να δεχτούμε ότι με τη μέθοδο αυτή μετρώνται όλα τα ανιονικά απορρυπαντικά.

Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να μετρηθούν συγκεντρώσεις από 0,025 - 100 mg L⁻¹ ανιονικά απορρυπαντικά εκφρασμένα ως L.A.S. Η μικρότερη ανιχνεύσιμη ποσότητα είναι 10 µg.

Ο προσδιορισμός των ανιονικών επιφανειοδραστικών ουσιών επηρεάζεται τόσο από οργανικές όσο και ανόργανες ενώσεις. Τα οργανικά θειικά, σουλφονικά, καρβοξυλικά και ορθοφωσφορικά άλατα καθώς και οι φαινόλες σχηματίζουν σύμπλοκα με το μπλε του μεθυλενίου και δίνουν θετικά σφάλματα. Επίσης τα ανόργανα κυανικά, θειοκυανικά, χλωριούχα και νιτρικά άλατα σχηματίζουν ζεύγη

ιόντων με το μπλε του μεθυλενίου και δίνουν θετικά σφάλματα. Αντίθετα η παρουσία αμινών στο δείγμα δίνει αρνητικά σφάλματα.

Με τη μέθοδο αυτή δεν προσδιορίζονται τα κοινά σαπούνια. Οι περιορισμοί της μεθόδου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ιδιαίτερα κατά τον προσδιορισμό απορρυπαντικών στα λύματα και βιομηχανικά απόβλητα [24].

Απαιτούμενος εξοπλισμός: Για την εκτέλεση της μεθόδου χρησιμοποιήθηκαν διαχωριστικές χοάνες των 250 mL με στρόφιγγα από Teflon, σταγονόμετρα, ογκομετρικοί κύλινδροι των 25 και 50 mL, φασματοφωτόμετρο (UV mini – 1240, SHIMADZU) στα 652 nm και κυψελίδες πάχους τουλάχιστον 1 cm.

Αντιδραστήρια: Μητρικό διάλυμα θειικού δωδεκυλίου, L.A.S.: Ζυγίζεται ποσότητα άλατος νατρίου του θειικού δωδεκυλίου, ισοδύναμη με 1,00 g θειικού δωδεκυλίου, διαλύεται σε μικρή ποσότητα αποσταγμένου νερού, αραιώνεται στα 100 mL και αναδεύεται. Το διάλυμα φυλάσσεται σε ψυγείο και ανανεώνεται κάθε εβδομάδα (1,00 mL = 1,00 mg LAS).

Πρότυπο διάλυμα θειικού δωδεκυλίου, L.A.S.: Σε ογκομετρική φιάλη του λίτρου μεταφέρονται 10,0 mL από το μητρικό διάλυμα θειικού δωδεκυλίου και αραιώνονται μέχρι χαραγής με αποσταγμένο νερό. Το διάλυμα αυτό παρασκευάζεται λίγο πριν τη χρήση του (1,00 mL = 10,0 μg LAS).

Δείκτης φαινολοφθαλείνης.

Διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου, NaOH, 1N.

Θειικό οξύ, H₂SO₄, 1N και 6N.

Χλωροφόρμιο, CHCl₃.

Δισόξινο φωσφορικό νάτριο, μονοϋδρίτης, NaH₂PO₄·H₂O.

Αντιδραστήριο μπλε του μεθυλενίου : Διαλύονται 100 mg μπλέ του μεθυλενίου σε 100 mL αποσταγμένο νερό. Μεταφέρονται σε ογκομετρική φιάλη του 1 λίτρου. Προσθέτονται 500 mL αποσταγμένο νερό, 41 mL H₂SO₄ 6N και 50 g δισόξινο φωσφορικό νάτριο. Το διάλυμα ομογενοποιείται μέχρι τελείας διάλυσης και αραιώνεται ως 1 λίτρο.

Διάλυμα πλύσης: Σε ογκομετρική φιάλη του λίτρου προσθέτονται 41 mL H₂SO₄ 6N σε περίπου 500 mL αποσταγμένο νερό 50 g δισόξινο φωσφορικό νάτριο και η φιάλη αναδεύεται μέχρι τελείας διάλυσης και αραιώνεται ως 1 λίτρο.

Περιγραφή διαδικασίας ανάλυσης-μέτρησης

Χάραξη καμπύλης αναφοράς: Σε μια σειρά από 5 ογκομετρικές φιάλες των 100 mL, μεταφέρονται: 0, 1,00, 5,00, 10,00 και 20,00 mL πρότυπου διαλύματος L.A.S (πρότυπο διάλυμα θειικού δωδεκυλίου). Κάθε ογκομετρική φιάλη αραιώνεται με απιονισμένο νερό, μέχρι τελικού όγκου 100 mL. Κάθε πρότυπο διάλυμα μεταφέρεται σε διαχωριστική χοάνη 250 mL και κατεργάζεται, όπως ακριβώς αναφέρεται στην παρ. «Εκχύλιση και ανάπτυξη χρώματος». Αφού μετρηθεί η απορρόφηση όλων των πρότυπων διαλυμάτων, χαράζεται η καμπύλη αναφοράς.

Ποσότητα δείγματος: Επιλέγεται ποσότητα δείγματος, ανάλογα με την αναμενόμενη συγκέντρωση, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Αναμενόμενη συγκέντρωση M.B.A.S., σε mg L ⁻¹	Όγκος δείγματος σε mL
0,025 - 0,080	400
0,080 - 0,400	250
0,400 - 2,000	100

Σε περίπτωση που η αναμενόμενη συγκέντρωση MBAS είναι μεγαλύτερη από 2 mg L^{-1} , αραιώνεται το δείγμα που περιέχει 40 ως 200 $\mu\text{g MBAS}$ ως 100 mL με αποσταγμένο νερό. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν 100 mL δείγματος.

Εκχύλιση και ανάπτυξη χρώματος: Σε διαχωριστική χοάνη μεταφέρονται με ογκομετρικό κύλινδρο 100 mL δείγματος θερμοκρασίας δωματίου. Το διάλυμα καθίσταται αλκαλικό με προσθήκη διαλύματος NaOH, 1N και δείκτη φαινολοφθαλείνης. Στη συνέχεια γίνεται αποχρωματισμός του διαλύματος (από ροζ χρώμα) με προσθήκη H_2SO_4 , 1N.

Προσθέτονται 10 mL χλωροφόρμιο και 25 mL μπλε διαλύματος του μεθυλενίου. Η διαχωριστική χοάνη αναδεύεται έντονα για 30 sec και στη συνέχεια αφήνεται σε ηρεμία για να διαχωριστούν οι δύο στοιβάδες. Πρέπει να αποφεύγεται παρατεταμένη ανακίνηση για να μη σχηματίζονται γαλακτώματα. Πριν την παραλαβή της χλωροφορμικής στοιβάδας, η διαχωριστική χοάνη περιστρέφεται κυκλικά και αφήνεται για λίγο σε ηρεμία.

Η χλωροφορμική στοιβάδα μεταφέρεται σε άλλη διαχωριστική χοάνη. Η στρόφιγγα της πρώτης διαχωριστικής χοάνης ξεπλένεται με λίγο χλωροφόρμιο και η εκχύλιση επαναλαμβάνεται τρεις φορές, με 10 mL χλωροφόρμιο κάθε φορά. Αν το μπλε χρώμα της υδατικής στοιβάδας αρχίζει να εξασθενεί, το δείγμα απορρίπτεται και η ανάλυση επαναλαμβάνεται σε μικρότερο όγκο δείγματος.

Οι χλωροφορμικές στοιβάδες από τις διαδοχικές εκχυλίσεις μεταφέρονται στη δεύτερη διαχωριστική χοάνη.

Στη συνέχεια προσθέτονται 50 mL διαλύματος πλύσης και το διάλυμα αναδεύεται έντονα για 30 sec. Σ' αυτή τη φάση δεν υπάρχει κίνδυνος να σχηματιστούν γαλακτώματα. Οι δύο στοιβάδες αφήνονται να χωριστούν και η χλωροφορμική στοιβάδα παραλαμβάνεται σε ογκομετρική φιάλη των 100 mL, αφού προηγουμένως διηθηθεί με υαλοβάμβακα που έχει ξεπλυθεί με χλωροφόρμιο.

Το διάλυμα πλύσης, εκχυλίζεται δύο φορές, με 10 mL χλωροφόρμιο κάθε φορά και το χλωροφόρμιο προσθέεται κι αυτό στην ογκομετρική φιάλη. Απορρίπτεται η υδατική στοιβάδα, ξεπλένεται η διαχωριστική χοάνη και ο υαλοβάμβακας με λίγο χλωροφόρμιο που προσθέεται κι αυτό στην ογκομετρική φιάλη. Το περιεχόμενο της φιάλης αραιώνεται ως τελικό όγκο 100 mL με χλωροφόρμιο και αναδεύεται.

Μέτρηση: Μετράται η απορρόφηση του δείγματος και των πρότυπων διαλυμάτων, σε μήκος κύματος 652 nm, με μάρτυρα το διάλυμα που προκύπτει από τον τυφλό προσδιορισμό.

Τυφλός προσδιορισμός: Η διαδικασία που περιγράφεται στην παράγραφο 3 ακολουθείται με 100 mL απ. νερό στη θέση του δείγματος.

Υπολογισμοί : Από την καμπύλη αναφοράς υπολογίζεται η συγκέντρωση ανιονικών απορρυπαντικών του δείγματος που αντιστοιχούν στην μετρηθείσα απορρόφηση. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως:

$$\text{mg L}^{-1} \text{ MBAS} = \frac{\mu\text{g L.A.S.}}{\text{mL δείγματος}}$$

6.2.5 Μικροβιολογικές παράμετροι

Αρχή της μεθόδου: Μετά από διήθηση του δείγματος υπό κενώ, το φίλτρο που χρησιμοποιήθηκε στη διήθηση εμποτίζεται σε θρεπτικό υλικό τύπου Endo και επωάζεται σε θάλαμο επώασης ρυθμισμένης θερμοκρασίας για 22 – 24 ώρες.

Απαιτούμενος εξοπλισμός και διαλύματα: Κατά τη διαδικασία μέτρησης των κοπρανωδών κολοβακτηρίων και ολικών κολοβακτηρίων χρησιμοποιήθηκαν αντλία κενού (Buchi Vac® V-500), αποστειρωμένα φίλτρα 47 mm - 0.45 μm (Pall GN-6 mertical® Grid), μαγνητική χοάνη διήθησης 300 mL (Pall), μεταλλική λαβίδα με στρογγυλεμένα άκρα, πιπέττες ρυθμιζόμενου όγκου 1-10mL, ογκομετρικοί κύλινδροι, θάλαμοι επώασης (G® -Cell 075) και (Heraeus kentro UB6) ρυθμισμένοι σε θερμοκρασία 44,5 °C και 35 °C αντίστοιχα.

Χρησιμοποιήθηκαν αποστειρωμένα τρυβλία Petri 50 mm με αποστειρωμένες απορροφητικές βάσεις διαμέτρου 47 mm, αποστειρωμένες αμπούλες θρεπτικού υλικού MF-Endo Broth (Gelman Laboratory PN 68105) και M-FC Broth with Rosolic acid (Gelman Laboratory PN 4302), αποστειρωμένα φίλτρα διαμέτρου πόρων 0,45 μm και αιθανόλη.

Περιγραφή διαδικασίας ανάλυσης-μέτρησης

Δειγματοληψία: Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε αποστειρωμένες φιάλες όγκου 500 mL τυλιγμένες με αλουμινόχαρτο. Ο προσδιορισμός έγινε αμέσως μετά τη δειγματοληψία.

Αραίωση δειγμάτων: Για τον προσδιορισμό των ολικών κολοβακτηρίων γίνεται αραίωση 1:2 (10 mL δείγματος + 10 mL απιονισμένο νερό).

Για τον προσδιορισμό των κοπρανωδών κολοβακτηρίων δε γίνεται αραίωση. Χρησιμοποιούνται 200 mL δείγματος.

Προετοιμασία τρυβλίων με θρεπτικό υλικό : Σε κάθε αποστειρωμένο τρυβλίο διαμέτρου 50mm τοποθετείται μία ειδική απορροφητική βάση και μία αμπούλα με 2 mL έτοιμο αποστειρωμένο θρεπτικό υλικό.

Το θρεπτικό υλικό που χρησιμοποιείται για τα ολικά κολοβακτήρια είναι το MF-Endo Broth (Gelman Laboratory PN 68105).

Το θρεπτικό υλικό που χρησιμοποιείται για τα κοπρανώδη κολοβακτήρια είναι το M-FC Broth with Rosolic acid (Gelman Laboratory PN 4302).

Διήθηση : Η χοάνη προσαρμόζεται στη συσκευή διήθησης. Η λαβίδα για την αποστείρωσή της εμβαπίζεται σε αιθανόλη, περνιέται πάνω από φλόγα και περιμένουμε να σβήσει. Με τη λαβίδα λαμβάνεται ένα αποστειρωμένο φίλτρο (Pall GN-6 mertical® Grid) και τοποθετείται πάνω στην βάση της αποστειρωμένης μαγνητικής χοάνης (Pall) της συσκευής διήθησης.

Ανοίγεται η αντλία κενού (Buchi Vac® V-500) και διηθείται πρώτα ένα δείγμα απιονισμένου νερού (30mL), το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την αραίωση του δείγματος.

Όταν έχει περάσει όλο το δείγμα του απιονισμένου νερού από το φίλτρο (πριν στεγνώσει εντελώς το φίλτρο) διακόπτεται η διήθηση και τοποθετείται το φίλτρο πάνω σε ένα τρυβλίο με θρεπτικό υλικό.

Το φίλτρο αυτό χρησιμοποιείται σα μάρτυρας για τον έλεγχο του απιονισμένου νερού.

Ακολουθείται η ίδια διαδικασία και για το δείγμα. Στα ολικά κολοβακτήρια διηθούνται 20 mL δείγματος στο οποίο έχει γίνει αραιώση 1:1 (10 mL δείγματος και 10 mL απιονισμένο νερό). Στα κοπρανώδη κολοβακτήρια διηθούνται 200 mL δείγματος.

Το φίλτρο κάθε δείγματος ξεπλένεται με 20-30mL απιονισμένου νερού πριν το τοποθετήσουμε στο αντίστοιχο τρυβλίο.

Επώαση :Τα τρυβλία των ολικών κολοβακτηρίων τοποθετούνται σε θάλαμο επώασης (Heraeus kentro UB6) στους 35 °C για 22-24 ώρες ενώ τα τρυβλία των κοπρανωδών κολοβακτηρίων τοποθετούνται σε θάλαμο επώασης (G[®]-Cell 075) και στους 44,5 °C για 22-24 ώρες.

Καταμέτρηση αποικιών : Τα ολικά κολοβακτήρια δημιουργούν αποικίες που έχουν ένα βαθύ κόκκινο χρώμα με μεταλλική γυαλάδα. Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια δημιουργούν αποικίες που έχουν ένα μπλε χρώμα. Στα τρυβλία των ολικών κολοβακτηρίων παρατηρούνται επίσης αποικίες απροσδιορίστου μορφής, με βαθύ κόκκινο χρώμα χωρίς μεταλλική γυαλάδα, που θεωρούνται πιθανώς εντεροβακτήρια. Ο ιδανικός αριθμός αποικιών ανά φίλτρο είναι μεταξύ 20 και 80.

Αν ο αριθμός των αποικιών ανά τρυβλίο είναι υψηλότερος και οι αποικίες αλληλοκαλύπτονται, η ανάλυση πρέπει να επαναληφθεί χρησιμοποιώντας υψηλότερες αραιώσεις.

Υπολογισμός : Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε αποικίες/100 mL και δίνεται από τον τύπο:

$$\text{αριθμός αποικιών} / 100 \text{ mL} = \frac{\text{αριθμός αποικιών} * \text{συντελεστή αραιώσης} * 100}{\text{όγκος διηθούμενου δείγματος}}$$

Κεφάλαιο 7

Αποτελέσματα

7.1 Ποταμός Κοιλιάρης

Η τιμή του pH του νερού στα δύο σημεία δειγματοληψίας του ποταμού Κοιλιάρη κυμάνθηκε μεταξύ 7,4 και 8,0 κατά την περίοδο μελέτης, εύρος που δεν ξεπερνά το διάστημα τιμών που ορίζεται από τη νομοθεσία τόσο για το πόσιμο νερό όσο και για το νερό κολύμβησης (Σχήμα 12). Κατά την διάρκεια των περισσότερων δειγματοληψιών οι τιμές του pH ήταν υψηλότερες στη θέση Γέφυρα σε σχέση με την θέση Κοίτη, με εξαίρεση τη δειγματοληψία της 25/9/2003.

