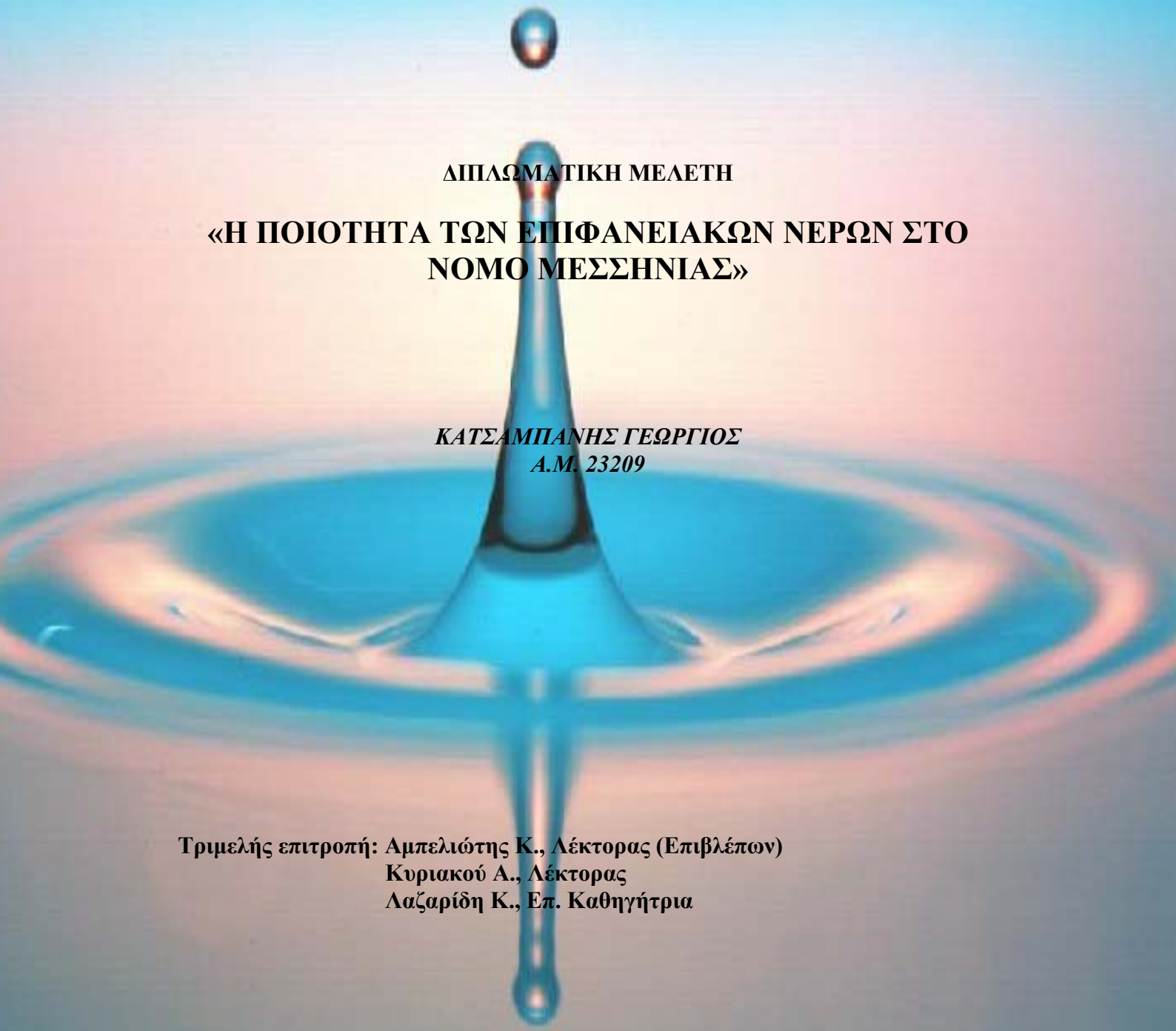
ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

Π.Μ.Σ. «ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

«Η ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ»

ΚΑΤΣΑΜΠΑΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
Α.Μ. 23209

Τριμελής επιτροπή: Αμπελιώτης Κ., Λέκτορας (Επιβλέπων)
Κυριακού Α., Λέκτορας
Λαζαρίδη Κ., Επ. Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ
2006

'Water is a very good servant, but it is a cruel master'

John Bullein, 1562

Ευχαριστίες

Λίγο πριν το τέλος…όχι δε μου αρέσει. Παρατεταμένο backspace και πάλι από την αρχή. Μπορεί να φανεί εσφαλμένα σαν αναφωνητό ανακούφισης, σκέφτομαι. Δίνω αξία σε ένα στιγμιότυπο του χρόνου. Υπάρχει μια διαδρομή ανεκμετάλλευτη μέσα από τη λέξη 'τέλος'.

Μια διαδρομή, που μόλις ολοκληρώνεται. Μία πορεία εντός, εκτός κι επί τα αυτά. Πότε στο πεδίο και πότε στο εργαστήριο, για τον ίδιο πάντα σκοπό. Για να συνθέσεις τις διαφορετικές γνώσεις σε κάτι χειροπιαστό, για να μετρήσεις τις δυνάμεις σου στην πράξη, για να δημιουργήσεις, έστω, μια δική σου εξεταστέα ύλη που να σε εκφράζει.

Βέβαια, τα μεγαλεπήβολα σχέδια του 'εγώ' δεν μπορούν να διατηρήσουν τον επιθετικό προσδιορισμό στην πράξη, αν το πρώτο πρόσωπο δε μυηθεί στον πληθυντικό. Είναι αναπόσπαστο κομμάτι μιας διπλωματικής μελέτης να υποστηρίζεσαι από ψύχραιμες τρίτες ματιές, να καθοδηγείσαι, να συνδιαλέγεσαι.

Πρώτη στην ιεραρχία της συμβολής, η τριμελής επιτροπή καθηγητών, η οποία δεν υπήρξε ποτέ 'απασχολημένη'.

Ευχαριστώ, καταρχάς, τον επιβλέποντα καθηγητή Κωνσταντίνο Αμπελιώτη, την 'ήρεμη' δύναμη της όλης προσπάθειας, τη βασική συνιστώσα σύλληψης του θέματος της εργασίας, για την αμέριστη εμπιστοσύνη που μου επέδειξε.

Ευχαριστώ, επίσης, την καθηγήτρια Αδαμαντίνη Κυριακού, μέλος της τριμελούς επιτροπής, για την 'υψηλή' επίβλεψη, την καθοδήγηση και το εν γένει ενδιαφέρον που εξεδήλωσε.

Ευχαριστώ, ιδιαίτερα, την καθηγήτρια Κάτια Λαζαρίδη, μέλος της τριμελούς επιτροπής, για τη συνεισφορά της στο σχεδιασμό των ερευνητικών παραμέτρων και στη γενικότερη δομή της εργασίας, αλλά και για τις πολύτιμες συμβουλές.

Ευχαριστώ, θερμά, τη γεωπόνο, υπεύθυνη εργαστηρίου, Μαρία Κώτσου πρωτίστως για τον ανηλεή βομβαρδισμό ερωτήσεων που κατάφερε να διεκπεραιώσει. Δεν μπορώ, ακόμη, να μην εκφράσω την εκτίμηση μου στο πρόσωπο της για την ουσιαστική συνεργασία που μου παρέσχε στο εργαστηριακό μέρος της δουλειάς. Για τον ασύλληπτο χρόνο που μου αφιέρωσε, ιδιαίτερα, στο πρώτο διάστημα των αναλύσεων, όπου οι ανάγκες ήταν μεγαλύτερες. Για την ημέρα των Χριστουγέννων, που έκλεισε εργαστηριακά υπό την παρουσία της.

Ευχαριστώ ακόμη τους μεταπτυχιακούς φοιτητές Ευδοκία Μήτσου και Γιάννη Οικονόμου για τη συναδελφικότητα που επέδειξαν στο πρόσωπό μου.

Αφήνω το τέλος για να απευθύνω το μέγιστο της ευγνωμοσύνης μου στη βιοχημικό Θεοδώρα Κατσίλα, στο δικό μου άνθρωπο. Πηγή έμπνευσης, παρότρυνσης και ψυχολογικής υποστήριξης, συνοδοιπόρος στις εξορμήσεις πεδίου και ακούραστος συνεργάτης στις εργαστηριακές αναλύσεις.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2006

Περίληψη

Σκεφτόμενοι επαγωγικά, θα λέγαμε πως έγινε μια προσπάθεια, στο μέτρο του δυνατού, λεπτομερούς καταγραφής των ποιοτικών χαρακτηριστικών των επιφανειακών υδάτων της Μεσσηνίας και αναλυτικής αποσαφήνισης των αποτελεσμάτων. Για το σκοπό αυτό, διασκορπίστηκαν στο σύνολο σχεδόν του νομού 21 δειγματοληπτικά σημεία, σε καθένα από τα οποία λήφθηκαν 4 δείγματα κατά τη διάρκεια της εν λόγω μελέτης. Η εξέταση περιλαμβάνει, τόσο μικροβιολογικές αναλύσεις, όσο και καταγραφή πληθώρας φυσικών και χημικών παραμέτρων των υδάτων. Όσον αφορά τις πρώτες, μετρήθηκε το μικροβιακό φορτίο των δειγμάτων και ερευνήθηκαν οι δείκτες της ποιότητας του νερού (ολικά κολίμορφα, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, εντερόκοκκοι), καθώς και τα παθογόνα που ‘απειλούν’ το νερό, όπως αυτά του γένους *Salmonella*. Επίσης, απομονώθηκαν συνολικά 99 στελέχη του γένους *Enterococcus,* τα οποία αφού ταυτοποιήθηκαν, αποσαφηνίστηκε η ανθεκτικότητά τους σε εύρος αντιβιοτικών. Αναφορικά, δε, με τις φυσικοχημικές παραμέτρους, η θερμοκρασία, το pH και το διαλυμένο οξυγόνο μετρήθηκαν στο πεδίο, ενώ η αγωγιμότητα, τα ολικά και αιωρούμενα στερεά, το COD, τα νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα, οι ολικές φαινόλες και η αμμωνία προσδιορίστηκαν εργαστηριακά.

Στα αποτελέσματα, επιγραμματικά, η κατάσταση μοιάζει σύνθετη. Στο φυσικοχημικό μέρος της μελέτης, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού μεταβάλλονται, ανάλογα με την εξετασθείσα παράμετρο. Στο μικροβιακό τομέα, από την άλλη, τα πράγματα είναι κάπως πιο ξεκάθαρα, μιας και σε γενικές γραμμές η επιβάρυνση των υδάτων κρίνεται σημαντική. Επίσης, αξιοσημείωτη είναι και η ανθεκτικότητα που εμφανίζουν οι εντερόκοκκοί μας σε κάποια από τα υπό μελέτη αντιβιοτικά.

Από την άλλη, κρίναμε σωστό να μην επεκταθούμε σε μεγάλο βαθμό, κατόπιν αυτών, στο ανέξοδο αράδιασμα εφικτών λύσεων και προτάσεων. Και αυτό, διότι είμαστε πεπεισμένοι πως αυτές έχουν λεχθεί, υποστηρίζονται και θα συνεχίσουν να διατυπώνονται, σχεδόν αυτούσιες, στο μέλλον. Αυτό που τελικά λείπει, δεν είναι το ‘πώς’, αλλά το ‘με τι’ και ‘με ποιόν’. Η παιδεία και η αποφασιστικότητα είναι αυτά που λείπουν, δίνοντας τη θέση τους στην ασυδοσία, στηριγμένη σε ένα νομοθετικό πλαίσιο ‘λάστιχο’ στην εφαρμογή του.

Abstract

Commenting on our effort, we could mention that we tried (as long as it was possible) not only to monitor in detail those parameters that define the so-called 'water quality' regarding the surface waters of Messinia, but also to interpret the data obtained. For this reason, 21 sampling points were dispersed covering almost the whole entity of the county. Thus, 4 samples were taken per sampling point. As it can be predicted, this study includes several microbiological analyses as well as the monitoring of various physical and chemical parameters. As for the former ones, we estimated the microbiological load of our samples and we investigated the quality indices of the rivers studied (total coliforms, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, enterococci). Furthermore, the presence of pathogens (indicatively, *Salmonella* strains) was tested. Referring to the *Enterococcus* strains, 99 of these were isolated and identified. At this point, it should be mentioned that the antibiotic resistance of these strains was evaluated against a broad range of antibiotics. Regarding the physicochemical parameters tested, pH, temperature and dissolved oxygen were measured in situ (by the river), while electrical conductivity, total and suspended solids, COD, nitrates, nitrites, phosphates, total phenols and - last but not least - ammonia were determined in the laboratory.

As for our data obtained, they reveal a really complex situation. As for the physicochemical part of our study, the parameters which define water quality seem to change. In fact, this change seems to depend on the parameter tested. Referring to the microbiological section, herein, the trend obtained is somewhat more straightforward. Why? It seems that the surface waters of Messinia are seriously affected. Moreover, we have to point out that 'our' *Enterococci* exhibit a significant antibiotic resistance against some of the compounds tested.

Finally, may we say that we deny to 'expand' and make loads of suggestions. The choice is a matter of beliefs. Explaining ourselves, may we say that we are absolutely convinced that numerous suggestions have been made so far, while even more of them will be announced in the future. Culture and determination…This is what is missing, this is what we desire. Nowadays, sadly, culture and determination are replaced by freedom with no limits. A freedom which ruins life itself, a freedom based on 'flexible' laws made of rubber.

Συντμήσεις

Σύντμηση	Αγγλικός όρος	Ελληνικός όρος
AM-10	Ampicillin 10 μg	Αμπικιλλίνη 10 μg
B-10	Bacitracin 10 μg	Βακιτρακίνη 10 μg
BOD	Biochemical Oxygen Demand	Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
CIP-5	Ciprofloxacin 5 μg	Σιπροφλοξασίνη 5 μg
COD	Chemical Oxygen Demand	Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
CFU	Colony Forming Units	Βιώσιμη Αναπαραγωγική Μονάδα
E-15	Erythromycin 15 μg	Ερυθρομυκίνη 15 μg
F/M-300	Nitrofuradoin 300 μg	Νιτροφουραντοΐνη 300 μg
GEMS	Global Environmental Monitoring System	
GM-120	Gentamycin 120 μg	Γενταμυκίνη 120 μg
GESAMP	Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection	
GPS	Global Positioning System	
mCP	medium Containing Polymixin	
MEA	m-Enterococcus agar	
MIC	Minimum Inhibitory Concentration	
MPN	Most Probable Number	Πλέον πιθανός αριθμός
MPR	Most Probable Range	Πλέον πιθανό εύρος
NCCLS	National Committee for Clinical Laboratory Standards	
NOR-10	Norfloxacin 10 μg	Νορφλοξακίνη 10 μg
OFX-5	Ofloxacin 5 μg	Οφλοξακίνη 5 μg
RA-5	Rifampicin 5 μg	Ριφαμπικίνη 5 μg
S-300	Streptomycin 300 μg	Στρεπτομυκίνη 300 μg
TSC	Tryptose Sulphite Cycloserine	
TSCNS	Tryptose Sulphite Cycloserine Neomycin Sulphate	
Te-30	Tetracycline 30 μg	Τετρακυκλίνη 30 μg
UNEP	United Nations Environment Programme	
Va-30	Vancomycin 30 μg	Βανκομυκίνη 30 μg
WHO	World Health Organization	Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας
ΕΕ		Ευρωπαϊκή Ένωση
ΕΜΥ		Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία
ΕΚ		Ευρωπαϊκή Κοινότητα
ΕΟΚ		Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα
ΕΟΦ		Εθνικός Οργανισμός Φαρμάκων
ΕΣΥΕ		Εθνική Στατιστική Υπηρεσία της Ελλάδος
ΓΥΣ		Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού
ΟΚΕ		Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή
ΚΥΑ		Κοινή Υπουργική Απόφαση
ΠΥΣ		Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευχαριστίες 3
Περίληψη 5
Abstract 6
Συντμήσεις 7
Περιεχόμενα 8
Κατάλογος πινάκων 12
Κατάλογος διαγραμμάτων 17
Κατάλογος εικόνων 19
Κατάλογος χαρτών 21

1. Εισαγωγή 22

1^{0} μέρος: Βιβλιογραφική επισκόπηση

2. Ποιότητα επιφανειακών υδάτων 24
2.1 Εισαγωγή 24
2.2 Περί ποταμών και ποιότητας υδάτων 27
2.3 Ρύπανση των ποταμών - Κύριοι ρύποι - Πηγές 40
2.3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι 41
2.3.1.1 Θερμοκρασία 41
2.3.1.2 Ολικά στερεά 46
2.3.1.3 Αιωρούμενα στερεά 47
2.3.1.4 Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου (pH) 50
2.3.1.5 Διαλυμένο οξυγόνο 53
2.3.1.6 Αγωγιμότητα 63
2.4 Θρεπτικά - Πηγές - Μεταφορά 67
2.4.1 Παράμετροι θρεπτικών συστατικών - Ευτροφισμός 67
2.4.1.1 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) 81
2.4.1.2 Νιτρικά ιόντα 84
2.4.1.3 Νιτρώδη ιόντα 89
2.4.1.4 Αμμωνία 90
2.4.1.5 Φωσφορικά ιόντα 92
2.5 Ανεπιθύμητες ουσίες 94
2.5.1 Φαινόλες 94
2.6 Μόλυνση των ποταμών - Δείκτες μόλυνσης - Κύρια παθογόνα - Πηγές 97
2.6.1 Μικροβιολογικές παράμετροι 97
2.6.1.1 Ολικά ετερότροφα βακτήρια 105
2.6.1.2 Εντερόκοκκοι 108
2.6.1.3 Ολικά κολίμορφα 110
2.6.1.4 *Escherichia coli* 116
2.6.1.5 *Clostridium perfringens* 118
2.6.1.6 *Salmonella* spp. 121
2.7 Ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά 124

3. Αρχές δειγματοληψίας 135
3.1 Εισαγωγή 135
3.2 Γενικές κατευθύνσεις 136
3.3 Τύποι δείγματος 139
3.4 Επιλογή σημείων δειγματοληψίας 142
3.5 Χρόνος και συχνότητα δειγματοληψίας 147
3.6 Επί τω έργω.. 149

4. Νομοθεσία 156
4.1 Εισαγωγή 156
4.2 Γενικά 156
4.3 Οι όροι του 'παιχνιδιού' 157

5. Γενικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης 164
5.1 Εισαγωγή 164
5.2 Κλίμα 164
5.3 Γεωμορφολογία 167
5.4 Υδρογεωλογία 168
5.5 Υδρογραφία 169
5.6 Πληθυσμιακά στοιχεία 172
5.7 Οικονομικές δραστηριότητες 173
5.7.1 Χρήσεις γης 173
5.7.2 Γεωργία-Κτηνοτροφία 174
5.7.3 Βιοτεχνία-Βιομηχανία 178
5.8 Διαχείριση υγρών αποβλήτων 178

2^0 μέρος: Πειραματική διερεύνηση

6. Υλικά και Μέθοδοι 179
6.1 Εισαγωγή 179
6.2 Περιοχή μελέτης 180
6.3 Δειγματοληψίες 181
6.3.1 Διάστημα - Συχνότητα 181
6.3.2 Επιλογή - Περιγραφή σημείων δειγματοληψίας 181
6.3.3 Λήψη και συντήρηση δειγμάτων 204
6.4 Ερευνητικές παράμετροι - Αρχές μεθόδων μέτρησης 204
6.4.1 Φυσικοχημικές παράμετροι 204
6.4.1.1 Θερμοκρασία 204
6.4.1.2 Ολικά στερεά 205
6.4.1.3 Αιωρούμενα στερεά 206
6.4.1.4 Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου (pH) 208
6.4.1.5 Διαλυμένο οξυγόνο 209
6.4.1.6 Αγωγιμότητα 209
6.4.2 Παράμετροι θρεπτικών συστατικών - Ευτροφισμός 210
6.4.2.1 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) 210
6.4.2.2 Νιτρικά ιόντα 212

6.4.2.3 Νιτρώδη ιόντα 214
6.4.2.4 Αμμωνία 215
6.4.2.5 Φωσφορικά ιόντα 216
6.4.3 Φαινόλες 217
6.4.4 Μικροβιολογικές παράμετροι 218
6.4.4.1 Ολικά ετερότροφα βακτήρια 220
6.4.4.2 Εντερόκοκκοι 221
6.4.4.3 Ολικά κολίμορφα - *Escherichia coli* 221
6.4.4.4 *Clostridium perfringens* 223
6.4.4.5 *Salmonella* spp 225
6.4.5 Ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά 233

7. Αποτελέσματα - Σχολιασμός 239
7.1 Εισαγωγή 239
7.2 Φυσικοχημικές παράμετροι 240
7.2.1 Θερμοκρασία 240
7.2.2 Ολικά στερεά 243
7.2.3 Αιωρούμενα στερεά 246
7.2.4 Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου (pH) 249
7.2.5 Διαλυμένο οξυγόνο 253
7.2.6 Αγωγιμότητα 256
7.3 Παράμετροι θρεπτικών συστατικών – Ευτροφισμός 262
7.3.1 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) 262
7.3.2 Νιτρικά ιόντα 265
7.3.3 Νιτρώδη ιόντα 267
7.3.4 Αμμωνία 269
7.3.5 Φωσφορικά ιόντα 273
7.4 Φαινόλες 275
7.5 Μικροβιολογικές παράμετροι 277
7.5.1 Ολικά ετερότροφα βακτήρια 277
7.5.2 Εντερόκοκκοι 283
7.5.3 Ολικά κολίμορφα - *Escherichia coli* 284
7.5.4 *Clostridium perfringens* 288
7.5.5 *Salmonella* spp. 290
7.6 Ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά 292
7.7 Στατιστική ανάλυση 304
7.7.1 Εισαγωγή 304
7.7.2 Συσχετίσεις φυσικοχημικών παραμέτρων 305
7.7.3 Συσχετίσεις μικροβιολογικών παραμέτρων 306

8. Συμπεράσματα - Προτάσεις 308

Βιβλιογραφία **313**

Παράρτημα **332**

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: **Φυσικοχημικά συστατικά του νερού** **28**

Πίνακας 2: **Η επιδείνωση της ποιότητας των γλυκών υδάτων σε παγκόσμιο επίπεδο** **29**

Πίνακας 3: **Κατηγορίες κύριων ρυπαντών – Κύριες πηγές ρυπαντών** **32**

Πίνακας 4: **Σημαντικές διαδικασίες που επηρεάζουν την ποιότητα των νερών** **33**

Πίνακας 5: **Τυπικά 'συστατικά' των οικιακών υγρών αποβλήτων** **36**

Πίνακας 6: **Συλλογισμοί περί ποιότητας επιφανειακών νερών** **39**

Πίνακας 7: **Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας και του υψόμετρου στα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό** **54**

Πίνακας 8: **Ποιότητα νερού και περιεχόμενο σε διαλυμένο οξυγόνο** **59**

Πίνακας 9: **Τυπική αγωγιμότητα για ποικίλες κατηγορίες νερών** **65**

Πίνακας 10: **Ποιοτική κατάταξη αρδευτικών νερών** **66**

Πίνακας 11: **Όρια βασικών παραμέτρων ευτροφισμού** **71**

Πίνακας 12: **Ελεύθερη αμμωνία και αμμωνιακά ιόντα συναρτήσει του pH** **91**

Πίνακας 13: **Χρόνος επιβίωσης, μολυσματική δόση, χρόνος επώασης και κλινικά σύνδρομα κάποιων παθογόνων μικροοργανισμών που απομονώνονται από το πόσιμο νερό** **101**

Πίνακας 14: **Μικροβιολογικός χαρακτηρισμός των υδάτων** **113**

Πίνακας 15: **Αντιβιοτικά και η δράση τους** **125**

Πίνακας 16: **Εκτιμώμενη απόσταση για την πλήρη ανάμιξη χειμάρρων και ποταμών** **145**

Πίνακας 17: **Σύνοψη των ειδικών απαιτήσεων δειγματοληψίας και συντήρησης** **155**

Πίνακας 18: **Κατανομή της έκτασης του νομού Μεσσηνίας στις βασικές κατηγορίες χρήσης/κάλυψης (Προαπογραφικά στοιχεία της Απογραφής Γεωργίας – Κτηνοτροφίας 1999/2000)** **173**

Πίνακας 19: **Φυτική παραγωγή του Ν. Μεσσηνίας (εκτάσεις καλλιέργειας)** **175**

Πίνακας 20: **Εξέλιξη του ζωικού πληθυσμού του Νομού Μεσσηνίας κατά την περίοδο 1984-2000** **176**

Πίνακας 21: Προδιαγραφές και απαιτούμενα αντιδραστήρια για τη μέτρηση των νιτρικών **212**

Πίνακας 22: Προδιαγραφές και απαιτούμενα αντιδραστήρια για τη μέτρηση των νιτρωδών **214**

Πίνακας 23: Προδιαγραφές και απαιτούμενα αντιδραστήρια για τη μέτρηση της αμμωνίας **215**

Πίνακας 24: Προδιαγραφές και απαιτούμενα αντιδραστήρια για τη μέτρηση των φωσφορικών **216**

Πίνακας 25: TSI και LIA χρωματισμοί αναφορικά με τη *Salmonella* **229**

Πίνακας 26: Πλέον πιθανός αριθμός και πλέον πιθανό εύρος ανά λίτρο για μια σειρά 6 σωλήνων, περιέχοντες 1x50 και 5x10 mL όγκους δείγματος **233**

Πίνακας 27: Ερμηνεία ζωνών παρεμπόδισης για τα στελέχη του γένους *Enterococcus* **238**

Πίνακας 28: Κατηγοριοποίηση αντιβιοτικών που χρησιμοποιήθηκαν **239**

Πίνακας 29:Διαχρονικές μετρήσεις του pH για τα σημεία ΝΕΔΑ2, ΠΑΜ1 και ΠΑΜ3 **252**

Πίνακας 30: Διαχρονικές μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τα σημεία ΝΕΔΑ 2, ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 3 **261**

Πίνακας 31: Αποτελέσματα ανθεκτικότητας των στελεχών εντερόκοκκων, ανά κατηγορία αντιμικροβιακών και ανά αντιβιοτικό **294**

Πίνακας 32: Αποτελέσματα ανθεκτικότητας των στελεχών εντερόκοκκων, ανά αντιβιοτικό και θέση δείγματος **300**

Πίνακες Παραρτήματος

Πίνακας 1: Πηγές και σημασία των ρυπαντών/μολυντών από την ανθρώπινη δραστηριότητα **333**

Πίνακας 2: Ενσωμάτωση κοινοτικής νομοθεσίας αναφορικά με την προστασία και τη διαχείριση υδάτων στο Εθνικό Δίκαιο **334**

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος **336**

Πίνακας 4: Απαιτούμενη ποιότητα των υδάτων κολύμβησης 337

Πίνακας 5: Παράμετροι που αποτελούν αντικείμενο ανταλλαγής πληροφοριών 338

Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά των γλυκών υδάτων για την υποστήριξη της επιβίωσης των ιχθύων 339

Πίνακας 7: Πρότυπη μέθοδος μετρήσεως για τον προσδιορισμό των τιμών των παραμέτρων της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ 340

Πίνακας 8: Απαιτήσεις περί απορροών από κέντρα επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων 341

Πίνακας 9: Κώδικες ορθής αγροτικής πρακτικής 341

Πίνακας 10: Παράμετροι και παραμετρικές τιμές σχετικά με την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης 342

Πίνακας 11: Συχνότητα παρακολούθησης ποικίλων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών σε ύδατα ποταμών 343

Πίνακας 12: Συνταγή παρασκευής του buffered nitrate motility medium 343

Πίνακας 13: Συνταγή παρασκευής του lactose gelatine medium 344

Πίνακας 14: Προετοιμασία των προτύπων McFarland 344

Πίνακας 15: Συνολικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την 1η δειγματοληψία 345

Πίνακας 16: Συνολικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την 2η δειγματοληψία 347

Πίνακας 17: Συνολικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την 3η δειγματοληψία 349

Πίνακας 18: Συνολικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την 4η δειγματοληψία 351

Πίνακας 19: Αιωρούμενα και ολικά στερεά κατά την 1η δειγματοληψία 353

Πίνακας 20: Αιωρούμενα και ολικά στερεά κατά την 2η δειγματοληψία 354

Πίνακας 21: Αιωρούμενα και ολικά στερεά κατά την 3η δειγματοληψία 355

Πίνακας 22: Αιωρούμενα και ολικά στερεά κατά την 4η δειγματοληψία 356

Πίνακας 23: Ιοντικές μετρήσεις κατά την 1η δειγματοληψία (19/12/2004) **357**

Πίνακας 24: Ιοντικές μετρήσεις κατά την 2η δειγματοληψία (19/12/2004) **359**

Πίνακας 25: Ιοντικές μετρήσεις κατά την 3η δειγματοληψία (19/12/2004) **361**

Πίνακας 26: Ιοντικές μετρήσεις κατά την 4η δειγματοληψία (4/7/2005) **363**

Πίνακας 27: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο κατά το σύνολο των δειγματοληψιών **365**

Πίνακας 28: Συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων κατά την 1η δειγματοληψία (19/12/2004) **366**

Πίνακας 29: Συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων κατά την 2η δειγματοληψία (20/3/2005) **367**

Πίνακας 30: Συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων κατά την 3η δειγματοληψία (20/3/2005) **368**

Πίνακας 31: Συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων κατά την 4η δειγματοληψία (20/3/2005) **369**

Πίνακας 32: Μικροβιολογικά ευρήματα κατά την 1η δειγματοληψία (19/12/2004) **370**

Πίνακας 33: Μικροβιολογικά ευρήματα κατά τη 2η δειγματοληψία (20/3/2005) **371**

Πίνακας 34: Μικροβιολογικά ευρήματα κατά την 3η δειγματοληψία (15/5/2005) **373**

Πίνακας 35: Μικροβιολογικά ευρήματα κατά την 4η δειγματοληψία (15/5/2005) **375**

Πίνακας 36: Αποτελέσματα των δοκιμασιών ταυτοποίησης εντερόκοκκων **377**

Πίνακας 37: Ταυτοποιήσεις με χρήση του συστήματος API 20 E **384**

Πίνακας 38: Ανθεκτικότητα εντερόκοκκων σε αντιβιοτικά ανά σημείο δειγματοληψίας και αντιβιοτικό **386**

Πίνακας 39: Συνολικά αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των απομονώσεων εντερόκοκκων ανά αντιβιοτικό που χρησιμοποιήθηκε **390**

Πίνακα 40: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων ανά δειγματοληψία και αντιβιοτικό που χρησιμοποιήθηκε **390**

Πίνακα 41: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων ανά δειγματοληψία και αντιβιοτικό που χρησιμοποιήθηκε **391**

Πίνακας 42: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για το σημείο ΜΑΥΡ 2 **391**

Πίνακας 43: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για τα σημεία ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 2 **392**

Πίνακας 44: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για το σημείο ΛΟΓ 2 **392**

Πίνακας 45: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για τα σημεία ΒΕΛ 2 και ΝΕΔΩΝ 4 **393**

Κατάλογος διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Η μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου κατάντη μιας σημειακής πηγής ρύπανσης **60**

Διάγραμμα 2: Ο κύκλος του αζώτου στα γλυκά ύδατα **75**

Διάγραμμα 3: Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα στην πόλη της Καλαμάτας για τη δεκαετία 1991-2000 **166**

Διάγραμμα 4: Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής για την πόλη της Καλαμάτας τη δεκαετία 1991-2000 **166**

Διάγραμμα 5: Αποτελέσματα θερμοκρασίας αέρα **240**

Διάγραμμα 6: Αποτελέσματα θερμοκρασίας νερού **241**

Διάγραμμα 7: Αποτελέσματα ολικών στερεών **243**

Διάγραμμα 8: Αποτελέσματα ολικών στερεών πλην ΠΑΜ 5 **244**

Διάγραμμα 9: Αποτελέσματα αιωρούμενων στερεών **246**

Διάγραμμα 10: Αποτελέσματα μέτρησης pH **249**

Διάγραμμα 11: Αποτελέσματα συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου **253**

Διάγραμμα 12: Αποτελέσματα αγωγιμότητας **256**

Διάγραμμα 13: Αποτελέσματα αγωγιμότητας πλην ΠΑΜ 5 **258**

Διάγραμμα 14: Αποτελέσματα COD **262**

Διάγραμμα 15: Αποτελέσματα COD πλην ΜΑΥΡ 3 κατά την πρώτη δειγματοληψία **263**

Διάγραμμα 16: Αποτελέσματα νιτρικών **265**

Διάγραμμα 17: Αποτελέσματα νιτρωδών **267**

Διάγραμμα 18: Αποτελέσματα νιτρωδών πλην του ΠΑΜ 5 **268**

Διάγραμμα 19: Αποτελέσματα αμμωνίας **269**

Διάγραμμα 20: Αποτελέσματα αμμωνίας πλην του ΠΑΜ 5 κατά τη δεύτερη δειγματοληψία **272**

Διάγραμμα 21: Αποτελέσματα φωσφορικών **273**

Διάγραμμα 22: Αποτελέσματα φαινολών **275**

Διάγραμμα 23: Αποτελέσματα φαινολών πλην του ΜΑΥΡ 3 κατά την πρώτη δειγματοληψία **276**

Διάγραμμα 24: Αποτελέσματα ολικών βακτηρίων **278**

Διάγραμμα 25: Αποτελέσματα εντερόκοκκων **283**

Διάγραμμα 26: Αποτελέσματα ολικών κολίμορφων **284**

Διάγραμμα 27: Αποτελέσματα *Escherichia coli* **287**

Διάγραμμα 28: Αποτελέσματα υποθετικών *Clostridium perfringens* **288**

Διάγραμμα 29: Αποτελέσματα επιβεβαιωμένων *Clostridium perfringens* **289**

Διάγραμμα 30: Αποτελέσματα *Salmonella* spp **291**

Διάγραμμα 31: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σύνολο των 99 στελεχών εντερόκοκκων **292**

Διάγραμμα 32: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΝΕΔΑ 1 **295**

Διάγραμμα 33: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΝΕΔΑ 2 **296**

Διάγραμμα 34: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΜΑΥΡ 2 **296**

Διάγραμμα 35: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΠΑΜ 2 **297**

Διάγραμμα 36: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΠΑΜ 4 **298**

Διάγραμμα 37: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΛΟΓ 2 **298**

Διάγραμμα 38: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΒΕΛ **299**

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: **Τεστ διάχυσης δίσκων (Disc diffusion test). Οι τύποι των ζωνών που μπορεί να αναπτυχθούν γύρω από τους δίσκους κατά τον έλεγχο της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά** **129**

Εικόνα 2: **Ποσοστό της γεωργικής γης ως προς το σύνολο της έκτασης κάθε δήμου σε επίπεδο νομού** **177**

Εικόνα 3: **1ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδα** **182**

Εικόνα 4: **2ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδα** **183**

Εικόνα 5: **1ο δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Περιστέρι** **184**

Εικόνα 6: **2ο δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Περιστέρι** **185**

Εικόνα 7: **1ο δειγματοληπτικό σημείο επί του παραπόταμου Μαυροζούμαινα** **186**

Εικόνα 8: **2ο δειγματοληπτικό σημείο επί του παραπόταμου Μαυροζούμαινα** **187**

Εικόνα 9: **3ο δειγματοληπτικό σημείο επί του παραπόταμου Μαυροζούμαινα** **188**

Εικόνα 10: **1ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου** **189**

Εικόνα 11: **2ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου** **190**

Εικόνα 12: **3ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου** **191**

Εικόνα 13: **4ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου** **192**

Εικόνα 14: **5ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου** **193**

Εικόνα 15: **1ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδωνα** **194**

Εικόνα 16: **2ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδωνα** **195**

Εικόνα 17: **3ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδωνα** **196**

Εικόνα 18: **4ο δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδωνα** **197**

Εικόνα 19: **1ο δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Βελίκα** **199**

Εικόνα 20: **2ο δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Βελίκα** **200**

Εικόνα 21: **3ο δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Βελίκα** **201**

Εικόνα 22: **1ο δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Λογιώτη** **202**

Εικόνα 23: **$2^{ο}$ δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Λογιώτη** **203**

Εικόνα 24: **(a) ανάπτυξη ενός μη κινούμενου οργανισμού, η οποία περιορίζεται κατά μήκος της γραμμής εμβολιασμού σε ημιστερεό θρεπτικό άγαρ και (b) διάχυτη ανάπτυξη ενός οργανισμού ικανού κίνησης, η οποία επεκτείνεται υπό μορφή ζώνης θολερότητας γύρω από τη γραμμή εμβολιασμού** **224**

Εικόνα 25: **Αποτελέσματα ταυτοποίησης για μια από τις απομονώσεις με τη βοήθεια του API 20E** **231**

Εικόνες Παραρτήματος

Εικόνα 1: **Οι εκβολές του Παμίσου κατά τη $2^{η}$ δειγματοληψία** **401**

Εικόνα 2: **Θανάτωση ιχθύων κατά τη $2^{η}$ δειγματοληψία στις εκβολές του Πάμισου** **401**

Κατάλογος χαρτών

Χάρτης 1: Νομός Μεσσηνίας - Σήμανση περιοχών δειγματοληψίας **394**

Χάρτης 2: Ποταμός Νέδα - Σήμανση σημείων δειγματοληψίας **395**

Χάρτης 3: Χείμαρρος Περιστέρι - Σήμανση σημείων δειγματοληψίας **396**

Χάρτης 4: Σήμανση σημείων δειγματοληψίας στο ποτάμιο σύστημα Πάμισου - Μαυροζούμαινας **397**

Χάρτης 5: Σήμανση σημείων δειγματοληψίας στους χείμαρρους Βελίκα και Λογιώτη **398**

Χάρτης 6: Σήμανση σημείων δειγματοληψίας για τον ποταμό Νέδωνα **399**

1. Εισαγωγή

‘Το να γράψεις την ιστορία χωρίς να συμπεριλάβεις καθόλου νερό σε αυτήν, είναι σα να αφήνεις έξω ένα μεγάλο μέρος της ιστορίας. Η ανθρώπινη εμπειρία δεν ήταν ποτέ τόσο στεγνή’ (Worster, 1985). Αυτό που εμείς προσπαθούμε να κάνουμε δεν είναι να γράψουμε την ιστορία, ούτε έχουμε την υπερφίαλη αξίωση να γράψουμε ιστορία μέσα από τούτη τη μελέτη. Αυτό που, απλά, επιχειρούμε είναι να ‘βουτήξουμε’ στο νερό και να εμπλουτίσουμε τη γονιδιακή μας εμπειρία από αυτό.