Οι τιμές της θερμοκρασίας (Σχήμα 13) του νερού του ποταμού Κοιλιάρη στη θέση Γέφυρα κυμάνθηκαν μεταξύ 13-15,4°C καθ' όλη την περίοδο μελέτης, με σταδιακή αύξηση από τον Ιούνιο ως το Σεπτέμβριο και μείωση το Δεκέμβριο.

Οι τιμές της αγωγιμότητας ήταν υψηλότερες στη θέση Κοίτη σε σχέση με την θέση Γέφυρα (Σχήμα 14). Η αγωγιμότητα στη θέση Κοίτη ήταν 1,31 mS/cm στην πρώτη δειγματοληψία και ακολούθησε αυξητική πορεία καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών, ξεπερνώντας τα 4 mS/cm το Σεπτέμβριο. Την 1/12/2003 (χειμερινή δειγματοληψία), παρατηρείται μία εμφανής μείωση στην τιμή της, καθώς είναι μικρότερη από την τιμή της δειγματοληψίας της 25/9/2003 κατά 50%. Η θέση Γέφυρα ακολουθεί την ίδια εποχιακή μεταβολή με λίγο χαμηλότερες όμως τιμές, ξεκινώντας από 0,8 mS/cm στην ανοιξιάτικη δειγματοληψία (8/4/2003), παρουσιάζοντας την υψηλότερη τιμή της (3 mS/cm) στις 25/9/2003 και μείωση στην τιμή της στις 1/12/2003 έναντι της τιμής της στις 25/9/2003. Οι τιμές της χειμερινής δειγματοληψίας παρ' όλο που είναι χαμηλότερες από τις τιμές των δειγματοληψιών Αυγούστου και Σεπτεμβρίου, διατηρούνται υψηλότερες από τις δειγματοληψίες Απριλίου – Μαΐου – Ιουνίου και προσεγγίζουν τις τιμές της δειγματοληψίας της 5/7/2003. Παρατηρείται επίσης ότι ως και τις 5/7/2003, καθώς και στη χειμερινή δειγματοληψία, οι τιμές της αγωγιμότητας διατηρούνται και στις δύο θέσεις χαμηλότερες από το όριο που έχει τεθεί από τη νομοθεσία για το πόσιμο νερό, ενώ τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο το ξεπερνούν.

Η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου (Σχήμα 15) ακολουθεί παράλληλη εποχιακή μεταβολή με την αγωγιμότητα, με σταθερά υψηλότερες τιμές στη θέση Κοίτη έναντι της θέσης Γέφυρα. Η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου στη θέση Κοίτη κυμαίνεται από 326 ως 1226 mg/L, παρουσιάζοντας σταδιακή αύξηση κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου με υψηλότερη τιμή στις 25/9/2003. Στη θέση Γέφυρα η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου δεν ξεπερνά τα 1000 mg/L, καθώς κυμαίνεται από 168 ως 866 mg/L. Στη χειμερινή δειγματοληψία (1/12/2003) οι τιμές στις θέσεις Κοίτη και Γέφυρα ήταν 610 και 354 mg/L αντιστοίχως. Η διαφορά τιμών που παρατηρείται μεταξύ των εποχών άνοιξη - καλοκαίρι πλησιάζει το 80%, ενώ η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου στο νερό του ποταμού το χειμώνα είναι μειωμένη κατά 50% από τη συγκέντρωσή τους στις 25/9/2003 μεταξύ των εποχών καλοκαίρι – χειμώνα είναι περίπου 50%. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 15, η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου ξεπερνά σε όλες τις δειγματοληψίες το αντίστοιχο όριο που έχει τεθεί από τη νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, στις δε καλοκαιρινές δειγματοληψίες είναι ως και πέντε φορές μεγαλύτερη από το όριο αυτό.

Οι τιμές των ολικών διαλυμένων στερεών και της αλατότητας (Σχήματα 16, 17) στη θέση Γέφυρα προέρχονται από υπολογιστική διαδικασία του πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®) μέσω των τιμών αγωγιμότητας. Οι μετρήσεις με τον πολυαισθητήρα Surveyor® 4 (HYDROLAB®) πραγματοποιήθηκαν στη θέση Γέφυρα. Οι τιμές της αλατότητας κυμάνθηκαν από 0,54 ως 1,84 ppt, με υψηλότερη τιμή στις 25/9/2003. Οι τιμές των ολικών διαλυμένων στερεών κυμάνθηκαν μεταξύ 0,656 g/L και 2,181 g/L, με υψηλότερη τιμή επίσης στις 25/9/2003.

Φαίνεται λοιπόν ότι οι παράμετροι της αγωγιμότητας, των ιόντων χλωρίου, της αλατότητας και των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) ακολουθούν παράλληλη εποχιακή μεταβολή με σταδιακή αύξηση από τον Ιούνιο ως τον Σεπτέμβριο και μείωση το Δεκέμβριο.

Στις 19/6/2003 εφαρμόστηκε στα δείγματα και των δύο ποταμών η μέθοδος μέτρησης των ολικών αιωρούμενων στερεών που περιγράφεται στην παράγραφο 6.2.2.6, χωρίς όμως να δώσει αποτελέσματα καθώς θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί αναλυτικός ζυγός μεγαλύτερης ακριβείας ή να επαναληφθεί το πείραμα με μεγαλύτερο όγκο δείγματος.

Μικρή εποχιακή διακύμανση παρουσίασαν οι τιμές της θολότητας (Σχήμα 18) οι οποίες διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα κατά την περίοδο δειγματοληψίας και στα δύο σημεία του ποταμού. Οι τιμές της θολότητας κυμάνθηκαν από 0,9-15,5 NTU στη θέση Κοίτη και από 0,6-13 NTU στη θέση Γέφυρα. Η υψηλότερη τιμή θολότητας και στα δύο σημεία παρουσιάστηκε κατά τη χειμερινή δειγματοληψία (1/12/2003).

Καθώς το εύρος των test kit μέτρησης των ορθοφωσφορικών ιόντων ήταν 0,05 – 5,00 mg PO₄³⁻P/L, συγκεντρώσεις ορθοφωσφορικών ιόντων μικρότερες από 0,05 mg PO₄³⁻P/L ήταν αδύνατο να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι τιμές των ορθοφωσφορικών ιόντων κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών 8/4/2003 ως 22/8/2003 (Σχήμα 19). Οι τιμές των ορθοφωσφορικών ιόντων στις δειγματοληψίες μέχρι τις 27/7/2003 συμπίπτουν με το θεωρητικό μηδέν της κλίμακας των συγκεντρώσεων του test kit. Στις 22/8/2003 μικρή αύξηση των ορθοφωσφορικών παρατηρήθηκε στο δείγμα που λήφθηκε από τη θέση Γέφυρα, με την τιμή τους να φτάνει τα 0,27 mg PO₄³⁻P/L. Στις 25/9/2003 σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε και στα δύο σημεία του ποταμού, καθώς η συγκέντρωση των ορθοφωσφορικών ιόντων ήταν 1,1 και 1 mg/L στις θέσεις Κοίτη και Γέφυρα αντίστοιχα. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 19, η συγκέντρωση των ορθοφωσφορικών ιόντων σε όλες τις δειγματοληψίες είναι πολύ χαμηλότερη από το αντίστοιχο όριο που έχει τεθεί από τη νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

Τα αμμωνιακό άζωτο διατηρήθηκε σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις σε όλες σχεδόν τις δειγματοληψίες (Σχήμα 20), με εξαίρεση αυτήν της 5/7/2003 που παρατηρείται μία απότομα αυξημένη τιμή του, παρουσιάζοντας συγκέντρωση 0,13 mg/L στη θέση Κοίτη και 0,32 mg/L στη θέση Γέφυρα. Λόγω του εύρους των test kit που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρηση του αμμωνιακού αζώτου (ελάχιστα όρια ανίχνευσης των δύο test kit 0,01 mg/L και 0,05 mg/L) μηδενικές συγκεντρώσεις ή συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,01 mg/L και 0,05 mg/L μετρήθηκαν κατά τις περιόδους 8/4/2003 ως 19/6/2003 και 27/7/2003 ως 1/12/2003. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 20, η συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου σε όλες τις δειγματοληψίες είναι χαμηλότερη από το αντίστοιχο όριο που έχει τεθεί από τη νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου είναι αξιοσημείωτη και στα δύο σημεία καθώς στις περισσότερες δειγματοληψίες ξεπερνά τα 0,5 mg /L NO₃-N (Σχήμα 21). Στη θέση Κοίτη η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου κυμαίνεται από <0,5 - 2,1 mg/L ενώ στη θέση Γέφυρα μεταξύ <0,5 – 1,1 mg/L. Σε όλες τις δειγματοληψίες, με εξαίρεση αυτήν της 19/6/2003, η θέση Κοίτη παρουσίαζε μεγαλύτερη συγκέντρωση από τη θέση Γέφυρα, ενώ η διαφορά μεταξύ των δύο θέσεων αγγίζει το 50% στις 25/9/2003. Στις δειγματοληψίες των 22/8/2003 και 25/9/2003 παρατηρείται μία αξιόλογη αύξηση του νιτρικού αζώτου, ενώ στις 1/12/2003 παρατηρείται μία μικρή μείωση σε σχέση με τη φθινοπωρινή δειγματοληψία. Οι τιμές των δειγματοληψιών 22/8/2003 και 25/9/2003 διαφέρουν από τις τιμές των πρώτων δειγματοληψιών (Απρίλιος – Μάιος 2003) ως και 70%. Η παραμετρική τιμή που ορίζεται από τη νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι σε όλες τις περιπτώσεις πέντε ως δέκα φορές μεγαλύτερη από τη μετρούμενη τιμή.

Σε ότι αφορά το μικροβιακό φορτίο του ποταμού, παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των ολικών κολοβακτηρίων (Σχήμα 22) και κοπρανωδών κολοβακτηρίων (Σχήμα 23) που περιέχονται στα δείγματα κάθε δειγματοληψίας. Παρατηρούνται ίδιες αυξομειώσεις στις δύο κατηγορίες μικροοργανισμών. Στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες οι τιμές των ολικών κολοβακτηρίων στη θέση Κοίτη φτάνουν ως 100 αποικίες/100 mL ενώ στη θέση Γέφυρα ως 170 αποικίες/100 mL. Στις 5/7/2003 η συγκέντρωσή τους στη θέση Κοίτη παρουσιάζεται τριπλάσια από τις προηγούμενες δειγματοληψίες φτάνοντας τις 340 αποικίες/100 mL. Στις επόμενες δειγματοληψίες παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσής τους, ενώ έχουμε μία επανεμφάνιση στη χειμερινή δειγματοληψία (1/12/2003) με 150 αποικίες/100 mL στη θέση Κοίτη και 120 αποικίες/100 mL στη θέση Γέφυρα. Το επιθυμητό όριο που ορίζεται από τη νομοθεσία για τα νερά κολύμβησης (500 αποικίες/100 mL), είναι μεγαλύτερο από όλες τις μετρούμενες τιμές, ενώ η συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηρίων σε όλα τα δείγματα νερού που μετρήθηκαν ήταν πολύ υψηλότερη από το όριο που ορίζεται για το πόσιμο νερό (0 αποικίες/100 mL).

Η συγκέντρωση των κοπρανωδών κολοβακτηρίων (Σχήμα 23) ακολουθεί παράλληλη εποχιακή μεταβολή με τη συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηρίων με έξαρση στις τιμές της στις δειγματοληψίες της θερινής περιόδου (5/7/2003, 27/7/2003 και 22/8/2003). Η συγκέντρωση των κοπρανωδών κολοβακτηρίων κυμαίνεται από 0-90 αποικίες/100 mL στη θέση Κοίτη και από 0-9,5 αποικίες/100 mL στη θέση Γέφυρα. Η τιμή της 5/7/2003 στη θέση Κοίτη πλησιάζει το όριο των 100 αποικιών/100 mL που ορίζεται από τη νομοθεσία για τα νερά κολύμβησης, παρ' όλα αυτά καμία τιμή δεν ξεπερνά το όριο αυτό.

Η θέση Κοίτη εμφανίζει σαφώς μεγαλύτερη μόλυνση καθώς και μια πιο θεαματική αύξηση στη συγκέντρωση τόσο των ολικών όσο και των κοπρανωδών κολοβακτηρίων με διαφορές στις τιμές μεταξύ των εποχών άνοιξη – καλοκαίρι να ξεπερνούν το 70%. Οι υψηλές μετρηθείσες συγκεντρώσεις ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηρίων καθιστούν το νερό του ποταμού Κοιλιάρη ακατάλληλο για πόσιμο χωρίς προηγούμενη επεξεργασία.

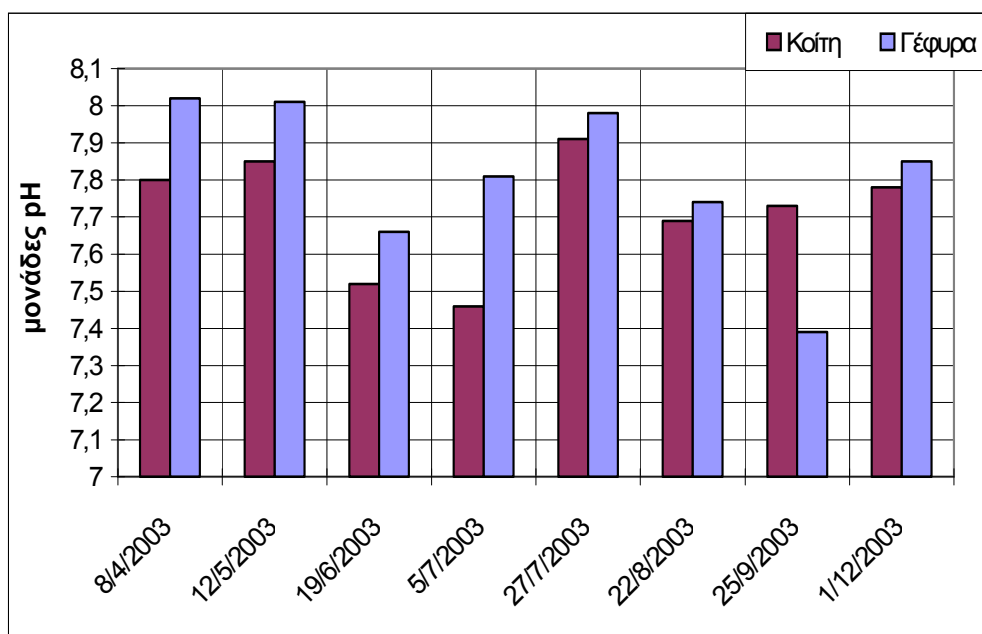
Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου κυμαίνεται από 4,6 ως 11,18 mg O₂/L. Παρατηρείται σταδιακή μείωση του διαλυμένου οξυγόνου μέχρι το τέλος της θερινής περιόδου και ανάκαμψη με την έναρξη της φθινοπωρινής περιόδου (Σχήμα 24). Η τιμή του στο τέλος της θερινής περιόδου (22/8/2003) είναι μικρότερη από την τιμή της αρχής της θερινής περιόδου (19/6/2003) κατά 50%. Σύμφωνα με την

ισχύουσα νομοθεσία όλες οι τιμές βρίσκονται μέσα στο επιθυμητό όριο 80-120% της τιμής κορεσμού, με εξαίρεση την τιμή των 22/8/2003 και 25/9/2003 που αντιστοιχεί σε 45,5% και 52,1% της τιμής κορεσμού αντίστοιχα.