Οι βιολογικές δομές ετούτου τουλάχιστον του Πλανήτη (ποτέ δεν ξέρεις ...) είναι συνυφασμένες με την αδιάλειπτη παρουσία γλυκού νερού. Η σχέση αυτή, όμως, αρχίζει να κλονίζεται από τη στιγμή που το δεύτερο υπολείπεται της κατάλληλης ποσότητας και ποιότητας.

Πάνω στο τελευταίο, αυτό που επιχειρούμε να κάνουμε είναι να ‘πιάσουμε’ το νερό από τη στιγμή που φτάνει στο έδαφος (είτε μέσω κατακρημνισμάτων, είτε μέσω των πηγών) και να το συνοδεύσουμε κατά την επιφανειακή απορροή του, μέχρι το μεγαλύτερο φυσικό ταμιευτήρα, τη θάλασσα. Στη διαδρομή έως εκεί, θα προσπαθήσουμε να του ‘ανοίξουμε’ κουβέντα για να μάθουμε τι το ενοχλεί, τι το εξοργίζει και ποιες είναι οι συνέπειες, όταν συμβαίνει κάτι τέτοιο, στους τρίτους που το προκαλούν. Επίσης, θα επιχειρήσουμε να εκμαιεύσουμε πως επιθυμεί να του φέρονται οι γύρω του και αν τελικά, έχει πραγματικούς φίλους ή αν κάποιοι, αν όχι όλοι, απλά το εκμεταλλεύονται.

Βέβαια, το πολυπόθητο αποτέλεσμα δεν μπορεί στην πράξη να επιτευχθεί μέσα από την παραμυθένια οδό που περιγράφεται παραπάνω. Επανερχόμενοι στην πραγματικότητα, η μελέτη περιλαμβάνει την παρακολούθηση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων του νομού Μεσσηνίας, μέσω μετρήσεων πεδίου, δειγματοληψίες και εργαστηριακές - χημικές και μικροβιολογικές - αναλύσεις. Το σύνολο των ποταμών, παραπόταμων και χειμάρρων που ελέχθησαν, ανέρχεται στον αριθμό 7, τα δε σημεία δειγματοληψίας ήταν 21. Σημειώνεται πως οι τελευταίες επαναλήφθηκαν 4 φορές (κατά το διάστημα Δεκέμβριος 2004 – Ιούλιος 2005) και πως οι μικροβιολογικές μετρήσεις περιορίστηκαν να γίνουν σε 8 από το σύνολο των σημείων. Στο μικροβιολογικό κομμάτι αξίζει να επισημανθεί πως συμπεριλήφθηκε και η εξέταση της ανθεκτικότητας μικροοργανισμών σε επιλεγμένα αντιβιοτικά.

Οι παράμετροι που μετρήθηκαν και μελετήθηκαν είναι:

- Φυσικοχημικές (θερμοκρασία, ολικά και αιωρούμενα στερεά, pH, διαλυμένο οξυγόνο και αγωγιμότητα)
- Παράμετροι θρεπτικών συστατικών και γενικότερα δείκτες ευτροφισμού (νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα, αμμωνία και COD)
- Ανεπιθύμητες ουσίες (ολικές φαινόλες)
- Μικροβιολογικές (ολική ετερότροφη μεσόφιλη μικροχλωρίδα, εντερόκοκκοι, ολικά κολίμορφα, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp. και ανθεκτικότητα εντερόκοκκων σε αντιβιοτικά)

Αξίζει να τονιστεί πως στην περιοχή της Μεσσηνίας αναφορικά με την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων της, πέρα από κάποιες μετρήσεις χημικών παραμέτρων από κρατικούς φορείς, διάσπαρτες στο χρόνο και από λίγους στον αριθμό σταθμούς δειγματοληψίας, δεν υπάρχει πεδίο αναφοράς. Ουδείς λόγος γίνεται, βεβαίως, για μικροβιολογική παρακολούθηση των υδάτων. Όσον αφορά, ακόμη περισσότερο, την ανθεκτικότητα των μικροοργανισμών και δη των εντερόκοκκων στα αντιβιοτικά, σε έρευνες υδάτων, η βιβλιογραφία δηλώνει σχεδόν ανίδεη σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τα παραπάνω κατονομάζουν ένα παρθένο έδαφος, προκειμένου να στηθούν μηχανισμοί παρακολούθησης και καταγραφής - επίκαιροι, γενικότερα, αυτή την εποχή… - των ποιοτικών χαρακτηριστικών στην εν λόγω περιοχή.

Στα της διάρθρωσης αυτού που ακολουθεί, το ξεκίνημα γίνεται με την ενδελεχή, κατά το δυνατό, βιβλιογραφική ανασκόπηση. Αρχικά (κεφ.2), το βάρος δίδεται στην αποσαφήνιση της έννοιας της ποιότητας, του πρώτου συνθετικού του τίτλου της εργασίας. Στο πλαίσιο αυτό, βρίσκει πρόσφορο έδαφος προς ανάλυση και το σύνολο των παραμέτρων που θα διερευνήσουμε. Στη συνέχεια (κεφ.3), τη σκυτάλη παίρνει η λεπτομερής περιγραφή των αρχών δειγματοληψίας και πιο συγκεκριμένα, μεταξύ άλλων, το πώς επιλέγεται ένα σημείο δειγματοληψίας και το πώς συλλέγεται το δείγμα. Κατόπιν (κεφ.4), παρατίθεται η σχετική νομοθεσία, η οποία έχει της ρίζες της στη δεκαετία του ’70, ενώ μέχρι και σήμερα εμπλουτίζεται και ανανεώνεται. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση ολοκληρώνεται (κεφ.5) με την καταγραφή των γενικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης, τόσο φυσικών, όσο και ανθρωπογενών.

Το δεύτερο μισό της δουλειάς έχει να κάνει με την πειραματική διερεύνηση, η οποία ξεκινά ευθύς αμέσως (κεφ.6), με τα υλικά και τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν, τόσο για τις διάφορες αναλύσεις, όσο και κατά τη δειγματοληψία. Στο 7^{ο} κεφάλαιο, καταγράφονται τα αποτελέσματα και γίνεται προσπάθεια να

σχολιαστούν, ενώ στο επόμενο (κεφ.8) διατυπώνονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις. Η εργασία κλείνει με τη συνήθη βιβλιογραφία και την παράθεση υλικού στο παράρτημα.

Η σωστή αποσυμπίεση του προλογικού αρχείου μένει να αποδειχθεί με το πέρας αυτών που ακολουθούν. Και αν στο τέλος εμείς καταφέρουμε να το ανοίξουμε, διερωτάται το κατά πόσο θα υπάρξει η διάθεση τρίτων να ανατρέξουν σε αυτό για την περαιτέρω διερεύνηση του θέματος.

1^0 μέρος: Βιβλιογραφική επισκόπηση

2. Ποιότητα επιφανειακών υδάτων

2.1 Εισαγωγή

Για τους περισσότερους ανθρώπους, ένα ορεινό ρυάκι, γάργαρο, κρυστάλλινο και παγωμένο, που τροφοδοτείται με λιωμένο χιόνι, ισοδυναμεί με αυτό που λέμε ‘νερό υψηλής ποιότητας’. Κι ενώ αυτό επιτάσσει η κοινή λογική, αυτή τείνει να μη συμβαδίζει με την απτή πραγματικότητα. Ένας χείμαρρος ή ένας ποταμός, που να πληροί τα παραπάνω, αλλά και το νερό του να είναι απόλυτα ασφαλές στην πόση, αποτελεί μάλλον το ευτυχές γεγονός, την πολυπόθητη κατάληξη μετά από αλλεπάλληλες ανεπιτυχείς ‘σχέσεις’. Κι αν ακόμη και σήμερα, με λίγη προσπάθεια, μπορούμε να ταυτίσουμε το μέλλον μας, αργά ή γρήγορα θα αρχίσουμε να μένουμε στο ράφι.

Από τους αρχαίους χρόνους, οι άνθρωποι είχαν επιλέξει να ζήσουν κοντά στο νερό, δίπλα σε λίμνες, κατά μήκος ακτών ή σε κοιλάδες τις οποίες διασχίζουν ποταμοί. Οι λόγοι για αυτήν τους την επιλογή είναι τόσοι πολλοί και ποικίλοι, όσες είναι και οι ανθρώπινες ανάγκες και επιθυμίες. Αδιαφιλονίκητα, τα επιφανειακά ύδατα και ιδίως, αυτά των ποταμών αποτελούν σημαντικές πηγές γλυκού νερού για τον άνθρωπο. Είναι αξιοσημείωτο πως η κοινωνική, πολιτική και οικονομική ανάπτυξη έχει συσχετιστεί – ειδικά, κατά το παρελθόν – με τη διαθεσιμότητα και

κατανομή του νερού. Ειδικότερα για τα ύδατα των ποταμών, κάποιες από τις χρήσεις τους είναι:

- Άρδευση των αγροτικών περιοχών
- Πηγές πόσιμου νερού
- Παροχή βιομηχανικών και αστικών περιοχών
- Πλοήγηση
- Αισθητική αξία
- Αναψυχή και αλιεία
- Υποστήριξη βιοποικιλότητας

Από τα παραπάνω, εξηγείται γιατί το νερό των ποταμών αποτελεί όρο υπό πολιτική διαπραγμάτευση σε όλα τα επίπεδα. Για αυτό, άλλωστε, η διαχείριση των εν λόγω υδάτων φαίνεται πως απαιτεί υψηλή ποιότητα επιστημονικής πληροφορίας, αναφορικά με την ποιότητα και την ποσότητά τους. Είναι σαφές πως για την παροχή αυτής της πληροφορίας χρειάζεται ένα δίκτυο σταθμών καταγραφής, ώστε:

- Να προσδιοριστούν οι βραχυχρόνιες και μακροχρόνιες μεταβολές στην ποσότητα του νερού, ανάλογα με το κλίμα και τα χαρακτηριστικά της λεκάνης απορροής
- Να καθοριστούν τα κριτήρια για την ποιότητα του νερού που απαιτούνται για την εξιδανίκευση και διατήρηση των χρήσεων του νερού
- Να καθοριστούν τα εποχιακά, μακροχρόνια και βραχυχρόνια χαρακτηριστικά της ποσότητας και ποιότητας του νερού, σε σχέση με τις δημογραφικές μεταβολές, τις χρήσεις του νερού και τη διαχείριση για την εξασφάλιση της ποιότητας.

Εύλογα, τα δεδομένα για την ποιότητα του νερού των ποταμών πρέπει να ερμηνεύονται μέσα στα πλαίσια της βασικής κατανόησης των διαδικασιών που υπογραμμίζουν τα χαρακτηριστικά ενός ποταμού – σύστημα. Παρόμοια, ο σχεδιασμός του δικτύου καταγραφής, η επιλογή των μεθόδων της δειγματοληψίας και οι υπό μελέτη μεταβλητές είναι αναγκαίο να βασίζονται στην κατανόηση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε ένα υδάτινο σώμα, όπως και στις ανάγκες για τη χρήση του (Carpenter *et al.*, 1998; Meybeck *et al.*, 1996b).

Έχει, πάντως, γίνει αντιληπτό πως το νερό καλής ποιότητας είναι καίριο για τη βιώσιμη κοινωνικό-οικονομική ανάπτυξη. Τα υδατικά οικοσυστήματα απειλούνται σε παγκόσμια κλίμακα από ποικίλους ρυπαντές, αλλά και πρακτικές διαχείρισης των υδάτων ή χρήσης γης. Κάποια προβλήματα, αν και υπήρχαν από παλαιότερα, μόλις

πρόσφατα αγγίζουν τα κρίσιμα επίπεδα, ενώ κάποια άλλα εμφανίστηκαν σε χρόνο ενεστωτικό (Bartram and Helmer, 1996).

Οι φυσικοί τύποι ρυπαντών βρίσκονταν από πάντα στα επιφανειακά ύδατα. Εντούτοις, οι διαδικασίες αυτοκάθαρσης του νερού (φυσικές, χημικές και βιολογικές) ήταν στο πλείστο των περιπτώσεων ικανές να απομακρύνουν ή να καταστήσουν τα υλικά αυτά ακίνδυνα. Καθώς, όμως, ο άνθρωπος 'αναπτύσσεται', οι δραστηριότητές του αυξάνουν τις ποσότητες και συνάμα, αλλάζουν τη φύση των ρυπαντών που εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον. Κάτι που συνεχίστηκε απαρέγκλιτα και μάλιστα, σε σημείο που οι επιπτώσεις τις ανάπτυξης άρχισαν να αντιστρατεύονται την ίδια τη σημασία της λέξης. Τότε, ήταν που ξεκίνησαν προσπάθειες να μειωθούν οι ρυπαντές που καταλήγουν στο νερό, ώστε οι φυσικές διαδικασίες αυτοκάθαρσης να μπορούν και πάλι να τους αφομοιώσουν (Καρβούνης,1995).

Ο άνθρωπος, λοιπόν, από τότε που εγκαταστάθηκε κοντά στο νερό, το χρησιμοποίησε – μεταξύ άλλων – για την απομάκρυνση ή αραίωση των αποβλήτων και ρυπαντών της κοινωνίας που δημιούργησε. Με την αύξηση, ωστόσο, των ανθρώπινων πληθυσμών, της παραγωγής και της κατανάλωσης, η προαναφερθείσα μακρά παράδοση φαίνεται πως υπερβαίνει την φυσική ικανότητα 'κάθαρσης' των νερών της γης. Έτσι, οι εισροές ρυπαντών αυξήθηκαν κατά τις τελευταίες δεκαετίες, με αποτέλεσμα τη φθίνουσα ποιότητα των νερών: λιμνών, ποταμών και ωκεανών. Κάτι τέτοιο γίνεται εμφανές με τη διαταραχή που επισημαίνεται στα υδάτινα οικοσυστήματα, αλλά και την απώλεια των ειδών που τα συνιστούν. Για παράδειγμα, οι ελλείψεις νερού είναι ιδιαίτερα συνήθεις στις μέρες μας, ενώ είναι πολύ πιθανό να γίνουν πιο ακραίες στο μέλλον. Αδιαμφισβήτητα, η λειψυδρία και η φτωχή ποιότητα των υδάτων συνδέονται, αφού η ρύπανση μειώνει την παροχή του νερού και αυξάνει τα κόστη της επεξεργασίας του, προκειμένου αυτό να γίνει ασφαλές για ανθρώπινη χρήση (Carpenter *et al*., 1998).

Ειδικά για το ζήτημα της ρύπανσης ποταμών, αυτό θεωρείται εν μέρει κληροδότημα της βιομηχανικής επανάστασης, καθώς επικρατούσε παλαιότερα η αντίληψη πως οι βιομηχανίες που παρήγαγαν μεγάλες ποσότητες υγρών αποβλήτων όφειλαν να τις απομακρύνουν στον κοντινότερο υδάτινο αποδέκτη, δίχως την απαιτούμενη επεξεργασία (Currie, 1997). Από την άλλη, πολλά παθογόνα φαίνεται πως εισέρχονται με ευκολία στο υδάτινο σώμα, καθώς το τελευταίο αποτελεί και όχημα μεταφοράς ποικίλων εκκρίσεων. Αυτός φαίνεται πως είναι και ο λόγος για τον οποίο πολλές ασθένειες σχετίζονται έμμεσα με το νερό και την είσοδο αποβλήτων σε

αυτό. Παράλληλα, οι απορροές κατόπιν καταιγίδων θεωρούνται φυσικές διαδρομές μεταφοράς κοπρανωδών υλικών στους υδάτινους αποδέκτες, δίνοντας ένα ακόμη ‘χρώμα’ σε αυτό που αποκαλείται ρύπανση των ποταμών (Droste, 1997).

Μιλώντας περί ρυπαντών, εν συνεχεία, οι συγκεντρώσεις τους στα γλυκά ύδατα δε καθορίζονται μόνο από τις σημειακές ή διάχυτες πηγές, αλλά και από ένα πλήθος βιογεωχημικών αντιδράσεων, που μπορεί να συμβούν στο υδάτινο σώμα κατά τη μεταφορά τους (House, 2003).

Επικεντρωμένοι, λοιπόν, στην ποιότητα του νερού, ο απώτερος στόχος του προσδιορισμού και της διαχείρισης της ποιότητας ενός υδάτινου σώματος δεν είναι άλλος, από την προστασία των υδάτινων πόρων. Έτσι, η ποιότητα του νερού αφορά τις φυσικές, χημικές και βιολογικές συνιστώσες που επιδρούν στις φυσικές συνθήκες, αλλά και τα χημικά συστατικά ενός υδάτινου σώματος (πίνακας 1).

2.2 Περί ποταμών και ποιότητας υδάτων

Ο όρος ‘ποιότητα νερού’ χρησιμοποιείται για να εκφράσει την καταλληλότητα του υδάτινου σώματος προς τη διατήρηση των ποικίλων χρήσεων και διαδικασιών που σχετίζονται με αυτό. Σαφώς, κάθε χρήση του νερού έχει συγκεκριμένες απαιτήσεις, αναφορικά με τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του.

Ενδεικτικά, επισημαίνονται οι περιορισμοί που αφορούν στη θερμοκρασία και το pH για εκείνο το υδάτινο σώμα που υποστηρίζει τις κοινωνίες των ασπόνδυλων. Συνεπώς, η ποιότητα του νερού μπορεί να οριστεί από πλήθος μεταβλητών, οι οποίες και περιορίζουν τη χρήση του. Μάλιστα, σημειώνεται πως αν και πολλές χρήσεις του παρουσιάζουν κοινές απαιτήσεις για συγκεκριμένες μεταβλητές, κάθε χρήση θα έχει τις δικές της απαιτήσεις, αλλά και επιδράσεις στην ποιότητα του νερού. Συνεπώς, νερό απαγορευτικό για μια χρήση μπορεί να είναι αποδεκτό για μια άλλη και αντίστροφα (Meybeck *et al.,* 1996a).

<u>Πίνακας 1:</u> Φυσικοχημικά συστατικά του νερού
(Προσαρμοσμένος από Hem, 1989; Novotny and Olem, 1994; Welch, 1992)

Συστατικό	**Συμβολισμός**	**Οικολογική αξία**
Διαλυμένο οξυγόνο	DO	Μοριακό οξυγόνο, διαλυμένο στο νερό. Καίριο για την επιβίωση των αερόβιων οργανισμών.
Ιόντα υδρογόνου	pH	Ορίζεται από την αλατότητα και την αποικοδόμηση (αν το διοξείδιο του άνθρακα είναι υπέρκορο) ή τη φωτοσύνθεση (αν το διοξείδιο του άνθρακα είναι ακόρεστο). Επιδρά άμεσα και καθορίζει τη διαλυτότητα των βλαβερών ή ευνοϊκών ουσιών για τους οργανισμούς.
Άζωτο νιτρικών	NO_3^--N	Η επικρατούσα μορφή του διαλυμένου αζώτου στα οξυγονωμένα ύδατα. Μαζί με το αμμωνιακό άζωτο, είναι η μορφή εκείνη που χρησιμοποιείται από τα υδρόβια φυτά για την ανάπτυξή τους.
Άζωτο	N	Θρεπτικό συστατικό. Μπορεί να περιορίσει την υδρόβια παραγωγή με τη μορφή αμμωνιακού ή νιτρικού αζώτου. Λιπάσματα και υγρά απόβλητα προκαλούν τον εμπλουτισμό του.
Φωσφόρος	P	Θρεπτικό συστατικό. Μπορεί να περιορίσει την υδρόβια παραγωγή με τη μορφή ιόντων. Εκφράζεται ως συνολικός αντιδρών φωσφόρος ή ολικός φωσφόρος. Λιπάσματα, υγρά απόβλητα και απορρυπαντικά προκαλούν τον εμπλουτισμό του.
Θερμοκρασία	TP	Καίρια για την επιβίωση των οργανισμών σε ψυχρά ύδατα.
Ολικά αιωρούμενα στερεά	TSS	Μέτρηση του φορτίου αιωρούμενου ιζήματος.
Αγωγιμότητα	COND	Μη ειδική μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ανάλογη της ποσότητας των κατιόντων και ανιόντων. Μέτρο των ολικών διαλυμένων ουσιών.
Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο	COD	Καθορίζει την ολική δυνατότητα κατανάλωσης του οξυγόνου. Περιλαμβάνει το BOD.

Γιατί, όμως, η ποιότητα του νερού συγκεντρώνει το ενδιαφέρον; Η απάντηση έγκειται εν μέρει στο γεγονός πως η ανθρώπινη ιστορία έχει πολλές φορές διαμορφωθεί από τους ποταμούς, που αναμφισβήτητα παρέχουν στον άνθρωπο το απαραίτητο για τη ζωή νερό, ένα μέσο μεταφοράς, καθώς και έναν τρόπο απομάκρυνσης των υγρών αποβλήτων. Μάλιστα, αν και το συνολικό εμβαδόν των ποταμών και των χειμάρρων είναι μικρό σε σύγκριση με αυτό των ωκεανών, αλλά και

της στεριάς, οι ποταμοί είναι από τα φυσικά οικοσυστήματα που χρησιμοποιούνται περισσότερο από τον άνθρωπο (Odum, 1997). Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται κατά κάποιο τρόπο το ποσοστό υποβάθμισης των εσωτερικών υδάτων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Πίνακας 2: Η επιδείνωση της ποιότητας των γλυκών υδάτων σε παγκόσμιο επίπεδο[1] (προσαρμοσμένος από τους Meybeck και Helmer, 1996)

Πηγές επιδείνωσης	Ποταμοί
Παθογόνα	**xxx**
Αιωρούμενα στερεά	**xx**
Αποικοδομήσιμη οργανική ύλη[2]	**xxx**
Ευτροφισμός[3]	**x**
Νιτρικές ενώσεις	**x**
Αλατότητα	**x**
Βαρέα μέταλλα	**xx**
Οργανικοί μικρορυπαντές	**xx**
Οξύτητα	**x**
Μεταβολές στο υδρολογικό καθεστώς[4]	**xx**

Τα ραδιενεργά και θερμικά απόβλητα δε λαμβάνονται υπόψη.

xxx: Ακραία επιδείνωση, τοπικά ή σε παγκόσμιο επίπεδο
xx: Σημαντική επιδείνωση
x: Περιστασιακή ή τοπική επιδείνωση

1) **Πρόκειται για εκτίμηση. Σε τοπικό επίπεδο, ο βαθμός της επιδείνωσης ποικίλλει ανάλογα με το μέγεθος της οικονομικής ανάπτυξης και τους τύπους χρήσης γης**
2) **Εκτός από αυτήν που προέρχεται από την υδάτινη πρωτογενή παραγωγή**
3) **Φύκη και μακρόφυτα**
4) **Εκτροπή υδάτων, υπεράντληση, κατασκευή φραγμάτων, κτλ**

Ορίζοντας, τώρα, την έννοια της ρύπανσης, φαίνεται πως συνήθως αυτή αναφέρεται στην ανθρώπινη δραστηριότητα ως υπαίτια της φτωχής ποιότητας των υδάτων. Στον πίνακα 1 του παραρτήματος καταγράφονται οι πηγές και η σημασία των ρυπαντικών και μολυσματικών παραγόντων από αυτή ακριβώς τη δραστηριότητα. Σε γενικές γραμμές, το υδάτινο σώμα θεωρείται ποιοτικά υποβαθμισμένο, όταν εμπεριέχει τόση ξένη ύλη, που το καθιστά ακατάλληλο για συγκεκριμένη χρήση, όπως είναι η πόση, η αναψυχή και η ανάπτυξη των ιχθύων (Nathanson, 2000). Από την άλλη, το νερό δεν είναι ποτέ αγνό, παρά μόνο - πιθανά – όταν βρίσκεται στην αέρια φάση του. Κάθε υδάτινο σώμα, λοιπόν, φαίνεται πως περιέχει εξωγενή στοιχεία, τόσο φυσικής, όσο και ανθρωπογενούς προέλευσης (Kiely, 1997).

Γενικά, η ροή του νερού με κατεύθυνση τη θάλασσα λαμβάνει χώρα σε τρεις ζώνες. Μάλιστα, επειδή σε κάθε ζώνη επικρατούν διαφορετικές κλιματικές συνθήκες, ένα ποτάμιο σύστημα αποτελεί το άθροισμα διαφορετικών οικοσυστημάτων. Πιο αναλυτικά, στην πρώτη ζώνη εντοπίζονται κρύοι χείμαρροι, με κρυστάλλινα νερά και καταρράκτες. Καθώς αυτό το τυρβοειδούς ροής νερό κατευθύνεται προς χαμηλότερα υψόμετρα, διαλύει μεγάλες ποσότητες οξυγόνου από τον αέρα. Στη δεύτερη ζώνη, οι χείμαρροι ενώνονται προς το σχηματισμό φαρδύτερων και βαθύτερων ποταμών, που ρέουν πάνω σε πιο ομαλές κλίσεις και με λιγότερα εμπόδια. Το πιο θερμό νερό, αλλά και οι άλλες συνθήκες σε αυτή τη ζώνη, υποστηρίζουν την επιβίωση μιας ποικιλίας ψαριών, με μικρότερη απαίτηση για οξυγόνο. Τέλος, στην τρίτη ζώνη οι ποταμοί ενώνονται και πάλι προς μεγαλύτερα και βαθύτερα ποτάμια, που τώρα διασχίζουν μεγάλες κοιλάδες. Τα κύρια κανάλια αυτών των ποταμών υποστηρίζουν συγκεκριμένες ποικιλίες ψαριών, ενώ τα στάσιμα νερά τους υποστηρίζουν είδη που εντοπίζονται και στις λίμνες. Ένας ποταμός, τέλος, στο στόμιό του, μπορεί να διαιρεθεί σε πολλά κανάλια, καθώς αυτός ρέει και αναμιγνύεται με το νερό των ωκεανών ή τις εναποθέσεις (Tyler Miller Jr., 1996).

Η σύνθεση, τώρα, των επιφανειακών υδάτων εξαρτάται από κάποιους φυσικούς παράγοντες (γεωλογικούς, τοπογραφικούς, μετεωρολογικούς, υδρολογικούς και βιολογικούς) στην υδρολογική λεκάνη, ενώ ποικίλει και με τις εποχιακές διαφοροποιήσεις που αφορούν στους όγκους απορροής, τις καιρικές συνθήκες και τα επίπεδα του νερού. Οι μεταβολές που παρατηρούνται, αναφορικά με την ποιότητα των υδάτων, φαίνεται πως είναι πέντε τύπων (Meybeck *et al.,* 1996a):

- ‘Λεπτό-προς-λεπτό’ και ‘μέρα-προς-μέρα’ μεταβολές: Πρόκειται για το αποτέλεσμα της ανάμιξης των υδάτων και της διακύμανσης των εισροών, συνήθως, ως συνέπεια των μετεωρολογικών συνθηκών. Αυτές οι μεταβολές είναι πιο φανερές στα μικρά υδάτινα σώματα.
- Ημερήσιες (24ωρες) μεταβολές: Αυτές είναι αποτέλεσμα των βιολογικών κύκλων και του κύκλου φωτός/σκότους, ενώ προκαλούν μεταβολές στο διαλυμένο οξυγόνο και το pH. Τα ημερήσια μοτίβα, ακόμα, είναι αποτέλεσμα της κυκλικής φύσης των απορροών των υγρών αποβλήτων από οικιακές και βιομηχανικές πηγές.
- Ακανόνιστα μοτίβα: Οι ακανόνιστες πηγές ρύπανσης περιλαμβάνουν τα λιπάσματα, τα εντομοκτόνα και ζιζανιοκτόνα, τα παρόντα στις απορροές από την αγροτική γη, αλλά και τα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών επεξεργασίας τροφίμων. Οι μεταβολές που προκύπτουν στην ποιότητα του νερού μπορεί να είναι εμφανείς σε διάστημα ημερών ή μηνών.
- Εποχιακοί, βιολογικοί και υδρολογικοί κύκλοι.
- ‘Χρόνος-προς-χρόνο’ τάσεις: Συνήθως, αποτέλεσμα της αυξημένης ανθρώπινης δραστηριότητας στην υδρολογική λεκάνη.