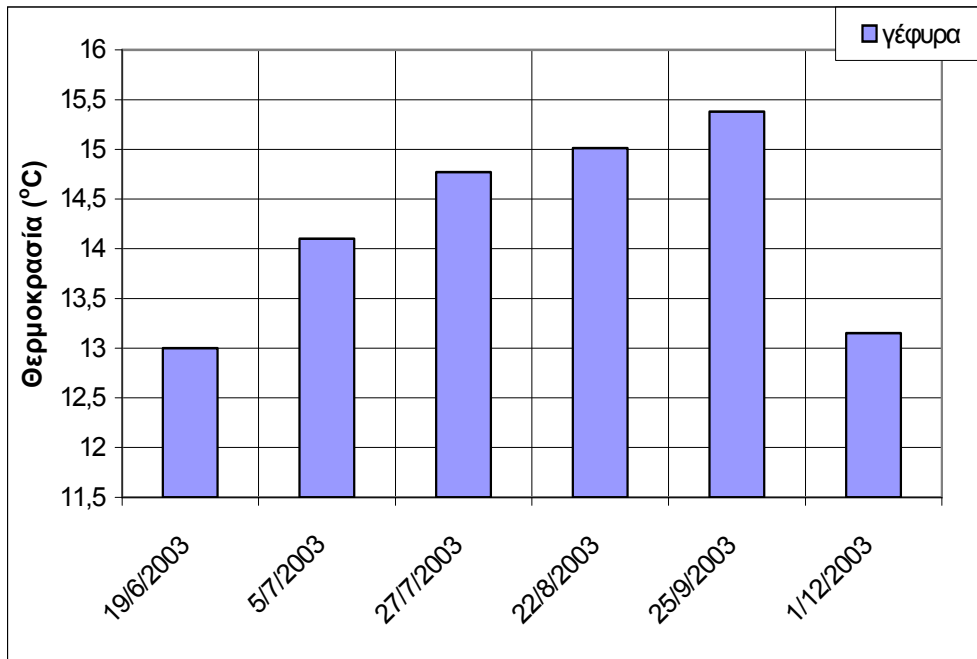
Η συγκέντρωση του COD στις αρχικές δειγματοληψίες, που χρησιμοποιήθηκε test kit εύρους 10 -150 mg O₂/L, δεν ήταν δυνατό να προσδιοριστεί με ακρίβεια αφού ήταν μικρότερη από 10 mg O₂/L. Στις επόμενες δειγματοληψίες (27/7/2003, 25/9/2003 και 1/12/2003) χρησιμοποιήθηκε test kit εύρους 4-40 mg O₂/L. Στις 27/7/2003 στη θέση Κοίτη η τιμή του COD ήταν 6,6 mg O₂/L, ξεπερνώντας το όριο που τίθεται από τη νομοθεσία για το πόσιμο νερό (5 mg O₂/L), ενώ στη θέση Γέφυρα <4 mg O₂/L, με προσεγγιστικό προσδιορισμό 3,4 mg O₂/L. Στις 25/9/2003 και στις δύο θέσεις ήταν μικρότερο των 4 mg/L. Στις 1/12/2003 στη θέση Κοίτη το COD ήταν 7,9 mg O₂/L ενώ στη θέση Γέφυρα προσδιορίστηκε προσεγγιστικά 2,7<4 mg O₂/L (Σχήμα 25). Παρατηρείται λοιπόν ότι στις δειγματοληψίες που έγινε ακριβής προσδιορισμός του COD με χαμηλού εύρους test kit, η θέση Κοίτη παρουσίασε υψηλότερη συγκέντρωση.

Αντίθετα παρατηρούνται μεγαλύτερες τιμές BOD₅ και BOD₂₀ στη θέση Γέφυρα, με εξαίρεση τις δειγματοληψίες των 5/7/2003 και 25/9/2003. Η τιμή τόσο του BOD₅ όσο και του BOD₂₀ κυμάνθηκε μεταξύ 0 και 5 mg O₂/L. Παρατηρείται ότι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις, με εξαίρεση τις δειγματοληψίες των 27/7/2003 και 22/8/2003, η τιμή του BOD₂₀ (Σχήμα 27) αυξάνεται κατά 20-30% από την αντίστοιχη τιμή του BOD₅ (Σχήμα 26). Μία σαφής αντιστοιχία μεταξύ BOD₅ και συγκέντρωσης ολικών κολοβακτηρίων δε μπόρεσε να διαπιστωθεί.

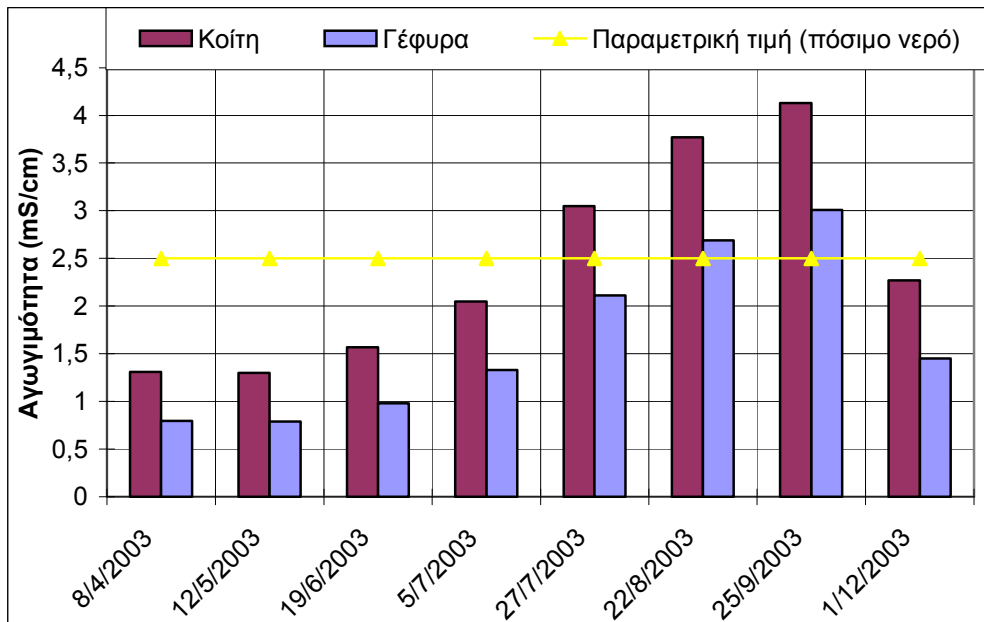
Η συγκέντρωση των απορρυπαντικών στο νερό του ποταμού μετρήθηκε στις 19/6/2003, 5/7/2003 και 27/7/2003 και ήταν 0 ppm LAS σε όλες τις περιπτώσεις.



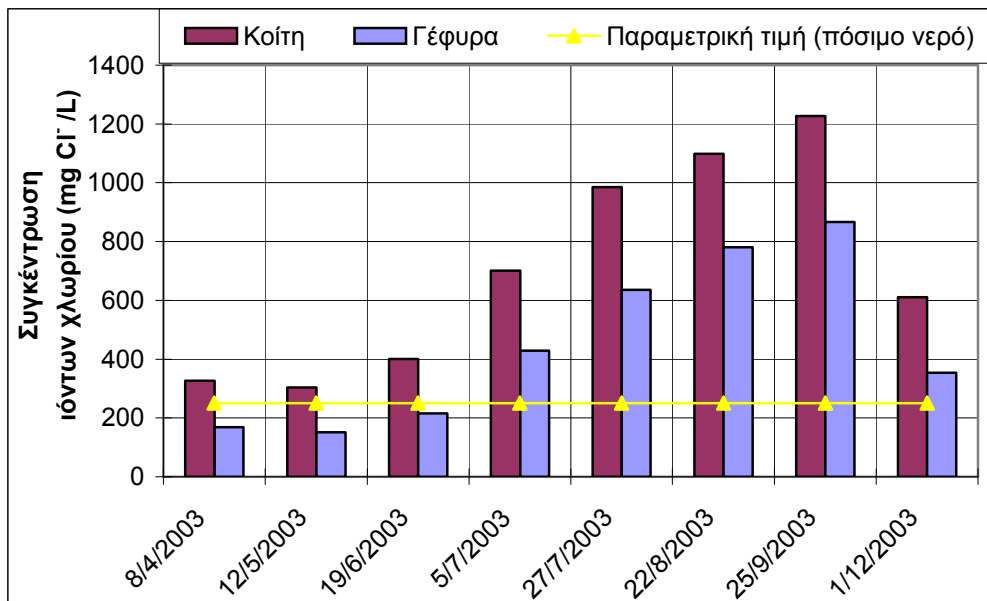
Σχήμα 12. Μεταβολή του pH στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη στις θέσεις δειγματοληψίας Κοίτη (κόκκινο) και Γέφυρα (μπλε)
Παραμετρική τιμή (πόσιμο νερό): $\geq 6,5$ και $\leq 9,5$
Επιθυμητό όριο (νερό κολύμβησης): $\geq 6,5$ και $\leq 8,5$



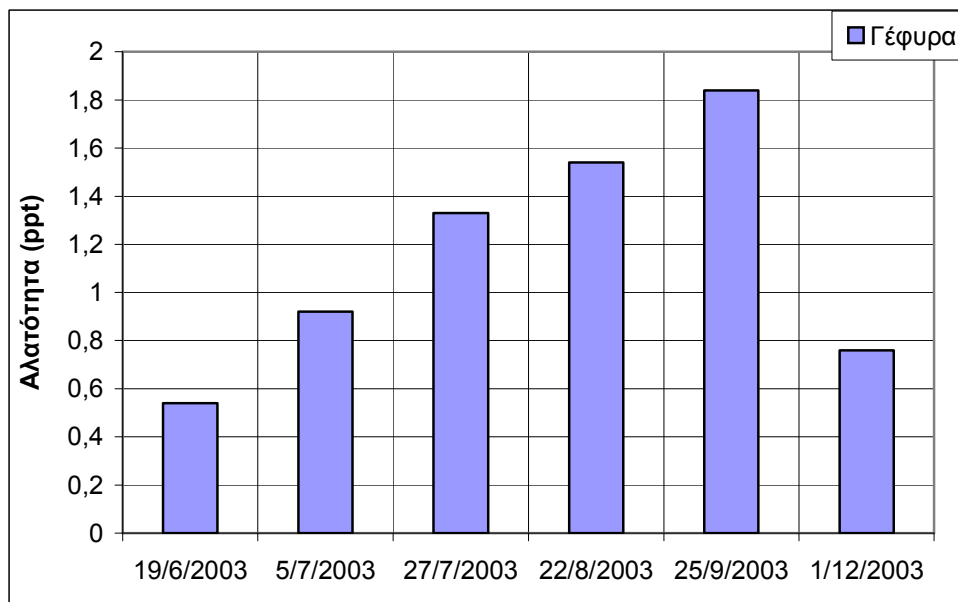
Σχήμα 13. Μεταβολή της θερμοκρασίας στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



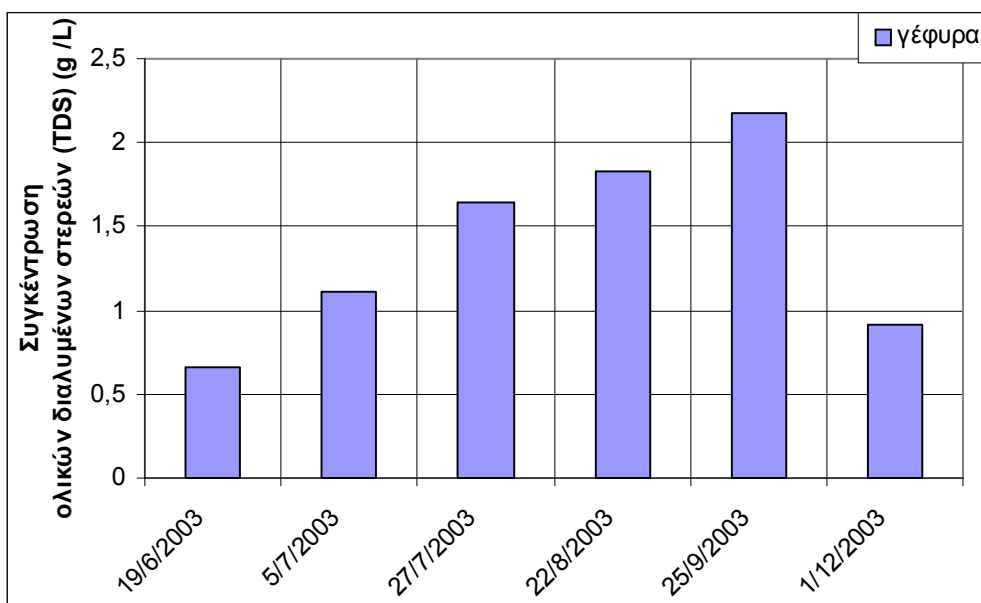
Σχήμα 14. Μεταβολή της αγωγιμότητας στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



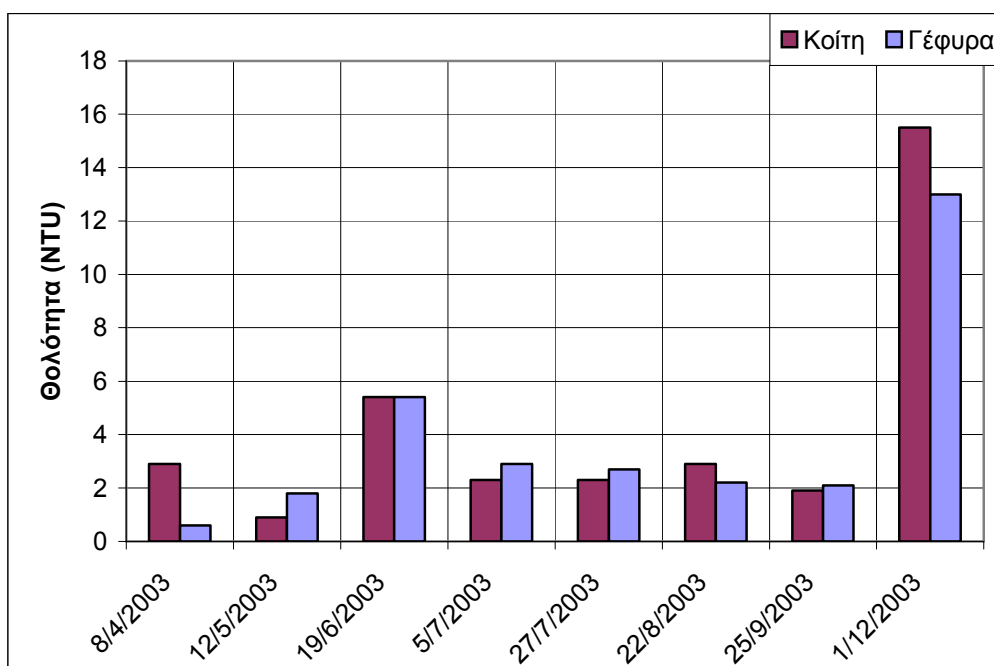
Σχήμα 15. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



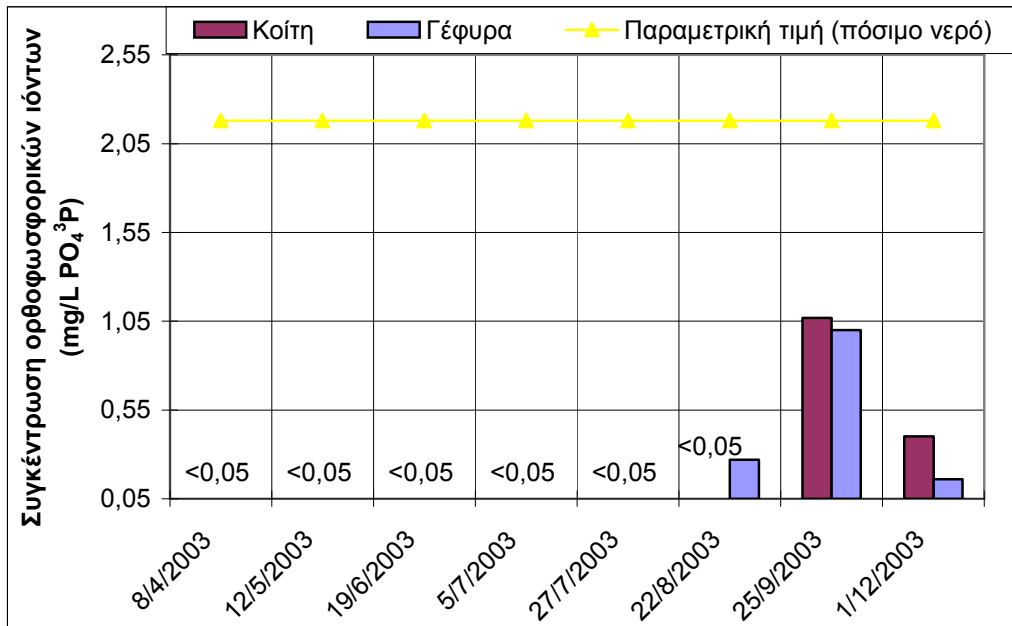
Σχήμα 16. Μεταβολή της συγκέντρωσης της αλατότητας στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



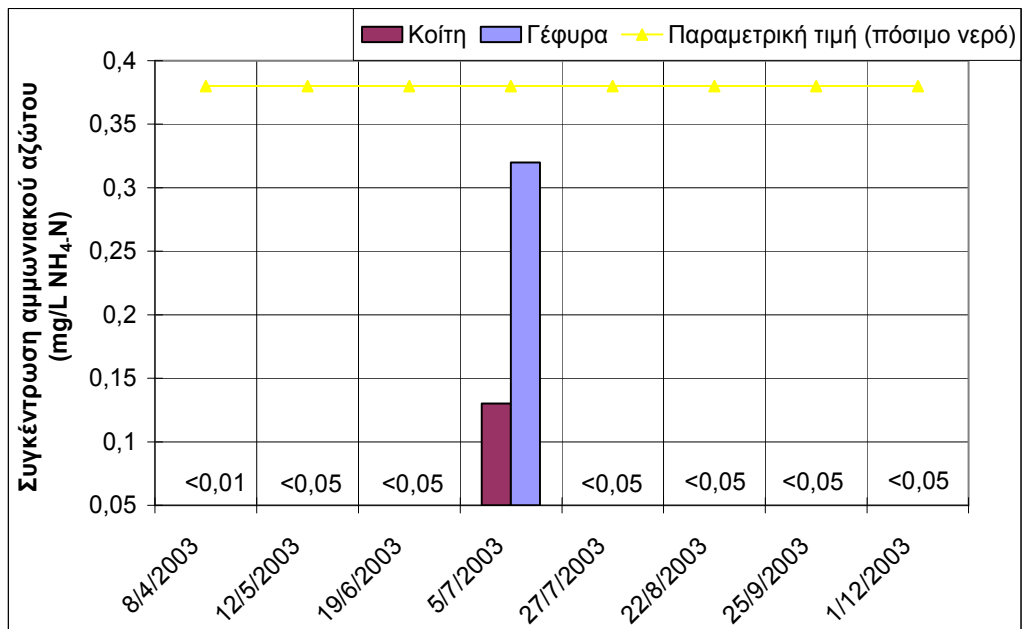
Σχήμα 17. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



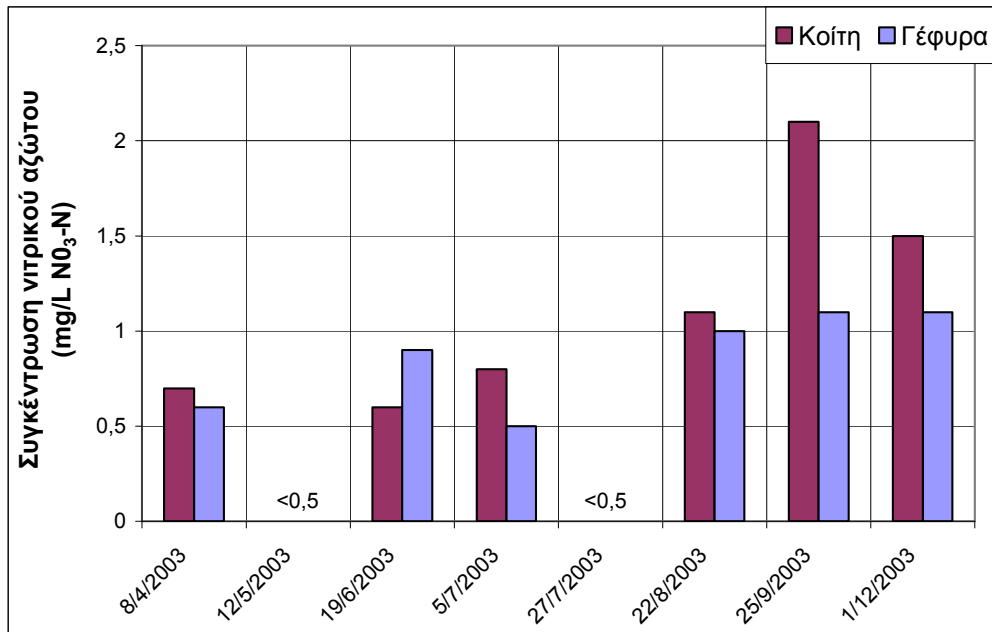
Σχήμα 18. Μεταβολή της θολότητας στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



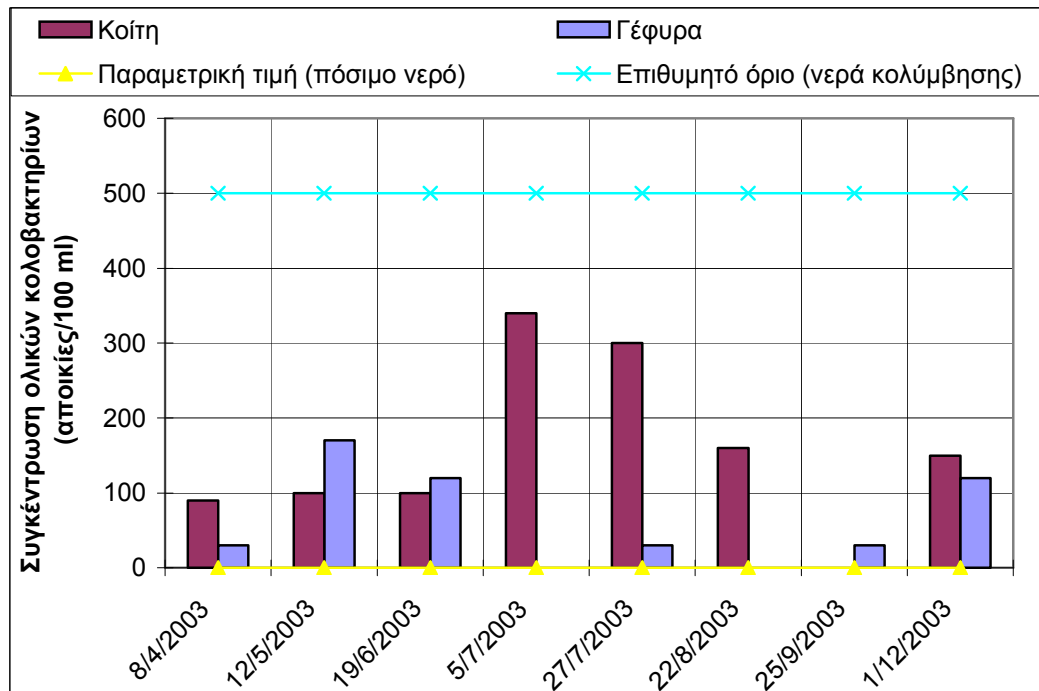
Σχήμα 19. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ορθοφωσφορικών ιόντων στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



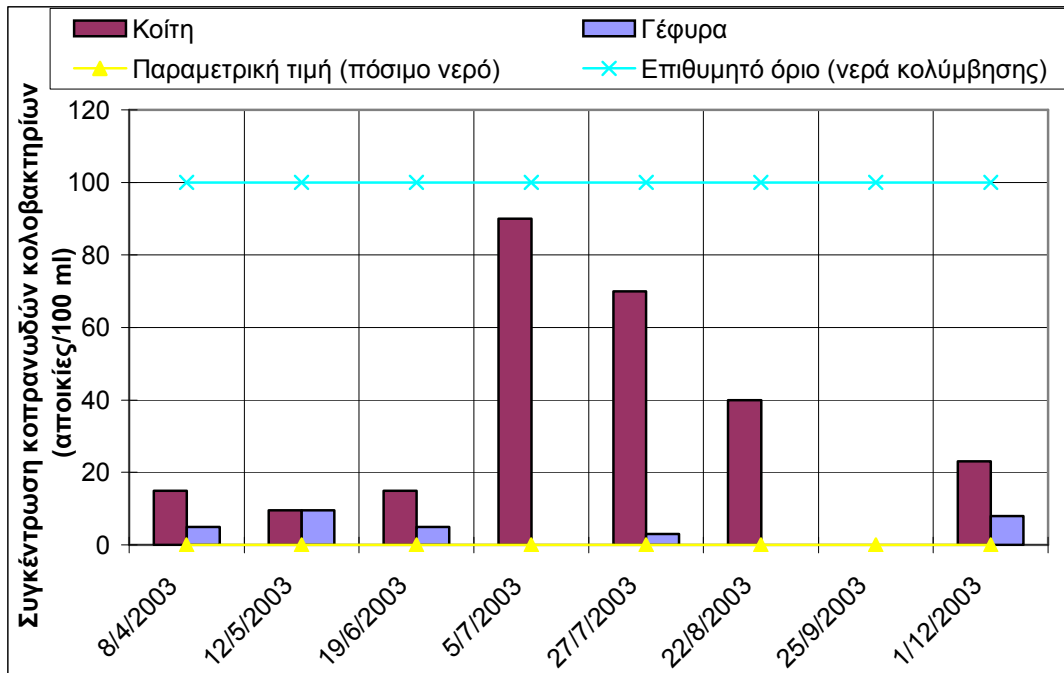
Σχήμα 20. Μεταβολή της συγκέντρωσης του αμμωνιακού αζώτου στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



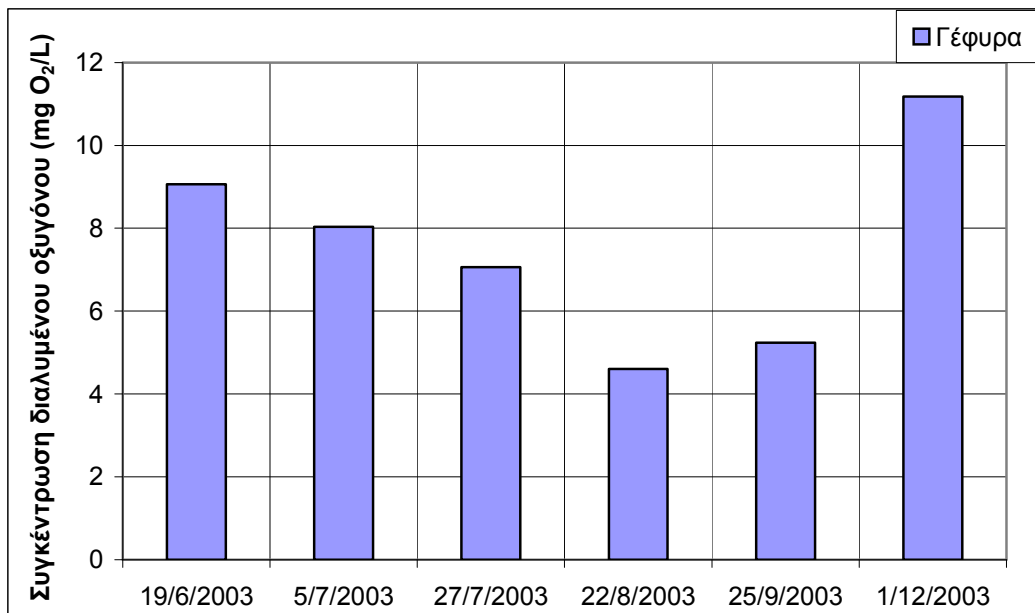
Σχήμα 21. Μεταβολή της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη
 Παραμετρική τιμή (πόσιμο νερό): $\approx 10 \text{ mg/L NO}_3\text{-N}$



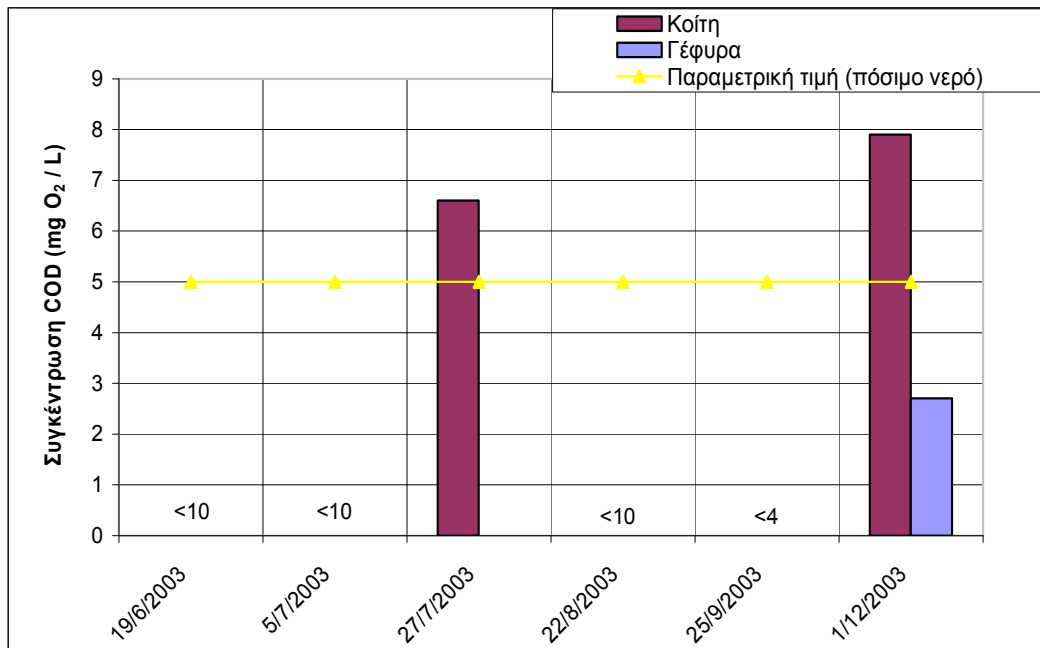
Σχήμα 22. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών κολοβακτηρίων στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



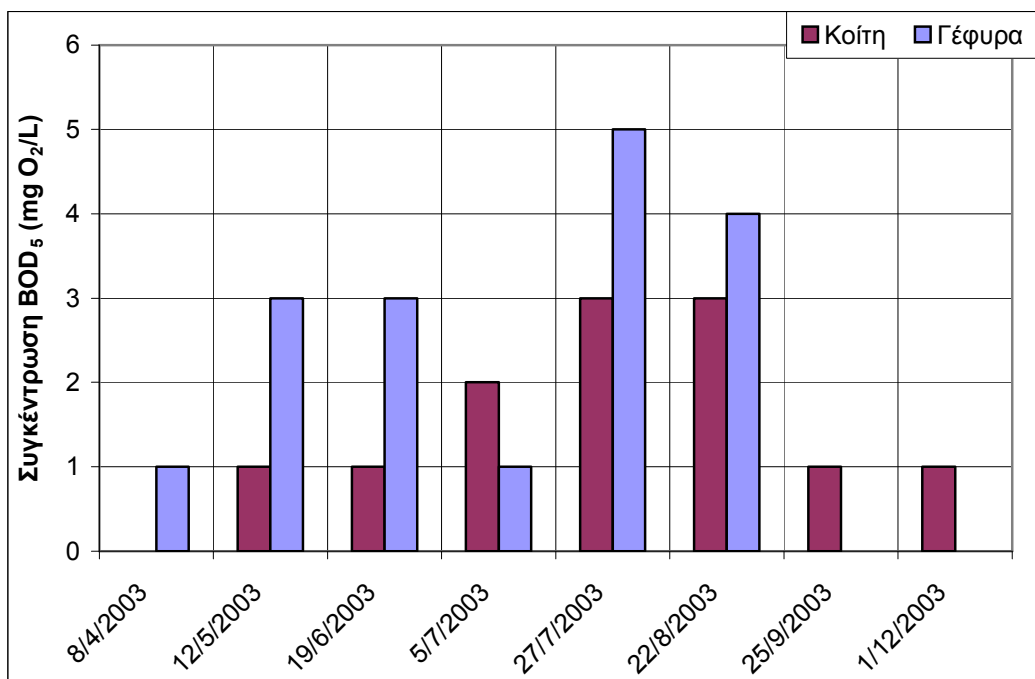
Σχήμα 23. Μεταβολή της συγκέντρωσης των κοπρανωδών κολοβακτηρίων στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



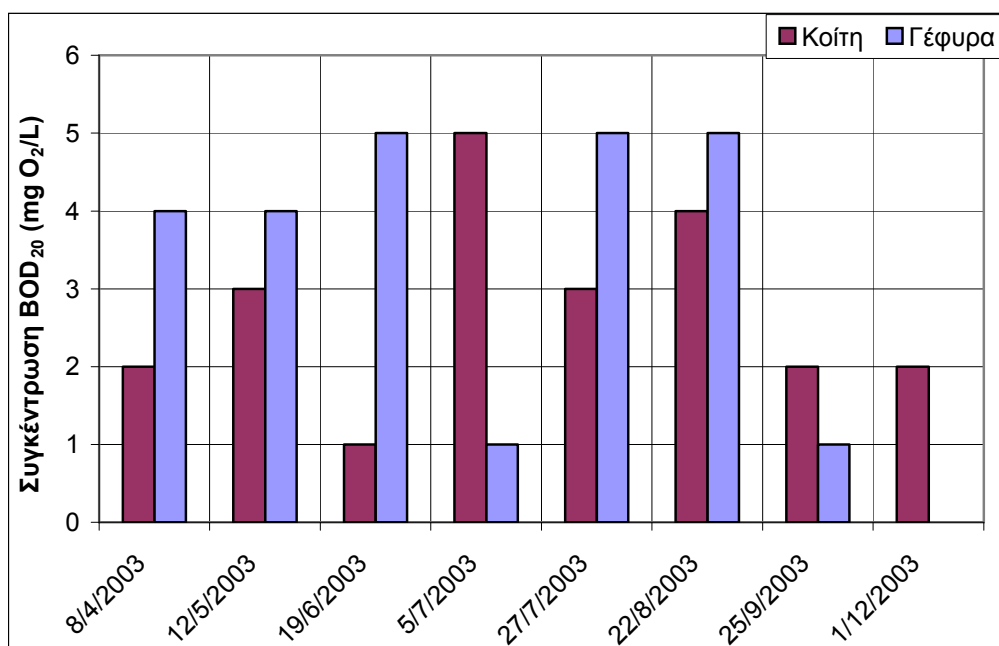
Σχήμα 24. Μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη
Επιθυμητό όριο (νερά κολύμβησης): 80-120% της τιμής κορεσμού



Σχήμα 25. Μεταβολή της συγκέντρωσης του COD στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



Σχήμα 26. Μεταβολή της συγκέντρωσης του BOD₅ στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη



Σχήμα 27. Μεταβολή της συγκέντρωσης του BOD₂₀ στο νερό του ποταμού Κοιλιάρη

7.2 Ποταμός Ταυρωνίτης

Η τιμή του pH του νερού στα δύο σημεία δειγματοληψίας του ποταμού Ταυρωνίτη κυμάνθηκε μεταξύ 7,3 και 8,25 κατά την περίοδο μελέτης. Όπως και στον ποταμό Κοιλιάρη, το εύρος που κυμαίνεται το pH δεν ξεπερνά το διάστημα τιμών που ορίζεται από τη νομοθεσία τόσο για το πόσιμο νερό όσο και για το νερό κολύμβησης (Σχήμα 28). Κατά την διάρκεια των περισσότερων δειγματοληψιών οι τιμές του pH ήταν υψηλότερες στη θέση Ντεριανός σε σχέση με την θέση Ταυρωνίτης. Η θέση Μείγμα παρουσιάζει ενδιάμεσες τιμές των θέσεων Ντεριανός και Ταυρωνίτης στις 14/4/2003 και 12/5/2003 ενώ στις 19/6/2003 η τιμή του είναι 7,3 και αποτελεί τη μικρότερη τιμή pH που καταγράφηκε στον ποταμό σε όλες τις δειγματοληψίες.