Σημειώνεται, εδώ, πως οι ανθρώπινες παρεμβάσεις ασκούν από μόνες τους επιπρόσθετες σημαντικές επιδράσεις στην ποιότητα των υδάτων. Ενδεικτικά, κάποιες από αυτές αφορούν υδρολογικές μεταβολές, όπως είναι η αποξήρανση ή η αλλαγή της κατεύθυνσης της ροής. Πιο φανερές, ωστόσο, είναι οι ανθρώπινες δραστηριότητες που ρυπαίνουν και μολύνουν το νερό. Πιο συγκεκριμένα, αναφέρονται οι απορροές των οικιακών, βιομηχανικών, αστικών ή άλλων αποβλήτων, καθώς και η διάχυση χημικών στην αγροτική γη κάθε υδρολογικής λεκάνης (Meybeck *et al.,* 1996a). Κάποιοι κύριοι ρυπαντές, με τις σημαντικότερες πηγές τους, μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως ακολούθως:

<u>Πίνακας 3:</u> Κατηγορίες κύριων ρυπαντών – Κύριες πηγές ρυπαντών
(Davis and Cornwell, 1998)

Κατηγορία	Σημειακές Πηγές		Μη σημειακές πηγές	
	Οικιακά απόβλητα	Βιομηχανικά απόβλητα	Γεωργικές απορροές	Αστικές απορροές
Υλικό που απαιτεί οξυγόνο	X	X	X	X
Θρεπτικά	X	X	X	X
Παθογόνα	X	X	X	X
Αιωρούμενα στερεά / ιζήματα	X	X	X	X
Άλατα		X	X	X
Τοξικά μέταλλα		X		X
Τοξικά οργανικά χημικά		X	X	
θερμότητα		X		

Όπως διαφάνηκε και παραπάνω, η ποιότητα των υδάτων επηρεάζεται από μια ευρεία κλίμακα φυσικών και ανθρώπινων επιρροών. Οι πιο σημαντικές από τις λεγόμενες ‘φυσικές επιδράσεις’ φαίνεται πως είναι οι γεωλογικές, υδρολογικές και κλιματικές, καθώς αυτές επηρεάζουν την ποιότητα και την ποσότητα του διαθέσιμου νερού. Η επίδρασή τους, μάλιστα, είναι γενικά μεγαλύτερη, όταν οι διαθέσιμες ποσότητες νερού είναι μικρές, ενώ παράλληλα απαιτείται η μέγιστη χρήση τους. Εδώ, αναφέρεται ενδεικτικά το ζήτημα της υψηλής αλατότητας στις παρόχθιες περιοχές. Πέρα από διάχυτες, οι ανθρώπινες επιδράσεις είναι και ποικίλες, αναφορικά με το βαθμό που πλήττουν ένα οικοσύστημα, αλλά και περιορίζουν τη χρήση του νερού (Meybeck *et al.,* 1996a). Στο σημείο αυτό, δε θα πρέπει να παραληφθεί και η πυρκαγιά (Hroncich, 1999). Οι κυριότερες, τώρα, περιβαλλοντικές διαδικασίες, καθώς και τα υδάτινα σώματα που επηρεάζουν, συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα:

<u>Πίνακας 4:</u> Σημαντικές διαδικασίες που επηρεάζουν την ποιότητα των νερών (Meybeck *et al.*, 1996a)

Τύπος Διαδικασίας	**Κυριότερες διαδικασίες εντός υδάτινου σώματος**	**Υδάτινο Σώμα**
Υδρολογικές	Διάλυση	Όλα
	Εξάτμιση	Επιφανειακά ύδατα
	Διήθηση και απορροή	Υπόγεια ύδατα
	Αιώρηση και εναπόθεση	Επιφανειακά ύδατα
Φυσικές	Ανταλλαγή αερίων με την ατμόσφαιρα	Κυρίως ποταμοί και λίμνες
	Εξαέρωση	Κυρίως ποταμοί και λίμνες
	Προσρόφηση	Όλα
	Θέρμανση και ψύξη	Κυρίως ποταμοί και λίμνες
	Διάχυση	
Χημικές	Φωτοαποικοδόμηση	
	Αντιδράσεις οξέων-βάσεων	Όλα
	Διάλυση σωματιδίων	Όλα
	Καθίζηση μετάλλων	Όλα
	Ιοντική ανταλλαγή[1]	Υπόγεια ύδατα
Βιολογικές	Πρωτογενής παραγωγή	Επιφανειακά ύδατα
	Μικροβιακός θάνατος και ανάπτυξη	Όλα
	Αποικοδόμηση οργανικής ύλης	Κυρίως ποταμοί και λίμνες
	Βιοσυσσώρευση[2]	Κυρίως ποταμοί και λίμνες
	Βιοενίσχυση[3]	Κυρίως ποταμοί και λίμνες

[1]Ιοντική ανταλλαγή: Η αντικατάσταση των κατιόντων (για παράδειγμα, στον άργιλο). Η πιο συχνή αφορά στην αντικατάσταση του ασβεστίου από το νάτριο.
[2]Βιοσυσσώρευση: Το αποτέλεσμα ποικίλων φυσιολογικών διαδικασιών με τις οποίες ένας οργανισμός συσσωρεύει μια συγκεκριμένη ουσία (συχνά παραδείγματα αποτελούν ο υδράργυρος και ο μόλυβδος) από το νερό ή τα αιωρούμενα σωματίδια
[3]Βιοενίσχυση: Η αύξηση της συγκέντρωσης μιας συγκεκριμένης ουσίας κατά μήκος μιας τροφικής αλυσίδας

Επισημαίνεται, τώρα, πως οι παραπάνω διαδικασίες που επηρεάζουν την ποιότητα των υδάτων καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από ποικίλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι οποίοι με τη σειρά τους πηγάζουν από κλιματικές, γεωλογικές και γεωγραφικές συνθήκες. Αυτοί οι παράγοντες κωδικοποιούνται ως ακολούθως (Meybeck *et al.,* 1996a):

- Απόσταση από τη θάλασσα: επέκταση των θαλάσσιων σταγονιδίων (πλούσια σε ιόντα νατρίου, χλωρίου, μαγνησίου, θειικών).
- Κλίμα και βλάστηση: ρύθμιση της διάβρωσης και αποσάθρωσης. Η συγκέντρωση του διαλυμένου υλικού μέσω εξάτμισης και εξατμισοδιαπνοής.

- Σύνθεση βράχων (λιθολογία): η ευαισθησία των βράχων έναντι της αποσάθρωσης κυμαίνεται σε μία κλίμακα από το 1 (για το γρανίτη) έως το 12 (ασβεστόλιθος), ενώ γίνεται ακόμη μεγαλύτερη για περισσότερο διαλυτούς βράχους (ενδεικτικά, 80 για το ορυκτό άλας).
- Χερσαία βλάστηση: Η πρωτογενής παραγωγικότητα των χερσαίων φυτών και ο τρόπος με τον οποίο ο φυτικός ιστός αποικοδομείται στο χώμα επηρεάζουν την ποσότητα του οργανικού άνθρακα και τις νιτρικές ενώσεις που εντοπίζονται στο νερό.
- Υδρόβια βλάστηση: Η ανάπτυξη, ο θάνατος και η αποικοδόμηση των υδρόβιων φυτών και φυκών επηρεάζουν τη συγκέντρωση των νιτρικών ενώσεων, αλλά και των φωσφορικών θρεπτικών συστατικών, το pH, τα ανθρακικά, το διαλυμένο οξυγόνο, καθώς και ποικίλα χημικά που είναι ευαίσθητα σε οξειδοαναγωγικές συνθήκες. Η υδρόβια βλάστηση έχει μια ολοφάνερη επιρροή στη χημεία του νερού των λιμνών, αλλά και μια λιγότερο φανερή, μα πιθανά σημαντική, επίδραση στο νερό των ποταμών.

Σημειώνεται, εδώ, πως οι επιδράσεις από τους ρυπαντές χαρακτηρίζονται ως ‘σημειακές’ και ‘μη σημειακές’. Οι πρώτες αφορούν συγκεκριμένες, αυστηρά καθορισμένες πηγές ρύπανσης (απορροές υγρών αποβλήτων, βλαβερές διαρροές, ατυχήματα), ενώ οι τελευταίες είναι πιο διάχυτες, σε μέρος ή σε όλη την υδρολογική λεκάνη (αστικές και αγροτικές απορροές, ανάπτυξη γης, ατμοσφαιρική εναπόθεση και δραστηριότητες αναψυχής). Οι μη σημειακές, λοιπόν, πηγές αναφέρονται σε απορροές που προέρχονται από μια ευρύτερη γεωγραφική περιοχή, ενώ κάποιες από αυτές τις πηγές είναι ρυθμισμένες – ειδικότερα, εκείνες που προσδιορίζονται από μια ρυθμιστική αρχή (Hroncich, 1999). Πάντως, η ρύπανση από μη σημειακές πηγές παρατηρείται πως γίνεται εντονότερη κατά το λιώσιμο του χιονιού την άνοιξη ή κατόπιν καταιγίδων, οπότε και έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερες ταχύτητες απορροής (Davis and Cornwell, 1998).

Γενικά, καθώς το νερό αποχετεύεται από την επιφάνεια του εδάφους, μεταφέρει υπολείμματα από τη γη. Έτσι, η επιφανειακή απορροή και ειδικά, υπό έντονα φαινόμενα καταιγίδων, αποτελεί μια σημαντική πηγή μη σημειακής ρύπανσης. Ακόμη, η απορροή από τους διαφορετικούς τύπους χρήσης του εδάφους μπορεί να εμπλουτιστεί με διαφορετικά είδη μολυσματικών παραγόντων. Ενδεικτικά, αυτή από τα γεωργικά εδάφη παρατηρείται πως εμπλουτίζεται με θρεπτικές ουσίες, αλλά και ιζήματα. Επιπλέον, η απορροή από τις ιδιαίτερα αναπτυγμένες αστικές περιοχές

δύναται να εμπλουτιστεί με υπολείμματα από λάστιχα, βαριά μέταλλα, αλλά και με νάτριο ή θειικό άλας από οδικά αποπαγωτικά. (LeBlanc *et al*., 1997). Είναι, επομένως, κατανοητό ότι υπάρχει μια ισχυρή σχέση μεταξύ των τύπων χρήσης του εδάφους και της ποιότητας του ύδατος (Gburek and Folmar, 1999).

Μιλώντας λίγο ακόμα για τις 'σημειακές' και 'μη σημειακές' πηγές, φαίνεται πως η επίδραση μιας 'σημειακής' πηγής στον υδάτινο αποδέκτη εξαρτάται από τον πληθυσμό, το μέγεθος και τον τύπο της δραστηριότητας, τη χωρητικότητα του υδάτινου σώματος να αραιώνει τις εισροές, την οικολογική ευαισθησία του υδάτινου αποδέκτη, καθώς και τις χρήσεις του νερού. Από την άλλη, οι 'μη σημειακές' πηγές - που όπως προαναφέρθηκε είναι συνήθως αγροτικής προέλευσης - εισέρχονται στα επιφανειακά ύδατα υπό τη μορφή απορροών ή διαχέονται στα υπόγεια ύδατα (κυρίως, εντομοκτόνα και λιπάσματα). Αξίζει να σημειωθεί πως υπάρχουν και οι λεγόμενες 'πολύ-σημειακές' πηγές, οι οποίες όμως χαρακτηρίζονται ως 'μη σημειακές' (διάχυτες) για τους σκοπούς καταγραφής και αξιολόγησης. Πάντως, οι 'σημειακές' πηγές είναι συνήθως εύκολα προσδιοριζόμενες, με τους κατά περίπτωση ρυπαντές να μπορούν να συλλεχθούν και να επεξεργαστούν. Όπως γίνεται αντιληπτό, κάτι τέτοιο είναι αδύνατο για τις 'μη σημειακές' χερσαίες πηγές, τις ατμοσφαιρικές εναποθέσεις, καθώς και την εσωτερική ανακύκλωση των θρεπτικών συστατικών, των μετάλλων, αλλά και κάποιων οργανικών. Συνεπώς, οι διάχυτες αυτές πηγές μπορούν να ελεγχθούν μόνο με την πρόληψη (Meybeck *et al*., 1996a).

Η ρύπανση, μόλυνση του υδάτινου περιβάλλοντος, τώρα, όπως αυτή ορίζεται από το GESAMP (1988), λαμβάνει χώρα όταν ο άνθρωπος εισάγει - άμεσα, με τις απορροές ή έμμεσα, μέσω ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή πρακτικές χρήσης του νερού - ουσίες ή ενέργεια που έχουν δηλητηριώδεις συνέπειες, όπως:

- Οι απειλητικές για την ανθρώπινη υγεία
- Οι βλαβερές για τους ζώντες οργανισμούς
- Οι επιβραδυντικές ή αποτρεπτικές για τις υδάτινες δραστηριότητες, όπως το ψάρεμα
- Εκείνες που πλήττουν την ποιότητα του νερού, αναφορικά με τη χρήση του στη γεωργία, τη βιομηχανία και άλλες οικονομικές δραστηριότητες ή συνεισφέρουν στη μείωση της αισθητικής αξίας

Αναφορικά με τις εξεταζόμενες παραμέτρους, στα πλαίσια της μελέτης της ποιότητας των υδάτων, μεταξύ άλλων, συνήθως μελετώνται τα στερεά και η

θολερότητα, τα θρεπτικά συστατικά (περιλαμβάνοντας το άζωτο και το φωσφόρο), ο οργανικός άνθρακας, τα κολίμορφα βακτήρια, τα μέταλλα, τα τοξικά χημικά, τα φύκη, το διαλυμένο οξυγόνο, αλλά και ουσίες που αλλοιώνουν την αισθητική ποιότητα του νερού (Hroncich, 1999).

Στο σημείο αυτό, δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε κάποιο σχόλιο για τη σχέση των ποταμών και των υγρών αποβλήτων. Ασφαλώς, οι ποταμοί αποτελούν φυσικά προσαρμοσμένα συστήματα επεξεργασίας, αναφορικά με τα αποικοδομήσιμα υγρά απόβλητα. Εντούτοις, τα μεγαλύτερα ποτάμια στον κόσμο είναι πλέον φορτισμένα σε κρίσιμο βαθμό από τα κατάλοιπα αυτού που λέγεται 'ανθρώπινος πολιτισμός'. Αδιαφιλονίκητα, σε πολλά σημεία ανά την υδρόγειο οι ποταμοί έχουν πληγεί τόσο, ώστε να είναι σχεδόν ακατόρθωτο να βρεθεί στις μέρες μας ένα αληθινά παρθένο και άγριο ποτάμι. Φαίνεται, λοιπόν, πως οι περισσότερες πρακτικές βελτίωσης της ποιότητας των νερών των ποταμών είναι μόνο προσωρινές ή τοπικά αποτελεσματικές, με εξαιρετικά μεγάλο κόστος (Odum, 1997).

Ενδεικτικά, ο παρακάτω πίνακας απαριθμεί την τυπική σύνθεση των οικιακών υγρών αποβλήτων:

<u>Πίνακας 5:</u> Τυπικά 'συστατικά' των οικιακών υγρών αποβλήτων
(Alley, 2000)

Ρυπαντές	**Συγκέντρωση (mg/L)**		
	Αραιή	**Ενδιάμεση**	**Ισχυρή**
Ολικά στερεά	350	800	1200
Ολικά αιωρούμενα στερεά	100	240	350
Αμμωνιακό άζωτο	10	20	35
Φωσφόρος	5	10	15
Χημική απαίτηση για οξυγόνο	175	325	575

Εμβαθύνοντας στον επονομαζόμενο 'ανθρώπινο πολιτισμό', κάνουμε ενδεικτικά λόγο για την αστικοποίηση και τη γεωργία, αναφέροντας πως και οι δύο συνδέονται με την απομάκρυνση της παρόχθιας βλάστησης, αλλά και τις εισροές οργανικής ύλης

ή τις απορροές, κατόπιν βροχοπτώσεων. Αποτέλεσμα αυτών; Η αύξηση της θερμοκρασίας και η μείωση των επιπέδων του διαλυμένου οξυγόνου. Μάλιστα, ο βαθμός της εξάντλησης του τελευταίου έχει παρατηρηθεί πως εξαρτάται από το μέγεθος των εισροών της οργανικής ύλης, τη χωρητικότητα αφομοίωσης του ποταμού (ταχύτητα ροής, όγκος), αλλά και τη θερμοκρασία (το θερμό νερό συγκρατεί λιγότερο οξυγόνο από το ψυχρό). Σημειώνεται, εδώ, πως τα χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου στους διάμεσους (interstitial) χώρους του υποστρώματος (όπου η εναπόθεση των ιζημάτων μειώνει τη ροή) επιδρούν δραστικά στα αναπτυσσόμενα έμβρυα των σαλμονιδών και στα βενθικά ασπόνδυλα (Welch *et al.,* 1998). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω και μόνο, γίνεται εύκολα αντιληπτό το μέγεθος της επίδρασης που ασκεί ο άνθρωπος στα ύδατα.

Όσον αφορά τα ποτάμια, τώρα, ο χαρακτήρας τους φαίνεται πως μεταβάλλεται από την πηγή προς τις εκβολές τους. Κι αυτό, όχι μόνο γιατί αυξάνεται, συνήθως, ο όγκος και η ποσότητα του νερού, αλλά και γιατί μεταβάλλεται ο μεταβολισμός των υδρόβιων κοινωνιών, καθώς και τα είδη που τις συνιστούν. Πιο αναλυτικά, το ανώτερο τμήμα ενός ποταμού είναι συχνά ετερότροφο, γεγονός που υποδηλώνει πως η αναπνοή υπερβαίνει την παραγωγή, με το λόγο της φωτοσύνθεσης προς την αναπνοή να είναι μικρότερος της μονάδας. Η βιοτική κοινωνία, τότε, είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτώμενη από την οργανική ύλη, που ξεπλένεται από το έδαφος ή από κοντινές λίμνες. Εν συνεχεία, οι ποταμοί στο μέσο τους, όπου γίνονται πιο πλατιοί και λιγότερο σκιασμένοι, συχνά θεωρούνται αυτότροφοι, με το λόγο της φωτοσύνθεσης προς την αναπνοή να γίνεται ίσος ή μεγαλύτερος της μονάδας. Αυτό δικαιολογείται, καθώς τα φύκη και τα άλλα υδρόβια πράσινα φυτά αυξάνουν σημαντικά, ενώ η ποικιλομορφία των ειδών, συνήθως, γίνεται μέγιστη. Από την άλλη, στα κατώτερα σημεία ενός μεγάλου ποταμού η ταχύτητα ροής μειώνεται και το νερό γίνεται συνήθως ελώδες, μειώνοντας την διεισδυτικότητα του φωτός, αλλά και την υδρόβια φωτοσύνθεση. Ο ποταμός, ασφαλώς, καθίσταται ξανά ετερότροφος, με μια μειωμένη βιοποικιλότητα στα πιο τροφικά επίπεδα (Odum, 1997). Πέραν των παραπάνω, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε ένα ποτάμι παρατηρείται πως μεταβάλλονται, τόσο με την εποχή, όσο και το χρόνο (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Μιλώντας για τους ποταμούς σε μεγάλο υψόμετρο, σημειώνεται πως αυτοί έχουν μικρότερη δυνατότητα ουδετεροποίησης των οξέων (αλκαλικότητα), μικρότερη

σκληρότητα και λιγότερα ολικά ιόντα, θρεπτικά συστατικά και μέταλλα, συγκριτικά με εκείνους τους ποταμούς που εντοπίζονται σε χαμηλό υψόμετρο. Αναφορικά με τους τελευταίους, οι πιθανές αυξήσεις στα εν λόγω χαρακτηριστικά τους θεωρούνται αποτέλεσμα των μεταβολών στο έδαφος και στα πετρώματα, καθώς και στην αστική ανάπτυξη ή τη γεωργία (Welch *et al.,* 1998).

Λόγος, φυσικά, πρέπει να γίνει και για τις όχθες των ποταμών, των οποίων τα χαρακτηριστικά δε σχετίζονται μόνο με τη ρύπανση αυτή καθαυτή, αλλά και με την κατανομή της, καθώς και τις επιδράσεις της στα υδρόβια οικοσυστήματα. Άξια λόγου, λοιπόν, είναι η παλιρροιακή κίνηση, η αλατότητα, οι μεταβολές της θερμοκρασίας και του οξυγόνου, τα ιζήματα και η βιοποικιλότητα.

Ξεκινώντας, η παλιρροιακή κίνηση ασκεί ολοφάνερες επιδράσεις στην κατανομή, αλλά και το χαρακτήρα των υδρόβιων οργανισμών, καθώς και στον προορισμό και τα αποτελέσματα της ρύπανσης. Σημειώνεται, ακόμα, πως πέρα από τις ημερήσιες μεταβολές στα επίπεδα της θάλασσας, υπάρχουν και μηνιαία μοτίβα ανοιξιάτικων παλιρροιών. Αυτές θα προσδιορίσουν εκ νέου την κατανομή των ρυπαντών στις όχθες. Επισημαίνεται, ωστόσο, ότι οι όχθες είναι ιδιαίτερα πολύπλοκα συστήματα, που δεν επηρεάζονται μόνο από την παλιρροιακή ανάμιξη, αλλά και από τη δύναμη Coriolis, που ευνοεί την εναπόθεση των υγρών αποβλήτων (Kiely, 1997).

Η αλατότητα, τώρα, σε κάποια όχθη θα μεταβάλλεται με το χρόνο. Είναι γνωστό πως το νερό με υψηλή αλατότητα, όντας πιο βαρύ από το γλυκό νερό, τείνει να βυθίζεται, δημιουργώντας ένα στρώμα στις όχθες, το οποίο και ποικίλει κατά τον παλιρροιακό κύκλο. Σε συνδυασμό, λοιπόν, με τις παλιρροιακές κινήσεις, παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές στο οξυγόνο και τη θερμοκρασία, οι οποίες εν συνεχεία δυσχεραίνουν την επιβίωση των οργανισμών, αλλά και τον προσδιορισμό των επιπτώσεων των ρυπαντών (Kiely, 1997).

Μιλώντας, τώρα, περί βιοποικιλότητας, οι όχθες χαρακτηρίζονται φυσιολογικά από χαμηλή βιοποικιλότητα και υψηλή βιομάζα σε σχέση με άλλα υδρόβια οικοσυστήματα (Kiely, 1997).

Επαγωγικά, μια σύνοψη κάποιων παραμέτρων της ποιότητας των επιφανειακών νερών, των πιθανών πηγών τους, αλλά και των δυνατών επιδράσεών τους, παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

<u>Πίνακας 6:</u> Συλλογισμοί περί ποιότητας επιφανειακών νερών (προσαρμοσμένος από Hroncich, 1999).

Παράμετροι	Πηγές	Επιδράσεις
Στερεά	Οικιακά απόβλητα, αστικές/ αγροτικές απορροές, κατασκευαστική δραστηριότητα, ορυχεία	Δυσκολία επεξεργασίας. Προστασία μικροοργανισμών έναντι απολυμαντικών.
Θρεπτικά συστατικά	Απορροές δρόμων, βροχοπτώσεις (ειδικά για το άζωτο), κατεστραμμένα τοπία, σηπτικά συστήματα, αγροτική γη, κόπρος	Νιτρικά: τοξικά για έμβρυα και βρέφη. Επιτάχυνση ευτροφισμού.
Κολίμορφα	Οικιακά απόβλητα, σηπτικά συστήματα, αστικές απορροές, ζωικές φάρμες, γεωργική χρήση ζωικών αποβλήτων, υπόνομοι	Κοπρανώδη κολίμορφα: δείκτες επιμόλυνσης από κόπρανα ζώων που απειλούν την ανθρώπινη υγεία μέσω μικροβιακών παθογόνων, όπως *Giardia*, *Cryptosporidium* και ιούς
Έλαια/ λιπαντικά	Απορροές βενζίνης και λιπαντικών από βενζινάδικα, βιομηχανίες, οικιακά και εμπορικά απόβλητα, μαγειρικό λάδι, ελαιοτριβεία	Αλληλεπίδραση με υδρόβια ζωή, αισθητικές επιδράσεις, απειλή ανθρώπινης υγείας λόγω κάποιων υδρογονανθράκων.
Διαλυμένο οξυγόνο	Οργανική ύλη, απορροές αποβλήτων, κατανάλωση από υδρόβια ζωή, χημικές ενώσεις	Απελευθέρωση σιδήρου και μαγνησίου, προβλήματα γεύσης / οσμής, αμμωνία

2.3 Ρύπανση των ποταμών - Κύριοι ρύποι - Πηγές

Η ρύπανση δεν είναι το μοναδικό μας πρόβλημα. Αυτό που περισσότερο μας απασχολεί είναι το μέγεθος αυτής. Γιατί, όπως είχε πει και ο Paracelsus (Ελβετός φυσικός και αλχημιστής), 'αυτό που αρρωσταίνει τον άνθρωπο, σε μικρές δόσεις τον ευεργετεί'. Κάτι ανάλογο, ισχύει και για το περιβάλλον. Κάτι που σε μικρή συγκέντρωση είναι χρήσιμο για την ανάπτυξη των οργανισμών, σε μεγαλύτερη ποσότητα μπορεί να μετατραπεί σε δηλητήριο και να προκαλέσει ζημιά για το συγκεκριμένο οικοσύστημα, αλλά και για το περιβάλλον γενικότερα.

Το αποτέλεσμα της ρύπανσης σε ένα ποτάμι εξαρτάται, τόσο από τη φύση του ρυπαντή, όσο και από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του ποταμού. Κάποια από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά περιλαμβάνουν τον όγκο, την ταχύτητα ροής, το βάθος, τον τύπο του πυθμένα του, καθώς και την παρόχθια βλάστηση. Άλλοι παράγοντες αφορούν το κλίμα της περιοχής, τις χρήσεις γης και τους τύπους της υδρόβιας ζωής στο ποτάμι. Συνεπώς, η διαχείριση της ποιότητας του νερού για ένα συγκεκριμένο υδάτινο σύστημα θα πρέπει να λάβει υπόψη τα προαναφερθέντα. Τέλος, τα παραπάνω εξηγούν και γιατί κάποια ποτάμια είναι ιδιαίτερα ευάλωτα στους ρυπαντές, ενώ άλλα είναι ικανά να ανέχονται μεγάλες εισροές ρυπαντών, χωρίς να πλήττονται σοβαρά (Davis and Cornwell, 1998).

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, οι εισροές ρυπαντών στους ποταμούς προέρχονται από 'σημειακές' ή 'μη σημειακές' πηγές. Οι πρώτες αφορούν σε μεγάλο ποσοστό τις σωληνώσεις εργοστασίων επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων, αλλά και βιομηχανιών. Η αποδέσμευση ρυπαντών από τέτοιες πηγές τείνουν να είναι συνεχείς, με μικρή διαφοροποίηση σε βάθος χρόνου. Για αυτό, οι εν λόγω πηγές μελετώνται με τη μέτρηση της συγκέντρωσης των χημικών και των ποσοτήτων που αποβάλλονται, περιοδικά, σε ένα σημείο. Συνεπώς, οι 'σημειακές' πηγές είναι σχετικά απλό να μελετηθούν και να ρυθμιστούν. Το τελευταίο συμβαίνει, συχνά, με επεξεργασία των αποβλήτων αυτών. Από την άλλη, οι 'μη σημειακές' πηγές μπορεί να είναι επίσης συνεχείς, αλλά συχνά συνδέονται με την εποχιακή αγροτική δραστηριότητα ή με μη τακτικά γεγονότα, όπως είναι οι έντονες βροχοπτώσεις. Αυτές προέρχονται από πλήθος διαφορετικών δραστηριοτήτων στο ύπαιθρο, με τους ρυπαντές να εισέρχονται στους υδάτινους αποδέκτες μέσω επιφανειακών και υπόγειων ροών ή μέσω της ατμόσφαιρας. Συνεπώς, οι 'μη σημειακές' πηγές είναι δύσκολο να μετρηθούν και να ρυθμιστούν, ενώ ο έλεγχός τους πραγματοποιείται

μέσω πρακτικών διαχείρισης της γης και ρύθμισης της απελευθέρωσης των ρυπαντών στην ατμόσφαιρα. Τέτοιοι έλεγχοι, σαφώς, μπορεί να επιδράσουν στις καθημερινές δραστηριότητες εκατομμυρίων ανθρώπων (Carpenter *et al*., 1998).

Σε πολλές περιπτώσεις, οι 'σημειακές' πηγές ρύπανσης του νερού έχουν μειωθεί τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω της σχετικής ευκολίας στην ταυτοποίηση και τον έλεγχό τους. Όμως, σε κάποια μέρη του κόσμου αυτές παραμένουν και ενδέχεται να αυξηθούν στο μέλλον, με την αναμενόμενη επέκταση των αστικών περιοχών, των υδατοκαλλιεργειών, αλλά και των εργοστασίων (Carpenter *et al*., 1998).

Ολοκληρώνοντας, λέγεται πως 'η λύση στην ποιοτική υποβάθμιση είναι η διάλυση'. Οι επιδράσεις, ακριβώς, της διάλυσης και της συνεχούς κίνησης του ρέοντος νερού εμπεριέχονται στην επονομαζόμενη 'χωρητικότητα αφομοίωσης των υγρών αποβλήτων' ενός ποταμού. Όπως προαναφέρθηκε, λοιπόν, οι ποταμοί δύνανται σε κάποιο βαθμό να αφομοιώνουν τα υγρά απόβλητα. Η ικανότητα αυτή της αυτοκάθαρσης εξαρτάται σαφώς από το δυναμικό και τον όγκο των ρυπαντών, την απορροή του ποταμού, καθώς και την ταχύτητα ροής του υδάτινου σώματος (Nathanson, 2000).

2.3.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

2.3.1.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία αποτελεί, κατά κοινή ομολογία, ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό του νερού. Πέραν του ότι επηρεάζει την καταλληλότητά του για τις διάφορες χρήσεις, 'επιδρά' στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (και γενικά των αερίων), καθώς επίσης και στις ταχύτητες των φυσικών, χημικών και βιολογικών φαινομένων που πραγματοποιούνται στο υδάτινο σώμα (Χριστούλας,1991). Η θερμοκρασία των επιφανειακών νερών, όπως θα διαφανεί στη συνέχεια, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες και η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι ο πιο κοινός. Ενδεικτικά, στις ΗΠΑ η θερμοκρασία των ποταμών κυμαίνεται από 0,5 ^{o}C έως 3,0 ^{o}C κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ το καλοκαίρι η θερμοκρασία τους ποικίλλει μεταξύ 23 ^{o}C και 27 ^{o}C (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Το εξωτερικό μέρος της μάζας του νερού είναι αυτό που επηρεάζεται περισσότερο σαν αποτέλεσμα της

θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Στον αντίποδα, η χρήση του νερού για απομάκρυνση της ανεπιθύμητης θερμοκρασίας (ψύξη μηχανών) από τη βιομηχανία και η επακόλουθη αποδέσμευσή του (θερμό πλέον) στον υδάτινο αποδέκτη μπορεί να έχει δραματικές επιπτώσεις, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του προκύπτοντος μίγματος νερού, έστω και σε τοπικό επίπεδο, ανάλογα - βέβαια - με την απορροή (Καρβούνης, 1995).

Συνεπώς, μια μορφή ρύπανσης των νερών είναι και η θερμική τους αλλοίωση, αποτέλεσμα μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων υψηλής θερμοκρασίας, που αποβάλλονται στους φυσικούς αποδέκτες. Επακόλουθο αυτής της διαδικασίας και παρεπόμενο της αύξησης της θερμοκρασίας είναι η μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου. Και αυτό, διότι - όπως γνωρίζουμε - αυξανομένης της θερμοκρασίας του νερού, ελαττώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου σε αυτό. Επίσης, έχουμε αύξηση στις ταχύτητες των χημικών αντιδράσεων και στο ρυθμό του μεταβολισμού (Κουϊμτζής, 1997). Αξιοσημείωτο είναι πως με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού, αυξάνεται η ενζυμική δραστικότητα και η βακτηριακή ανάπτυξη στο μέγιστό τους, οι οποίες όμως μειώνονται ραγδαία, με τη συνεχιζόμενη αύξηση της θερμοκρασίας. Γιατί; Είναι γνωστό πως τα ένζυμα - και οι πρωτεΐνες γενικότερα - μετουσιώνονται σε θερμοκρασίες, έστω και λίγο μεγαλύτερες από την ιδανική (Shugar, 2001). Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί πως μεταξύ των διαφόρων βιολογικών λειτουργιών που επηρεάζονται είναι και η μείωση του χρόνου επώασης των αυγών. Επιπλέον, παρατηρείται μεγαλύτερη ευαισθησία των υδρόφιλων οργανισμών, μεταξύ των οποίων και των ψαριών, στις ασθένειες και τις τοξικές ουσίες και θανάτωσή τους, όταν η αύξηση της θερμοκρασίας είναι υπέρμετρη. Τέλος, έχουμε υπερβολικό πολλαπλασιασμό του μικροβιακού πληθυσμού, με αποτέλεσμα την κατανάλωση του εναπομείναντος οξυγόνου (Κουϊμτζής, 1997). Προσθέτοντας στα παραπάνω, η θέρμανση του ανώτερου τμήματος του νερού μπορεί να προάγει την ανάπτυξη των φυκών, αλλά και τη διάλυση ενώσεων, που διαφορετικά δε θα ήταν εφικτή (Shugar, 2001).

Σύμφωνα με τον Καρβούνη (1995), σε υψηλότερες θερμοκρασίες και με συνεπακόλουθους αυξημένους ρυθμούς μεταβολισμού, οι οργανισμοί είναι πιο αποτελεσματικοί στη χρήση της τροφής, ενώ κάποια άλλα είδη μειώνονται. Αξίζει να σημειωθεί πως στα ψυχρότερα νερά εντοπίζεται και η μεγαλύτερη βιοποικιλότητα. Οι οργανισμοί ανώτερης τάξης, όπως τα ψάρια, επηρεάζονται θεαματικά από τη

θερμοκρασία και τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, που είναι αντιστρόφως ανάλογη της πρώτης. Βεβαίως, μείωση στη διαλυτότητα τους παρουσιάζουν και το σύνολο των αερίων, αυξανομένης της θερμοκρασίας. Όπως αναφέρει και ο Χριστούλας (1991), ενώ τα ομοιόθερμα ζώα (θηλαστικά, πτηνά) έχουν τη δυνατότητα να διατηρούν σχετικά σταθερή τη θερμοκρασία τους, ανεξάρτητα από τις μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, τα ποικιλόθερμα ζώα (ψάρια, ερπετά) ακολουθούν τις μεταβολές της. Γενικά, τα ψάρια αλιείας απαιτούν χαμηλότερη θερμοκρασία και υψηλότερα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου. Εδώ, ο Platts (1979) έρχεται να προσθέσει πως τα περισσότερα υδρόβια ζώα είναι ψυχρόαιμα, εννοώντας πως οι εσωτερικές τους θερμοκρασίες προσεγγίζουν αυτή του περιβάλλοντος νερού. Σα γενικό κανόνα, η αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 ^{o}C αυξάνει το ρυθμό του μεταβολισμού στα ψυχρόαιμα υδρόβια ζώα κατά 10% περίπου. Για αυτό, οι εν λόγω οργανισμοί θα αναπνέουν και θα τρέφονται περισσότερο στα θερμά ύδατα, συγκριτικά με τα ψυχρότερα. Ασφαλώς, κάθε οργανισμός θα έχει μια μέγιστη και μια ελάχιστη θερμοκρασία μεταξύ των οποίων δύναται να επιβιώσει και αυτά τα όρια είναι πιθανό να μεταβληθούν, σύμφωνα με το στάδιο της ζωής στο οποίο βρίσκεται.

Το 2000, ο Nathanson επιβεβαιώνει τα παραπάνω, αναφέροντας πως κάθε ψάρι και κάθε υδρόβιος οργανισμός, γενικότερα, απαιτεί - ιδανικά - μια συγκεκριμένη θερμοκρασία νερού για να ζήσει και να αναπαραχθεί. Ενδεικτικά, η ιδανική θερμοκρασία για την πέστροφα είναι οι 15 ^{o}C, ενώ η πέρκα προτιμά τους 24 ^{o}C και ο κυπρίνος τους 32 ^{o}C. Ειδικά στην περίπτωση του τελευταίου, η ιδανική θερμοκρασία παρατηρούμε πως είναι κάτι παραπάνω από διπλάσια, σε σχέση με αυτή της πέστροφας (ψυχρόαιμο). Τα περισσότερα είδη, πάντως, μπορούν να προσαρμοστούν σε μια μέτρια μεταβολή της ιδανικής τους θερμοκρασίας. Αν, όμως, η μεταβολή αυτή είναι ακραία, τα ψάρια θα μεταναστεύσουν σε άλλη τοποθεσία. Γενικά, μια μεταβολή 5 ^{o}C μπορεί να τροποποιήσει σημαντικά την ισορροπία και την υγεία ενός υδρόβιου οικοσυστήματος. Αν και ξαφνικές πτώσεις της θερμοκρασίας βλάπτουν, οι αυξήσεις της θερμοκρασίας είναι εκείνες που βλάπτουν περισσότερο. Οι Tchobanoglous και Schroeder (1985), αναφορικά με τα ψάρια, επισημαίνουν πως ασυνήθεις υψηλές θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε ασθένειες, αλλά και να προκαλέσουν την αναστολή της ανάπτυξής τους.

Επιπρόσθετα, στα θερμά νερά παρατηρείται επιταχυνόμενη ανάπτυξη φυκών, κάτι που από ένα σημείο και πέρα αποτελεί πρόβλημα. Η θερμοκρασία, όμως, επιδρά και σε άλλες φυσικές ιδιότητες του νερού. Μειούμενης, λοιπόν, της θερμοκρασίας, το

ιξώδες του νερού αυξάνεται. Επίσης, η πυκνότητα του υδάτινου σώματος αυξάνει μέχρι τους 4 ^{o}C, ενώ αρχίζει να μειώνεται και πάλι, μειούμενης της θερμοκρασίας (μοναδικό φαινόμενο μεταξύ των ρευστών). Παρόλα αυτά, η επίδραση, τόσο της θερμοκρασίας, όσο και της πυκνότητας του νερού στους πλαγκτονικούς μικροοργανισμούς (εν αντιθέσει με παραπάνω), είναι ανεπαίσθητη. Ολοκληρώνοντας, όπου το νερό χρησιμοποιείται για άρδευση, η θερμοκρασία του νερού απαιτείται να είναι αρκετά υψηλή, προκειμένου να προκληθεί η ωρίμανση των σπόρων (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Όσον αφορά, τώρα, τις φυσικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη θερμοκρασία των υδάτων, αυτές περιλαμβάνουν την παρόχθια βλάστηση, τις αλληλεπιδράσεις με το υπόγειο νερό, το βάθος της υδάτινης στήλης, τη θερμοκρασία του αέρα, καθώς και την εισροή παραποτάμων. Ειδικότερα, η απομάκρυνση της παρόχθιας βλάστησης μέσω ανθρώπινων δραστηριοτήτων (αστική ανάπτυξη ή γεωργία) διαφοροποιεί σημαντικά τα συστήματα των παραποτάμιων χειμάρρων. Φαίνεται, μάλιστα, πως η μείωση της βλάστησης αυξάνει την ηλιακή ακτινοβολία που καταλήγει στο χείμαρρο. Γενικά, για ένα δεδομένο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας, φαίνεται πως η αύξηση της θερμοκρασίας είναι άμεσα ανάλογη της επιφάνειας του χειμάρρου που εκτίθεται σε αυτή και αντιστρόφως ανάλογη της απορροής του. Έτσι, η αυξημένη εισροή ηλιακής ενέργειας έχει σαν αποτέλεσμα υψηλότερες μέγιστες τιμές της θερμοκρασίας κατά τους θερινούς μήνες, αλλά και μεγαλύτερες ημερήσιες μεταβολές, ειδικά για τους μικρούς χείμαρρους. Από την άλλη, στους μεγάλους χείμαρρους ή ποταμούς, η παρόχθια βλάστηση σκιάζει μόνο μερικώς τις όχθες και τα δευτερογενή τους κανάλια. Εδώ, σημειώνεται πως οι εν λόγω περιοχές αποτελούν σημαντικό καταφύγιο της υδρόβιας ζωής (Sullivan *et al*., 1990). Η σημασία της παρόχθιας βλάστησης διαφαίνεται και από το γεγονός πως οι ποταμοί που τη διαθέτουν είναι θερμότεροι το χειμώνα και ψυχρότεροι το καλοκαίρι, σε σχέση με εκείνους που τη στερούνται. Μάλιστα, η 'αποτελεσματικότητά' της ελαττώνεται με την αύξηση του μεγέθους του ποταμού (Brown and Brazier,1972).

Συνεχίζοντας περί ποταμών, οι μικρού μεγέθους, με χαμηλές ροές και υψηλούς λόγους πλάτους προς βάθος, απειλούνται περισσότερο από τους κινδύνους που σχετίζονται με τις θερμοκρασιακές μεταβολές (Welch *et al.,* 1998). Γενικά, η θερμοκρασία του νερού έχει παρατηρηθεί πως αυξάνει στα κατάντη σημεία του ποταμού, μέχρι σημείου, όπου το νερό φτάνει σε ισορροπία με τη θερμοκρασία του αέρα. Η θερμοκρασία του νερού, μάλιστα, φαίνεται πως ποικίλει, τόσο εποχιακά, όσο

και σε καθημερινή βάση, αλλά πάντα σε μικρότερο βαθμό, συγκριτικά με τη θερμοκρασία του αέρα. Όπως παρατηρείται, οι εποχιακές μεταβολές είναι περισσότερο ακραίες στους χείμαρρους σε μικρό υψόμετρο, εν αντιθέσει με τις ημερήσιες μεταβολές, οι οποίες είναι πιο ακραίες στους μικρούς χείμαρρους, σε μεγάλο υψόμετρο, ειδικότερα, αν αυτοί στερούνται βλάστησης ή όποιας άλλης κάλυψης. Στην περίπτωση των εύκρατων ή ψυχρών κλιμάτων, τέλος, τα ανάντη σημεία μπορεί να παραμένουν πιο θερμά σε σχέση με τα κατάντη κατά τους χειμερινούς μήνες, ειδικότερα, όταν τα ανώτερα σημεία τροφοδοτούνται από πηγές (Gordon *et al.,*1992).

Συμπερασματικά, η θερμοκρασία του νερού είναι ένας βαρυσήμαντος παράγοντας, αναφορικά με τη ρύθμιση της ύπαρξης και κατανομής της παρόχθιας βλάστησης, των ψαριών, των ασπόνδυλων και άλλων οργανισμών. Επιπλέον, όπως είδαμε, η θερμοκρασία επηρεάζει και άλλες ιδιότητες του νερού, όπως το ιξώδες, το φορτίο ιζήματος, το διαλυμένο οξυγόνο και τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών. Εξαιτίας όλων των παραπάνω, είναι δύσκολο να διακριθούν οι άμεσες επιπτώσεις της θερμοκρασίας στο βιόκοσμο (biota) από τις έμμεσες επιδράσεις της στις υπόλοιπες ιδιότητες του υδάτινου σώματος. Σημειώνεται, εδώ, πως το σύστημα ταξινόμησης των χειμάρρων χρησιμοποιεί τη θερμοκρασία ως έναν από τους παράγοντες ταξινόμησης (Gordon *et al.,*1992).

Φαίνεται, λοιπόν, πως οι μετρήσεις θερμοκρασίας απαιτούνται σε μελέτες αυτό-κάθαρσης των ποταμών, καθώς και ελέγχου της επεξεργασίας αποβλήτων. Κι αυτό, γιατί όπως είδαμε η θερμοκρασία των υδάτων είναι σημαντική για τη ζωή των ψαριών, ενώ δεδομένα σχετικά με τη θερμοκρασία είναι αναγκαία για τους σκοπούς ψύξης (βιομηχανία), τον υπολογισμό της διαλυτότητας του οξυγόνου, αλλά και της ισορροπίας διοξειδίου του άνθρακα - όξινων ανθρακικών - ανθρακικών (Anonymous, 2004).

Αναφορικά με την νομοθεσία της Ε.Ε., η θερμοκρασία των υδάτων εμφανίζεται στην παραγωγή πόσιμου νερού, καθώς και στην υποστήριξη της επιβίωσης των ψαριών. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, τα ύδατα επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος δε θα πρέπει ιδανικά να ξεπερνούν τη θερμοκρασία των 22 ^{o}C. Η τιμή αυτή, παρόλα αυτά, μπορεί να αυξηθεί έως τους 25 ^{o}C για εξαιρετικές γεωγραφικές και κλιματολογικές περιστάσεις. Πάντως, θερμοκρασία άνω των 21,5 ^{o}C δε δύναται να υποστηρίξει τα ύδατα σαλμονιδών, ενώ μεγαλύτερη από 28 ^{o}C είναι απαγορευτική για αυτά των κυπρινιδών

(Οδηγία 78/659/ΕΟΚ). Τα τελευταία θερμοκρασιακά όρια, όμως, μπορούν να ξεπεραστούν για το 2% του χρόνου.

2.3.1.2 Ολικά στερεά

Τυπικά, τα στερεά που μπορούν να βρεθούν στο νερό αφορούν τον άργιλο και την ιλύ από τις όχθες των ποταμών, αλλά και την οργανική ύλη και τους μικροοργανισμούς φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Με τον όρο, τώρα, 'ολικά στερεά' στο νερό αναφερόμαστε στο σύνολο των ολικών διαλυμένων και ολικών αιωρούμενων στερεών. Τα πρώτα αφορούν την ύλη που υπάρχει στο νερό και περνά μέσα από φίλτρο, με μέσο μέγεθος πόρων 2 μm ή και μικρότερο. Αντίστοιχα, η σωματιδιακή ύλη που θα κατακρατηθεί από το φίλτρο θα αποτελέσει τα ολικά αιωρούμενα στερεά. Από την άλλη, ο συνήθης ορισμός των στερεών αφορά την ύλη που παραμένει ως ίζημα κατά την εξάτμιση και ξήρανση στους 103-105 ^{o}C (Sawyer *et al*., 2003).

Όπως μπορεί να υποτεθεί, η ποσότητα και η φύση της διαλυμένης και αιωρούμενης ύλης στο νερό ποικίλουν σημαντικά. Στο πόσιμο νερό, το μεγαλύτερο μέρος της ύλης είναι στη διαλυμένη μορφή της, ενώ αποτελείται κυρίως από οργανικά άλατα, μικρά ποσά οργανικής ύλης και κάποια διαλυμένα αέρια. Το περιεχόμενο του πόσιμου νερού σε ολικά διαλυμένα στερεά κυμαίνεται, συνήθως, από 20-1000 mg/L και κατά κανόνα, η σκληρότητα του αυξάνει με τα ολικά διαλυμένα στερεά. Από την άλλη, τα έλη αποτελούν ακραία περίπτωση, όπου το μεγαλύτερο μέρος της σωματιδιακής ύλης είναι αιωρούμενο και συνεπώς, το διαλυτό της μέρος είναι μικρής σημασίας (Sawyer *et al*., 2003).

Γενικά, ένα νερό με περιεκτικότητα σε ολικά στερεά μικρότερη των 500 mg/L είναι κατάλληλο για όλες τις εν δυνάμει χρήσεις του. Μεγαλύτερη περιεκτικότητα από την προαναφερθείσα αλλοιώνει τη γεύση του νερού και συχνά, προκαλεί δυσκοιλιότητα ή λειτουργεί ως καθαρτικό, σε άτομα που δεν προσαρμόζονται εύκολα στα υψηλά επίπεδα. Πάντως, σε κάποιες περιοχές είναι αδύνατο να βρεθεί νερό με περιεκτικότητα στερεών μικρότερη των 500 mg/L και για αυτό, απαιτείται η επεξεργασία των υδάτων. Αξιοπερίεργο είναι πως υπάρχουν περιπτώσεις, όπου και χωρίς επεξεργασία, οι μόνιμοι κάτοικοι δεν παρουσιάζουν 'ανεπιθύμητες ενέργειες'. Οι πρότυπες τιμές φαίνεται πως ορίζουν ως ανώτατο όριο για τα στερεά τα 1000

mg/L, αναφορικά με το πόσιμο νερό. Γενικά, ο προσδιορισμός των ολικών στερεών είναι μικρής σημασίας στην ανάλυση των ρυπαντικά υποβαθμισμένων υδάτων, καθώς και των οικιακών υγρών αποβλήτων κι αυτό, γιατί τα αποτελέσματα του προσδιορισμού τους είναι δύσκολο να ερμηνευτούν με ακρίβεια (Sawyer *et al*., 2003).

Πάντως, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία και πιο συγκεκριμένα την ΚΥΑ Υ2/2600/2001, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης δε θα πρέπει να φέρει ξηρό υπόλειμμα μεγαλύτερο των 1500 mg/L.

2.3.1.3 Αιωρούμενα στερεά

Οι επιστήμονες του περιβάλλοντος ασχολούνται με τη μέτρηση της σωματιδιακής ύλης σε μια ποικιλία υγρών υλικών, όπως το πόσιμο νερό, τα οικιακά και βιομηχανικά υγρά απόβλητα, αλλά και ό,τι απομένει από την κάθε διαδικασία επεξεργασίας. Μιλώντας αδρά, η όποια ύλη, πέραν του νερού, που εμπεριέχεται σε ένα υγρό υλικό θεωρείται στερεή ύλη.

Με τον όρο, τώρα, 'αιωρούμενα στερεά' στο νερό αναφερόμαστε στα σωματίδια εκείνα που έχουν μέγεθος μεγαλύτερο των μορίων (μεγαλύτερο από 1μm, σύμφωνα με το Χριστούλα (1991) και κατά κανόνα - όχι πάντα - δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι. Αυτά, γενικά, μπορεί να περιλαμβάνουν ανόργανα και οργανικά σωματίδια, καθώς και μη αναμειγνυόμενα υγρά. Πρόκειται για στερεά που συνίστανται από άργιλο, άμμο, ιλύ, οργανική και ανόργανη ύλη, λάδια, γράσα, πλαγκτόν, φύκη, βακτήρια, αλλά και κάποιους μικροοργανισμούς στο νερό (Anonymous, 2004; Καρβούνης, 1995). Αποτελούν, όπως φαίνεται, εκείνο το τμήμα των στερεών που συγκρατείται σε φίλτρο μεμβράνης με μέγεθος πόρων περίπου 1,2 μm (Kiely, 1997).

Σαν κύρια πηγή προέλευσής τους, θεωρείται η αποσάθρωση των πετρωμάτων και οι βιολογικές διεργασίες. Ως προς την πρώτη πηγή, κύριο συστατικό των σωματιδίων αυτών είναι ο άργιλος, ενώ για τη δεύτερη αντιπρόσωποι είναι τα φύκη, τα βακτήρια και άλλοι ανώτεροι οργανισμοί. Επιπρόσθετα, ποικίλες φυσικές διεργασίες, όπως οι έντονες βροχοπτώσεις, έχει βρεθεί πως ενισχύουν την αποσάθρωση, η οποία με τη σειρά της αυξάνει το περιεχόμενο σε αιωρούμενα στερεά στα ποτάμια που επηρεάζονται. Αξίζει, όμως, να σημειωθεί ότι τα αιωρούμενα στερεά μπορεί να είναι τόσο φυσικής, όσο και ανθρωπογενούς προέλευσης. Οι βιομηχανικές, αλλά και οι

αγροτικές δραστηριότητες ενισχύουν τις φυσικές διεργασίες δημιουργίας αιωρούμενων σωματιδίων, αυξάνοντας την έκπλυση των επιφανειών και δημιουργώντας, παράλληλα, συνθήκες ευτροφισμού. Επιπλέον, τα αιωρούμενα στερεά μπορεί να προέλθουν κατευθείαν από τα βιομηχανικά απόβλητα (Μήτρακας, 2001; Meybeck *et al*., 1996a). Γενικά, το ίζημα θα εναποτίθεται κάθε φορά που η ταχύτητα ενός ποταμού θα μειώνεται και αντίστροφα, αυτό θα απομακρύνεται με την αύξηση της ταχύτητας ροής. Με τον τρόπο αυτό, το φορτίο των ολικών αιωρούμενων στερεών θα διαφοροποιείται με το χρόνο και το χώρο (Davie, 2002). Απότομη και πρόσκαιρη αύξηση των αιωρούμενων στερεών - που, συνήθως, μετράται ως θολερότητα - παρατηρείται να συμβαίνει μετά από βροχοπτώσεις. Βεβαίως, το μέγεθος της θολερότητας αποτελεί συνάρτηση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, καθώς και των χαρακτηριστικών της καταιγίδας (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Συνολικά, λοιπόν, φαίνεται πως η σωματιδιακή ανόργανη και οργανική ύλη των γλυκών υδάτων είναι αποτέλεσμα των επιφανειακών απορροών, της υπόγειας ροής, ενώ υπάρχει και κάποια συνεισφορά από την ατμόσφαιρα (Kiely, 1997).

Γενικά, υπάρχουν διάφορα είδη σωματιδίων, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες ‘ιδιοτυπίες’. Λίγο πιο αναλυτικά, τα κολλοειδή σωματίδια θεωρούνται υπαίτια για τη θολερότητα που παρατηρείται σε κάποιους ποταμούς, καθώς η εναπόθεσή τους δεν είναι άμεση, ενώ τα οργανικά σωματίδια ασκούν μια απαίτηση για οξυγόνο (Davis and Cornwell, 1998).

Οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων στερεών σχετίζονται με εποχιακούς παράγοντες και καθεστώτα ροής, ενώ επηρεάζονται και από τις βροχοπτώσεις, αλλά και το λιώσιμο του χιονιού. Επισημαίνεται, εδώ, πως οι συγκεντρώσεις ποικίλουν από τον έναν τόπο στον άλλο, καθώς εξαρτώνται από τις υδραυλικές δυνάμεις, τη φυτοκάλυψη, το έδαφος και τις ανθρώπινες δραστηριότητες (γεωργία, λατομεία) (Anonymous, 2004).

Επιπρόσθετα, τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά του καναλιού ενός ποταμού έχει παρατηρηθεί πως επηρεάζουν σημαντικά τη μεταφορά και εναπόθεση των αιωρούμενων στερεών. Η κλίση του ποταμού, η νεκρή οργανική ύλη, η παρόχθια βλάστηση και η γεωλογία του ποταμού είναι από τις κύριες και καθοριστικές παραμέτρους. Παράλληλα, τα επίπεδα των λεπτών ιζημάτων (που μετρώνται ως

θολερότητα ή ολικά αιωρούμενα στερεά) είναι γενικά υψηλότερα σε περιπτώσεις, όπου ευνοείται η διάβρωση (Welch *et al*., 1998).

Μιλώντας, τώρα, για τη διάβρωση του εδάφους επισημαίνεται πως αυτή αποτελεί μια από τις κυριότερες πηγές ρυπαντών για το υδάτινο σώμα. Φαίνεται πως υπάρχουν δύο τύποι διάβρωσης, οι επονομαζόμενες 'sheet erosion' και 'stream erosion'. Η πρώτη αφορά στις επιδράσεις των βροχοπτώσεων και τις απορροές τους σε χερσαίες περιοχές, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στην απομάκρυνση των εδαφών από τις κοίτες, αλλά και τις όχθες (Nathanson, 2000).

Συγκεκριμένα για τους ελληνικούς ποταμούς και χείμαρρους, κυρίως λόγω της μειωμένης βλάστησης, τα ολικά αιωρούμενα στερεά αυξάνουν κατόπιν μιας βροχερής εποχής ή ύστερα από το λιώσιμο του χιονιού (Bobori and Mourelatos, 1999).

Είναι σίγουρο πως τα αιωρούμενα στερεά έχουν σημαντική (ανεπιθύμητη) επίδραση στην ποιότητα του νερού, η οποία έχει να κάνει με τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά τους. Αυτή, ασφαλώς, σχετίζεται με την αισθητική υποβάθμιση του υδάτινου σώματος. Αρχικά, αποτέλεσμα του μικρού μεγέθους των αιωρούμενων στερεών και κατ' επέκταση της μεγάλης ειδικής επιφάνειάς τους, είναι η δράση τους ως εξαιρετικά μέσα προσρόφησης/συγκράτησης τοξικών συστατικών (όπως, βαρέα μέταλλα και αλογονομένοι υδρογονάνθρακες). Ασφαλώς, η πρόσληψη τέτοιων αιωρούμενων στερεών μπορεί να οδηγήσει σε οξεία ή χρόνια τοξική επίδραση. Ως πηγή προσρόφησης διαφόρων ιόντων, λοιπόν, φαίνεται πως τα αιωρούμενα στερεά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στο βιολογικό/γεωχημικό κύκλο. Από την άλλη, βιολογικώς ενεργά στερεά μπορεί να περιλαμβάνουν οργανισμούς που προκαλούν ασθένειες, καθώς και κάποιες οικογένειες φυκών που παράγουν τοξίνες. Παράλληλα, τα αιωρούμενα σωματίδια έχει παρατηρηθεί πως προκαλούν τη διάχυση του φωτός, αλλοιώνοντας, έτσι, τη διαύγεια του νερού (Καρβούνης, 1995; Μήτρακας, 2001). Συμπληρώνοντας τα παραπάνω, ο Χριστούλας (1991) αναφέρει πως τα αιωρούμενα σωματίδια πιστώνονται την παρεμπόδιση της διέλευσης του ηλιακού φωτός στο νερό και έτσι, προκαλείται μείωση στην παραγωγή φυτοπλαγκτόν. Στη θολερότητα αυτή που προκαλούν τα αιωρούμενα στερεά οφείλεται και ο αυτονόητος κίνδυνος που ελλοχεύει για τους κολυμβητές. Επιπρόσθετα, αυτά μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τους υδρόβιους οργανισμούς και να παράσχουν προστασία στους παθογόνους μικροοργανισμούς απέναντι στις φυσικές και τεχνητές διαδικασίες θανάτωσής τους. Από την άλλη, το ποσό των αιωρούμενων σωματιδίων σε ένα ποταμό δεν μπορεί παρά να επηρεάσει την υδρόβια

πανίδα, καθώς είναι δύσκολο για τα ψάρια και τα ασπόνδυλα να αναπαραχθούν σε ένα περιβάλλον, όπου η συγκέντρωσή τους είναι υψηλή. Τέλος, αν και τα αιωρούμενα στερεά είναι, συνήθως, αδρανή, αυτά μπορεί να έχουν και οργανικό περιεχόμενο και για αυτό, να παρουσιάζουν, όπως προείπαμε, ζήτηση για οξυγόνο (Davie, 2002).

Όσον αφορά το νερό άρδευσης, τώρα, η ύπαρξη σε αυτό αιωρούμενων σωματιδίων σε μεγάλες ποσότητες είναι πολλές φορές καταστροφική. Πέραν των προβλημάτων απόθεσης που δημιουργούν στις δεξαμενές και στους αγωγούς, αυτά φράζουν το επιφανειακό στρώμα του εδάφους, εμποδίζοντας τη κατείσδυση του νερού και τη διείσδυση του ατμοσφαιρικού αέρα. Ολοκληρώνοντας, τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να σχηματίζουν, επίσης, επιστρώματα στα φύλλα των φυτών και έτσι, να εμποδίζουν τη φωτοσύνθεση (Χριστούλας, 1991).

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία (Οδηγία 75/440/ΕΟΚ), τώρα, περιορίζει το σύνολο των αιωρούμενων υλών στα ύδατα, που προορίζονται για να καταστούν πόσιμα, στα 25 mg/L. Επίσης, το ίδιο αριθμητικό όριο ισχύει και για να υποστηριχθεί η επιβίωση των ιχθύων (Οδηγία 78/659/ΕΟΚ). Τέλος, σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ, τα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα δεν πρέπει να φέρουν συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων στερεών μεγαλύτερη από 35 mg/L.

2.3.1.4 Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου (pH)

Το pH, γενικά, αντικατοπτρίζει τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου ανεξάρτητα από τις πηγές τους, οι οποίες μπορεί να είναι φυσικές ή τεχνητές. Για τα ύδατα, αυτό, μπορεί να ποικίλει σημαντικά. Το νερό της βροχής αναμένεται να έχει μια τιμή pH μικρότερη του 7, εξαιτίας της απορρόφησης αερίων - όπως, το διοξείδιο του άνθρακα - από το νερό. Αυτό, ως γνωστόν, σχηματίζει ένα ασθενές ανθρακικό οξύ, αυξάνοντας τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο διάλυμα. Έτσι, φυσιολογικά, το νερό των βροχοπτώσεων προσεγγίζει τιμές pH 5 με 6, αλλά μπορεί να μειωθεί ως και την τιμή 4, ειδικά, αν πρόκειται για περιοχή με βιομηχανική αέρια ρύπανση (Davie, 2002).

Παράλληλα, οι όξινες ενώσεις μπορούν να απορροφηθούν εύκολα κατά τη δίοδο του νερού μέσα από το έδαφος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νερό που

προέρχεται από φυτάνθρακα, το οποίο και απορροφά οργανικές ενώσεις. Αυτές σχηματίζουν οργανικά οξέα, δίνοντας στο εν λόγω νερό μια χαμηλή τιμή pH και μια καφετί απόχρωση. Στον αντίποδα, ποταμοί με ασβεστολιθικά πετρώματα έχουν μια υψηλότερη τιμή pH, λόγω των διαλυμένων όξινων ανθρακικών ιόντων και κατιόντων (ενδεικτικά, Ca^{2+}) (Davie, 2002). Φαίνεται, λοιπόν, πως το pH επηρεάζεται από την παρουσία οργανικών οξέων, από βιολογικές διαδικασίες (όπως, η φωτοσύνθεση και η αναπνοή), αλλά και φυσικές διαδικασίες (ενδεικτικά, θολερότητα και αερισμός), που δύνανται να μεταβάλλουν τη συγκέντρωση του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα (Anonymous, 2004). Εδώ, επισημαίνεται πως η έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του pH, ενώ η διαδικασία της αναπνοής σχετίζεται με τις χαμηλές τιμές του (Skoulikidis *et al*., 2002). Κάτι αναμενόμενο, μιας και οι δύο παραπάνω βιολογικές διαδικασίες οδηγούν στη μείωση και την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα, αντίστοιχα.

Η τιμή, τώρα, του pH των ποταμών είναι καίρια για την υδρόβια πανίδα που ενυπάρχει σε αυτά. Η οξύτητα ενός υδάτινου συστήματος αποτελεί σημαντικό μέσο ελέγχου των παρόντων διαλυμένων ιόντων, ειδικότερα, των μεταλλικών. Μάλιστα, όσο πιο όξινο είναι το νερό, τόσο περισσότερο τα μεταλλικά του ιόντα θα παραμένουν στο διάλυμα. Αναφορικά με τα ψάρια είναι συνήθως το επίπεδο του αλουμινίου που καθορίζει και την επιβίωσή τους στα ύδατα με χαμηλό pH. Το αλουμίνιο αυτό προέρχεται από τη διάσπαση του αργίλου, μια διαδικασία που ενισχύεται υπό την παρουσία όξινου ύδατος. Ωστόσο, ένα νερό με τιμές pH μεταξύ 6 και 9 είναι απίθανο να είναι βλαβερό για τα ψάρια. Όταν αυτό όμως μειωθεί κάτω από 6, γίνεται βλαβερό για την αναπαραγωγή, ενώ οι σαλμονίδες αδυνατούν να επιβιώσουν με pH μικρότερο του 4. Ισοδύναμα, ένα pH μεγαλύτερο του 10 είναι τοξικό για τα περισσότερα είδη ψαριών (Alabaster and Lloyd, 1980). Αδιαμφισβήτητα, η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι ένας πρωτεύων παράγοντας σε όλες τις χημικές αντιδράσεις, που σχετίζονται με το σχηματισμό, την τροποποίηση και διαλυτοποίηση των μετάλλων. Τέλος, το pH επηρεάζει τις διαδικασίες μετατροπής των ποικίλων θρεπτικών συστατικών και ορυκτών, καθώς και τη διαλυτότητα και βιοδιαθεσιμότητα των μετάλλων (Anonymous, 2004).

Κάνοντας μια πιο εκτενή αναφορά στη σχέση των μικροοργανισμών με το pH, αναφέρεται πως γενικά τα μικρόβια δεν μπορούν να ανεχτούν ακραίες τιμές του. Συγκεκριμένα, υπό έντονα αλκαλικές ή όξινες συνθήκες, κάποια μικροβιακά κυτταρικά συστατικά μπορεί να υδρολυθούν ή ακόμη και κάποια ένζυμα να

αποδιαταχθούν. Ωστόσο, υπάρχουν κάποια οξεόφιλα ή αλκαλόφιλα βακτήρια που ανέχονται ή και χρειάζονται ακραίες τιμές pH για την ανάπτυξή τους. Φαίνεται, λοιπόν, πως το pH του περιβάλλοντος επηρεάζει τους μικροοργανισμούς και τα ένζυμά τους άμεσα, ενώ επιδρά και στη διάλυση και διαλυτότητα πολλών μορίων, επηρεάζοντας έμμεσα τους μικροοργανισμούς. Επιγραμματικά, το pH καθορίζει μερικώς τη διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα, επηρεάζοντας τους ρυθμούς της φωτοσύνθεσης, τη διαθεσιμότητα των αμμωνιακών και των φωσφορικών ιόντων, που περιορίζουν τη μικροβιακή ανάπτυξη σε πολλά οικοσυστήματα, αλλά και την κινητικότητα των βαρέων μετάλλων που είναι τοξικά για τους μικροοργανισμούς (Atlas and Bartha, 1998).

Όπως σημειώνουν και οι Shugar *et al.* (2001), οι συνήθεις τιμές pH που εμφανίζουν τα φυσικά νερά κυμαίνονται μεταξύ 6 και 8,3, μολονότι, είναι δυνατό να καταγραφούν και ακραίες τιμές, όπως 4 ή και 9. Ωστόσο, τα περισσότερα είναι ελαφρώς βασικά, εξαιτίας της παρουσίας ανθρακικών και όξινων ανθρακικών αλάτων των αλκαλίων και των αλκαλικών γαιών. Κατά μια πιο 'διαλλακτική'άποψη, το pH των φυσικών νερών κυμαίνεται από 4,5-8,5, με την τιμή 5,6 να αντιστοιχεί στην ισορροπία του βρόχινου νερού με το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακα (Anonymous 2004).

Τα ελληνικά επιφανειακά ύδατα, τώρα, έχουν βασικό pH, λόγω της επικράτησης των ανθρακικών ορυκτών στους βράχους και στα ιζήματα, αλλά και της σωματιδιακής τους ύλης. Τα όξινα ανθρακικά φαίνεται πως είναι τα επικρατέστερα ιόντα, ενώ ακολουθούνται από το ασβέστιο, το μαγνήσιο και το νάτριο (Skoulikidis *et al*., 1998).

Ολοκληρώνοντας, επισημαίνεται πως στις ασβεστολιθικές περιοχές οι ποταμοί έχουν υψηλές τιμές pH, ενώ σε περιοχές πλούσιες σε γρανίτη, τα γλυκά ύδατα είναι συνήθως όξινα (Kiely, 1997).

Αναφορικά με το νομοθετικό πλαίσιο σε επίπεδο Ε.Ε., είναι χαρακτηριστικό πως το pH περιλαμβάνεται σε όλες τις οδηγίες που αναφέρονται στην ποιότητα των υδάτων. Με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, τα ύδατα επιφανείας που προορίζονται να καταστούν πόσιμα απαιτείται το pH τους να κυμαίνεται μεταξύ 6,5 και 8,5 ή 5,5 και 9, ανάλογα με τη διαφορετική πρότυπη μέθοδο επεξεργασίας. Επίσης, σύμφωνα με ετέρα Οδηγία (76/160/ΕΟΚ), τα ύδατα κολύμβησης είναι συμβατά για αυτή τους τη χρήση σε τιμές pH μεταξύ 6 και 9. Το τελευταίο εύρος ισχύει και για την υποστήριξη των ιχθύων του γλυκού νερού (Οδηγία 78/659/ΕΟΚ). Τέλος, σύμφωνα με την Οδηγία

98/83/ΕΚ το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης ‘επιθυμεί’ τιμές pH με κατώτατο και ανώτατο όριο 6,5 και 9,5, αντίστοιχα.

2.3.1.5 Διαλυμένο οξυγόνο

Όπως το οξυγόνο της ατμόσφαιρας είναι απαραίτητο για τους χερσαίους οργανισμούς, κατά τον ίδιο τρόπο είναι ζωτικής σημασίας, όταν είναι διαλυμένο στο υδάτινο σώμα, για την υδρόβια ζωή. Οι επιπτώσεις των χαμηλών συγκεντρώσεων οξυγόνου στο νερό ή στη χειρότερη περίπτωση των αναερόβιων συνθηκών σε ένα κανονικά καλά οξυγονωμένο ποτάμιο σύστημα, έχουν να κάνουν με τη δημιουργία ενός μη ισορροπημένου οικοσυστήματος με θανάτωση ψαριών, οσμές και άλλες αισθητικές οχλήσεις. Όταν, λοιπόν, οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου μειώνονται, οι υδρόβιοι οργανισμοί υποχρεώνονται να μεταβάλλουν τα αναπνευστικά τους πρότυπα ή να μειώσουν το επίπεδο δραστηριότητας τους. Και οι δύο αυτές ενέργειες προκαλούν προβλήματα αναπαραγωγής (όπως, η αύξηση στη θνησιμότητα των αυγών και οι ατέλειες αυτών) και / ή παραμορφώσεις (Cox, 2003).