Η θερμοκρασία του νερού του ποταμού Ταυρωνίτη στη θέση Ντεριανός κυμάνθηκε περίπου μεταξύ 11,45 - 21°C καθ' όλη την περίοδο μελέτης (Σχήμα 29).

Οι τιμές της αγωγιμότητας ήταν συνεχώς υψηλότερες στη θέση Ταυρωνίτης σε σχέση με τη θέση Ντεριανός (Σχήμα 30). Η αγωγιμότητα στην πρώτη δειγματοληψία (14/4/2003) στα σημεία Ντεριανός, Ταυρωνίτης και Μείγμα είναι 326 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 430 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 413 $\mu\text{S}/\text{cm}$ αντίστοιχα και ακολούθησε σταδιακή αύξηση ως την καλοκαιρινή δειγματοληψία (19/6/2003) φτάνοντας τις τιμές 503 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 543 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και 553 $\mu\text{S}/\text{cm}$ αντίστοιχα. Στη χειμερινή δειγματοληψία (27/1/2004) παρατηρείται μία εμφανής μείωση, καθώς η τιμή της αγωγιμότητας ήταν 287 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στη θέση Ντεριανός και 315 $\mu\text{S}/\text{cm}$ στη θέση Ταυρωνίτης. Όλες οι τιμές είναι πολύ

χαμηλότερες από το όριο των 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ που ορίζεται από τη νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

Η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου (Σχήμα 31) στον ποταμό Ταυρωνίτη κυμαίνεται μεταξύ 27-47 mg/L , ακολουθώντας παράλληλη εποχιακή μεταβολή με την αγωγιμότητα. Οι μεγαλύτερες τιμές καταγράφηκαν στις 19/6/2003. Η θέση Ταυρωνίτης παρουσίαζε λίγο υψηλότερες τιμές από τη θέση Ντεριανός. Οι τιμές που μετρήθηκαν ήταν πολύ χαμηλότερες από το όριο των 250 mg/L που ορίζεται από τη νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης (πόσιμο νερό).

Η θολότητα κυμάνθηκε μεταξύ 0-11,9 NTU στη θέση Ντεριανός, 0-5,6 NTU στη θέση Ταυρωνίτης και 0-2,5 NTU στη θέση Μείγμα, παρουσιάζοντας μικρές διακυμάνσεις μεταξύ των τιμών της (Σχήμα 32). Στις δύο πρώτες δειγματοληψίες έχουμε υψηλότερες τιμές στη θέση Ταυρωνίτης ενώ στις 19/6/2003 έχουμε μηδενικές τιμές και στα τρία σημεία δειγματοληψίας. Το χειμώνα (27/1/2004) παρατηρούνται αυξημένες τιμές και στα δύο σημεία.

Οι συγκεντρώσεις των ορθοφωσφορικών ιόντων στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες διατηρούνται πολύ χαμηλές. Αντίθετα στις 27/1/2004 παρατηρείται μία εμφανής αύξησή τους στη θέση Ντεριανός, όπου φτάνουν τα 3,0 mg/L (Σχήμα 33). Το εύρος του test kit που χρησιμοποιήθηκε ήταν 0,05 – 5,00 mg/L PO_4^{3-}P κι έτσι μηδενικές συγκεντρώσεις ή συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,05 mg/l δεν ήταν ανιχνεύσιμες κατά τις δειγματοληψίες των 14/4/2003, 12/5/2003 και 19/6/2003.

Όσον αφορά το αμμωνιακό άζωτο παρατηρούνται επίσης πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις (<0,01 mg/L NH_4^-N και <0,05 mg/L NH_4^-N) σε όλες τις δειγματοληψίες. Λόγω του εύρους των test kit που χρησιμοποιήθηκαν για τη μέτρησή του (ελάχιστα όρια ανίχνευσης των test kit 0,01 mg/l και 0,05 mg/l αντίστοιχα) δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστούν συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,01 mg/l και 0,05 mg/l στα δείγματα που αναλύθηκαν.

Η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου κυμάνθηκε μεταξύ 0,7-2,6 mg/L στη θέση Ντεριανός, 2,2-3,6 mg/L στη θέση Ταυρωνίτης και 1,5-6,2 mg/L στη θέση Μείγμα (Σχήμα 34). Στις τρεις πρώτες δειγματοληψίες η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου ακολούθησε ανοδική πορεία και μειώθηκε κατά τη χειμερινή περίοδο. Όλες οι τιμές είναι χαμηλότερες από το όριο που ορίζεται από τη νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

Η συγκέντρωση των ολικών κολοβακτηρίων (Σχήμα 35) παρουσιάζει ως και οχταπλάσιες τιμές στο δείγμα Ντεριανός από το δείγμα Ταυρωνίτης. Η μεγαλύτερη συγκέντρωσή τους παρατηρείται στις 12/5/2003 με τιμή 230 αποικίες/100 ml στο δείγμα Ντεριανός, 90 αποικίες/100 ml στο δείγμα Ταυρωνίτης και 110 αποικίες/100 ml στο δείγμα Μείγμα.

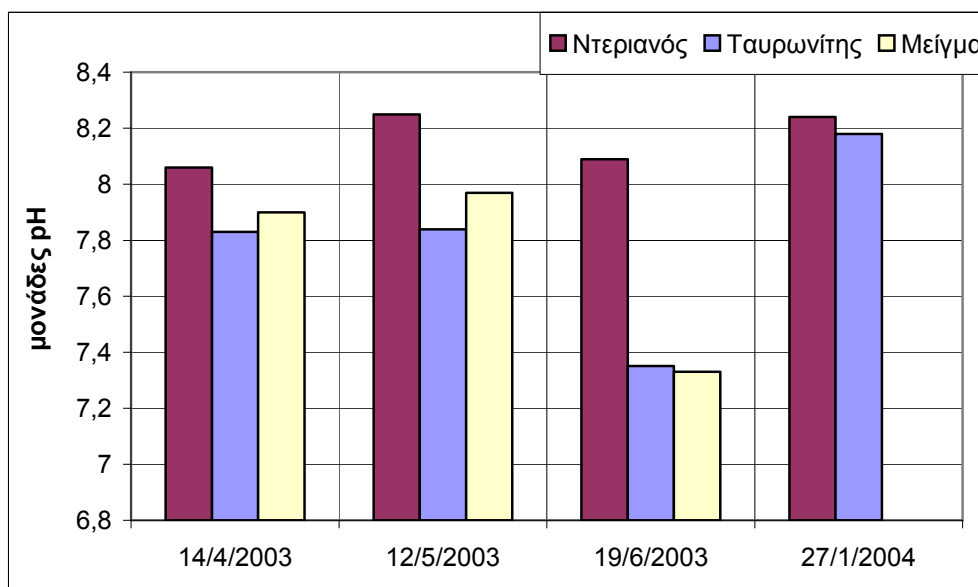
Η συγκέντρωση των κοπρανωδών κολοβακτηρίων (Σχήμα 36) στον ποταμό κυμαίνεται από 0 ως 19 αποικίες/100 ml, με υψηλότερες τιμές και εδώ στη δειγματοληψία της 12/5/2003. οι τιμές είναι υψηλότερες στη θέση Ταυρωνίτης, ενώ στη δειγματοληψία της 19/6/2003 παρατηρούνται ίσες συγκεντρώσεις κοπρανωδών κολοβακτηρίων στα δύο δείγματα.

Οι συγκεντρώσεις τόσο των ολικών όσο και των κοπρανωδών κολοβακτηρίων ήταν χαμηλότερες από το επιθυμητό όριο για τα νερά κολύμβησης αλλά κατά πολύ υψηλότερες από το επιτρεπτό όριο για το πόσιμο νερό.

Οι τιμές του COD (Σχήμα 37) ήταν σε όλες τις δειγματοληψίες μικρότερες των 10 mg O_2/L . Στις δειγματοληψίες των 14/4/2003, 12/5/2003 και 19/6/2003

χρησιμοποιήθηκε test kit εύρους 10-150 mg O₂/L και όλες οι τιμές ήταν μικρότερες από το όριο ανίχνευσης του test kit (10 mg O₂/L). Στις 27/1/2004 χρησιμοποιήθηκε test kit εύρους 4 - 40 mg O₂/L και βρέθηκε ότι στη θέση Ντεριανός το COD ήταν 8,6 mg O₂/L και στη θέση Ταυρωνίτης 5,2 mg O₂/L. Οι τιμές αυτές ξεπερνούν την επιτρεπτή τιμή οξειδωσιμότητας (5 mg O₂/L) για το πόσιμο νερό.

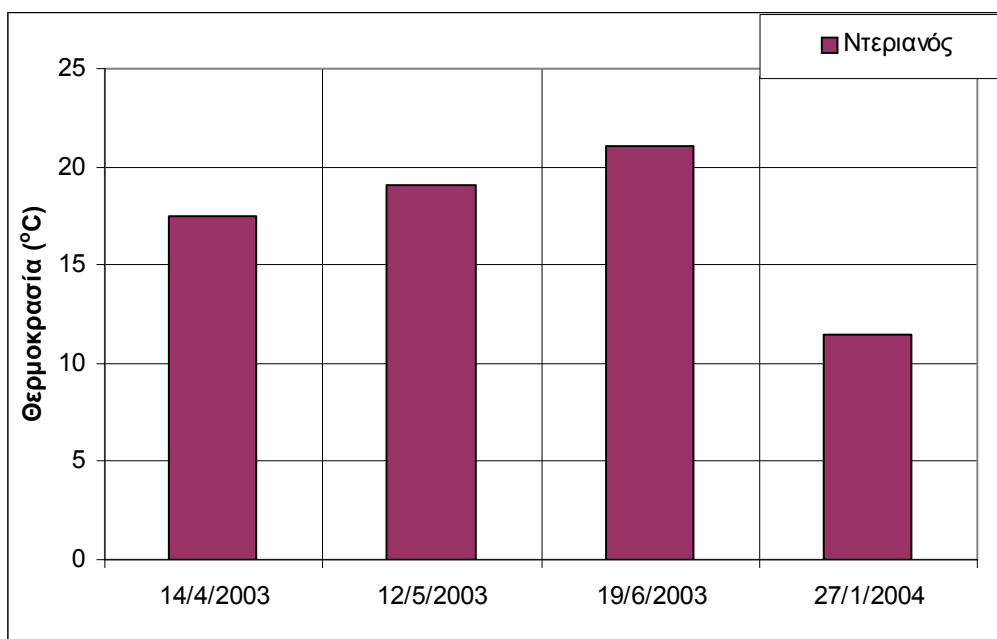
Οι τιμές του BOD₅ και του BOD₂₀ παρουσιάζουν αύξηση με την πάροδο του χρόνου. Η τιμή του BOD₅ (Σχήμα 38) κυμάνθηκε μεταξύ 0 και 5 mg O₂/L, ενώ η τιμή του BOD₂₀ (Σχήμα 39) κυμάνθηκε μεταξύ 1 και 9 mg O₂/L με τις μεγαλύτερες τιμές στη θέση Ντεριανός. Οι υψηλότερες τιμές τόσο του του BOD₅ όσο και του BOD₂₀ καταγράφηκαν στις 19/6/2003.



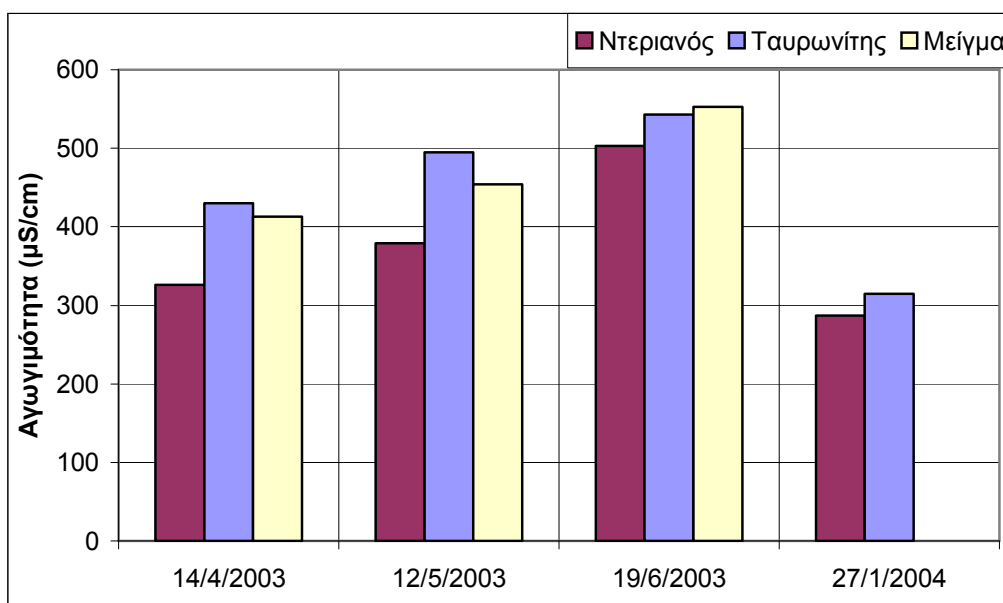
Σχήμα 28. Μεταβολή του pH στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη στις θέσεις Ντεριανός (κόκκινο), Ταυρωνίτης (μπλε) και Μείγμα (κίτρινο)

Παραμετρική τιμή (πόσιμο νερό): $\geq 6,5$ και $\leq 9,5$

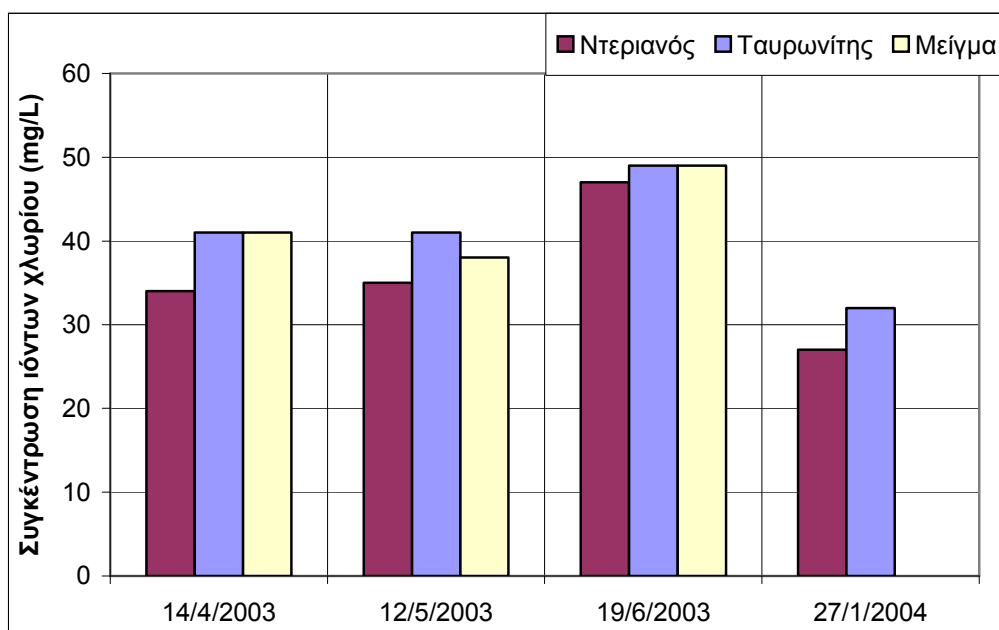
Επιθυμητό όριο (νερό κολύμβησης): $\geq 6,5$ και $\leq 8,5$