Ως γνωστόν, το οξυγόνο παρουσιάζει μικρή διαλυτότητα στο νερό (Κουϊμτζής, 1997). Πιο συγκεκριμένα, η διαλυτότητα του ατμοσφαιρικού οξυγόνου στο νερό ποικίλει από 14,6 mg/L στους 0 ^{o}C μέχρι 7 mg/L στους 35 ^{o}C, υπό πίεση 1atm. Καθώς το οξυγόνο είναι ελάχιστα διαλυτό στο νερό, η διαλυτότητά του θα ποικίλει ανάλογα με την ατμοσφαιρική πίεση σε μια δεδομένη θερμοκρασία, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε μεγάλο υψόμετρο (Sawyer *et al*., 2003). Σημειώνεται πως η διαλυτότητα του οξυγόνου είναι αντιστρόφως ανάλογη με τη θερμοκρασία, αλλά και τη συγκέντρωση των αλάτων (Shugar *et al.,* 2001).

Αναφορικά με το ρόλο της υψηλής θερμοκρασίας, τώρα, αξίζει να σημειωθεί πως όχι μόνο η διαλυτότητα του οξυγόνου ελαχιστοποιείται, αλλά και αυξάνουν οι ρυθμοί της βιολογικής οξείδωσης και η ανάγκη για οξυγόνο. Από την άλλη, το οξυγόνο διαλύεται ελάχιστα στα ύδατα που περιέχουν άλατα, συγκριτικά με εκείνα που στερούνται αλάτων. Για αυτό, το διαλυμένο οξυγόνο σε μια δεδομένη θερμοκρασία μειώνεται, καθώς οδεύουμε από το επιφανειακό νερό, σε εκείνο των εκβολών και κατόπιν, στον ωκεανό (Sawyer *et al*., 2003). Συνοπτικά, οι επιδράσεις της θερμοκρασίας (αλλά και των μεταβολών του υψομέτρου) στα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

<u>Πίνακας 7:</u> Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας και του υψόμετρου στα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό
(Prescott *et al*., 1999).

Θερμοκρασία (^oC)	**Υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας (m)**	
	0	**1000**
0	14,6	12,9
5	12,8	11,2
10	11,3	9,9
15	10,0	8,9
25	9,1	8,1
30	8,2	7,3
35	7,5	6,6
40	6,9	6,1

Είναι προφανές ότι η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό ενός ποταμού είναι μεγαλύτερη τους καλοκαιρινούς μήνες, όταν η υψηλή θερμοκρασία του νερού μειώνει τη χωρητικότητά του σε οξυγόνο και αυξάνει τους ρυθμούς της βιοτικής αναπνοής. Επιπρόσθετα, στο ίδιο διάστημα και κυρίως, αργά το καλοκαίρι και νωρίς το φθινόπωρο, παρατηρείται η χαμηλότερη ποτάμια ροή, αναφερόμενοι πάντα για τα χωροθετημένα στη Μεσόγειο ποτάμια. Η χαμηλή αυτή ροή μειώνει την ανάμιξη του νερού και ως εκ τούτου, τον επανααερισμό του (Κουϊμτζής, 1997).

Η μεταβλητότητα, τώρα, του διαλυμένου οξυγόνου στα ποτάμια προκαλείται από πολλούς παράγοντες, οι επιδράσεις των οποίων μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε αυτές που προσθέτουν οξυγόνο σε ένα ποτάμιο σύστημα και σε αυτές που αφαιρούν. Οι κύριες πηγές, λοιπόν, διαλυμένου οξυγόνου, σύμφωνα με τον Cox (2003), περιλαμβάνουν:

- Επανααερισμός από την ατμόσφαιρα
- Αυξημένος αερισμός στα φράγματα και άλλες κατασκευές
- Παραγωγή φωτοσυνθετικού οξυγόνου
- Εισαγωγή οξυγόνου από άλλες πηγές όπως οι παραπόταμοι

Στον αντίποδα, οι κύριες αιτίες εξάντλησης του οξυγόνου αναφέρονται σε:

- Οξείδωση της οργανικής ύλης και άλλων ανηγμένων ουσιών στην υδάτινη στήλη
- Επαναεριοποίηση οξυγόνου σε υπέρκορα νερά

- Αναπνοή υδρόβιων φυτών
- Ζήτηση οξυγόνου από το ίζημα της ποτάμιας κοίτης

Βεβαίως, όλες αυτές οι συνθηματικές αναφορές αναλύονται επαρκώς παρακάτω.

Είναι αλήθεια, λοιπόν, ότι τα ψάρια αδυνατούν να επιζήσουν σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου, ενώ όταν αυτό εκλείπει, η οργανική ύλη διασπάται από αναερόβιους μικροοργανισμούς, με συνέπεια την παραγωγή ανεπιθύμητων προϊόντων, όπως το υδρόθειο. Ταπείνωση της στάθμης του διαλυμένου οξυγόνου προκαλείται από τη βακτηριακή οξείδωση της αιωρούμενης και διαλυμένης οργανικής ύλης, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης, τη νιτροποίηση του αμμωνιακού αζώτου, την αναπνοή των φωτοσυνθετικών οργανισμών, αλλά και την ανάγκη για οξυγόνο της ιλύος και των βενθικών εναποθέσεων (Tchobanoglous and Schroeder, 1985; Χριστούλας, 1991). Λίγο πιο αναλυτικά για την τελευταία, η ιλύ στον πυθμένα των αργά κινούμενων ποταμών δύναται να εξασκήσει μια σημαντική απαίτηση για οξυγόνο. Ακόμη, μολονότι στην ιλύ λαμβάνει χώρα ιδίως η αναερόβια αποικοδόμηση, η οποία και είναι μια αργή διαδικασία, στη διεπιφάνεια ιλύος - υπερκείμενου ύδατος, μπορεί να συμβεί αερόβια αποικοδόμηση (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Από την άλλη πλευρά, κύρια πηγή οξυγόνωσης του νερού αποτελεί η ατμόσφαιρα, χωρίς να παραβλέπεται και η συμβολή από τη φωτοσύνθεση των υδρόβιων φυτών και κυρίως, φυκών. Ειδικά για την τελευταία, πρέπει να σημειωθεί πως οι φωτοσυνθετικές συνεισφορές του οξυγόνου συμβαίνουν μόνο την ημέρα, ενώ είναι και αρκετά εποχιακές στη φύση τους. Επισημαίνεται πως τα φύκη συνεχίζουν την αναπνοή τη νύχτα, αλλά δίχως να παράγουν οξυγόνο, απομακρύνοντάς το, ουσιαστικά, από το υδάτινο περιβάλλον (Tchobanoglous and Schroeder, 1985; Χριστούλας, 1991).

Κάνοντας λόγο για τον επαναερισμό, πρόκειται για τη διαδικασία απορρόφησης του ατμοσφαιρικού οξυγόνου από το νερό και θεωρείται ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που ρυθμίζουν τη χωρητικότητα αφομοίωσης των αποβλήτων ενός ποταμού. Κι αυτό, γιατί η μόνη άλλη πηγή οξυγόνου είναι η φωτοσύνθεση, η οποία όμως και περιορίζεται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Προκειμένου τα παραπάνω να εξηγηθούν λίγο πιο αναλυτικά, επισημαίνεται πως το υδάτινο σώμα είναι ανοιχτό στην ατμόσφαιρα και έτσι, μπορεί και αλληλεπιδρά με αυτήν. Αν τότε αυτό έρθει σε ισορροπία με την υπερκείμενη ατμόσφαιρα, η

συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου που θα σημειωθεί θα είναι σταθερή για μια δεδομένη θερμοκρασία και πίεση. Αυτή η συγκέντρωση είναι γνωστή ως η 'συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου'. Η τελευταία εξαρτάται από την ατμοσφαιρική πίεση (υψόμετρο), αλλά και τη θερμοκρασία και την αλατότητα του νερού. Στα γλυκά ύδατα σε χαμηλό υψόμετρο, η θερμοκρασία αποτελεί εκείνον τον παράγοντα που επιδρά περισσότερο στον κορεσμό του οξυγόνου (Cox, 2003). Σημειώνεται, τέλος, πως οι ρηχοί ποταμοί με μεγάλη ταχύτητα ροών, αλλά και τυρβοειδή ροή, επαναερίζονται πιο αποτελεσματικά από τους ποταμούς με μικρή ταχύτητα ροών και μεγάλο βάθος. Κι αυτό, εξαιτίας της αυξημένης επιφάνειας επαφής ανάμεσα στο νερό και τον αέρα (Nathanson, 2000).

Μιλώντας, εν συνεχεία, για τα φύκη, αναφέρουμε πως η κύρια μάζα τους βρίσκεται προσκολλημένη σε δομές του πυθμένα και κυρίως, βράχους, επιτρέποντας την εξαγωγή θρεπτικών συστατικών από το υδάτινο σώμα. Μάλιστα, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός πως η φωτοσυνθετική συνεισφορά των φυκών, αναφορικά με το οξυγόνο, είναι μεγαλύτερη στα καθαρά και ρηχά ύδατα. Τα σε μεγάλο βαθμό ευτροφικά νερά, τώρα, μπορούν να ποικίλουν σε διαλυμένο οξυγόνο από υπέρκορα - κατά τη διάρκεια ζεστών και ηλιόλουστων ημερών - σε αναερόβια τη νύχτα, μολονότι, τέτοιες καταστάσεις είναι ασυνήθιστες σε ρέοντες χείμαρρους. Είναι, όμως, αρκετά σύνηθες σε ύδατα χαμηλής ροής. Βεβαίως, οξυγόνο παρέχεται και από τους παραποτάμους, τις επιφανειακές απορροές και την εισροή υπόγειων υδάτων (Tchobanoglous and Schroeder, 1985; Χριστούλας, 1991).

Σε σχέση, τώρα, με τους παράγοντες που αφαιρούν οξυγόνο από ένα υδάτινο σώμα, η χαμηλή συγκέντρωση του και η εμφάνιση ουσιών που το καταναλώνουν αφορά, γενικά, σε σημεία που είναι απομονωμένα, σε καθορισμένα υδάτινα σώματα που έχουν πληγεί. Οι ουσίες που αφαιρούν το οξυγόνο προέρχονται από ποικίλες πηγές. Συνήθεις τέτοιες είναι η αποικοδομήσιμη οργανική ύλη από φυτά εντός του ποταμού ή φυτική ύλη από συστήματα όμβριων υδάτων, καθώς κι εκείνη των υγρών αστικών αποβλήτων. Συνήθως, η φυτική ύλη που εισάγεται με τα όμβρια ύδατα δεν επηρεάζει σημαντικά το διαλυμένο οξυγόνο, αφού η περισσότερη εισάγεται κατά τη βροχερή περίοδο. Όμως, τα συστήματα όμβριων υδάτων και αστικών αποβλήτων απορρέουν και κατά την περίοδο της ξηρασίας, λόγω της αστικής άρδευσης και της χρήσης του νερού. Ασφαλώς, οι απορροές της ξηρής περιόδου είναι πιο συμπυκνωμένες από τις αντίστοιχες του χειμώνα. Η επιστροφή μέρους του νερού

άρδευσης στο ποτάμι μπορεί, επίσης, να φέρει ουσίες που εξαντλούν το οξυγόνο (Anonymous, 2000). Απαγορευμένα βιομηχανικά υγρά απόβλητα (αφορούν κυρίως τις βιομηχανίες χάρτου και επεξεργασίας τροφίμων) μπορούν, ακόμη, να περιέχουν ουσίες που εξαντλούν το οξυγόνο και τα θρεπτικά συστατικά, ενώ οι ουσίες των οικιακών υγρών αποβλήτων, που χαρακτηρίζονται από μια απαίτηση για οξυγόνο, αφορούν - κατά κανόνα - σε κατάλοιπα τροφών (Davis and Cornwell, 1998; Anonymous, 2000). Τα τελευταία προάγουν την ανάπτυξη των φυκών και άλλων υδρόβιων οργανισμών, που όταν θανατωθούν, αποικοδομούνται και εξάγουν μια απαίτηση για οξυγόνο. Τέλος, σχεδόν κάθε φυσικά υπαρκτή οργανική ύλη, όπως κατάλοιπα σοδειάς ή φύλλα, που εισέρχεται στο υδάτινο σώμα από μη σημειακές πηγές συνεισφέρει στην εξάντληση του διαλυμένου οξυγόνου (Davis and Cornwell, 1998).

Γενικά, πάντως, συνθήκες έλλειψης του τελευταίου, εμφανίζονται σε απομονωμένα σημεία του δέλτα των ποταμών. Οι ουσίες που εξαντλούν το διαλυμένο οξυγόνο μπορεί, είτε να εξασκούν ένα άμεσο φαινόμενο εξάντλησής του (βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο) ή να μειώνουν το οξυγόνο με μια έμμεση μέθοδο (θρεπτικά που προκαλούν την ανάπτυξη των φυκών, που μοιραία θα θανατωθούν και θα εξασκήσουν μια απαίτηση για οξυγόνο) (Anonymous, 2000).

Η κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου, μάλιστα, στο νερό εξαρτάται από το βάθος του υδάτινου σώματος, τη θολερότητα και την ανάμιξη, τη θερμοκρασία, το φως, τη μικροβιακή δραστηριότητα, την αναπνοή των αερόβιων ειδών, καθώς και τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτοπλαγκτόν. Τα ρεύματα του αέρα, από την άλλη, μαζί με την τυρβοειδή ροή του υδάτινου σώματος τείνουν να αυξάνουν το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου σε αυτό. Τέλος, τα επίπεδα αυξάνουν και με την αναστάτωση που προκαλούν οι βράχοι, τα πεσμένα δέντρα και οι καταρράκτες (Shugar *et al.,* 2001).

Το διαλυμένο οξυγόνο, ακόμη, φαίνεται πως επηρεάζεται και από τις εποχές. Είναι γνωστό πως η βιομάζα και η φωτοσύνθεση είναι χαμηλού επιπέδου κατά τους χειμερινούς μήνες, λόγω της μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας και χαμηλής θερμοκρασίας. Αντίθετα, την άνοιξη, τόσο η ακτινοβολία από τον ήλιο, όσο και η θερμοκρασία αυξάνουν. Αυτό, σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, οδηγεί στην άνθιση του φυτοπλαγκτόν και συνεπώς, την αυξημένη φωτοσύνθεση (Cox, 2003). Το σύνολο της συμπεριφοράς κατά το υπόλοιπο του έτους τείνει να είναι πολύπλοκο και έντονα ποικίλο. Φαίνεται πως επηρεάζεται από τις

μεταβολές στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών, αλλά και από αλλαγές στα συνιστώντα είδη, εξαιτίας αλλαγών στην ποιότητα του νερού. Για παράδειγμα, οι υψηλές τιμές του pH ευνοούν τα κυανά-πράσινα φύκη, έναντι των διατόμων (Kirk, 1994).

Συνολικά, φαίνεται πως η φωτοσύνθεση τείνει να επικρατεί κατά την εποχή της ανάπτυξης, με την αποικοδόμηση και την αναπνοή να επικρατούν εκτός αυτής. Πιο αναλυτικά, κατά την εποχή της ανάπτυξης οι ταλαντεύσεις στη συγκέντρωση του οξυγόνου, λόγω των μεταβολών του φωτός, μπορεί να είναι αρκετές να καταστήσουν το νερό υπέρκορο το απόγευμα, αλλά λίγο πριν το ξημέρωμα το υδάτινο σώμα να πάσχει από την εξάντληση του οξυγόνου (Chapra, 1997).

Πέραν των παραπάνω, απαιτείται να γίνει λόγος για την οργανική ύλη των ποταμών. Αυτή μπορεί να είναι φυσικής προέλευσης ή να προέρχεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η πρώτη προέρχεται από τη διάβρωση του εδάφους και τα νεκρά φυτά και ζώα, ενώ φυσιολογικά είναι σχετικά αδιάλυτη και μόνο αργά αποικοδομήσιμη. Η δεύτερη, τώρα, είναι γενικά διαλυτή και τάχιστα αποικοδομήσιμη, προκαλώντας μια αύξηση στην κατανάλωση οξυγόνου των ποταμών. Μάλιστα, η προερχόμενη από την ανθρώπινη δραστηριότητα οργανική ύλη αποτελεί και σημαντική πηγή ρυπαντών για τα ποτάμια. Κι αυτό, γιατί η αποικοδόμησή της πραγματοποιείται από μικροοργανισμούς, που δρουν στην επιφάνεια του πυθμένα, αλλά και στη βλάστηση των μικρών ποταμών ή την υδάτινη στήλη (μεγάλοι ποταμοί) (Apsite and Klavins, 1998).

Αναφορικά με τις ‘κατακριτέες’ συγκεντρώσεις οξυγόνου, που περιγράφονται με τις λέξεις ‘υποξία’ και ‘ανοξία’, τα αποτελέσματά τους είναι μάλλον δυσβάσταχτα. Η κατάληξη αναφέρεται στην αλλαγή της σύστασης μιας υδρόβιας κοινωνίας, αφού οι περισσότερο ευαίσθητοι ή λιγότερο κινούμενοι οργανισμοί θανατώνονται, τα κατάλληλα ενδιαιτήματα άλλων λιγοστεύουν ή οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ του κυνηγού και του θύματος μεταβάλλονται. Ενδεικτικά, επαναλαμβανόμενες περίοδοι μειωμένου οξυγόνου τείνουν να ευνοούν την επικράτηση στον πυθμένα μικρών, ευκαιριακών και με μικρό χρόνο ζωής, οργανισμών. Παράλληλα, αν επικρατούν συνθήκες υποξίας, το φυτοπλαγκτόν ‘πιέζεται’ να παραμείνει στην επιφάνεια, οπότε και γίνεται εύκολη λεία (Howarth *et al*., 2000). Από την άλλη, όταν τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου μειώνονται, τα αναερόβια βακτήρια επικρατούν, με το μεθάνιο, την αμμωνία και το υδρόθειο ως προϊόντα του μεταβολισμού τους. Αυτά σημειώνεται πως είναι τοξικά για τους περισσότερους ανώτερους οργανισμούς (Kiely, 1997).

Τέλος, όταν το διαλυμένο οξυγόνο σε ένα υδάτινο σώμα είναι ανεπαρκές, ο άνθρακας μετατρέπεται σε μεθάνιο, οι ενώσεις του αζώτου μεταβάλλονται προς αμίνες, ενώ οι θειικές ενώσεις μετατρέπονται σε υδρόθειο. Υπό αυτές τις αναερόβιες συνθήκες,, μόνες πηγές οξυγόνου είναι τα διαλυμένα νιτρικά και θειικά (Hodges, 1977).

Με βάση τα παραπάνω, γίνεται ευδιάκριτο πως η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό αποτελεί παράμετρο της ρύπανσής του και έτσι, ο προσδιορισμός αυτός είναι βασικής σημασίας για τον έλεγχό της. Πέραν αυτού, όμως, αποτελεί και μέτρο για την ποιότητά του (πίνακας).

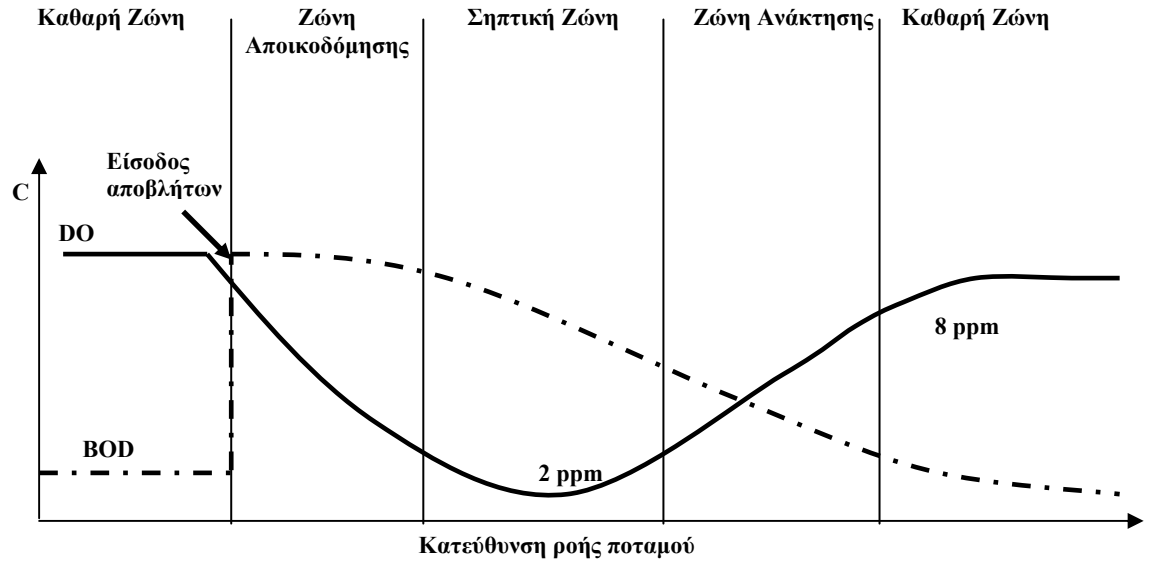
<u>Πίνακας 8:</u> Ποιότητα νερού και περιεχόμενο σε διαλυμένο οξυγόνο
(Tyler Miller Jr., 1996).

Ποιότητα νερού	**ppm διαλυμένου οξυγόνου (20 ^{o}C)**
Καλή	8-9
Ελαφρώς ρυπασμένη	6,7-8
Ενδιάμεσα ρυπασμένη	4,5-6,7
Έντονα ρυπασμένη	< 4,5
Ιδιαίτερα έντονα ρυπασμένη	< 4

Έτσι, μεγάλες τιμές στη συγκέντρωση οξυγόνου δείχνουν καθαρά νερά, ενώ μικρές τιμές δηλώνουν νερά έντονα επιβαρημένα με οργανικές ουσίες (Κουϊμτζή, 1997). Μάλιστα, τα ρυπαρά ύδατα εμφανίζουν μικρότερη τιμή κορεσμού, σε σχέση με τα καθαρά νερά (Sawyer *et al*., 2003). Επιπλέον, το διαλυμένο οξυγόνο αποτελεί δείκτη της διάβρωσης του νερού, της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, της σηπτικότητας και γενικά, της 'ζωής στο υδάτινο σώμα'. Η εξάντληση του, λοιπόν, είναι κύρια υπεύθυνη για την οικολογική αποικοδόμηση των ποταμών και των λιμνών (Shugar *et al.,* 2001). Στα πλαίσια ελέγχου της ρύπανσης ενός ποταμού, έτσι, είναι επιθυμητό να διατηρηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή του φυσικού πληθυσμού των ψαριών και λοιπών υδρόβιων οργανισμών. Προκειμένου να επιτευχθούν αυτές, τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου είναι ανάγκη να υποστηρίζουν την επιθυμητή υδρόβια ζωή (Sawyer *et al*., 2003). Το διαλυμένο οξυγόνο, λοιπόν, είναι το πιο σημαντικό συστατικό των επιφανειακών υδάτων αναφορικά με τις διαδικασίες αυτοκάθαρσης, καθώς και τη

διατήρηση των υδρόβιων οργανισμών. Η εν λόγω παράμετρος είναι η πιο ‘αντιδραστική’, αλλά και αυτή που ποικίλει περισσότερο βραχυπρόθεσμα, σε σχέση με τα χημικά συστατικά του νερού (Taoufik and Dafir, 2005). Το διαλυμένο οξυγόνο, λοιπόν, φαίνεται από όλα τα προαναφερθέντα σημεία πως αποτελεί δείκτη της γενικής ‘υγείας’ ενός ποταμού. Σαφώς, όλα τα ποτάμια έχουν μια χωρητικότητα αυτοκάθαρσης. Έτσι, όσο οι εισροές των υγρών αποβλήτων με απαίτηση για οξυγόνο είναι εντός των ορίων της χωρητικότητας αυτής, τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνο θα παραμένουν υψηλά, με έναν πλούσιο πληθυσμό φυτών και ζώων. Εντούτοις, όσο τα ποσά των υγρών αποβλήτων αυξάνονται, τότε θα προκαλούνται μεταβολές στη ζωή των φυτών, αλλά και των ζώων (Davis and Cornwell, 1998).

Στο παρακάτω διάγραμμα, φαίνεται η μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου κατάντη μιας πηγής οργανικών αποβλήτων (ενδεικτικά, εισαγωγή ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων).



<u>Διάγραμμα 1:</u> Η μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου κατάντη μιας σημειακής πηγής ρύπανσης (Προσαρμοσμένο από Tyler Miller Jr., 1996)

Αναλύοντας το σχήμα, απαιτείται να σημειωθεί πως ό,τι περιγράφεται σχηματικά, συνήθως, λαμβάνει χώρα στη κατάντη πλευρά σημειακών πηγών οργανικής ρύπανσης. Η καμπύλη, λοιπόν, του διαλυμένου οξυγόνου δείχνει πως κατά την

είσοδο αποβλήτων σε ένα ποταμό, παρατηρείται μια στιγμιαία πτώση στο διαλυμένο οξυγόνο. Αυτό συμβαίνει, εξαιτίας των βακτηρίων και των ποικίλων μικροοργανισμών που διατρέφονται με οργανική ύλη και χρησιμοποιούν το διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο, με αποτέλεσμα να ασκούν και μια απαίτηση για αυτό. Επιπρόσθετα, στο σημείο εισόδου των υγρών αποβλήτων η φυσική διαδικασία της ανάμιξης και διάλυσης φαίνεται πως ξεκινά άμεσα. Με την εξαίρεση, ωστόσο, των μικρών ποταμών με τυρβοειδή ροή, είναι απίθανο οι ρυπαντές να αναμιχθούν αποτελεσματικά, κοντά ή στο σημείο εισόδου των υγρών αποβλήτων. Σαφώς, τα παραπάνω θα ασκούν μια σημαντική επίδραση στην υδρόβια πανίδα, την ανίκανη να απομακρυνθεί από την εν λόγω ζώνη χαμηλού διαλυμένου οξυγόνου. Κατόπιν, με την πτώση των επιπέδων του οξυγόνου, το ατμοσφαιρικό οξυγόνο εισέρχεται στο υδάτινο σώμα, αποσκοπώντας στην εξομάλυνση της έλλειψής του. Αυτό αναφέρεται ως ‘επαναερισμός’ και εξαρτάται από τη θερμοκρασία, αλλά και την ανεπάρκεια σε οξυγόνο. Η τελευταία αναφέρεται στη διαφορά ανάμεσα στην πραγματική συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου και την τιμή κορεσμού του. Ασφαλώς, ο ρυθμός μεταφοράς του οξυγόνου από τον αέρα προς το υδάτινο σώμα αυξάνεται, με την αύξηση της ανεπάρκειας σε αυτό (Chapra, 1997; Davie, 2002; Nathanson, 2000).

Καθώς, όμως, το ρυπαντικό φορτίο κινείται κατά μήκος του ποταμού, τα επίπεδα του οξυγόνου φαίνεται πως επανέρχονται στην πρότερη κατάσταση, λόγω της διάλυσης και αποικοδόμησης του ρυπαντικού φορτίου. Τότε, ο επαναερισμός επικρατεί, με το νερό να γίνεται πιο διαυγές, αλλά και πιο πλούσιο σε ανόργανα θρεπτικά συστατικά. Τότε, θα παρατηρείται και φυτική ‘κυριαρχία’. Σημειώνεται, εδώ, πως τα ελάχιστα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου σε ένα ποταμό παρατηρούνται, όταν ο ρυθμός του επαναερισμού ισούται με αυτόν της αποξυγόνωσης. Γενικά, το σχήμα της καμπύλης σημειώνεται πως εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη ροή του ποταμού. Συγκεκριμένα, ένα ποτάμι με γρήγορη ροή θα επαναοξυγονώνεται πιο γρήγορα και άμεσα σε σχέση με ένα πιο ‘αργό’ ποτάμι. Επιπλέον, τα μεγάλα ποτάμια χαρακτηρίζονται και από γρηγορότερους χρόνους ανάκτησης, συγκριτικά με τους μικρούς χείμαρρους, ακριβώς, εξαιτίας της σε μικρότερο βαθμό διάλυσης που πραγματοποιείται στα τελευταία (Chapra, 1997; Davie, 2002; Nathanson, 2000).

Ολοκληρώνοντας το σχολιασμό, σε περιπτώσεις εξαιρετικά έντονης οργανικής ρύπανσης ή ιδιαίτερα χαμηλής ροής, το διαλυμένο οξυγόνο μπορεί να εξαντληθεί ολοκληρωτικά, οδηγώντας σε αναερόβιες ή σηπτικές συνθήκες. Τότε, θα απαιτηθεί

περισσότερος χρόνος και μεγαλύτερη απόσταση για την αποκατάσταση της ποιότητας του νερού. Από την άλλη, όταν το επίπεδο του διαλυμένου οξυγόνου μειωθεί περίπου στο 40% της τιμής κορεσμού του, εμφανίζεται η 'ζώνη της ενεργής αποικοδόμησης', η οποία και χαρακτηρίζει το έντονα ρυπασμένο υδάτινο σώμα. Τότε, οι ανώτερες μορφές της υδρόβιας ζωής αποβιώνουν ή μεταναστεύουν σε άλλα σημεία του ποταμού, ενώ μπορεί να σχηματιστούν στερεά ικανά προς εναπόθεση. Ασφαλώς, με την προαναφερθείσα αποικοδόμηση των αποβλήτων από τους ποικίλους μικροοργανισμούς, αλλά και τον επαναερισμό, τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου υπερβαίνουν το 40%, ορίζοντας τη 'ζώνη της ανάκτησης', η οποία και χαρακτηρίζει την επανεμφάνιση της ανώτερης υδρόβιας ζωής. Ακολουθεί, εύλογα, 'η ζώνη του καθαρού νερού', η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου (Chapra, 1997; Davie, 2002; Nathanson, 2000).

Γενικά, ένα νερό με διαλυμένο οξυγόνο περίπου 4 mg/L φαίνεται πως είναι καίριο για την επιβίωση των περισσότερων υδρόβιων φυτών και ζώων. Ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού, το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 8-15 mg/L. Σημειώνεται, εδώ, πως νερά με οργανικά αιωρούμενα στερεά ή σημαντική ρύπανση, μπορεί να οδηγήσουν σε σφάλματα κατά τη μέτρηση. Μάλιστα, γνωρίζοντας πως η βιολογική δραστηριότητα μπορεί να οδηγήσει σε τάχιστη εξάντληση του διαλυμένου οξυγόνου, η μέτρησή του απαιτείται να γίνεται στο πεδίο, χωρίς ανάδευση (Shugar *et al.,* 2001). Κατά γενική ομολογία, η κριτική συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου ποικίλει σημαντικά ανάμεσα στα είδη. Ενδεικτικά, η πέστροφα φαίνεται να απαιτεί μια συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου 7,5 mg/L, ενώ ο κυπρίνος δύναται να επιβιώσει στα 3 mg/L (Davis and Cornwell, 1998).

Το 2000, ο Nathanson επισημαίνει πως το διαλυμένο οξυγόνο, εύλογα, δεν έχει άμεσες επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Ωστόσο, το πόσιμο νερό με πολύ λίγο ή καθόλου οξυγόνο έχει ιδιότυπη γεύση και για αυτό, μπορεί κάποιοι να το αποφεύγουν. Από την άλλη, το διαλυμένο οξυγόνο διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διάβρωση και την οξείδωση των μεταλλικών σωλήνων, όντας σημαντικός παράγοντας στη χρήση και διατήρηση των συστημάτων ύδρευσης. Εδώ, οι Sawyer *et al*. (2003) παρατηρούν πως η μικρή διαλυτότητα του οξυγόνου περιορίζει τον καθαρισμό των φυσικών υδάτων και καθιστά απαραίτητη την επεξεργασία των αποβλήτων για την απομάκρυνση των ρυπαντών, πριν την απορροή τους στους υδάτινους αποδέκτες.

Τέλος, σημειώνοντας τη σχέση μεταξύ χημικά απαιτούμενου και διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, σημαντική αύξηση του πρώτου οδηγεί στη ραγδαία πτώση του δεύτερου (Shugar *et al.,* 2001).

Σύμφωνα με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, τώρα, το ποσοστό κορεσμού του ύδατος που προορίζεται για τη μετατροπή του σε πόσιμο πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 70%, από 50% ή από 30%, ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας. Εν συνεχεία, το νερό κολύμβησης απαιτεί συγκέντρωση σε διαλυμένο οξυγόνο 80 -120% του σημείου κορεσμού (Οδηγία 76/160/ΕΟΚ). Κατόπιν, αναφορικά με την υποστήριξη της επιβίωσης των ιχθύων (Οδηγία 78/659/ΕΟΚ), η κατευθυντήρια τιμή διαλυμένου οξυγόνου για τα ύδατα σαλμονιδών είναι μεγαλύτερη από 9 mg/L για το 50% του χρόνου και συνεχώς, μεγαλύτερη από 7 gm/L. Η δε υποχρεωτική τιμή κάνει λόγο για 9 mg/L το 50% του χρόνου, ενώ όταν η συγκέντρωση γίνει μικρότερη από 6 mg/L, οι αρχές οφείλουν να αποδείξουν πως αυτή η κατάσταση δε βλάπτει την ισορροπημένη ανάπτυξη των πληθυσμών των εν λόγω ιχθύων. Για τα ύδατα κυπρινιδών, τώρα, τα κατευθυντήρια όρια είναι κάπως πιο ελαστικά: συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου μεγαλύτερη των 8 mg/L για το 50% του χρόνου και πάντα μεγαλύτερη των 5 mg/L. Σύμφωνα, πάντως, με τα υποχρεωτικά όρια, η συγκέντρωση αυτή πρέπει να υπερβαίνει τα 7 mg/L για το μισό του χρόνου και όταν αυτή πέσει κάτω από 4 mg/L, να αποδεικνύεται - όπως και παραπάνω - η αποφυγή επιπτώσεων στη συγκεκριμένη κατηγορία ψαριών.

2.3.1.6 Αγωγιμότητα

Η ικανότητα ενός δείγματος νερού να μεταδίδει το ηλεκτρικό ρεύμα (η αγωγιμότητά του) είναι άμεσα ανάλογη της συγκέντρωσης των διαλυμένων ιόντων. Κι αυτό, γιατί το ηλεκτρικό ρεύμα μεταδίδεται με την κίνηση των ιόντων του διαλύματος (Kiely, 1997).

Η αγωγιμότητα φαίνεται πως ποικίλει, τόσο με τον αριθμό, όσο και με το είδος των ιόντων που ένα διάλυμα περιέχει (Welch, 1998). Ακόμη, εξαρτάται από τη συνολική τους συγκέντρωση, την κινητικότητα, το σθένος, αλλά και τη θερμοκρασία της μέτρησης (Anonymous, 2004). Σαφώς, είναι κατά πολύ ευκολότερο να προσδιοριστεί η αγωγιμότητα ενός διαλύματος - ή ενός δείγματος νερού - από το να προσδιοριστούν τα κατιόντα και ανιόντα που είναι παρόντα. Για αυτό, άλλωστε, οι

μετρήσεις αγωγιμότητας χρησιμοποιούνται εκτενώς για τη μελέτη των επιφανειακών υδάτων. Η αγωγιμότητα ως μέγεθος φαίνεται πως παρέχει τη βασική πληροφορία, σε σχέση με τις μεταβολές στην ποιότητα του νερού που δύνανται να καταγραφούν, ενώ χρησιμοποιείται και για την ιχνηλασία της κίνησης των ενώσεων που απορρέουν σε ένα υδάτινο σώμα (Welch, 1998). Μάλιστα, πολλαπλασιάζοντας την τιμή της αγωγιμότητας με έναν εμπειρικό παράγοντα, ο οποίος και εξαρτάται από τα διαλυτά συστατικά του νερού, καθώς και τη θερμοκρασία του δείγματος, είναι δυνατό να εκτιμήσουμε τα ολικά διαλυμένα στερεά (Anonymous, 2004). Σημειώνεται, εδώ, πως η αγωγιμότητα αυξάνεται έντονα κατά την εποχή της ξηρασίας (Skoulikidis *et al*., 1998), ενώ είναι πολύ μικρότερη σε περιοχές με σκληρά πετρώματα, σε σχέση με εκείνες, όπου επικρατούν τα ασβεστολιθικά (Costello *et al*., 1984). Παράλληλα, φαίνεται πως η αυξημένη αστικοποίηση προκαλεί και την αύξηση της αγωγιμότητας, αλλά όχι σε συνθήκες βροχοπτώσεων, εξαιτίας του φαινομένου της αραίωσης. Αυτός είναι και ο λόγος που η αγωγιμότητα ενός ποταμού αποτελεί ένδειξη των διαλυμένων ουσιών του (θρεπτικά και διαλυτά μέταλλα), που δύνανται να εμπλουτίσουν τα υπόγεια ύδατα σε αστικοποιημένες περιοχές. Τέλος, η αγωγιμότητα αποτελεί και δείκτη του διαλυτού αντιδρώντος φωσφόρου και του αζώτου των νιτρικών, που χρησιμοποιούνται από τα περιφυτικά φύκη για την ανάπτυξη τους (Welch *et al.*, 1998).

Όσον αφορά την ελληνική επικράτεια, η μεγάλη παρουσία ανθρακικών πετρωμάτων (ασβεστόλιθοι και δολομίτες) έχει ως αποτέλεσμα τα ποτάμια της να είναι πολύ πλούσια σε ασβέστιο (Ca^{++}) και ανθρακικά ανιόντα (HCO_3^-). Τα δύο αυτά ιόντα αποτελούν περίπου - κατά μέσο όρο - το 75% των συνολικών ιόντων στα ελληνικά ποτάμια. Επιπλέον, λόγω της γειτνίασης των ελληνικών ποταμών με τη θάλασσα, εκδηλώνονται αρκετά υψηλές συγκεντρώσεις νατρίου και χλωρίου. Έτσι, τα ποτάμια της Ελλάδας παρουσιάζουν κατά πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις βασικών ιόντων - άρα και αγωγιμότητα - σε σύγκριση με τον ευρωπαϊκό, αλλά και τον παγκόσμιο μέσο όρο. Τα τελευταία χρόνια, μάλιστα, παρατηρείται μια προοδευτική αύξηση της αγωγιμότητας σε όλα τα μεγάλα ποτάμια για τα οποία υπάρχουν στοιχεία. Η αύξηση αυτή της αγωγιμότητας είναι εντυπωσιακή και κυμαίνεται μεταξύ 9 και 40%, ανάλογα με το ποτάμι (Σκουληκίδης, 1997).

Συνεχίζοντας, το καθαρό, απιονισμένο νερό, αν και διατηρεί την ικανότητά του να μεταφέρει τον ηλεκτρισμό, είναι σαφές πως όσο περισσότερα είναι τα διαλυμένα ιόντα σε αυτό, τόσο υψηλότερη θα είναι και η ηλεκτρική αγωγιμότητά του. Πρόκειται

για ένα μέγεθος με μονάδες Siemens/m, αν και η συνήθης έκφραση της αγωγιμότητας είναι μSiemens/cm, στους 20 ^{o}C ή 25 ^{o}C. Στους ποταμούς, αυτή κυμαίνεται από 10 ως 1000 μS/cm (Davie, 2002) και σύμφωνα με ετέρα γνωμοδότηση, από 50 ως 1500 μS/cm (Anonymous, 2004).

Γενικά, η αγωγιμότητα αυξάνεται, καθώς το νερό διαλύει διάφορα συστατικά, για αυτό και χρησιμοποιείται ως η κύρια παράμετρος που εκφράζει τη συνολική περιεκτικότητα αλάτων του νερού (Μήτρακας, 2001). Στα περισσότερα ύδατα, η αγωγιμότητα σχετίζεται με τις υπό διάλυση ανόργανες ουσίες, συλλογιζόμενοι πως οι οργανικές ενώσεις διαλύονται ελάχιστα. Για αυτό, άλλωστε, μια θετική μέτρηση της εν λόγω παραμέτρου είναι ενδεικτική της συγκέντρωσης των διαλυμένων ανόργανων αλάτων (Kiely, 1997). Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζεται η τυπική αγωγιμότητα για διάφορες κατηγορίες νερών.

<u>Πίνακας 9:</u> Τυπική αγωγιμότητα για ποικίλες κατηγορίες νερών (Kiely, 1997).

Κατηγορία	Αγωγιμότητα (μS/cm)
Χημικά καθαρό	0,05
Απεσταγμένο	0,1 - 4
Βρόχινο	20 - 100
Μαλακό	40 - 150
Σκληρό	200 - 500
Ποταμοί	100 - 1000
Υπόγεια ύδατα	200 - 1500
Εκβολές	200 - 2000
Θαλασσινό	40000

Στο πρακτικό σκέλος, τώρα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετριέται τοποθετώντας ηλεκτρόδια στο υπό μελέτη δείγμα και καταγράφοντας την ηλεκτρική αντίσταση που ‘εκδηλώνει’ το διάλυμα (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Κάνοντας λόγο για τη χρήση της παραμέτρου ως κριτήριο αξιολόγησης των αρδευτικών υδάτων, στην ελληνική επικράτεια, το εργαστήριο εδαφοϋδρολογίας και γεωλογίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, αξιολογεί τα αρδευτικά ύδατα, κατατάσσοντάς τα σε πέντε κατηγορίες, ανάλογα με την ηλεκτρική

αγωγιμότητα, το βαθμό αλκαλίωσης νατρίου και τη συγκέντρωση χλωριόντων. Επικεντρωνόμενοι αποκλειστικά στην αγωγιμότητα, η ποιοτική κατάταξη των αρδευτικών νερών έχει ως εξής:

<u>Πίνακας 10</u>: Ποιοτική κατάταξη αρδευτικών νερών
(Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων)

Κατηγορία	Ηλεκτρική αγωγιμότητα (μS/cm)
Εξαιρετικό	<250
Καλό	250 - 750
Ανεκτό	750 - 1500
Αμφίβολο	1500 - 3000
Ακατάλληλο	>3000

Βέβαια, ο παραπάνω πίνακας είναι κάπως αυθαίρετος, μιας και έχουμε απαλείψει τους έτερους δύο παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του νερού για αρδεύσεις. Αυτό, σημαίνει πως αν - για παράδειγμα - η ευρεθείσα αγωγιμότητα είναι μικρότερη από 250 μS/cm, το νερό δεν κατατάσσεται αυτόματα στην κατηγορία ‘εξαιρετικό’. Μπορούμε, όμως, να ισχυριστούμε πως είναι εξαιρετικό για άρδευση, όσον αφορά την αγωγιμότητα. Για να είμαστε τυπικοί, προκειμένου να κατατάξουμε, γενικά, ένα υδάτινο σώμα άρδευσης σε κάποια κατηγορία, οφείλουμε να γνωρίζουμε επιπλέον τόσο τα χλωριόντα, όσο και το βαθμό αλκαλίωσης νατρίου. Γενικά, πάντως, η καταλληλότητα του νερού για αρδευτικούς σκοπούς εξαρτάται από το λόγο της προσρόφησης του νατρίου (Sodium Absorption Ratio) και την ηλεκτρική αγωγιμότητα (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Η ευρωπαϊκή νομοθεσία, τέλος, μέσω της Οδηγίας 75/440/ΕΟΚ, προκειμένου για ύδατα που προορίζονται για μετατροπή τους σε πόσιμα, ‘αποδέχεται’ αγωγιμότητα έως 1000 μS/cm (στους 20 ^{o}C). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΚ, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης πρέπει να φέρει αγωγιμότητα μικρότερη των 2500 μS/cm (στους 20 ^{o}C).

2.4 Θρεπτικά - Πηγές - Μεταφορά

2.4.1 Παράμετροι θρεπτικών συστατικών - Ευτροφισμός

Όλα τα υδάτινα οικοσυστήματα (όπως και τα χερσαία) χρειάζονται τον άνθρακα, το υδρογόνο, το οξυγόνο, το άζωτο, το φωσφόρο, το θείο και πλήθος άλλων στοιχείων για την επιβίωσή τους. Από αυτά, ειδικά το άζωτο και ο φωσφόρος διαδραματίζουν έναν ιδιαίτερο ρόλο, καθορίζοντας την ανάπτυξη των υδρόβιων πληθυσμών. Έτσι, στα υδάτινα οικοσυστήματα, τα δύο αυτά στοιχεία θεωρούνται βαρυσήμαντοι περιοριστικοί παράγοντες. Συγκεκριμένα, σε μικρές ποσότητες φαίνεται πως διαδραματίζουν τον καίριο ρόλο τους, ενώ σε υψηλή συγκέντρωση δρουν ως ρυπαντές, αποδιοργανώνοντας τα οικοσυστήματα και προάγοντας το φαινόμενο του ευτροφισμού (Chiras and Reganold, 2005).

Ο ευτροφισμός ως φαινόμενο, τώρα, προκαλείται όταν μεγάλη ποσότητα θρεπτικών εμπλουτίζουν ένα υδάτινο σώμα, κάτι που οδηγεί στην υπέρμετρη αύξηση των αυτότροφων οργανισμών. Κατηγοριοποιώντας τις πηγές αυτές των θρεπτικών έχουμε:

- Τη λίπανση, εξαιτίας των ποσοτήτων αζώτου, φωσφόρου και καλίου.
- Τα απορρυπαντικά, λόγω των ποσοτήτων φωσφόρου που φέρουν.
- Το οργανικό φορτίο των αστικών λυμάτων και των κτηνοτροφικών αποβλήτων. Η οργανική ύλη, οξειδούμενη από μικροοργανισμούς στο νερό μετατρέπουν - μεταξύ άλλων - το φωσφόρο σε PO_4^{3-} και το άζωτο σε NO_3^-.

Ως γνωστόν, γενικά στα ύδατα υπάρχουν τρία τροφικά επίπεδα, ανάλογα με την ικανότητά τους να υποστηρίζουν τη ζωή, τα οποία και διακρίνονται ως προς τα θρεπτικά συστατικά, αλλά και τη βιολογική δραστηριότητα που τα χαρακτηρίζει. Ξεκινώντας, το 'ολιγοτροφικό' επίπεδο σχετίζεται με χαμηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά (όπως, N, P και Fe), αλλά και περιορισμένη παραγωγή από φύκη και μικρή βιολογική δραστηριότητα. Οι φυσικές διαδικασίες της ανάπτυξης, του θανάτου και της αποικοδόμησης, σε συνδυασμό με την εισροή θρεπτικών από τις απορροές φαίνεται πως αυξάνουν σταδιακά τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών συστατικών. Έτσι, τα νερά γίνονται πιο παραγωγικά. Πρώτα, λοιπόν, ακολουθεί το 'μεσοτροφικό' επίπεδο, όπου παρατηρείται μέση περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και μέση βιολογική δραστηριότητα. Τα μεσοτροφικά ύδατα σημειώνεται πως υποστηρίζουν τη

ζωή σε όλα τα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας. Τέλος, στο ‘ευτροφικό’ επίπεδο σημειώνονται υψηλά επίπεδα θρεπτικών συστατικών, με υψηλή μικροβιολογική δραστηριότητα. Τα ευτροφικά νερά έχει βρεθεί πως υποστηρίζουν λιγότερα είδη, με τη συγκέντρωση των φυκών να είναι ιδιαίτερα υψηλή. Το εν λόγω επίπεδο σχετίζεται, ακόμη, με εξάντληση των επιπέδων οξυγόνου, υψηλή θολερότητα και χρώμα. Μάλιστα, έχει δειχθεί πως τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου, εδώ, ποικίλουν σημαντικά κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύχτας. Αυτή, ακριβώς, η διαδικασία της ‘μετάβασης’ από τις ολιγοτροφικές στις μεσοτροφικές και κατόπιν, στις ευτροφικές συνθήκες εκφράζεται και με τον όρο ‘ευτροφισμός’ (Hroncich, 1999; Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Ο ευτροφισμός φαίνεται πως περιγράφει και τη λίπανση των επιφανειακών υδάτων με θρεπτικά συστατικά , τα οποία ήταν προηγουμένως λιγοστά (Carpenter *et al*., 1998). Σε αυτήν την περίπτωση, η υπερβολική αύξηση της παραγωγής της οργανικής ύλης, λόγω της παρουσίας θρεπτικών συστατικών, καλείται ευτροφισμός (Howarth *et al*., 2000). Στο σημείο αυτό, απαιτείται να σημειωθεί πως οι παραπάνω όροι αναπτύχθηκαν και εφαρμόζονται, συνήθως, σε λίμνες. Ωστόσο, οι όροι αυτοί περιγράφουν επιτυχώς και τα ποτάμια. Αξίζει να ειπωθεί πως ο ευτροφισμός ως φαινόμενο αφορούσε αποκλειστικά τις λίμνες ως το τέλος της δεκαετίας του 1960. Όμως, ήδη από τη δεκαετία του 1970, τα αυξανόμενα επίπεδα φωσφορικών και νιτρικών που άρχισαν να εισρέουν στα ποτάμια, ειδικά στις αναπτυγμένες χώρες, είχαν ως αποτέλεσμα τον ευτροφισμό και των τρεχούμενων νερών (Meybeck *et al*., 1996b).

Εμβαθύνοντας, πρόκειται για μια φυσική διαδικασία που λαμβάνει χώρα, καθώς μια λίμνη ή ένας ποταμός ‘γερνά’ σε μια περίοδο εκατοντάδων ή χιλιάδων ετών. Τότε, το φαινόμενο καλείται ‘φυσικός ευτροφισμός’. Η απελευθέρωση, ωστόσο, υπερβολικών ποσοτήτων θρεπτικών συστατικών (κυρίως, N και P) στα υδάτινα οικοσυστήματα ως συνέπεια της ανθρώπινης δραστηριότητας επιταχύνει την όλη διαδικασία και για αυτό, το φαινόμενο καλείται ‘επιταχυνόμενος ευτροφισμός’. Ο τελευταίος είναι και ο απευκταίος (Chiras and Reganold, 2005). Στα ποτάμια, δηλαδή, το φαινόμενο του ευτροφισμού θεωρείται αποτέλεσμα της ακραίας αναστάτωσης της φυσιολογικής ισορροπίας, ανάμεσα στην παροχή της εξωτερικής οργανικής ύλης, την εσωτερική φωτοσυνθετική δραστηριότητα των υδρόβιων φυτικών κοινοτήτων και τη χωρητικότητα για τη μετατροπή της οργανικής αυτής ύλης σε θρεπτικά συστατικά (Crouzet *et al*., 1999). Συνήθως, τόσο οι συγκεντρώσεις

των θρεπτικών (N, P), όσο και τα επίπεδα του ευτροφισμού αυξάνουν με την απόσταση από τις πηγές (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Επισημαίνεται πως η υπερβολική ανάπτυξη φυκών σε ένα υδάτινο σώμα θεωρείται ως ο πιο συχνός δείκτης ευτροφισμού. Όντας ανθισμένα, τα φύκη δύνανται να προκαλέσουν την εξάντληση των επιπέδων οξυγόνου, δημιουργώντας ένα αναγωγικό περιβάλλον στο οποίο τα ιχνοστοιχεία – όπως, ο σίδηρος και το μαγνήσιο – διαλυτοποιούνται, ο φωσφόρος απελευθερώνεται από τον πυθμένα, ενώ τα νιτρικά και το οργανικό άζωτο μετατρέπονται σε αμμωνία (Hroncich, 1999). Σαφώς, η εξάντληση του οξυγόνου - εξαιτίας και του πλήθους των νεκρών φυτών - οδηγεί τους υδρόβιους οργανισμούς στη θανάτωση (Chapra,1997).

Πέρα από αυτό, ο ευτροφισμός μπορεί να μεταβάλλει τη σύνθεση των ειδών σε ένα οικοσύστημα και κάποια ενδημικά είδη να αντικατασταθούν όσο το περιβάλλον γίνεται πιο παραγωγικό (Chapra,1997). Μεταβολές εντοπίζονται και στις δομές του φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν, καθώς επίσης και στις βενθικές κοινωνίες. Επιπλέον, ο υπέρ-εμπλουτισμός με θρεπτικά συστατικά, επηρεάζει τη δομή των υδρόβιων κοινωνιών άμεσα με τη μεταβολή του ανταγωνισμού ανάμεσα στα είδη των φυκών για αυτά ακριβώς τα θρεπτικά συστατικά. Τα ποικίλα είδη των φυκών έχουν διαφορετικές απαιτήσεις για θρεπτικά συστατικά και ιχνοστοιχεία. Έτσι, κάποια είναι καλά προσαρμοσμένα σε συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης θρεπτικών, ενώ άλλα προτιμούν υψηλά επίπεδα N και P (Howart *et al*., 2000). Επιπλέον, το φαινόμενο αυτό αποτελεί κύριο παράγοντα stress για τα ψάρια μέσω της απελευθέρωσης αέριας αμμωνίας (σε υψηλές τιμές pH), η οποία και είναι έντονα τοξική γι αυτά (Dessery *et al*., 1984).

Από την άλλη, το διοξείδιο του άνθρακα ασκεί την επίδρασή του στο pH του υδάτινου σώματος. Σημειώνεται, ακόμη, πως η υπερβολική ανάπτυξη των φυκών ενισχύει τη θολερότητα του νερού (γίνεται θολερό πράσινο), κάποια είδη αλλοιώνουν τη γεύση και την οσμή του πόσιμου νερού, οι πιο ρηχές επιφάνειες καλύπτονται από αφρό, ενώ τα μπλε – πράσινα φύκη μπορεί να είναι τοξικά, όταν καταναλωθούν από τα ζώα. Ασφαλώς, όλα τα παραπάνω γίνονται χειρότερα, καθώς το περιβάλλον γίνεται πιο ευτροφικό (Chapra,1997; Carpenter *et al*., 1998).

Τα ευτροφικά ύδατα, από την άλλη, έχουν σοβαρές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Φαίνεται, λοιπόν, πως κατά την επεξεργασία των νερών αυτών, το υψηλό φορτίο νεκρής οργανικής ύλης αντιδρά με το χλώριο προς σχηματισμό καρκινογόνων

ενώσεων (τριαλομεθάνια). Παράλληλα, απελευθερώνονται υδατοδιαλυτές ενώσεις, τοξικές για το νευρικό σύστημα και το ήπαρ, κατά το θάνατο ή την κατάποση των κυανοβακτηρίων. Τα παραπάνω, ασφαλώς, μπορούν να προκαλέσουν το θάνατο στα ζώα και τον άνθρωπο (Carpenter *et al*., 1998).

Προσθέτοντας στα παραπάνω, ο ευτροφισμός μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές μεταβολές του διαλυμένου οξυγόνου και του pH στους ποταμούς κατά τη διάρκεια της ημέρας, αλλά και της νύχτας. Πιο συγκεκριμένα, την ημέρα η πρωτογενής παραγωγή (P) υπερβαίνει κατά πολύ τη βακτηριακή αποικοδόμηση των νεκρών φυκών, ο υπερκορεσμός του οξυγόνου μπορεί να φτάσει και το 200% ή και περισσότερο, ενώ οι τιμές του pH είναι μεγαλύτερες του 10, νωρίς το απόγευμα. Τη νύχτα, τώρα, αυτό το μοτίβο αναστρέφεται, με τα επίπεδα του οξυγόνου να μειώνονται στο 50% κορεσμού του και το pH να έχει τιμές μικρότερες του 8,5. Όταν στους ποταμούς αυτούς εισρέουν και οργανικά απόβλητα, ο εν λόγω κύκλος εξακολουθεί να υπάρχει, αλλά ο μέσος κορεσμός του οξυγόνου είναι κατά πολύ μικρότερος, με τη μέγιστη τιμή του οξυγόνου να αδυνατεί να προσεγγίσει το 100%. Παράλληλα, όταν τα επίπεδα της αναπνοής γίνονται μεγαλύτερα της πρωτογενούς παραγωγής (R>P) στα κατάντη σημεία των ποταμών ή τις εκβολές τους, η συγκέντρωση του οξυγόνου μπορεί να μειωθεί δραματικά. Περιστασιακά, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ολική ανοξία, όπως ακριβώς συμβαίνει σε κάποιες θολερές εκβολές κατά τη θερινή περίοδο (Meybeck *et al*., 1996b). Τότε, η αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων συνεχίζεται από τους αναερόβιους μικροοργανισμούς, με την παραγωγή προϊόντων, όπως το μεθάνιο, η αμμωνία και το υδρόθειο, τα οποία είναι όλα τους τοξικές ουσίες.

Οι μεταβολές που περιγράφονται παραπάνω προκαλούν μέγιστα προβλήματα στην καταγραφή και την εκτίμηση των ευτροφικών ποταμών. Μάλιστα, η δειγματοληψία σε μια προκαθορισμένη ώρα της ημέρας μπορεί να οδηγήσει σε συστηματικό σφάλμα στην καταγραφή των επιπέδων του οξυγόνου και του pH. Από την άλλη, αν και παρατηρούνται μεταβολές στις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης και των θρεπτικών συστατικών, αυτές είναι γενικά εντός του 20% της ημερήσιας μέσης τιμής (Meybeck *et al*., 1996b).

Στα μικρά ποτάμια, μάλιστα, ο ευτροφισμός προάγει την ανάπτυξη των μακροφύτων, ενώ στα μεγάλα ποτάμια το φυτοπλαγκτόν είναι πιο κοινό από τα μακρόφυτα. Υπό τέτοιες συνθήκες, τα επίπεδα χλωροφύλλης μπορεί να φτάσουν ακραίες υψηλές τιμές, μέχρι και 200 mg/m^3 (Meybeck *et al*., 1996a). Κάτι που πρέπει

να αναφερθεί, εδώ, αφορά το χρόνο που χρειάζεται το φυτοπλαγκτόν για την ανάπτυξή του. Συγκεκριμένα, απαιτείται ένα χρονικό διάστημα κάποιων ωρών - ή εβδομάδων για τα μεγαλύτερα ποτάμια - στασιμότητας του ύδατος. Συνεπώς, τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά ενός ποταμού επηρεάζουν σημαντικά την ευαισθησία του στην εμφάνιση ή όχι του φαινομένου του ευτροφισμού. Έτσι, στα μικρά και ρηχά ποτάμια, όπου το νερό δεν παραμένει στάσιμο, παρά μόνο για λίγο, δεν ευνοείται η σημαντική ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν, ακόμα κι αν υπάρχει έντονη εισροή θρεπτικών συστατικών (Crouzet *et al*, 1999).

Σημειώνεται, εδώ, πως οι συνέπειες του φαινομένου είναι λιγότερο οδυνηρές για τους ποταμούς από ό,τι στις λίμνες. Κι αυτό, γιατί τα περισσότερα ποτάμια είναι φυσιολογικά ολιγοτροφικά στις πηγές τους, όπου τα νερά είναι καθαρά και κρύα. Ωστόσο, φτάνοντας στις εκβολές τους, έχουν ήδη εμπλουτιστεί με τόσα θρεπτικά συστατικά, ώστε αποκτούν θολερότητα, γίνονται πιο θερμά και λασπώδη. Τέλος, ο ευτροφισμός στους ποταμούς είναι πιο εύκολα αντιστρεπτός - σε σχέση με ό,τι συμβαίνει στις λίμνες - ακριβώς, γιατί όταν σταματήσει η εισροή των θρεπτικών, το ρεύμα των υδάτων τα απομακρύνει (Chiras and Reganold, 2005).

Για τρεις από τις σημαντικότερες παραμέτρους ποιότητας, τώρα, που αφορούν τους βασικούς παράγοντες ευτροφισμού, οι βαθμίδες αξιολόγησης της συμβατότητάς τους με τα όρια των σχετικών Οδηγιών της Ε.Ε. είναι εκείνα που εμφανίζονται στον ακόλουθο πίνακα, σύμφωνα πάντα με το Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης (2003).

<u>Πίνακας 11:</u> Όρια βασικών παραμέτρων ευτροφισμού

Βαθμίδες	**Νιτρικά**	**Φωσφορικά**	**COD**
Πλήρης συμβατότητα	C<25 mg/L	C<0,125 mg/L	COD<20 mg/L
Μερική συμβατότητα	25 mg/L<C<50 mg/L	0,125 mg/L<C<0,5 mg/L	
Ασυμβατότητα	C>50 mg/L	C>0,5 mg/L	COD>20 mg/L

Μιλώντας στη συνέχεια για τους ‘ενόχους’, τα θρεπτικά συστατικά ή μικροθρεπτικά άλατα είναι στοιχειώδεις ανόργανες, κυρίως, αλλά και οργανικές ενώσεις, που αποτελούν την απαραίτητη τροφή των φυτικών οργανισμών,

μακροφύτων ή φυτοπλαγκτόν. Οι ενώσεις αυτές αποτελούν, άλλωστε, τα τελικά ή ενδιάμεσα προϊόντα της βιολογικής ή χημικής αποικοδόμησης της οργανικής ύλης. Ο προσδιορισμός τους άρχισε στο πρώτο τέταρτο του 20ου αιώνα, αν και στο χημικό έλεγχο ρουτίνας καθιερώθηκαν μόνο τα τελευταία χρόνια, μετά την εμφάνιση έντονων ευτροφικών φαινομένων στις περιοχές εκβολής οχετών αστικών λυμάτων ή ποταμών βεβαρημένων με λύματα, απόβλητα ή υπολείμματα λιπασμάτων, που χρησιμοποιούνται στη γεωργία και παρασύρονται με τις βροχοπτώσεις, αλλά και την απόπλυση της γης (Σίσκος και Σκούλλος, 1990).

Η ανθρώπινη κοινωνία, σαφώς, απελευθερώνει μια ποικιλία ανόργανων χημικών στα υδάτινα συστήματα. Δύο εξ αυτών, τα νιτρικά και τα φωσφορικά, αποτελούν θρεπτικά συστατικά για τα υδρόβια φυτά, ενώ προέρχονται κυρίως από τις ακόλουθες πηγές: αγροτικά λιπάσματα, οικιακά και ζωικά απόβλητα (Chiras and Reganold, 2005).

Αξιοσημείωτο είναι πως ο φωσφόρος είναι το πιο βιολογικά ενεργό θρεπτικό συστατικό, με δεύτερο το άζωτο (Berner and Berner, 1996). Κάτι τέτοιο σημαίνει πως η διαθεσιμότητα των δύο αυτών στοιχείων, συχνά, είναι περιοριστική της βιολογικής δραστηριότητας, ενώ είναι φανερό πως ο ευτροφισμός συσχετίζεται, κυρίως, με τα προαναφερθέντα θρεπτικά συστατικά. Γενικά, πάντως, φαίνεται πως ο φωσφόρος δρα περιοριστικά στα γλυκά ύδατα, ενώ τον ίδιο ρόλο έχει το άζωτο στα θαλάσσια ύδατα (Conley, 2000). Κάτι τέτοιο έρχονται να πιστοποιήσουν - τουλάχιστον ως προς το ένα σκέλος - οι Chapman *et al.* (2001) σε έρευνά τους για το Ηνωμένο Βασίλειο, αναφέροντας ότι ο P είναι το καίριο περιοριστικό θρεπτικό συστατικό για τα περισσότερα συστήματα γλυκών υδάτων. Ως περιοριστικό, τώρα, επισημαίνεται πως χαρακτηρίζεται εκείνο το θρεπτικό συστατικό που είναι καίριο για τα φυτά στην ελάχιστη διαθεσιμότητά του, σχετικά με τις ανάγκες των φυτών και των φυκών, ενώ η προσθήκη του αυξάνει το ρυθμό της πρωτογενούς παραγωγής (Howart *et al*., 2000).

Παρόλα αυτά, στα περισσότερα μεταβατικά ύδατα, όπως είναι αυτά των εκβολών των ποταμών, το άζωτο είναι το στοιχείο που δρα πιο περιοριστικά και για αυτό, οι εισροές του είναι και οι πιο ‘προβληματικές’ (Carpenter *et al*., 1998). Μάλιστα, πρόσφατες έρευνες καταδεικνύουν πως σε πολλές εκβολές - τουλάχιστον για την εύκρατη ζώνη - το άζωτο είναι γενικά πιο περιοριστικό για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν συγκριτικά με το φωσφόρο, έτσι στις υδάτινες αυτές περιοχές οι εισροές N είναι πιο πιθανό να επιταχύνουν το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Γενικά, πάντως, αν η πρωτογενής παραγωγή του φυτοπλαγκτόν θα περιορίζεται από το N ή το P, εξαρτάται από τη σχετική διαθεσιμότητα του καθενός στο υδάτινο σώμα. Έτσι, η ανάπτυξη των φυκών θα μειωθεί, όταν η συγκέντρωση του πιο λιγοστού θρεπτικού συστατικού ελαττωθεί. Είναι γνωστό πως το φυτοπλαγκτόν χρειάζεται περίπου 16 moles N για κάθε mole P που προσλαμβάνει. Έτσι, αν ο λόγος του διαθέσιμου N προς το διαθέσιμο P σε ένα υδάτινο οικοσύστημα είναι μικρότερος του 16:1, η ανάπτυξη των φυκών τείνει να είναι N-περιοριζόμενη. Από την άλλη, αν ο λόγος αυτός είναι μεγαλύτερος, η πρωτογενής παραγωγή τείνει να περιορίζεται από τον P (Howart *et al*., 2000).

Εύλογα, πάντως, οι συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου συγκεντρώνουν το ερευνητικό ενδιαφέρον. Το ίδιο, όμως, συμβαίνει και για το λόγο τους, αφού φαίνεται πως επηρεάζει γενικά τα είδη των οργανισμών του υδάτινου σώματος, αλλά και το αν αυτοί θα είναι N- ή P- περιοριζόμενοι (Taoufik and Dafir, 2005). Αν, τώρα, η διαθεσιμότητα τους θα δρα περιοριστικά σε έναν ποταμό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι η ένταση του φωτός, η ταχύτητα ροής και τα διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά (Mainstone and Parr, 2002).

Επεκτείνοντας, τα θρεπτικά συστατικά στο έδαφος είναι απαραίτητα για την αγροτική παραγωγή. Για αυτό, οι αγρότες σε όλο τον κόσμο λιπαίνουν τους αγρούς, κάνοντας χρήση εμπορικών λιπασμάτων (συνθετικά λιπάσματα) και κόπρου, με τα πρώτα να προάγουν την αγροτική παραγωγή, καθώς είναι πλούσια σε νιτρικά και φωσφορικά ιόντα (Chiras and Reganold, 2005). Ιδανικά, η χρήση λιπασμάτων θα πρέπει να γίνεται στο σωστό χρόνο και σε ποσότητες που απαιτούνται για τη μεγιστοποίηση της σοδειάς, μειώνοντας παράλληλα την επιμόλυνση του περιβάλλοντος. Ωστόσο, λόγω πρακτικών και οικονομικών παραγόντων, φαίνεται πως γίνεται υπερβολική χρήση λιπασμάτων, προκαλώντας την απορροή των θρεπτικών συστατικών στα υδάτινα σώματα (Sharma, 1996).