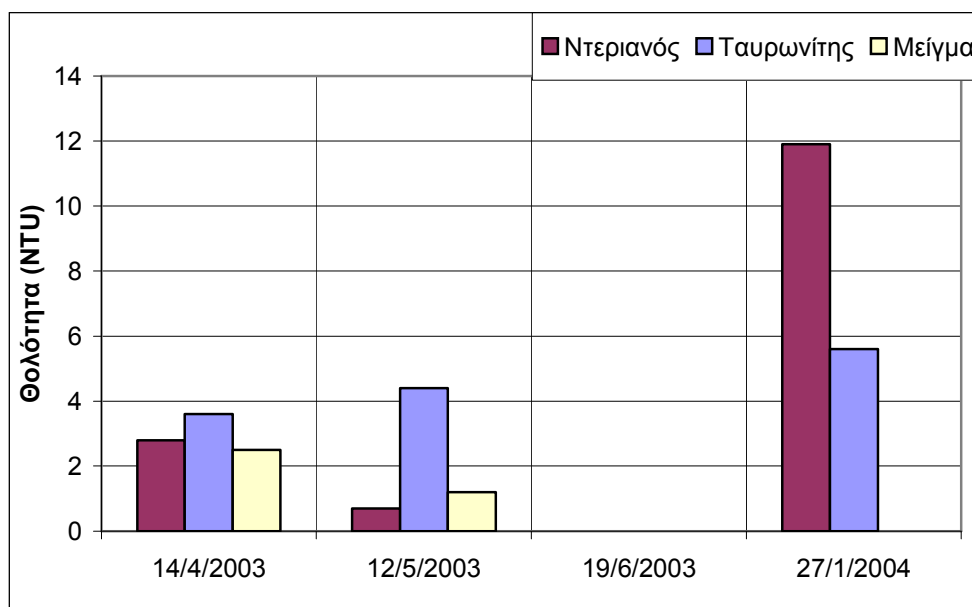
Σχήμα 29. Μεταβολή της θερμοκρασίας στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη



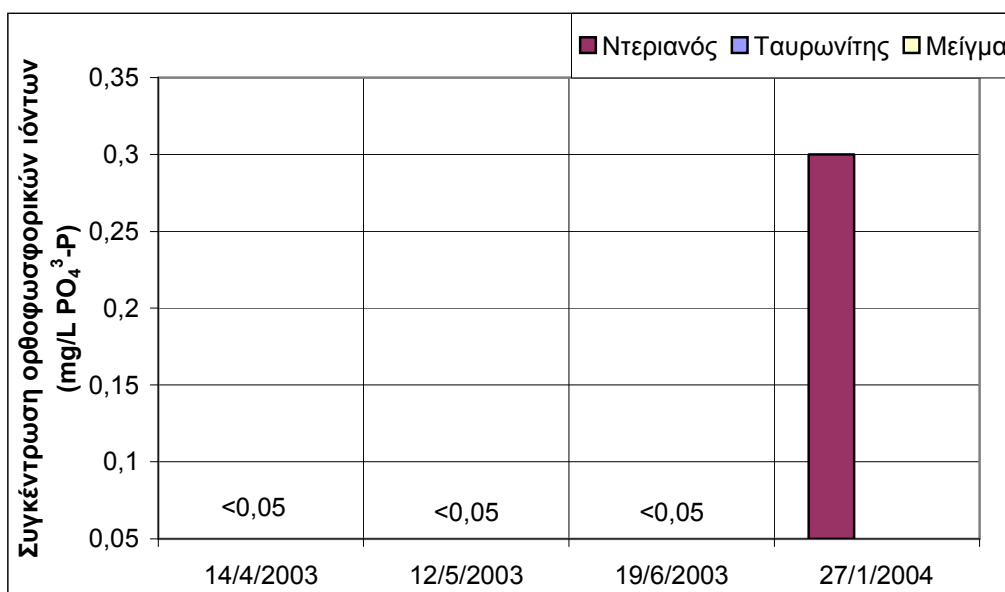
Σχήμα 30. Μεταβολή της αγωγιμότητας στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη
Παραμετρική τιμή (πύσιμο νερό): 2500 $\mu\text{S cm}^{-1}$ στους 20°C



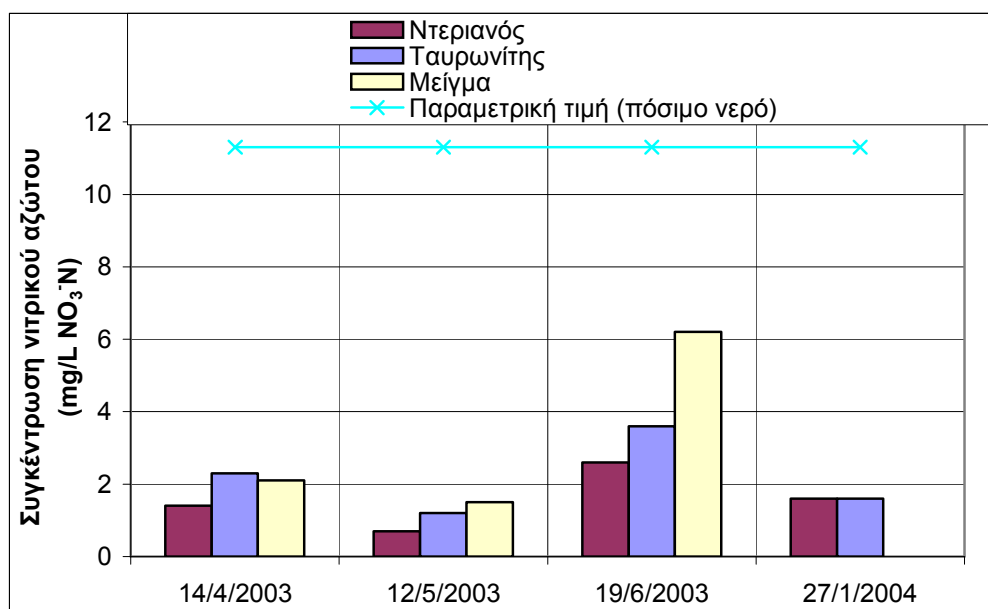
Σχήμα 31. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη
 Παραμετρική τιμή ιόντων χλωρίου (πόσιμο νερό): 250 mg/L



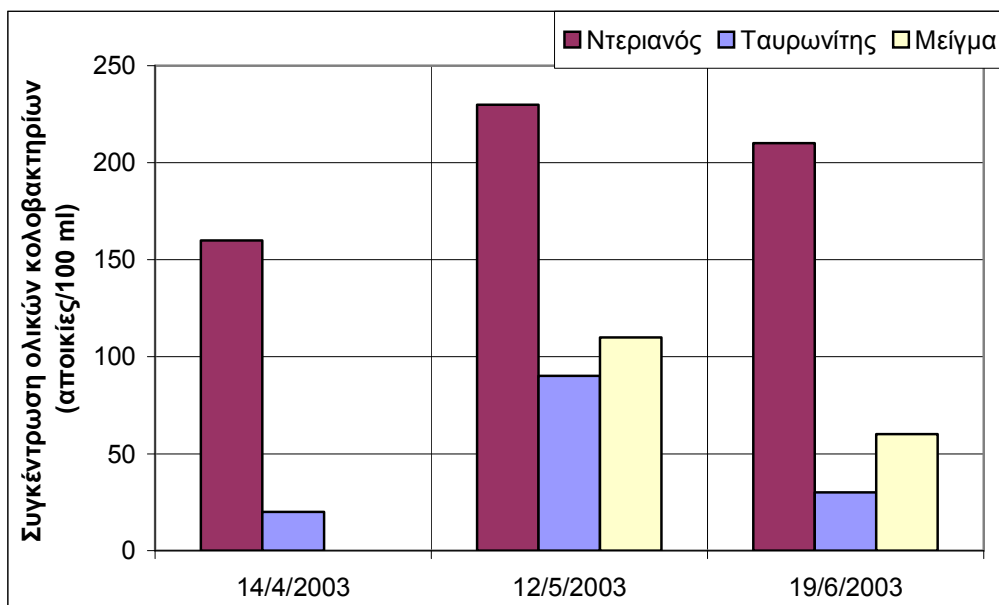
Σχήμα 32. Μεταβολή της θολότητας στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη



Σχήμα 33. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ορθοφωσφορικών ιόντων στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη
 Παραμετρική τιμή (πόσιμο νερό): $\approx 2,18 \text{ mg/L PO}_4^{3-}\text{-P}$



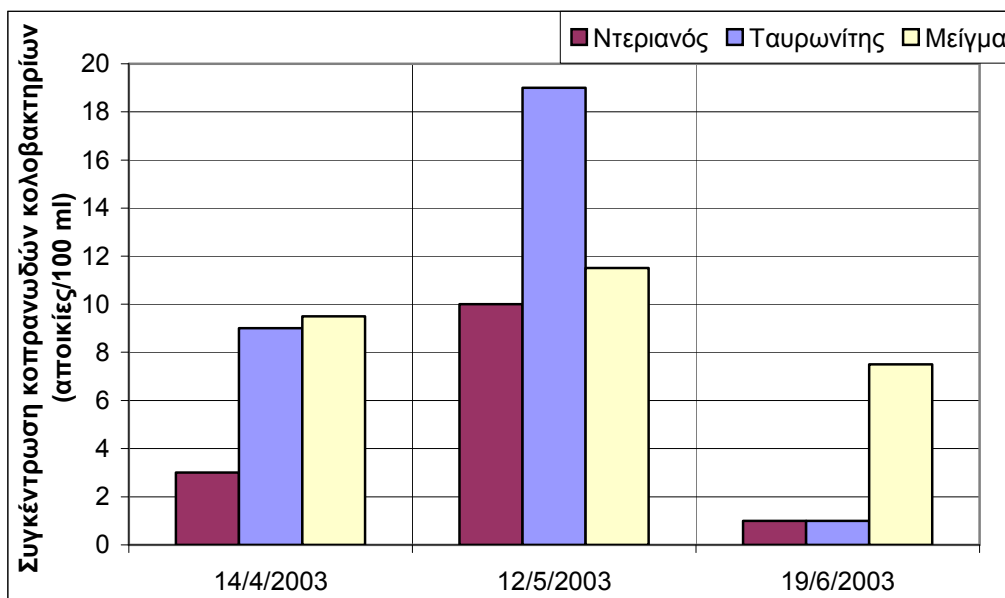
Σχήμα 34. Μεταβολή της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη



Σχήμα 35. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών κολοβακτηρίων στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη

Παραμετρική τιμή (πόσιμο νερό): 0 αποικίες / 100 ml

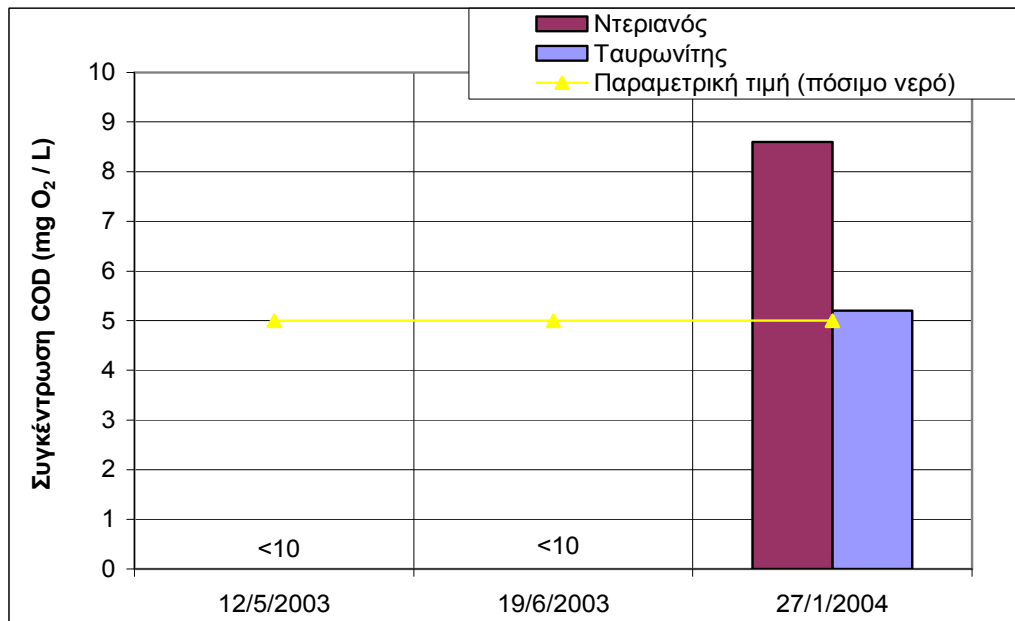
Επιθυμητό όριο (νερό κολύμβησης): 500 αποικίες / 100 ml



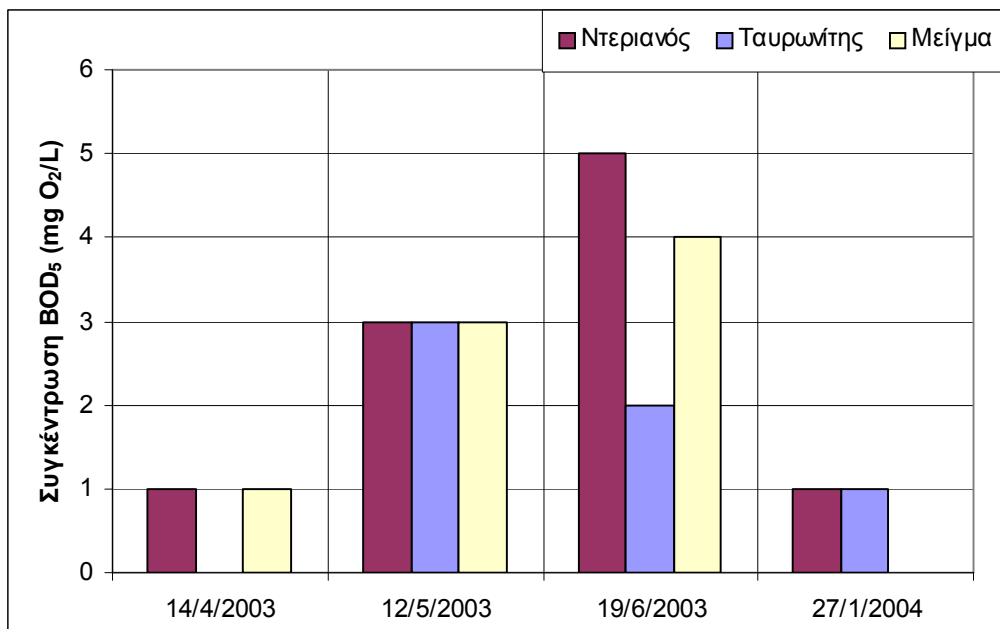
Σχήμα 36. Μεταβολή της συγκέντρωσης των κοπρανωδών κολοβακτηρίων στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη

Παραμετρική τιμή (πόσιμο νερό): 0 αποικίες / 100 ml

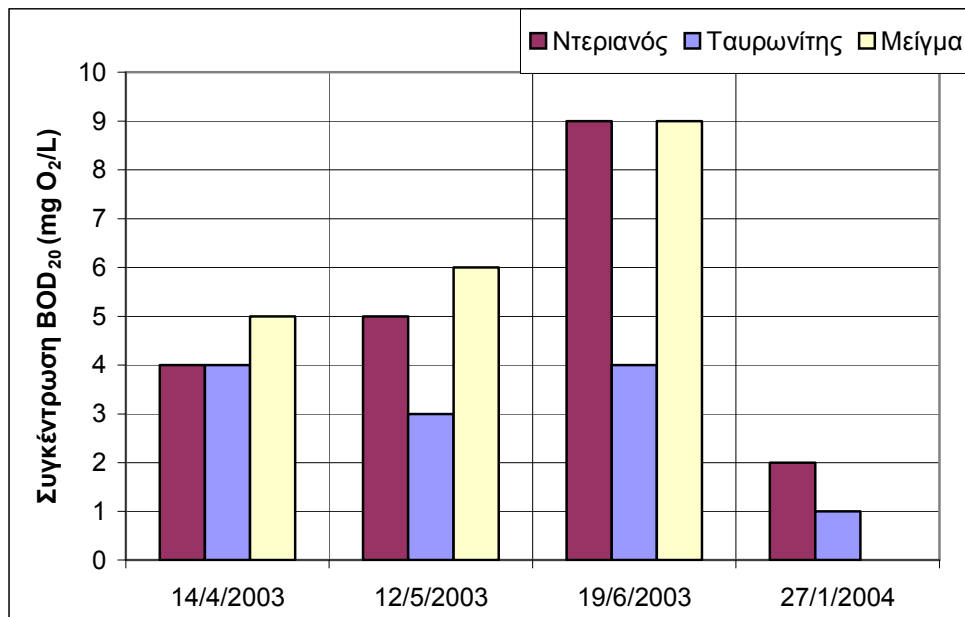
Επιθυμητό όριο (νερό κολύμβησης): 100 αποικίες / 100 ml



Σχήμα 37. Μεταβολή της συγκέντρωσης του COD στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη



Σχήμα 38. Μεταβολή της συγκέντρωσης του BOD₅ στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη



Σχήμα 39. Μεταβολή της συγκέντρωσης του BOD₂₀ στο νερό του ποταμού Ταυρωνίτη

Κεφάλαιο 8

Συζήτηση και συμπεράσματα

Παρατηρώντας συνολικά τις μεταβολές των τιμών των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού των ποταμών Κοιλιάρη και Ταυρωνίτη διαπιστώνεται ανάλογη τάση εποχιακής μεταβολής τους. Η θερμοκρασία, η αγωγιμότητα, η θολότητα, η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου, η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου και οι μικροβιολογικές παράμετροι εμφανίζουν γενικά παρόμοιες εποχιακές διακυμάνσεις.

Σημαντικές διαφοροποιήσεις παρατηρήθηκαν στις τιμές των παραμέτρων ανάλογα με τη θέση δειγματοληψίας σε κάθε ποταμό. Οι δύο ποταμοί παρουσιάζουν αξιοσημείωτο μικροβιολογικό φορτίο, με υψηλότερες τιμές να καταγράφονται στον ποταμό Κοιλιάρη.

Το pH του νερού μπορεί να χαρακτηριστεί ελαφρώς αλκαλικό και στους δύο ποταμούς. Άλλωστε τα επιφανειακά νερά της Ελλάδας είναι στο σύνολό τους αλκαλικά λόγω συγκεκριμένων ποτάμιων υλικών και της κυριάρχησης ανθρακικών μεταλλευμάτων στα πετρώματα και στα πρόσφατα ιζήματα [9].

Η παράλληλη αύξηση της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου, ιδιαίτερα κατά τη θερινή περίοδο, υποδηλώνει σχέση αιτίου-αποτελέσματος μεταξύ των δύο παραμέτρων. Ο ποταμός Κοιλιάρη παρουσιάζει τιμές αγωγιμότητας και συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου 4 και 7 φορές, αντίστοιχα, υψηλότερες των τιμών στον ποταμό Ταυρωνίτη. Η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στην μικρή απόσταση των θέσεων δειγματοληψίας του ποταμού Κοιλιάρη από τη θάλασσα, καθώς όπως είναι γνωστό, το φαινόμενο της υφαλμύρωσης συναντάται συχνά στους παραθαλάσσιους υδροφορείς. Η κύρια αιτία της υφαλμύρωσης είναι η μεταβολή της υδραυλικής ισορροπίας λόγω της άντλησης και υπεράντλησης των υπόγειων νερών. Λόγω της μεταβολής της υδραυλικής ισορροπίας είναι δυνατή η εισροή νερών χαμηλής ποιότητας, υφάλμυρων ή εμπλουτισμένων με ιχνοστοιχεία και βαρέα μέταλλα από διπλανούς, επάλληλους υδροφορείς και από τη θάλασσα [13]. Διαφορές στις τιμές αγωγιμότητας και ιόντων χλωρίου παρατηρήθηκαν και μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας Κοίτη και Γέφυρα στον ποταμό Κοιλιάρη. Οι υψηλότερες τιμές στη θέση Κοίτη ήταν αναμενόμενες καθώς βρίσκεται 30 μέτρα πριν την εκβολή του ποταμού στην θάλασσα ενώ η θέση Γέφυρα απέχει περίπου 2,5 km από τη θάλασσα. Ανάλογα αποτελέσματα έχουν παρουσιαστεί σε προηγούμενες μελέτες για τον ποταμό Κοιλιάρη (ανάλυση γίνεται στο τέταρτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας) όπου θέσεις δειγματοληψίας που βρίσκονται πιο κοντά στη θάλασσα, παρουσίαζαν αισθητά υψηλότερες συγκεντρώσεις αγωγιμότητας και ιόντων χλωρίου από άλλες θέσεις ή πηγές. Τέτοιες παραθαλάσσιες θέσεις είναι η πηγή των Καλυβών (πηγή Ζούρμπος) (Πίνακας 9) και η Πηγή 1 των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος STRIDE (Πίνακας 12) [33].

Σε μελέτη για τους ποταμούς Αλφειό και Πηνειό [5] οι υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας και ολικών διαλυμένων στερεών, παραμέτρου που συνδέεται άμεσα με την αγωγιμότητα, που παρατηρήθηκαν σε παραθαλάσσιες θέσεις δειγματοληψίας αποδόθηκαν στην εισροή αποβλήτων από βιομηχανική μονάδα της περιοχής.

Στον ποταμό Ταυρωνίτη η αγωγιμότητα που μετρήθηκε μπορεί να συνδεθεί με το γεωλογικό υπόβαθρο των θέσεων δειγματοληψίας. Στις νεογενείς αποθέσεις της περιοχής συναντώνται ενστρώσεις γύψων, οι οποίες εμπλουτίζουν τις υδροφορίες που αναπτύσσονται στους σχηματισμούς αυτούς με θειικά άλατα, κάτι που συνεπάγεται αυξημένες τιμές αγωγιμότητας. Η αγωγιμότητα της θέσης Ταυρωνίτης ήταν σε όλες τις δειγματοληψίες λίγο υψηλότερη από αυτήν της θέσης Ντεριανός, ενώ η θέση Μείγμα που βρίσκεται αμέσως μετά τη συμβολή των δύο παραποτάμων παρουσιάζει ενδιάμεσες τιμές. Σύμφωνα με μελέτη του Υπουργείου Γεωργίας [34], στα υπόγεια νερά της περιοχής η αγωγιμότητα σε ορισμένα σημεία παρουσιάζεται μεγαλύτερη από 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Παράρτημα II). Η υψηλή αγωγιμότητα συνδέθηκε με την παρουσία γύψων στο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής και με εβαποριτικές αποθέσεις [34]. Τα ιόντα χλωρίου σύμφωνα με την ίδια μελέτη κυμαίνονται μεταξύ 20 – 80 mg/L, ενώ στα επιφανειακά νερά του ποταμού που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία δεν ξεπέρασαν τα 50 mg/L. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις στα υπόγεια νερά αποδόθηκαν πιθανώς στην παρουσία ζωνών υπαλμύρωσης.

Όπως φαίνεται στα δελτία απογραφής φρεατίων και γεωτρήσεων της μελέτης του Υπουργείου Γεωργίας (Παράρτημα II), η κύρια χρήση των υπόγειων νερών της περιοχής είναι η άρδευση. Θεωρείται ότι η άρδευση σε ημίξηρα κλίματα, όπως είναι το κλίμα των υπό μελέτη περιοχών, είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και εναπόθεση των ανόργανων ενώσεων και αλάτων στην ακόρεστη ζώνη. Λόγω της εξατμισοδιαπνοής, που φτάνει τη μέγιστη της τιμή τους θερινούς μήνες, αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό με αποτέλεσμα το νερό που διηθείται βαθιά να περιέχει διαλυμένα άλατα σε συγκεντρώσεις δύο και τρεις φορές μεγαλύτερες από αυτές του εφαρμοζόμενου νερού. Σε διαπερατά εδάφη, όπως είναι τα νεογενή ιζήματα των περιοχών μελέτης, η περίσσεια νερού που περνά τη ζώνη παρασέρνει τα διαλυμένα υλικά (ιδιαίτερα τα ιόντα χλωρίου, θειικών, νιτρικών και νατρίου) στα υπόγεια νερά. Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του νερού για άρδευση είναι μία σοβαρή διαδικασία συσσώρευσης των αλάτων στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά [13].

Χαρακτηριστικές είναι οι υψηλές τιμές νιτρικού αζώτου και στους δύο ποταμούς, με αυξητική τάση τη θερινή περίοδο. Το νιτρικό ιόν αποτελεί τη σταθερή μορφή του οξειδωμένου αζώτου. Η παρουσία νιτρικών ιόντων στα επιφανειακά νερά οφείλεται εν μέρει στη διαρκή επαφή τους με την ατμόσφαιρα με αποτέλεσμα τον κορεσμό τους σε αέριο άζωτο [29]. Συνεπώς η παρουσία του νιτρικού ιόντος στα επιφανειακά νερά σε χαμηλές συγκεντρώσεις θεωρείται φυσιολογική. Η εφαρμογή των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου φαίνεται ότι συντελεί επίσης στην ταχύτατη αύξηση των νιτρικών. Τα στερεά απόβλητα (κοπριάς) των ζώων θεωρούνται σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων [13].

Καθώς οι δύο περιοχές μελέτης δεν είναι αστικοποιημένες ή δεν ανήκουν σε βιομηχανικές ζώνες, η παρουσία νιτρικών ιόντων θα μπορούσε να αποδοθεί καταρχήν στη διαρκή επαφή των επιφανειακών νερών με την ατμόσφαιρα, καθώς και σε διάχυτες πηγές ρύπανσης, όπως είναι οι εισροές από εφαρμογή λιπασμάτων ανόργανου αζώτου από γειτονικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Σε μελέτη για τον ποταμό Πηνειό [3] για τη χρονική περίοδο 1996-1998 παρατηρήθηκαν υψηλές τιμές νιτρικών ιόντων που ξεπερνούσαν τα 8 mg/L σε θέσεις δειγματοληψίας που απείχαν από αστικοποιημένες περιοχές και αποδόθηκαν σε γεωργικές δραστηριότητες.

Στον ποταμό Κοιλιάρη παρατηρούνται τιμές νιτρικού αζώτου μεγαλύτερες από 0,5 mg/L στις περισσότερες δειγματοληψίες, ενώ μετά τις 22/8/2003 και κατά την διάρκεια της χειμερινής περιόδου ξεπέρασε το 1 mg/L. Στις περισσότερες δειγματοληψίες η θέση Κοίτη παρουσίασε υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικού αζώτου σε σχέση με τη θέση Γέφυρα γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στις παρόχθιες ανθρώπινες δραστηριότητες (κτηνοτροφία, βόθροι). Ανάλογα, η θέση δειγματοληψίας Ταυρωνίτης εμφανίζει συνεχώς υψηλότερες τιμές νιτρικού αζώτου έναντι της θέσης Ντεριανός, τόσο στην ανοιξιάτικη δειγματοληψία (14/4/2003) όσο και στη καλοκαιρινή δειγματοληψία (19/6/2003) που κυρίως οφείλεται στη διαφορετική διαδρομή που ακολουθεί το νερό από τις πηγές στα Λευκά Όρη μέχρι το σημείο δειγματοληψίας Ταυρωνίτης, και η οποία περιλαμβάνει αγροτικές εκτάσεις αλλά και οικισμούς. Επιπλέον η καλοκαιρινή έντονη αύξηση συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου μπορεί να θεωρηθεί αποτέλεσμα του συνδυασμού χαμηλής ροής (εποχιακή μείωση παροχής) και σταθερής σημειακής εστίας επιβάρυνσης της ποιότητας του νερού.

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στον ποταμό Πηνειό [3] την περίοδο 1996 – 1998 αναφέρονται μέσες μηνιαίες τιμές νιτρικών ιόντων που κυμαίνονται μεταξύ 2-13 mg/L. Αναλόγως με την εποχή εμφάνισης υψηλών τιμών νιτρικών, τη χειμερινή περίοδο αποδόθηκαν σε εκροές λιπασμάτων μέσω του εδάφους μετά από βροχοπτώσεις, τη θερινή περίοδο στη χαμηλή ροή του ποταμού ενώ την φθινοπωρινή περίοδο στην αποσύνθεση φυτικών μικροοργανισμών. Σε μελέτη για τον ποταμό Αξιό [6], αναφέρεται ότι οι μέσες μηνιαίες τιμές των νιτρικών για τη χρονική περίοδο 1981 – 1994 κυμάνθηκαν μεταξύ 1,5 – 4,6 mg/L, και αποδόθηκαν κυρίως στην εφαρμογή ποικίλων γεωργικών πρακτικών.

Οι τιμές του αμμωνιακού αζώτου και στους δύο ποταμούς είναι μικρότερες από 0,05 mg/L (όριο ανίχνευσης του test kit μέτρησης αμμωνιακών) με εξαίρεση τη δειγματοληψία της 5/7/2003 στον ποταμό Κοιλιάρη, που η συγκέντρωσή του φτάνει τα 0,3 mg/L. Απότομα αυξημένες τιμές όπως αυτή, μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά σε εξωτερικές επιδράσεις. Με δεδομένο ότι πολλά λιπάσματα περιέχουν αμμωνία και ενώσεις αμμωνίας, η έκπλυση των χωραφιών μπορεί να συνέβαλε στην απότομη αύξηση του αμμωνιακού αζώτου στο νερό. Παρ' όλα αυτά η συγκέντρωση των 0,3 mg NH₄-N/L δε θεωρείται επικίνδυνη για το υδάτινο οικοσύστημα.

Ενώ αρχικά οι δύο ποταμοί έχουν μηδενικές συγκεντρώσεις σε ορθοφωσφορικά ιόντα, παρατηρείται μία απότομη αύξησή τους από τις 22/8/2003 στον ποταμό Κοιλιάρη, με συγκεντρώσεις που ξεπερνούν το 1 mg/L στις 25/9/2003. Σε μελέτη για τον ποταμό Αξιό [6], αναφέρεται ότι υψηλότερες τιμές ολικού φωσφόρου, που αποδόθηκαν σε σημειακές πηγές ρύπανσης (βιομηχανικά απόβλητα, αποχετεύσεις), καταγράφηκαν κατά τη θερινή περίοδο (περίοδο χαμηλής ροής), ειδικά μεταξύ Μαΐου-Σεπτεμβρίου. Στη δειγματοληψία της 27/1/2004 του ποταμού Ταυρωνίτη η αυξημένη τιμή που παρουσιάστηκε στο δείγμα Ντεριανός μπορεί να εξηγηθεί αν ληφθεί υπόψη ότι κατά τους χειμερινούς και ανοιξιάτικους μήνες (περίοδος λίπανσης) αναμένεται γεωργική ρύπανση από εκροές λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων [7].

Αξιοσημείωτο είναι το μικροβιακό φορτίο των ποταμών Κοιλιάρη και Ταυρωνίτη με αυξητική τάση κατά τη θερινή περίοδο. Οι πηγές των μικροοργανισμών ενδεχομένως είναι ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα.

Μόλυνση μπορεί να προκληθεί από την εδάφια διάθεση των λυμάτων των σταθμών επεξεργασίας αστικών λυμάτων και σηπτικών δεξαμενών [10], τις εκπλύσεις από τους σκουπιδότοπους, και τις ποικίλες γεωργικές πρακτικές, όπως η διάθεση στο έδαφος της ζωικής κόπρου για οργανική λίπανση [13]. Μικροί οικισμοί και εποχιακή αύξηση του πληθυσμού, χαρακτηριστικό και των δύο περιοχών μελέτης, δημιουργούν επίσης συχνά τοπικά προβλήματα από την παραγωγή και διάθεση των λυμάτων. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι τις δύο περιοχές μελέτης δεν εξυπηρετεί κάποιος βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων.

Σε μελέτη για τον ποταμό Νέστο μικροί οικισμοί στην περιοχή του ποταμού θεωρήθηκαν υπεύθυνοι για τη ρύπανση του ποταμού λόγω της μη οργανωμένης διάθεσης των αποβλήτων [4].