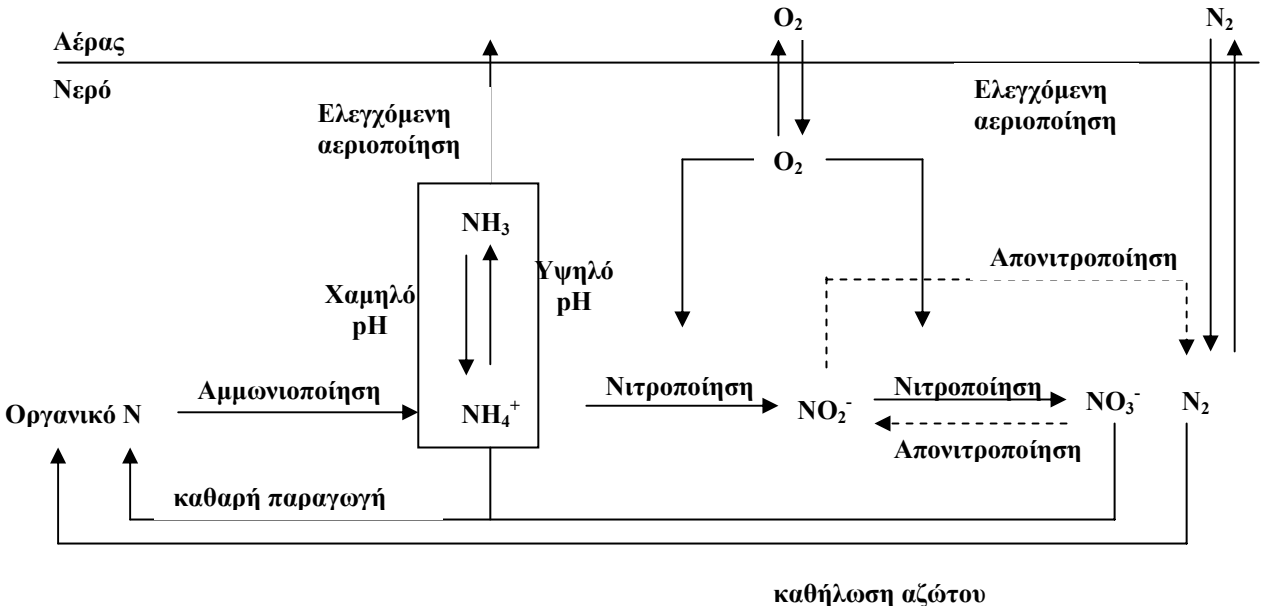
Επιστήμονες μαρτυρούν πως περισσότερα από 0,45 δισεκατομμύρια kg φωσφορικών, που προέρχονται από γεωργικές χρήσεις, εισέρχονται στα υδάτινα οικοσυστήματα ετησίως. Αλλά και τα οικιακά απόβλητα προσθέτουν εκατομμύρια τόνους νιτρικών και φωσφορικών, ετησίως, στα ύδατα (Chiras and Reganold, 2005). Μάλιστα, η απορροή των θρεπτικών φαίνεται πως είναι έντονα εξειδικευμένη ανά σημείο. Κι αυτό, γιατί η ποσοτική εκτίμηση της απορροής τους είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, καθώς εξαρτάται από πλήθος παραγόντων, όπως: γεωμορφολογικούς,

φυσικούς, χημικούς παράγοντες και βιολογικές ιδιότητες, αγρονομικούς, κλιματικούς, καθώς και παράγοντες άρδευσης (Sharma, 1996).

Έτσι, τα χημικά λιπάσματα (άνυδρη αμμωνία, ουρία, θειικό αμμώνιο) και τα οργανικά προϊόντα (κόπρος, ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα) είναι οι δύο πρωτογενείς πηγές αζώτου. Οι αγρότες - όπως ειπώθηκε - χρησιμοποιούν λιπάσματα νιτρικών για την ενίσχυση της σοδειάς, κυρίως κατά την άνοιξη. Τα φυτά είναι γνωστό πως χρειάζονται το άζωτο για να παράξουν τα πράσινα φύλλα τους και τα νιτρικά είναι η αζωτούχα μορφή που παρέχεται πιο εύκολα ως λίπασμα. Κι αυτό, γιατί τα τελευταία είναι ιδιαίτερα διαλυτά και μπορούν εύκολα να απορροφηθούν από το ριζικό σύστημα των φυτών. Δυστυχώς όμως, λόγω της υψηλής τους διαλυτότητας, αυτά απορρέουν και καταλήγουν εύκολα στα υδάτινα σώματα (Davie, 2002). Έρευνες, μάλιστα, στο πεδίο έχουν δείξει πως οι απώλειες αζώτου που εντοπίζονται στις επιφανειακές απορροές σχετίζονται με τους ρυθμούς λίπανσης. Έτσι, κτήματα που δέχονται την εφαρμογή λιπασμάτων με προκαθορισμένο ρυθμό δεν 'προσφέρουν' μεγάλες ποσότητες N στις απορροές. Ενδεικτικά, σε μια μελέτη παρατηρήθηκε πως η εφαρμογή λιπάσματος N με ρυθμό 448 kg/ha/yr είχε ετήσιες απώλειες 50,2 kg/ha σε ολικό N (επιφανειακές απορροές), ενώ ένας ρυθμός εφαρμογής των 174 kg/ha/yr είχε ετήσιες απώλειες των 28,1 kg/ha (Burwell *et al*., 1977). Τέλος, η όξινη βροχή και οι αέριοι ρυπαντές που προέρχονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες παρέχουν άζωτο στα επιφανειακά ύδατα (Carpenter *et al.*, 1998).

Εν συνεχεία και μιλώντας 'χημικά', η ουρία υδρολύεται σε αμμωνία υπό αερόβιες και θερμές συνθήκες και η τελευταία, με τη σειρά της, οξειδώνεται γρήγορα προς νιτρικά (Sharma, 1996). Η αμμωνία, επίσης, προκαλεί εξάντληση του οξυγόνου μέσω της νιτροποίησης, ενώ πρέπει να σημειωθεί πως και τα νιτρικά - αυτά καθαυτά - είναι ρυπαντές. Εξάλλου, ανάλογα με τη θερμοκρασία και το pH, η αμμωνία εντοπίζεται στη μη ιονισμένη μορφή της, όπου είναι ιδιαίτερα τοξική στους υδρόβιους οργανισμούς (Chapra, 1997). Τα αμμωνιακά ιόντα, από την άλλη, οξειδώνονται γρήγορα προς νιτρώδη, τα οποία και είναι ιδιαίτερα σταθερά σε αερόβιες συνθήκες. Αλλά και ποικίλες μορφές αζώτου οργανικής προέλευσης μετατρέπονται, αρχικά, σε αμμώνιο και κατόπιν, σε νιτρώδη μέσω μικροβιολογικών και χημικών αντιδράσεων (Sharma, 1996). Αναφορικά με τα νιτρικά, τώρα, όταν αυτά καταλήγουν σε ύδατα με πολύ λίγο διαλυμένο οξυγόνο, συγκεκριμένα είδη βακτηρίων τα μετατρέπουν σε νιτρώδη και τελικά, σε αέριο άζωτο, το οποίο και

δραπετεύει στην ατμόσφαιρα. Εν αντιθέσει με τα παραπάνω, σε καλά οξυγονωμένα ύδατα τα νιτρικά προσλαμβάνονται άμεσα από τα υδρόβια φυτά και φύκη για την ανάπτυξή τους (Office of Environment Canada, 2005). Συνεπώς, το λεγόμενο 'πρόβλημα του αζώτου' είναι αλληλοσχετιζόμενο και πολυπρόσωπο. Κάτι τέτοιο, δίδεται σχηματικά παρακάτω (διάγραμμα).



Τα διακεκομμένα βέλη υποδηλώνουν πως οι αντιδράσεις απονιτροποίησης λαμβάνουν χώρα υπό αναερόβιες συνθήκες. Αν και δε δίδεται σχηματικά, η καθαρή παραγωγή του οργανικού αζώτου μπορεί να έχει κάποια επίδραση στα επίπεδα του οξυγόνου του υδάτινου σώματος.

<u>Διάγραμμα 2:</u> Ο κύκλος του αζώτου στα γλυκά ύδατα
(προσαρμοσμένο από Chapra, 1997).

Όπως, λοιπόν, περιγράφεται ακολούθως, η χημεία του αζώτου περιπλέκεται από τα πολλαπλά οξειδωτικά σθένη των αζωτούχων ενώσεων. Εντούτοις, τα πιο σημαντικά σθένη για τους περιβαλλοντολόγους και μηχανικούς αφορούν τα -3, +3 και +5. Συνήθη παραδείγματα αποτελούν η αμμωνία, τα νιτρώδη και φυσικά, τα νιτρικά (Shrimali and Singh, 2001).

Αναφορικά, λοιπόν, με το περιβάλλον των γλυκών υδάτων, το άζωτο υπάρχει με τη μορφή τεσσάρων κύριων μορφών:

- Οργανικό άζωτο - πρωτεΐνες, αμινοξέα και ουρία

- Αμμωνία – ελεύθερη ή υπό τη μορφή αμμωνίου
- Νιτρώδη
- Νιτρικά

Επισημαίνεται πως όταν το οργανικό άζωτο εισέρχεται σε ένα ποταμό, τότε λαμβάνει χώρα μια οξειδωτική διαδικασία, η νιτροποίηση, κατά την οποία:

$$\text{Οργανικό N} + O_2 \rightarrow NH_3/NH_4^+ + O_2 \rightarrow NO_2^- + O_2 \rightarrow NO_3^-$$

Προκειμένου να γίνει αυτό, είναι αναγκαία η παρουσία νιτροποιητικών βακτηρίων και οξυγόνου. Εδώ, εγείρονται δύο ζητήματα. Πρώτα, υπάρχει η απαίτηση για οξυγόνο (Davie, 2002). Μάλιστα, σημειώνεται πως για τη μετατροπή του αμμωνίου προς νιτρικά καταναλώνονται μεγάλες ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου (Davis and Cornwell, 1998). Δεύτερον, το ενδιάμεσο στάδιο, αυτό της αμμωνίας, είναι πολύ τοξικό, ακόμα και σε μικρές συγκεντρώσεις της. Πάντως, υπό συνθήκες υπερβολικά χαμηλής συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου (μικρότερης των 1 mg/L), η διαδικασία της νιτροποίησης μπορεί να αναστραφεί, τουλάχιστο στο πρώτο στάδιο. Τότε, λοιπόν, τα νιτρικά μετατρέπονται σε νιτρώδη, με ταυτόχρονη απελευθέρωση οξυγόνου. Δυστυχώς, επισημαίνεται πως το τελευταίο δεν αποτελεί άμεσο τρόπο επανοξυγόνωσης ενός ποταμού, αφού τη στιγμή που το επίπεδο του διαλυμένου οξυγόνου πέσει κάτω από το 1 mg/L, ο πληθυσμός των ιχθύων θα έχει θανατωθεί ή καταφύγει κάπου αλλού (Davie, 2002).

Συνεπώς, η μορφή με την οποία το άζωτο εντοπίζεται στα επιφανειακά ύδατα εξαρτάται από πλήθος παραγόντων, όπως είναι το pH, το ποσό του διαθέσιμου οξυγόνου, αλλά και τα είδη των βιοκοινωνιών που είναι παρόντα (Office of Environment Canada, 2005). Αναφορικά, τώρα, με την ποσότητά του, αξίζει να σημειωθεί πως οι συγκεντρώσεις του αζώτου (αμμωνιακού ή νιτρικού) μπορεί να είναι πολύ χαμηλές σε συστήματα με υψηλούς πληθυσμούς φυτοπλαγκτόν, αφού το άζωτο αφομοιώνεται κατά τη διαδικασία της ανάπτυξης (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Μιλώντας, τώρα, για το φωσφόρο, πρόκειται για ένα στοιχείο καίριο για τη ζωή. Μεταξύ των πολλών του δράσεων, ο φωσφόρος διαδραματίζει βαρυσήμαντο ρόλο στα γενετικά συστήματα, καθώς και στην αποθήκευση και μεταφορά της κυτταρικής ενέργειας. Από τη σκοπιά της ποιότητας του νερού, αυτό που είναι ιδιαίτερα σημαντικό για το φωσφόρο είναι πως βρίσκεται - συνήθως - σε μικρές ποσότητες, σε

σχέση με άλλα θρεπτικά συστατικά. Το παραπάνω εξηγείται, αν ληφθούν υπόψη τα ακόλουθα σημεία (Chapra, 1997):

- Δεν αφθονεί στο φλοιό της γης, ενώ τα φωσφορικά ιχνοστοιχεία δεν είναι εύκολα διαλυτά.
- Δεν υπάρχει σε αέρια μορφή, κάτι που σημαίνει πως στερείται της αέριας ατμοσφαιρικής πηγής, σε αντίθεση με τον άνθρακα και το άζωτο.
- Ο φωσφόρος προσκολλάται 'δυνατά' σε σωματίδια, τα οποία τον μεταφέρουν από το υδάτινο σώμα στον πυθμένα. Μάλιστα, όταν στο σημείο επαφής του νερού με τον πυθμένα υπάρχει οξυγόνο, ο φωσφόρος εγκλωβίζεται χημικά.

Πάνω σε αυτό, ο Mason (2002) αναφέρει πως το ίζημα του πυθμένα δρα ως αποθήκη του φωσφόρου, ο οποίος και απελευθερώνεται στο υδάτινο σώμα το καλοκαίρι, υπό συνθήκες χαμηλής περιεκτικότητας σε οξυγόνο ή κατόπιν μικροβιακής ανοργανοποίησής του.

Γενικά, ο φωσφόρος 'εντοπίζεται' στην ανόργανη ή την οργανική μορφή του (κόπρος, οργανικά απόβλητα). Σημειώνεται, μάλιστα, πως ανάλογα με τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εδάφους, μέρος του υπάρχοντος φωσφόρου καθίσταται υδατοδιαλυτό (H_2PO_4, HPO_4^-), οπότε και προσλαμβάνεται από τα φυτά ή χάνεται με τη μορφή απορροών. Εν αντιθέσει με το άζωτο, ο φωσφόρος 'διατηρείται', εννοώντας πως δεν μπορεί να χαθεί στην ατμόσφαιρα. Μεταφέρεται, κυρίως, μέσω επιφανειακών απορροών ως οργανικός φωσφόρος, υδατοδιαλυτός ή προσροφημένος στο χώμα, με το φορτίο του να είναι μεγαλύτερο στις επιφανειακές απορροές, παρά κατά τη μεταφορά του μέσω χωμάτινων σωματιδίων (Sharma, 1996). Μάλιστα, το φορτίο του φωσφόρου που προέρχεται από σημειακές πηγές (όπου κυριαρχούν τα έργα επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων) είναι τυπικά υψηλά βιοδιαθέσιμο (Mainstone and Parr, 2002).

Αναφορικά με το σωματιδιακό φωσφόρο, αν και αυτός δεν είναι άμεσα βιοδιαθέσιμος, λόγω της πολύπλοκης φυσικής και χημικής αλληλεπίδρασής του με τα ιζήματα, αλλά και το έδαφος, οι συνθήκες που επικρατούν στα υδάτινα συστήματα (ειδικά το διαλυμένο οξυγόνο και το pH) ευνοούν την απελευθέρωσή του στο υδάτινο σώμα. Λόγω αυτών, ο σωματιδιακός φωσφόρος θεωρείται σημαντική ενδιάμεση μορφή για τη μακροχρόνια αποθήκευση του συστατικού στα στάσιμα νερά και επομένως, τη σχέση του με το ζήτημα του ευτροφισμού (Chapman *et al*., 2001). Εντούτοις, αξίζει να σημειωθεί, εδώ, πως η μεταφορά των σωματιδιακών φορτίων

είναι πιο περίπλοκη και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εποχή, ενώ καθορίζεται και από τη δυνατή προσρόφηση του P για τα ποικίλα σωματίδια. Για αυτό, άλλωστε, το μεγαλύτερο μέρος του ετήσιου φορτίου του εντοπίζεται, γενικά, στις επιφανειακές απορροές, όντας προσροφημένο σε σωματίδια του εδάφους (Mainstone and Parr, 2002).

Από την άλλη, ο διαλυμένος P - συνίσταται, κυρίως, από ορθοφωσφορικά - είναι 100% βιοδιαθέσιμος στα φυτά. Ωστόσο, σημειώνεται πως ο βιοδιαθέσιμος P αποτελεί το άθροισμα εκείνου που είναι άμεσα βιοδιαθέσιμος, αλλά και εκείνου που μπορεί να μετατραπεί σε βιοδιαθέσιμο, μέσω φυσιολογικών διαδικασιών (Gerdes and Kunst, 1998).

Μιλώντας λίγο για τα εδάφη, τα αμμώδη είναι ιδιαίτερα ευάλωτα, αφού χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή χωρητικότητα προσρόφησης για τον φωσφόρο. Μολονότι, άλλα εδάφη είναι λιγότερο ευάλωτα, αυτά μπορεί ακόμη να 'διατρέχουν' κάποιο κίνδυνο, εξαιτίας της υπάρχουσας ροής μέσω της δομής εδάφους/βράχου (Mainstone and Parr, 2002).

Σε αντίθεση, λοιπόν, με το άζωτο, το οποίο χάνεται κυρίως μέσω διήθησης από τα αγροτικά συστήματα, ο φωσφόρος χάνεται κυρίως μέσω απορροών. Αυτές τείνουν να είναι μεγαλύτερες στα 'βαριά' εδάφη (υψηλό ποσοστό αργίλου) παρά στα 'ελαφριά' (υψηλό ποσοστό άμμου), καθώς τα πρώτα έχουν χαμηλότερη χωρητικότητα διήθησης και για αυτό, οι απορροές καθίστανται πιο πιθανές. Τα εξαιρετικά διαβρωμένα εδάφη, επίσης, πλήττονται από τις απορροές φωσφορικών. Τέλος, οι απορροές του φωσφόρου είναι έντονες σε σημεία, όπου έχουν βρει εφαρμογή οργανικά απόβλητα. Εκεί, η χωρητικότητα διήθησης είναι χαμηλή, η υγρασία του εδάφους αυξημένη, ενώ θα ενυπάρχουν υψηλοί περιοριστικοί παράγοντες της προσρόφησης από το έδαφος. Στις περιπτώσεις αυτές, ο χρόνος απορροής - σε σχέση με την εφαρμογή των αποβλήτων - είναι ένας σημαντικός καθοριστικός παράγοντας του βαθμού στον οποίο ο φωσφόρος θα χαθεί με τις απορροές. Γενικά, καθώς ο χρόνος μεταξύ των απορροών και της εφαρμογής των αποβλήτων αυξάνει, οι απώλειες του φωσφόρου θα μειώνονται εκθετικά (Kiely, 1997).

Όπως προαναφέρθηκε, λοιπόν, οι απορροές αποτελούν τον κυριότερο μηχανισμό μεταφοράς για το φωσφόρο, στα πλαίσια των επιφανειακών υδάτων, ενώ και η διάβρωση του εδάφους από το νερό θεωρείται 'απορροή'. Κι αυτό, γιατί συμβαίνει μόνο σε συνδυασμό με τις απορροές, ενώ εξαρτάται και από την ποσότητα και το ρυθμό τους. Οι απορροές, τώρα, χαρακτηρίζονται και καθορίζονται από

συγκεκριμένους παράγοντες. Ο πιο σημαντικός αναφέρεται στα κατακρημνίσματα, κυρίως, με τη μορφή βροχής και ειδικότερα, με παραμέτρους της τελευταίας, όπως είναι το συνολικό ύψος και η διάρκεια. Ο επόμενος, τώρα, πιο σημαντικός παράγοντας αναφέρεται στη σύνθεση του εδάφους, λόγω της σύνδεσής του με τις βροχοπτώσεις για τον καθορισμό της εμφάνισης και του ποσού της απορροής. Από την άλλη, για κάθε έδαφος τα έντονα φαινόμενα βροχοπτώσεων (σχετικά μεγάλου ύψους και μικρής διάρκειας) θα ευνοήσουν τις απορροές, ενώ η διήθηση λαμβάνει χώρα κατά τη διάρκεια λιγότερο έντονων καταιγίδων. Παράλληλα, σε εδάφη με υψηλή υγρασία κατά τη στιγμή των βροχοπτώσεων εξαντλείται η ποσότητα του νερού που μπορεί να αποθηκευτεί, ευνοώντας με αυτόν τον τρόπο τις απορροές (Campbell and Edwards, 2001).

Είναι αξιοσημείωτο πως ο φωσφόρος καταλήγει στα υδάτινα συστήματα από πλήθος πηγών με διαφορετική βιοδιαθεσιμότητα. Πιο αναλυτικά, το φορτίο από τις 'σημειακές' πηγές είναι τυπικά υψηλά βιοδιαθέσιμο, ενώ 'ταξιδεύει' μαζί με άμεσα αποικοδομήσιμη οργανική ύλη. Σημειώνεται, ωστόσο, πως η πραγματική βιοδιαθεσιμότητα οποιουδήποτε θρεπτικού συστατικού των επιφανειακών υδάτων είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσδιοριστεί, λόγω της ποικίλης αλατότητας, των ιοντικών ισορροπιών, της σωματιδιακής ύλης, αλλά και των συγκεντρώσεων των υπό μελέτη θρεπτικών συστατικών. Για παράδειγμα, τα μακρόφυτα που διαθέτουν ριζικό σύστημα εξασφαλίζουν το φωσφόρο που χρειάζονται από το ίζημα του πυθμένα και για αυτό, η ανάπτυξή τους σχετίζεται ελάχιστα με το διαθέσιμο στο υδάτινο σώμα φωσφόρο (Crouzet *et al.*, 1999). Ειδικά για τις 'σημειακές' πηγές και τον P πρέπει να σημειωθεί πως αυτές είναι οι πιο καθοριστικές, καθώς είναι συνεχείς καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και φέρουν τη μικρότερη αραίωση, όταν οι συγκεντρώσεις του φωσφόρου στο υδάτινο σώμα είναι κρίσιμες. Από την άλλη, η μεταφορά του φωσφόρου που πηγάζει από διάχυτες πηγές είναι πολύπλοκη, με έντονες εποχιακές διακυμάνσεις, μολονότι καθορίζεται σημαντικά από την έντονη προσρόφηση του φωσφόρου στα σωματίδια (Mainstone and Parr, 2002).

Όντας στον ποταμό, ο φωσφόρος είναι ιδιαίτερα ενεργός - χημικά και βιολογικά - μετέχοντας σε άπειρες μετατροπές, μεταξύ σωματιδιακών και διαλυτών φάσεων, ιζήματος πυθμένα και ύδατος, βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος (Mainstone and Parr, 2002). Ακόμη, παρατηρείται μια αντίστροφη σχέση ανάμεσα στη συγκέντρωση του φωσφόρου (ή φωσφορικών) και της ροής ενός ποταμού, υπονοώντας ότι η εισροή του (ή τους) είναι σχετικά σταθερή, με την αύξηση του υδάτινου όγκου να ασκεί

αραιωτική δράση (MacDonald *et al*., 1994). Άλλοι παράγοντες αφορούν στην ταχύτητα του ποταμού, το χρόνο του 'ταξιδιού' εντός του υπό μελέτη υδάτινου σώματος, αλλά και την ποιότητα των εισροών. Έτσι, συνθήκες που προάγουν υψηλές ταχύτητες ροής σε ένα ποτάμι (όπως, απότομες κλίσεις και ομαλές κοίτες) τείνουν να αποτρέπουν την εναπόθεση σωματιδίων του εδάφους που φέρουν φωσφόρο και για αυτό, να ευνοούν υψηλούς λόγους μεταφοράς (μέρος του φωσφόρου, που εισερχόμενο στον ποταμό, αγγίζει το υδάτινο σώμα του ενδιαφέροντος). Από την άλλη, καθώς η προσρόφηση και η εκρόφηση μπορεί να συμβεί κατά τη ροή του ποταμού, η ισορροπία ανάμεσα στον καθιζάνοντα φωσφόρο και το διαλυτό δύναται να μεταβληθεί κατά τη μεταφορά, με τους μεγαλύτερους χρόνους να ευνοούν την εγκαθίδρυση μιας νέας ισορροπίας. Συνεπώς, η ποιότητα των ροών φαίνεται πως επηρεάζει τη δυναμική της προσρόφησης/εκρόφησης, με την εγκαθίδρυση μιας νέας ισορροπίας, ανάμεσα στον καθιζάνοντα και διαλυτό φωσφόρο (Campbell and Edwards, 2001).

Παράλληλα, ο φωσφόρος παρουσιάζει έντονη εποχιακή συμπεριφορά. Πιο αναλυτικά, κατά τους θερινούς μήνες τείνει να προσλαμβάνεται και να δεσμεύεται στο ίζημα του πυθμένα, αλλά και από ανώτερα φυτά, φύκη και βακτήρια, ενώ μεγάλο μέρος του συσσωρευμένου φορτίου εκροφάται κατά τις υψηλές χειμερινές και φθινοπωρινές ροές. Επιπρόσθετα, η έντονη μικροβιακή δραστηριότητα της άνοιξης μπορεί να παράξει μια σημαντική ξαφνική εισροή του φωσφόρου από το ίζημα του πυθμένα πριν από την έντονη βιολογική πρόσληψή του (Mainstone and Parr, 2002). Πέραν των παραπάνω, πρέπει να γίνει αναφορά και στα πλούσια σε P σωματίδια του πυθμένα. Αυτά φαίνεται πως δύνανται να υποστηρίξουν την ανάπτυξη των φυτών άμεσα μέσω της πρόσληψης από τις ρίζες ή την απελευθέρωση του P στο υδάτινο σώμα (Mainstone and Parr, 2002).

Ολοκληρώνοντας την ενότητα, αξίζει να σημειώσουμε πως τα δημοτικά λύματα περιέχουν ολικό άζωτο και φωσφόρο σε συγκεντρώσεις περί τα 50 mg/L και 10 mg/L αντίστοιχα. Αν ληφθεί υπόψη πως μια τυπική βιολογική επεξεργασία - εάν υπάρχει - δεν περιλαμβάνει ειδικές διαδικασίες απομάκρυνσης των εν λόγω στοιχείων, το μεγαλύτερο κλάσμα των παραπάνω συγκεντρώσεων θα διοχετευθεί στο περιβάλλον και πολλές φορές, σε γλυκούς υδάτινους αποδέκτες. Αυτό σημαίνει ότι απαιτούνται πολύ μεγάλες αραιώσεις για να μειωθούν οι συγκεντρώσεις αζώτου και φωσφόρου των λυμάτων σε επιτρεπτά επίπεδα. Αυτές τις αραιώσεις, ακριβώς, είναι που δε

δύνανται να επιτύχουν, συχνά, οι χαμηλές παροχές των ελληνικών ποταμών (Χριστούλας, 1991).

Γενικά, η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου στα σχετικά επιβαρημένα ποτάμια φαίνεται πως είναι μικρότερη των 0,025 mg P/L (European Environment Agency, 1995). Έτσι, επίπεδα φωσφορικών που υπερβαίνουν τα 0,05 mg P/L υποδηλώνουν κάποια ανθρώπινη επίδραση, όπως η έντονη γεωργία και τα αστικά λύματα. Ειδικότερα περί αστικών λυμάτων, επίπεδα που υπερβαίνουν τα 0,3 mg P/L υποδεικνύουν περιπτώσεις έντονης μόλυνσης (Kristensen, 1996).

Συλλογιζόμενοι όλα τα παραπάνω, οι προκλήσεις της Οδηγίας - πλαίσιο 2000/60/ΕΚ φαίνεται πως είναι δυνατό να επιτευχθούν μόνο με τη δραστική μείωση των απορροών αζώτου και φωσφόρου στους υδάτινους αποδέκτες (Oenema *et al*., 2005). Χαρακτηριστικά, αξίζει να ειπωθεί πως το ανθρωπογενές φορτίο του φωσφόρου στα περισσότερα μέρη της Ευρώπης υπερβαίνει κατά πολύ το φυσικό φορτίο του, μολονότι σε κάποια άλλα σημεία της ηπείρου σημειώνεται μια μείωση 30 - 60% από τα μέσα της δεκαετίας του 80. Σα να μην έφτανε μόνο αυτό, τα επίπεδα των νιτρικών στα περισσότερα ευρωπαϊκά ποτάμια έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία δέκα με είκοσι χρόνια, εξαιτίας της αυξανόμενης ή υψηλής χρήσης λιπασμάτων που περιέχουν νιτρικά, αλλά και από τη γεωργική εκμετάλλευση λεπτών και εύθραυστων εδαφών (Crouzet *et al*, 1999).

2.4.1.1 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Το COD (Chemical Oxygen Demand, Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο) είναι η αναγκαία ποσότητα οξυγόνου για την πλήρη χημική οξείδωση της οργανικής ύλης σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό και αποτελεί ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μέτρο της οργανικής ύλης στο νερό ή στα λύματα (Χριστούλας, 1991). Αξίζει να σημειωθεί πως η οξείδωση των περισσοτέρων οργανικών ενώσεων είναι στο 95 - 100% της θεωρητικής τους τιμής. Η πυριδίνη και οι σχετικές ενώσεις ανθίστανται στην οξείδωση, ενώ οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες, οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και γενικά, οι πτητικές οργανικές ενώσεις οξειδώνονται μόνο σε βαθμό που τους επιτρέπεται να παραμείνουν σε επαφή με το οξειδωτικό. Με την προσθήκη, όμως, Ag_2SO_4 έχουμε πιο αποτελεσματική οξείδωση των ευθύγραμμων αλειφατικών υδρογονανθράκων. Επίσης, οι ευθύγραμμες αλκοόλες και τα οξέα οξειδώνονται

αποτελεσματικά με την παρουσία του καταλύτη αυτού, αλλά οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες εξακολουθούν να μην 'προσβάλλονται' (βενζόλιο, τολουόλιο). Αξίζει να σημειωθεί πως μερικές οργανικές ενώσεις δεν προσδιορίζονται με τη μέθοδο αυτή (π.χ. το οξικό οξύ), παρά μόνο με την προσθήκη καταλύτη Ag_2SO_4. Βέβαια, η προσθήκη της εν λόγω ένωσης δημιουργεί ιζήματα, εάν υπάρχουν ιόντα χλωρίου, βρωμίου ή ιωδίου. Επιπλέον, η αμμωνία - παρούσα στο νερό ή καθώς απελευθερώνεται από οργανικές ενώσεις που εμπεριέχουν άζωτο - δεν οξειδώνεται, παρά μόνο στην παρουσία σημαντικής συγκέντρωσης ελεύθερων ιόντων χλωρίου (Anonymous, 2004; Σίσκος και Σκούλλος, 1990).

Σε γενικές γραμμές, λοιπόν, η εν λόγω μέθοδος προσδιορίζει το ποσό του οξυγόνου που απαιτείται για τη χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων στο υδάτινο σώμα ή τα υγρά απόβλητα (Kiely, 1997).

Από την άλλη πλευρά του νομίσματος, είναι αυτονόητο ότι το ποσό των συνοξειδούμενων ανόργανων ενώσεων πρέπει να βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, προκειμένου να μην υπάρξουν σημαντικά σφάλματα στη μέτρηση του COD. Για παράδειγμα, το υπό προσδιορισμό δείγμα δεν πρέπει να περιέχει περισσότερα από 2g/L χλωριούχων ιόντων, όταν χρησιμοποιείται ως οξειδωτικό το $K_2Cr_2O_7$, γιατί θα υπάρξει οξείδωση των τελευταίων προς στοιχειακό χλώριο. Αυτό, προφανώς, σημαίνει ότι το COD δεν ενδείκνυται για δείγματα θαλασσινού νερού. Η οξείδωση των χλωριόντων, όταν αυτά βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις (κάτω από 2g/L), παρεμποδίζεται με προσθήκη $HgSO_4$ πριν την επίδραση του $K_2Cr_2O_7$. Ο $HgSO_4$ δεσμεύει τα χλωριούχα ιόντα, σχηματίζοντας ευδιάλυτα χλωριοσύμπλοκα, του τύπου $HgCl_4^{2-}$. Πέραν αυτών, τα NO_2^- αντιδρούν με το $K_2Cr_2O_7$ και δίνουν τιμή COD ίση με 1,4 mg για κάθε 1 mg N των νιτρωδών. Για να αποφύγουμε το τελευταίο, προστίθεται στο δείγμα σουλφαμικό οξύ (NH_2SO_3H) σε ποσότητα 10 mg για κάθε 1 mg N των τυχόν υπαρχόντων νιτρωδών (Σίσκος και Σκούλλος, 1990).

Εν συνεχεία και μιλώντας για τους περιορισμούς του COD, ένας από τους πιο σημαντικούς αφορά στην αδυναμία του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου να διαφοροποιεί μεταξύ βιολογικά οξειδούμενης και βιολογικά αδρανούς οργανικής ύλης. Παράλληλα, το COD δεν παρέχει κανένα στοιχείο για το ρυθμό με τον οποίο ένα βιολογικά ενεργό υλικό σταθεροποιείται υπό συγκεκριμένες συνθήκες στη φύση (Sawyer *et al*., 2003). Έχει, λοιπόν, το μειονέκτημα να μη μετρά μόνο τη βιοαποδομήσιμη, αλλά και τη μη βιοαποδομήσιμη οργανική ύλη, κάτι που δε μας

επιτρέπει να μελετήσουμε, ούτε την αποξυγόνωση των υδάτινων σωμάτων, ούτε τη βιολογική επεξεργασία των λυμάτων (Χριστούλας, 1991).

Στον αντίποδα, μεγάλο πλεονέκτημα της χρήσης του COD είναι ότι μετριέται χωρίς μεγάλη χρονοτριβή (μέσα σε 2-3 ώρες), αντί των 5 ημερών που απαιτούνται για τον προσδιορισμό του BOD. Για αυτό, άλλωστε, πολλές φορές το υποκαθιστά. Επίσης, δίνει εύκολη λύση στο πρόβλημα μέτρησης της οργανικής ύλης των τοξικών λυμάτων. Επιπλέον, για δείγματα από συγκεκριμένη πηγή, το COD μπορεί να συσχετιστεί εμπειρικά με το BOD, τον οργανικό άνθρακα ή την οργανική ύλη (Anonymous, 2004).