Στον ποταμό Κοιλιάρη έχουμε σταδιακή άνοδο του μικροβιακού φορτίου έως τις 5/7, όπου και μετά αρχίζει να μειώνεται σταδιακά. Παρατηρώντας τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από το ΙΓΜΕ στην πηγή του Στύλου (Πίνακας 14), βλέπουμε μηδενικό μικροβιακό φορτίο σ' αυτό το σημείο, το οποίο βρίσκεται στην περιοχή που πηγάζει ο ποταμός. Από τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις θέσεις Κοίτη και Γέφυρα συμπεραίνεται πως μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα (θέση Κοίτη) δέχεται σημαντική μικροβιακή επιβάρυνση.

Στον ποταμό Ταυρωνίτη το μεγαλύτερο μικροβιακό φορτίο παρουσιάζεται στις 12/5/2003, ενώ παρατηρείται εμφανής μείωσή του στη χειμερινή δειγματοληψία (27/1/2004). Σύμφωνα με μελέτη στον ποταμό Ευρώτα [7] οι συγκεντρώσεις αποβλήτων ήταν μεγαλύτερες κατά τη θερινή περίοδο λόγω της χαμηλής ροής του ποταμού.

Παράλληλα με την αύξηση του μικροβιακού φορτίου παρατηρείται μείωση του διαλυμένου οξυγόνου κατά τη θερινή περίοδο. Η καθαρότητα του νερού είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένη από τη συνεχή οξυγόνωσή του, η οποία ευνοείται σε συνθήκες υψηλής ροής που βελτιώνουν τον επιφανειακό αερισμό. Αντίθετα, σε χαμηλές ροές, που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, ευνοείται η συσσωμάτωση των ρύπων που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα ποιότητας νερού [9]. Επίσης υψηλότερες θερμοκρασίες νερού και η μείωση των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου μπορεί να οδηγήσουν σε χαμηλότερη τιμή κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου.

Σε αντιστοιχία με τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου παρατηρείται αύξηση των τιμών BOD₅ και BOD₂₀ κατά τη θερινή περίοδο. Σε μελέτη για τον ποταμό Ευρώτα [7] αναφέρεται ότι οι τιμές BOD κατά τη θερινή περίοδο διαφέρουν από τις τιμές BOD της χειμερινής περιόδου έως και 50%.

Η τιμή του BOD₅ σε όλες σχεδόν τις δειγματοληψίες του ποταμού Κοιλιάρη διαφέρει από την τιμή του BOD₂₀. Η διαφορά αυτή μπορεί να αποδοθεί στην ύπαρξη νιτροποιητικών βακτηρίων που αύξησαν την τιμή του BOD. Στον ποταμό Ταυρωνίτη η τιμή του BOD₅ κυμάνθηκε μεταξύ 0 και 5 mg O₂/L, ενώ η τιμή του BOD₂₀ μεταξύ 1 και 9 mg O₂/L. Έτσι κι εδώ διαπιστώνεται η δράση νιτροποιητικών βακτηρίων η οποία αρχίζει μετά την 7^η-8^η ημέρα. Τότε έχει λάβει χώρα το μεγαλύτερο ποσοστό της αποικοδόμησης των αζωτούχων οργανικών ενώσεων και ξεκινά η μετατροπή των αμμωνιακών ιόντων σε νιτρώδη και κατόπιν σε νιτρικά ιόντα (νιτροποίηση), αυξάνοντας την τιμή του BOD με την πάροδο των ημερών.

Η συγκέντρωση του BOD παρουσιάζει μία αύξηση κατά τη θερινή περίοδο και μείωση μετά το φθινόπωρο, ακολουθώντας την εποχιακή μεταβολή των

συγκεντρώσεων των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηρίων. Αυτό είναι αναμενόμενο αφού όπως είναι γνωστό ο υπολογισμός του BOD είναι ένας έμμεσος τρόπος προσδιορισμού τόσο του μικροβιακού όσο και του οργανικού φορτίου του νερού.

Οι χαμηλές τιμές COD στις περιοχές που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία επιβεβαιώνουν την απουσία βιομηχανικής ρύπανσης. Οι τιμές του BOD είναι δύσκολο να συγκριθούν με ακριβείς τιμές του COD στην παρούσα εργασία καθώς στις περισσότερες δειγματοληψίες το COD απλώς διαπιστώθηκε <10 mg O₂/L λόγω του εύρους του test kit μέτρησης. Στις δειγματοληψίες που το COD προσδιορίστηκε με ακρίβεια με χαμηλότερου εύρους test kit βρέθηκε μεγαλύτερο από τις αντίστοιχες τιμές BOD. Στη δειγματοληψία της 27/7/2003 στη θέση Κοίτη το COD ήταν 6,6 mg O₂/L ενώ στη θέση Γέφυρα 3,4 mg O₂/L, με αντίστοιχες τιμές BOD₅ 3 mg O₂/L και 5 mg O₂/L. Στις 1/12/2003 στη θέση Κοίτη το COD ήταν 7,9 mg O₂/L ενώ στη θέση Γέφυρα 2,7 mg O₂/L με αντίστοιχες τιμές BOD₅ 1 mg O₂/L και 0 mg O₂/L. Στις 27/1/2004 στη θέση Ντεριανός το COD ήταν 8,6 mg O₂/L και στη θέση Ταυρωνίτης 5,2 mg O₂/L με αντίστοιχες τιμές BOD₅ 1 mg O₂/L και 1 mg O₂/L. Σε μελέτη για τον ποταμό Ευρώτα [7] αναφέρονται τιμές COD μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες τιμές BOD ως και 40%.

Τα αποτελέσματα των παραμέτρων που μετρήθηκαν συγκρίθηκαν με τις τιμές των προτύπων ποιότητας γλυκών επιφανειακών νερών για υδροληψία πόσιμου νερού, που ορίζονται στο Παράρτημα Ι της Υπουργικής Απόφασης με αρ. 46399/1352/86 [18], με σκοπό την κατηγοριοποίηση των υδάτων των δύο ποταμών σε μία από τις τρεις κατηγορίες A1, A2, A3 που ορίζονται στο Παράρτημα Ι της Απόφασης. Η σύγκριση αρχικά έγινε με τα αντίστοιχα επιτρεπτά όρια της κατηγορίας A1 που περιλαμβάνει νερά που πρέπει να υποστούν απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για σκοπούς ύδρευσης. Εάν έστω και μία παράμετρος ήταν εκτός του αντίστοιχου επιτρεπτού ορίου, το νερό του ποταμού μετέβαινε στην κατηγορία A2 (νερά μετά από κανονική φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση) και η σύγκριση γινόταν από την αρχή για κάθε μία παράμετρο ξεχωριστά. Ομοίως, αν έστω και μία παράμετρος ήταν εκτός του αντίστοιχου επιτρεπτού ορίου το νερό του ποταμού μετέβαινε στην κατηγορία A3, που περιλαμβάνει νερά μετά από εντατική φυσική και χημική επεξεργασία και προχωρημένη απολύμανση. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη σύγκριση, τα ύδατα του ποταμού Κοιλιάρη κατατάσσονται στην κατηγορία A3 που περιλαμβάνει νερά κατάλληλα για ύδρευση, μετά από προχωρημένη φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση, όπως χλωρίωση μέχρι του σημείου θραύσεως, συσσωμάτωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, προσρόφηση (ενεργός άνθρακας) και απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση). Τα ύδατα του ποταμού Ταυρωνίτη κατατάσσονται στην κατηγορία A2 που περιλαμβάνει νερά κατάλληλα για ύδρευση, κατόπιν συνήθους φυσικής και χημικής επεξεργασίας και απολύμανσης, όπως προχλωρίωσης, συσσωμάτωσης, κροκίδωσης, καθίζησης, διύλισης και απολύμανσης.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, για τον έλεγχο της ρύπανσης και των δύο περιοχών μελέτης κρίνεται αναγκαίο ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης για την περιοχή της λεκάνης απορροής του κάθε ποταμού. Επίσης σε κάθε περιοχή είναι απαραίτητος ο έλεγχος των πρακτικών που εφαρμόζονται για άρδευση και λίπανση, καθώς και η ενημέρωση των αγροτών για τις συνιστώμενες τέτοιες

πρακτικές. Κατά τους θερινούς μήνες, όπως είδαμε, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, της εξατμισοδιαπνοής που φτάνει στο μέγιστο και της χαμηλής ροής των νερών ευνοούνται φαινόμενα ρύπανσης. Η εποχή αυτή συμπίπτει με τις αυξημένες απαιτήσεις νερού και την έντονη πληθυσμιακή αύξηση λόγω του τουρισμού. Συνεπώς είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα, όπως π.χ. η ενημέρωση των κατοίκων, προκειμένου να γίνεται σωστή διάθεση των λυμάτων των τοπικών οικισμών και μονάδων αναψυχής (π.χ. εστιατόρια) για να αποφεύγεται η περαιτέρω επιβάρυνση του υδάτινου συστήματος.

Βιβλιογραφία

1. Andreadakis A.D., Katsara A. 1996. Quality characteristics of surface and sea waters in Greece in relation to European Union Legislation, *Wat.Sci. and Techn.*, 32 (7): 183-190.
2. Angelakis A., Diamadopoulos E. 1996. Water resources management in Greece: Current status and prospective outlook, *Wat.Sci. and Techn.*, 32 (9-10): 267-272.
3. Bellos D., Sawidis T., Tsekos I. 2003. Nutrient chemistry of River Pinios (Thessalia, Greece), *Environmental International* 30, 105-115. Διαθέσιμο: <http://www.elsevier.com/locate/envint>.
4. Darakas E. 2002. The transboundary River Nestos and its water quality assessment: cross-border cooperation between Greece and Bulgaria, *Kluwer Academic Publishers, The Environmentalist*, 22: 367-375.
5. Iliopoulou-Georgudaki J., Kantzaris V., Katharios P., Kaspiris P., Georgiadis Th., Montesantou B. 2003. An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece), *Ecological Indicators* 2: 345-360. Διαθέσιμο: <http://www.elsevier.com/locate/ecolind>.
6. Karageorgis A.P., Nikolaidis N.P., Karamanos H., Skoulikidis N. 2003. Water and sediment quality assessment of the Axios River and its coastal environment, *Continental Shelf Research* 23: 1924-1944. Διαθέσιμο: <http://www.elsevier.com/locate/scr>.
7. Markantonatos P.G., Bacalis N.C., Angelidis M.O. 1996. Pollution control in the catchment basin of the river Evrotas, Greece, *Wat.Sci. and Techn.*, 32 (9-10): 247-255.
8. Mimikou M.A., Baltas E., Varanou E., Pantazis K. 2000. Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators, *Journal of Hydrology*, 234: 95-109 Διαθέσιμο: <http://www.elsevier.com/locate/jhydrol>.
9. Skoulikidis N.T., Bertahas I., Koussouris T. 1998. The environmental state of freshwater resources in Greece (rivers and lakes), *Environmental Geology* 36 (1-2) [Online].
10. United States Environmental Protection Agency. 2002. Current Drinking Water Standards, EPA, Office of Water [Online]. Διαθέσιμο: <http://www.epa.gov/safewater/mCI.html> [2002, lav. 29].
11. Voutsas D., Manoli E., Samara C., Sofoniou M., Stratis I. 2000. A study of surface water quality in Macedonia, Greece: Speciation of nitrogen and phosphorus, *Kluwer Academic Publishers*.
12. Αγγελάκης Α.Ν. 2003. Η οδηγία πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για την πολιτική των υδατικών πόρων και η εναρμόνισή της με την ελληνική νομοθεσία, *Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Ενημερωτικό Δελτίο*, τεύχος 2251, σελ. 82-83
13. Αντωνόπουλος Β. 2003. Ποιότητα Νερού και Ρύπανση Υδατικών Πόρων, Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

14. Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, 2000. Η Ευρωπαϊκή Ένωση υπέρ του καθαρού νερού, Υπηρεσία Επίσημων Εκδόσεων Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Λουξεμβούργο. Διαθέσιμο: http://europa.eu.int/comm/environment/eufocus/Clean_water_el.pdf [2002, Οκτ. 18].
15. Δελλής Ι. 1998. Οδηγίες Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας για τη ρύπανση υδάτων και αέρα, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πολυτεχνική Σχολή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας τεχνολογίας περιβάλλοντος και συγκοινωνιών σελ. 1-30.
16. Γκιντώνη Ε. 2003. Έλεγχος ποιότητας νερού: «Το νερό είναι προϋπόθεση και πηγή ζωής», Έντυπο παρουσίασης αποτελεσμάτων εργασιών της προγραμματικής σύμβασης ΥΠ.ΕΣ.Δ.Δ.Ε. – ΚΕΔΚΕ – ΙΓΜΕ, Εδαφικές αστοχίες, Υδατικοί πόροι, Περιβαλλοντικά, σελ. 15
17. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Οδηγία 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων»
18. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο, Αρ. Φύλλου 438, Υπουργική Απόφαση με αρ. 46399/1352/86, Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για «πόσιμα», «κολύμβηση», «διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά» και «καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών», μέθοδοι μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυση των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440/ΕΟΚ, 76/160/ΕΟΚ, 78/659/ΕΟΚ, 79/923/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ.
19. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο, Αρ. Φύλλου 519, Κοινή Υπουργική Απόφαση, αρ. οικ. 16190/1335/97, «Μέτρα και όροι για την προστασία των νερών από τη νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης».
20. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο, Αρ. Φύλλου 1575, Υπουργική Απόφαση, αρ. οικ. 19652/1906/99, «Προσδιορισμός των νερών που υφίστανται, νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης – Κατάλογος ευπρόσβλητων ζωνών».
21. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο, Αρ. Φύλλου 892, «Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» σε συμμόρφωση με την Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3^{ης} Νοεμβρίου 1998 (Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001).
22. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Πρώτο, Αρ. Φύλλου 280, Νόμος Υπ' αριθ. 3199, Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000.
23. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Περιφερειακή Μονάδα Κρήτης
24. Ζανάκη Κ. 1996. Έλεγχος ποιότητας νερού, Εκδόσεις ΙΩΝ
25. Καλλιάνης Γ., Χατζηθεοχάρους Κ. 2003. Υδρολογική ανάλυση λεκάνης απορροής ποταμού Κοιλιάρη - Εκτίμηση ρύπανσης από θρεπτικά. Διπλωματική εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος (αρ. 48792)

26. Κουσουρής Θ. 1998. Το νερό στη φύση, στην ανάπτυξη, στην προστασία του περιβάλλοντος, Μονογραφίες θαλάσσιων επιστημών, Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Επιστημών.
27. Κώδικες ορθής γεωργικής πρακτικής. 2001. Γεωργική Τεχνολογία, Τεύχος 1/2001
28. Περγαλιώτης Π. 2003. Αναγκαία τα έργα αξιοποίησης των υδατικών πόρων, Περιοδικό Υδροοικονομία, τεύχος 13^ο, σελ. 42.
29. Σκληβανιώτης Μ. 1995. Βασικές παράμετροι ποιότητας του πόσιμου νερού, Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Πάτρας
30. Στάμου Α. 1995. Βιολογικός καθαρισμός αστικών αποβλήτων, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, σελ. 27, 178.
31. Τζανακούλης Κ. 2002. Οι ΔΕΥΑ και ο ρόλος τους στη διαχείριση των υδατικών πόρων στα πλαίσια της Οδηγίας 2000/60/ΕΕ, Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης Αποχέτευσης, σελ 2-5.
32. Φούφρη Δ. 2003. Η ποιότητα του πόσιμου νερού – Θεσμικό πλαίσιο και διασφάλιση ποιοτικών χαρακτηριστικών, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Ενημερωτικό Δελτίο, τεύχος 2251, σελ. 17-18
33. Υπουργείο Βιομηχανίας Έρευνας και Τεχνολογίας, Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (πρόγραμμα STRIDE), Οργανισμός Ανάπτυξης Δυτικής Κρήτης (ΟΑΔΥΚ), Πολυτεχνείο Κρήτης, Ειδικός Λογαριασμός Κονδυλίων Έρευνας (ΠΟΛ.Κ.-ΕΛΚΕ), Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης – Αποχέτευσης Χανίων (ΔΕΥΑΧ). 1994. Ερευνητικό Έργο (043) STIDE-HELLAS, Ποιοτικός έλεγχος και ορθολογική χρήση του υδατικού δυναμικού της Κρήτης, Τεχνική έκθεση, Πολυτεχνείο Κρήτης.
34. Υπουργείο Γεωργίας, Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, Διεύθυνση Γεωλογίας – Υδρολογίας, Τμήμα Υδρογεωλογίας – Γεωτρήσεων και Μαθ/κών Ομοιωμάτων. 2001. Υδρογεωλογική μελέτη κάμπου Χανίων (ΚΑ: 9481721), Τεύχος 1, Υδρογεωλογική Έκθεση, Συμπράττοντα Γραφεία Μελετών Μιχάλη Λιόνη – Βασίλη Περλέρου, Αθήνα.