Εξ' ορισμού, οι τιμές του COD είναι μεγαλύτερες εκείνων του BOD και μάλιστα, οι πρώτες δύνανται να γίνουν ακόμη μεγαλύτερες, όταν είναι παρούσες σημαντικές ποσότητες βιολογικά ανθεκτικής οργανικής ύλης (Sawyer *et al*., 2003). Μιλώντας λίγο ακόμα για τη σχέση μεταξύ BOD και COD, το δεύτερο τείνει να υποκαθιστά το πρώτο, λόγω του προαναφερθέντος γρήγορου προσδιορισμού του τελευταίου. Αλλά και τα αποτελέσματα ενός COD προσδιορισμού μπορούν να ερμηνευτούν ως τιμές BOD, αν είναι γνωστή η σχέση μεταξύ BOD και COD (Sawyer *et al*., 2003).

Τέλος, το COD των επιφανειακών υδάτων μπορεί να κυμαίνεται από 20 mg/L ή και λιγότερο στα μη ρυπασμένα νερά, ενώ μπορεί να υπερβαίνει την τιμή των 200 mg/L (επιφανειακά ύδατα που δέχονται εισροές) (Yusuf *et al*., 2003). Αναφορικά, τώρα, με το πόσιμο νερό, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα θέτει το όριο των 2 mg/L, με μέγιστη αποδεκτή τιμή εκείνη των 5 mg/L, όταν χρησιμοποιείται υπερμαγγανικό κάλιο (αντί του διχρωμικού καλίου) ως οξειδωτικό μέσο (Kiely, 1997).

Σύμφωνα, τώρα, με τη νομοθεσία της Κοινότητας και πιο συγκεκριμένα, με την Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, όταν το νερό προορίζεται να επεξεργαστεί προκειμένου να καταστεί πόσιμο, δεν πρέπει η χημική απαίτησή του σε οξυγόνο να ξεπερνά τα 30 mg/L. Επίσης, για τα αστικά υγρά απόβλητα, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα (Οδηγία 91/271/ΕΟΚ) θέτει ως ανώτερο όριο την τιμή των 125 mg/L, πριν την εισροή τους στους ποταμούς.

2.4.1.2 Νιτρικά ιόντα

Συνοπτικά, μιας και έχει ήδη γίνει λόγος, το άζωτο είναι γενικά διαθέσιμο υπό τη μορφή της αμμωνίας και των νιτρικών (Chiras and Reganold, 2005).

Τα NO_3^-, η πιο οξειδωμένη μορφή των αζωτούχων ενώσεων, είναι συνήθη στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, γιατί αποτελούν το τελικό προϊόν της αερόβιας αποικοδόμησης της οργανικής αζωτούχας ύλης. Για αυτό, άλλωστε, ο προσδιορισμός των νιτρικών βοηθά την εκτίμηση του χαρακτήρα και του βαθμού οξείδωσης στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, των βιολογικών διαδικασιών και της επεξεργασίας των αποβλήτων (Balance, 1996). Σημειώνεται, επίσης, πως τα νιτρικά είναι η επικρατούσα μορφή αζώτου σε ύδατα με φυσιολογικά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου (Office of Environment Canada, 2005). Ενώ διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην αύξηση των φυτών, μιας και αποτελούν συνιστών μέρος των πρωτεϊνών, τα νιτρικά μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο τον άνθρωπο. Αυτό, συμβαίνει κατά την προμήθεια πόσιμου νερού και την παραγωγή τροφίμων με υψηλή συγκέντρωση νιτρικών.

Ως γνωστόν, τα ακατέργαστα υγρά απόβλητα περιέχουν μεγάλη ποσότητα οργανικού αζώτου και αμμωνίας. Αυτές οι ενώσεις περιλαμβάνουν μια μεγάλη μερίδα του συνολικού αζώτου που βρίσκεται και στα δείγματα νερού. Με την πάροδο κάποιου διαστήματος, αυτές οι μορφές σε ένα αερόβιο περιβάλλον μετατρέπονται σε νιτρικά. Τα ιόντα των νιτρικών αλάτων αποτελούν την οξειδωμένη μορφή αζώτου, ενώ είναι χημικά ανενεργά στα αραιά υδάτινα διαλύματα (Benefield *et al*., 1982).

Είναι αλήθεια ότι τα νιτρικά ιόντα διαλύονται πολύ εύκολα στο νερό, ενώ είναι γεγονός πως το πόσιμο νερό παρουσιάζει μια σταθερή αυξητική πορεία ως προς τη συγκέντρωση αυτών των ιόντων τα τελευταία 40 χρόνια, κάτι που συμπίπτει με την αύξηση της χρήσης αζωτούχων λιπασμάτων. Παρόλα αυτά, το πρόβλημα των νιτρικών θα έπρεπε να λέγεται ‘πρόβλημα των νιτρωδών (NO_2^-)’, διότι τα τελευταία είναι αυτά που επιδρούν αρνητικά στην υγεία του ανθρώπου, όπως θα δούμε στη συνέχεια. Τα νιτρικά, λοιπόν, μετατρέπονται σε νιτρώδη με την παρουσία μικροοργανισμών που απαιτούν οξυγόνο, κάτι που μπορεί να συμβεί στο έδαφος, στο νερό και στο ανθρώπινο σώμα (Τσιούρης, 1999).

Έτσι, τα νιτρικά δεν είναι τοξικά στο ανθρώπινο σώμα, παρά μόνο, όταν αυτά μετατρέπονται σε νιτρώδη. Όταν κάτι τέτοιο συμβεί, είναι πιθανό να εκδηλωθούν ασθένειες, όπως η μεθαιμογλοβιναιμία και ο καρκίνος του στομάχου. Η πρώτη

μπορεί να εμφανιστεί σε παιδιά που δεν έχουν συμπληρώσει το πρώτο έτος της ηλικίας τους (άλλοι συγγραφείς ορίζουν το όριο αυτό στους έξι, ακόμα και στους τρεις μήνες) και καταναλώνουν πολλά νιτρικά. Το pH του στομάχου σε αυτή την ηλικία δεν είναι πολύ όξινο (pH 5-7) και όταν υπάρχουν οι κατάλληλοι μικροοργανισμοί, καθίσταται εύκολη η μετατροπή των νιτρικών σε νιτρώδη (Τσιούρης, 1999). Τα νιτρώδη, με τη σειρά τους, αλληλεπιδρούν με την αιμοσφαιρίνη. Έτσι, η τελευταία μετατρέπεται σε μεθαιμογλοβίνη, ούσα ανίκανη να μεταφέρει το οξυγόνο στους ιστούς. Το 'σύνδρομο των μπλε βρεφών' είναι ήδη προ των πυλών. Αναφορικά τώρα με τον καρκίνο του στομάχου, τα νιτρώδη που παράγονται στο στόμαχο μπορούν να αντιδράσουν με δευτεροταγείς αμίνες (από την πέψη των πρωτεϊνών) προς παραγωγή καρκινογόνων N-νιτρόζο ενώσεων (Hatch *et al*., 2002). Υπό συγκεκριμένες συνθήκες, φαίνεται επίσης πως τα νιτρώδη μετατρέπονται σε νιτρικά και τελικά, στις καρκινογόνες νιτροσαμίνες, που πλήττουν τον οισοφάγο, αλλά και το φάρυγγα (Shrimali and Singh, 2001).

Τα νιτρικά, λοιπόν, μπορούν - όπως έχει είδη ειπωθεί - να αναχθούν *in vivo* σε νιτρώδη. Έτσι, η κατάποση 8-15 g νιτρικών μπορεί να προκαλέσει κοιλιακό πόνο, αίμα στα κόπρανα και τα ούρα, αδυναμία και κατάρρευση (Lowe and Hamilton, 1967). Επίσης, η χρόνια κατάποση μικρότερων δόσεων μπορεί να προκαλέσει δυσπεψία, κατάθλιψη και πονοκέφαλο (Magee, 1983).

Με βάση τα παραπάνω, λοιπόν, υπάρχουν διάφορες απόψεις για τα όρια των νιτρικών στο πόσιμο νερό. Από τη στιγμή που επιδημιολογικές μελέτες έχουν δείξει την εμφάνιση μεθαιμογλοβιναιμίας, μόνο σε παιδιά που έπιναν νερό με συγκέντρωση μεγαλύτερη των 100 mg NO_3^-/L, κρίνεται λογικό ένα τέτοιο ανώτατο όριο. Παρόλα αυτά, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει ένα αυστηρότερο όριο - αυτό των 50 mg NO_3^-/L - ακριβώς για την περαιτέρω προστασία των μικρών παιδιών από την προαναφερθείσα ασθένεια. Ακόμα πιο αυστηρός, όμως, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας προτείνει ως όριο αυτό των 44,3 mg NO_3^-/L. Όλα αυτά, βέβαια, για λόγους ασφαλείας, αφού το πρωτοαναφερθέν όριο συγκέντρωσης θεωρείται κατάλληλο, αρκεί να είναι άριστο ως προς τις άλλες παραμέτρους ποιότητας (Τσιούρης, 1999).

Κάποιοι ερευνητές, όμως, υποδεικνύουν πως τα νιτρικά και τα νιτρώδη δεν είναι βλαβερά για την ανθρώπινη υγεία και οι όποιοι περιορισμοί πρέπει να θέτονται αποκλειστικά για περιβαλλοντικούς λόγους. Πιο συγκεκριμένα, τα νιτρώδη φαίνεται πως μετατρέπονται στο στόμαχο σε NO, το οποίο έχει παρατηρηθεί πως δρα προστατευτικά έναντι των γαστρεντερικών παθογόνων, ενώ σε μια επιδημιολογική

μελέτη δεν καταγράφηκε συσχέτιση ανάμεσα στο καρκίνο του στομάχου και τα νιτρικά σε εργάτες βιομηχανίας λιπασμάτων (Golden and Leifert, 1999). Επιπλέον, τα νιτρικά μειώνουν τη δράση των αιμοπεταλίων. Υποστηρίζεται, έτσι, πως μειώνεται η επικινδυνότητα καρδιακής προσβολής. Από την άλλη, τα νιτρικά που αποβάλλονται με τον ιδρώτα αποτρέπουν τις επιδερμικές μολύνσεις (Addiscott, 1999).

Ως απότοκο όλων αυτών, οι Schroder *et al.* (2004) αναφέρουν πως υπάρχει πλήθος αντικρουόμενων απόψεων για τη σχέση των νιτρικών με την ανθρώπινη υγεία, επιβεβαιώνοντας πως το υπάρχον όριο δεν αντιπροσωπεύει το επίπεδο των νιτρικών που βλάπτει την ανθρώπινη υγεία. Ωστόσο, τα επίπεδα στα οποία τα νιτρικά γίνονται τοξικά παραμένουν άγνωστα, με τους επιστήμονες να αναφέρονται σε ποικίλες επιδημιολογικές μελέτες, υποστηρίζοντας τη μια ή την άλλη άποψη.

Πέραν των αρνητικών ή όχι επιδράσεων των νιτρικών στην ανθρώπινη υγεία, απαριθμείται ένα σύνολο περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Ενδεικτικά, τα υπερβολικά επίπεδα νιτρικών είναι άμεσα βλαβερά στους υδρόβιους οργανισμούς. Τα υδρόβια ασπόνδυλα και τα ψάρια που εκτίθενται σε αυτά μπορεί να είναι μικρότερα σε μέγεθος, να ωριμάζουν πιο αργά ή να πλήττεται η αναπαραγωγή τους, ενώ υπό εξαιρετικά μεγάλες συγκεντρώσεις νιτρικών θανατώνονται. Σημειώνεται, εδώ, πως η υδρόβια πανίδα πλήττεται περισσότερο κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξής της. Ενδεικτικά, το νυμφικό στάδιο των αμφιβίων επηρεάζεται σημαντικά και είναι εξαιρετικά ευαίσθητο στην έκθεση στα νιτρικά. Εξαιτίας των παραπάνω, άλλωστε, το Office of Environment Canada (2005) θέτει το όριο των 13 mg νιτρικών ανά λίτρο ύδατος για την προστασία της υδρόβιας ζωής - πιο αυστηρό - σε σχέση με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, αλλά και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Είναι φανερό, λοιπόν, πως υπάρχει ένας σκληρός πόλεμος σχετικά με τα επίπεδα των νιτρικών στα οποία υφίσταται τοξικότητα, ανάμεσα σε όσους υποστηρίζουν και όσους αμφισβητούν τα επιδημιολογικά στοιχεία (Boink and Speijers, 2001).

Γενικά, το περισσότερο άζωτο (συμπεριλαμβανομένων και των νιτρικών) έχει βρεθεί πως απελευθερώνεται στα επιφανειακά ύδατα από διάχυτες πηγές, όπως είναι η ατμοσφαιρική εναπόθεση και οι αγροτικές ή αστικές απορροές, παρά από σημειακές πηγές, όπως τα αστικά ή βιομηχανικά απόβλητα (Office of Environment Canada, 2005).

Αναφερόμενοι, λοιπόν, στις πηγές των νιτρικών, δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε τη χρήση λιπασμάτων. Όπως έχει ήδη σημειωθεί σε προηγούμενη ενότητα, αλλά και παραπάνω, τα νιτρικά χρησιμοποιούνται ευρέως για την ενίσχυση

της σοδειάς, καθώς είναι εξαιρετικά διαλυτά και δύνανται να απορροφηθούν εύκολα από το ριζικό σύστημα των φυτών. Σημειώνεται, εδώ, πως εξαιτίας της υψηλής τους διαλυτότητας, αυτά καταλήγουν εύκολα σε υδάτινα σώματα μέσω απορροών. Μεταξύ των λιπασμάτων, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ένα γνωστό λίπασμα, η νιτρική αμμώνια. Αυτό, φέρει το πλεονέκτημα της παροχής τριών ατόμων αζώτου ανά μόριο. Έτσι, όταν η νιτρική αμμωνία καταλήξει σε κάποιο υδάτινο σώμα, λόγω της υψηλής της διαλυτότητας, πέραν των νιτρικών ιόντων, θα παράξει και αμμωνιακά (Davie, 2002).

Τα ζωικά απόβλητα, τώρα, θεωρούνται ως μια επιπρόσθετη πηγή νιτρικών στα ποτάμια, ειδικά, όταν πρόκειται για φάρμες όπου η κόπρος εφαρμόζεται στους αγρούς. Είναι συνήθης πρακτική η εφαρμογή αυτής στους αγρούς για την ενίσχυση των θρεπτικών συστατικών του εδάφους. Σχεδόν, όμως, η μισή κόπρος θα ξεπλυθεί από τις ανοιξιάτικες βροχοπτώσεις και θα καταλήξει σε κάποιο υδάτινο οικοσύστημα (Chiras and Reganold, 2005). Στην κόπρο εντοπίζεται το οργανικό άζωτο, το οποίο διασπάται προς σχηματισμό νιτρικών. Αυτό αποτελεί μέρος της διαδικασίας της νιτροποίησης, που περιγράφηκε παραπάνω. Αλλά και τα κατοικίδια αποτελούν πηγή νιτρικών, αλλά και φωσφορικών. Υπολογίζεται, μάλιστα, πως οι αστικές απορροές μπορεί να περιέχουν μέχρι και 5 ppm νιτρικών και φωσφόρου (Chiras and Reganold, 2005).

Όσον αφορά τα ποτάμια, τα φυτά που εγκλωβίζουν το αέριο άζωτο από την ατμόσφαιρα είναι μια ακόμη πηγή νιτρικών. Σημειώνεται, εδώ, πως το αέριο άζωτο δεν εγκλωβίζεται από τα φυτά αυτά καθαυτά, αλλά από βακτήρια, όπως το *Rhizobium*, που προσκολλημένα στις ρίζες των φυτών, εγκλωβίζουν το αέριο άζωτο και το καθιστούν υδατοδιαλυτό προς χρήση από τα φυτά. Σαφώς, πρόκειται για τα ψυχανθή, που 'βιώνουν' την παραπάνω ευεργετική συμβίωση. Το άζωτο, λοιπόν, στην υδατοδιαλυτή του μορφή απορρέει σε κάποιο υδάτινο σώμα, ακριβώς, όπως τα λιπάσματα. Εδώ, απαιτείται να σημειωθεί πως τα επίπεδα αζώτου συσσωρεύονται στο έδαφος κατά τη θερινή περίοδο, ενώ 'ξεπλένονται' με τις βροχοπτώσεις του φθινοπώρου και του χειμώνα. Το φθινοπωρινό όργωμα, μάλιστα, απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες του αζώτου που βρίσκεται στο έδαφος (Davie, 2002). Φαίνεται, όμως, πως και το 'πέρασμα' των υπόγειων υδάτων σε λίμνες και χείμαρρους αποτελεί πηγή νιτρικών (Office of Environment Canada, 2005).

Πέραν των παραπάνω, η ατμοσφαιρική ρύπανση δρα ως πηγή νιτρικών στα ποτάμια. Το αέριο άζωτο, το μείζον συστατικό της ατμόσφαιρας, θα ενωθεί με το

οξυγόνο οποτεδήποτε είναι διαθέσιμη η απαραίτητη ενέργεια. Η ενέργεια αυτή είναι άμεσα διαθέσιμη από τις ποικίλες μηχανές καύσης (οχήματα, βιομηχανίες), παράγοντας διάφορες μορφές αέριων οξειδίων. Αυτά τα αέρια είναι υδατοδιαλυτά και έτσι, σχηματίζουν νιτρικά και νιτρώδη όταν βρέχει (Davie, 2002). Στο ίδιο αποτέλεσμα μπορούμε να φτάσουμε και με φυσικό τρόπο, μέσω της ενέργειας που εκλύεται από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές) στην ατμόσφαιρα (Shugar *et al*., 2001). Το πόσο άζωτο καταλήγει στα ποτάμια από την ατμόσφαιρα δεν είναι δυνατό να οριστεί προς το παρόν, καθώς δεν έχει ακόμα διερευνηθεί σε βάθος η εν λόγω διαδικασία (Davie, 2002).

Τέλος, οι Shugar *et al*. (2001) έρχονται να προσθέσουν τη βακτηριακή δράση ως μια ακόμη πηγή νιτρικών. Συγκεκριμένα, υπάρχουν κάποια βακτήρια τα οποία μετατρέπουν τα νιτρώδη σε νιτρικά υπό αερόβιες συνθήκες. Στην ίδια κατεύθυνση το Office of Environment Canada (2005) σημειώνει πως όλες οι μορφές του αζώτου που εντοπίζονται στα επιφανειακά ύδατα μετατρέπονται σε νιτρικά υπό τη δράση βακτηρίων. Επιπλέον, τα νιτρικά εντοπίζονται σε εισροές από βιομηχανικές περιοχές ή με σχετικά υψηλή πυκνότητα πληθυσμού (Shugar *et al*., 2001).

Στα φυσικά νερά, τα νιτρικά ιόντα εντοπίζονται υπό φυσιολογικές συνθήκες σε χαμηλές συγκεντρώσεις, της τάξης λίγων δεκάτων του mg/L. Υψηλότερα επίπεδα νιτρικών αναφέρονται - ως εκ τούτου - σε επιβαρημένα νερά (Balance, 1996a). Πιο συγκεκριμένα, η συγκέντρωση των εν λόγω ιόντων στα σχετικά καθαρά ποτάμια είναι μικρότερη των 0,3 mg N/L (~ 1,33 mg NO_3^-/L), ενώ επίπεδα νιτρικών που υπερβαίνουν το 1 mg N/L (4,43 mg NO_3^-/L) υποδεικνύουν κάποια επίδραση από τον άνθρωπο, όπως οι γεωργικές απορροές (European Environment Agency, 1995). Οι ποταμοί, πάντως, της νότιας Ευρώπης (Πορτογαλία, Ισπανία, Νότια Γαλλία, Ιταλία και Ελλάδα) εμφανίζουν σε γενικές γραμμές συγκεντρώσεις νιτρικών μικρότερες των 2,5 mg N/L (11,08 NO_3^-/L) (Kristensen, 1996).

Γενικά, σημειώνεται πως τα προφίλ των νιτρικών (όπως και των φωσφορικών) στους ποταμούς είναι κατά πολύ εξειδικευμένα ανά σημείο και σχετίζονται στενά με τις ποικίλες υδρολογικές μεταβολές. Πιο αναλυτικά, γι αυτά που προέρχονται από τη χρήση λιπασμάτων, όπως στη δυτική Ευρώπη, τα υψηλότερα επίπεδα εντοπίζονται το χειμώνα, όταν τα γυμνά εδάφη 'ξεπλένονται' από τις βροχοπτώσεις και το λιώσιμο του χιονιού (Global Environmental Monitoring System, 2001).

Ανατρέχοντας στη σχετική με τα νιτρικά ευρωπαϊκή νομοθεσία, η πρώτη στάση γίνεται στην Οδηγία 75/440/ΕΟΚ όπου τα ύδατα που προορίζονται να καταστούν

πόσιμα έχουν σαν προυπόθεση, μεταξύ άλλων, τα νιτρικά ιόντα να περιορίζονται κάτω από 25 mg/L (τιμή οδηγός). Παρόλα αυτά, η συγκέντρωση επιτακτικά και για εξαιρετικές γεωγραφικές και κλιματολογικές περιστάσεις μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 50 mg/L. Η τελευταία τιμή ισχύει και για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης (Οδηγία 98/83/ΕΚ).

2.4.1.3 Νιτρώδη ιόντα

Τα νιτρώδη, μαζί με τα νιτρικά και την αμμωνία, είναι μια από τις πρωτογενείς πηγές αζώτου που είναι διαθέσιμες στα φυτά. Σημειώνεται πως υπό αερόβιες συνθήκες, κάποια βακτήρια μετατρέπουν την αμμωνία σε νιτρώδη (Shugar *et al*., 2001). Γενικά, όμως, τα τελευταία θεωρούνται μεταβατικές (ενδιάμεσες) ενώσεις στον κύκλο του αζώτου και τείνουν να είναι ασταθή (Kiely,1997). Συγκεκριμένα, στη διεπιφάνεια αέρα - ύδατος τα νιτρώδη τείνουν να οξειδώνονται προς νιτρικά. Επιπλέον, σε ύδατα με περιορισμένο οξυγόνο τα νιτρώδη επιβιώνουν μόνο για όσο το οξυγόνο είναι διαθέσιμο (Shugar *et al*., 2001).

Σημαντική, όμως, είναι και η συμβολή της νιτροποίησης κατά το πρώτο στάδιό της (βλέπε διάγραμμα 1). Αν και τα νιτροποιά βακτήρια υπάρχουν, τόσο στην υδάτινη φάση, όσο και στο ίζημα του πυθμένα, εκείνα που βρίσκονται στον πυθμένα είναι πιο σημαντικά ιδίως στα μικρά ποτάμια (Cooper, 1984). Η δραστηριότητά τους επηρεάζεται από αβιοτικούς παράγοντες, όπως το οξυγόνο, η θερμοκρασία, το pH, η ελεύθερη αμμωνία και το φως, ενώ ο ρυθμός της νιτροποίησης εξαρτάται από τη μορφολογία της κοίτης και την ταχύτητα της ροής (Chambers *et al*., 1992; Cooper, 1984). Επιπρόσθετα, οι αναερόβιες συνθήκες δύνανται να οδηγήσουν στη δημιουργία, αλλά και ‘εμμονή’ των νιτρωδών (WHO, 2004). Σημειώνεται, εδώ, πως οι αμμώδεις κοίτες χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις νιτρωδών, σε αντίθεση με τις τραχείς κοίτες ποταμών, που είναι πιο διαπερατές σε οξυγόνο (Von der Wiesche and Wetzel, 1997).

Ολοκληρώνοντας, οι συνήθεις συγκεντρώσεις τους στα επιφανειακά νερά είναι στην κλίμακα κάποιων δέκατων των mg/L (Anonymous, 2004). Η παρουσία μεγάλων ποσοτήτων νιτρωδών υποδεικνύει μερικώς αποικοδομημένα οργανικά απόβλητα στο υδάτινο σώμα, ενώ φυσιολογικά τα νιτρώδη στο πόσιμο νερό βρίσκονται σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 0,1 mg/L (Shugar *et al*., 2001).

Η Ε.Ε., τώρα, θέτει τη συγκέντρωση των νιτρωδών μικρότερη των 0,01 mg/L αν πρόκειται για ύδατα σαλμονιδών και μικρότερη των 0,03 mg/L στην περίπτωση των κυπρινιδών (Οδηγία 78/659/ΕΟΚ). Επίσης, σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΚ, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης δεν πρέπει να φέρει συγκέντρωση νιτρωδών μεγαλύτερη των 0,50 mg/L.

2.4.1.4 Αμμωνία

Η αμμωνία εμφανίζεται στους υδάτινους αποδέκτες σε σημεία υψηλών οργανικών απορροών, κυρίως σε περιοχές έντονης αγροτικής δραστηριότητας. Προκύπτει από τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων (απαμίνωση) και την υδρόλυση της ουρίας (Anonymous, 2004), ενώ παραμένει στα νερά (ελεύθερη ή ενωμένη με ιζήματα) υπό αναερόβιες συνθήκες (Cook, 1998). Σημειώνεται πως οι αναερόβιες συνθήκες εμποδίζουν τις λειτουργίες της νιτροποίησης, προκαλώντας έτσι συσσώρευση αμμωνίας (Allan, 1995). Όμως, η αμμωνία είναι και αποτέλεσμα της μικροβιολογικής αποικοδόμησης ζωικών, αλλά και φυτικών πρωτεϊνών (Shugar *et al*., 2001). Εντοπίζεται, ακόμη, σε σημεία όπου εισρέουν βιομηχανικά απόβλητα, πλούσια σε οργανικό άζωτο, ελεύθερη αμμωνία ή και αμμωνιακά άλατα (Balance, 1996), ενώ καταλήγει στους υδάτινους αποδέκτες και μέσω λιπασμάτων, αλλά και ποικίλων διαλυτών (Shugar *et al*., 2001). Τέλος, είναι πρωτογενές παραπροϊόν του πρωτεϊνικού μεταβολισμού και για αυτό οι συγκεντρώσεις της είναι υψηλότερες αργά κατά την παραγωγική περίοδο, όταν η βιομάζα και το ποσό της πρωτεϊνικής τροφής είναι μέγιστα. Σημειώνεται, επιπλέον, πως και τα ψάρια εκκρίνουν αμμωνία στο νερό (Wurts, 2003).

Η τελευταία, με τη σειρά της, οξειδώνεται εύκολα προς νιτρικά και νιτρώδη, όταν επαρκές οξυγόνο είναι παρόν (νιτροποίηση). Υπό αναερόβιες συνθήκες, πάλι, το οργανικό άζωτο μετατρέπεται σε ιονισμένη (NH_4^+) ή μη αμμωνία (NH_3) (Anonymous, 2004).

Στα επιφανειακά ύδατα, τώρα, η αμμωνία εντοπίζεται σε μικρές συγκεντρώσεις, καθώς προσροφάται στον άργιλο και τα λοιπά σωματίδια του εδάφους (Shugar *et al*., 2001). Γενικά, στα ποτάμια ενυπάρχει σε δύο μορφές: το ιόν του αμμωνίου και την αέρια αμμωνία. Η πρώτη είναι αβλαβής στα επίπεδα που συναντώνται συνήθως στο νερό. Ωστόσο, το μη ιονισμένο αμμωνιακό άζωτο, δηλαδή η διαλυμένη στα ύδατα

αέρια αμμωνία (NH_3), είναι ισχυρή τοξική ουσία για τους υδρόβιους οργανισμούς και διάφοροι κανονισμοί ορίζουν τη μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωσή της στους ποταμούς περί τα 0,02 mg/L (Chapra, 1997). Μάλιστα, η τοξικότητά της αυξάνει, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, μιας και τότε η χημική ισορροπία ευνοεί τη μη ιονισμένη μορφή (Wurts, 2003). Στο σημείο αυτό, αξίζει να σημειωθεί πως τα αστικά και βιομηχανικά λύματα περιέχουν αμμωνιακό άζωτο (NH_3 και NH_4^+) σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Παρότι η αμμωνία έχει μεγάλη διαλυτότητα στο νερό, στις συνήθεις τιμές του pH και της θερμοκρασίας αποτελεί πολύ μικρό ποσοστό, πολλές φορές, όμως, κρίσιμο του συνολικού αμμωνιακού αζώτου. Αυτό συμβαίνει, διότι η κατανομή του τελευταίου μεταξύ αμμωνίας και ιόντων αμμωνίου εξαρτάται από την τιμή του pH (σχέση ισορροπίας). Ενδεικτικά, στους 25 ^oC και για pH ίσο με 7 η αμμωνία αποτελεί το 0,57% του όλου αμμωνιακού αζώτου, ενώ για pH=11 το ποσοστό γίνεται 98,2%! (Χριστούλας, 1991). Πιο αναλυτικά, ο Ballance (1996a) παραθέτει:

<u>Πίνακας 12:</u> Ελεύθερη αμμωνία και αμμωνιακά ιόντα συναρτήσει του pH

pH	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
% NH_3	0	1	4	25	78	96
% NH_4^+	100	99	96	75	22	4

Η συγκέντρωση, τώρα, της μη ιονισμένης αμμωνίας παρουσιάζει μεταβολές και κατά τη διάρκεια της ημέρας. Συγκεκριμένα, αυτή έχει τη χαμηλότερη τιμή της πριν την αυγή και τη μέγιστή της αργά το απόγευμα. Ως εκ τούτου, προκειμένου οι αποφάσεις μας να έχουν και πρακτική αξία, το NH_3-N πρέπει να ελέγχεται αργά το απόγευμα (Wurts, 2003). Εν συνεχεία, οι συγκεντρώσεις της ποικίλουν από μικρότερες των 10 Φg/L σε κάποια επιφανειακά και υπόγεια ύδατα έως μεγαλύτερες των 30 mg/L στα υγρά απόβλητα (Anonymous, 2004).

Η εμφάνιση της αμμωνίας στην ευρωπαϊκή νομοθεσία γίνεται μέσω της Οδηγίας 78/659/ΕΟΚ για την υποστήριξη της επιβίωσης των ιχθύων. Σύμφωνα με αυτήν, η

κατευθυντήρια τιμή της συγκέντρωσης των υδάτων στην εν λόγω ένωση είναι 0,005 mg/L, ενώ η υποχρεωτική αυξάνει έως τα 0,025 mg/L.

2.4.1.5 Φωσφορικά ιόντα

Στο περιβάλλον, ο βιοδιαθέσιμος φωσφόρος (διαλυτός ανόργανος P) εντοπίζεται - σχεδόν αποκλειστικά - με τη μορφή ορθοφωσφορικών (PO_4^{3-}), με σθένος +5. Αν και κάποια μέλη των γενών *Bacillus*, *Pseudomonas* και *Clostridium* μπορούν να ανάγουν τα PO_4^{3-} σε PO_2^{3-} υπό ανοξικές συνθήκες, οι μετατροπές αυτές θεωρούνται περιορισμένες και ποιοτικά ασήμαντες. Εξαιτίας του ότι ο φωσφόρος δεν καταναλώνεται μέσω μικροβιακής δραστηριότητας (όπως συμβαίνει με τον οργανικό άνθρακα), ο ρυθμός μετατροπής του φωσφόρου στα υδρόβια οικοσυστήματα μπορεί να υπερβεί τα χαμηλά επίπεδα ορθοφωσφορικών (Geldreich and LeChavelier, 1999). Τα φωσφορικά, όμως, διαφέρουν και από τα νιτρικά ως προς το ότι δεν είναι τόσο διαλυτά. Για αυτό, τα πρώτα βρίσκουν εφαρμογή ως στερεά λιπάσματα και η χρήση τους είναι λιγότερο συχνή συγκριτικά με τα νιτρικά (Davie, 2002).

Στην περίπτωση των ποταμών, η κύρια πηγή διαλυτών φωσφορικών είναι τα απορρυπαντικά και τα σαπούνια που απορρέουν σε αυτούς (Davie, 2002). Ακόμα, οι φωσφορικές ενώσεις χρησιμοποιούνται στα συστήματα παροχής νερού για τον έλεγχο της διάβρωσης, στα βιομηχανικά συστήματα ψύξης του νερού, καθώς και για την παραγωγή συνθετικών απορρυπαντικών (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Άλλες χρήσεις τους αφορούν χημικά, εντομοκτόνα, έλαια, συμπληρώματα ζωοτροφών, καταλύτες και λιπαντικά, ενώ περίπου το 80% της παραγωγής των φωσφορικών σχετίζεται με τα λιπάσματα (Dojlido and Best, 1993). Τα παραπάνω είχαν ως αποτέλεσμα η συγκέντρωση του φωσφόρου στα επεξεργασμένα αστικά απόβλητα να κυμαίνεται στα 3-4 mg/L στην προ-απορρυπαντικών εποχή, εμφανίζοντας στις μέρες μας τις τιμές της τάξης των 10-20 mg/L (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Αναφέρεται πως η επεξεργασία των λυμάτων απομακρύνει πολύ λίγα φωσφορικά από τα απορρυπαντικά ή τα λοιπά υγρά απόβλητα, εκτός αν υπάρχουν εξειδικευμένες μονάδες επεξεργασίας. (Davie, 2002).

Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό πως η μέγιστη ποσότητα φωσφορικών στα ποτάμια βρίσκεται προσκολλημένη στα σωματίδια του πυθμένα. Ακριβώς το γεγονός

αυτό ευνοεί τον ευτροφισμό, αφού τα προσκολλημένα φωσφορικά παραμένουν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα εντός των ποταμών (Davie, 2002).

Φυσιολογικά, ο φωσφόρος είναι σπάνιος. Όμως, πολλές ανθρώπινες δραστηριότητες ενισχύουν την περιεκτικότητα των υδάτινων σωμάτων σε αυτόν. Προς ενίσχυση των παραπάνω, τόσο τα ανθρώπινα, όσο και τα ζωικά απόβλητα περιέχουν σημαντικό ποσό φωσφόρου (Chapra, 1997). Τα τελευταία φαίνεται πως είναι μεγάλης ισχύος ρυπαντές, ικανά να προκαλέσουν σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα, ενώ επαναλαμβανόμενες και βαριές εφαρμογές κόπρου στο έδαφος προκαλούν τη συσσώρευση φωσφορικών. Τα αυξημένα επίπεδα των τελευταίων στο έδαφος σχετίζονται με την απελευθέρωση των υδατοδιαλυτών μορφών του φωσφόρου στους υδάτινους αποδέκτες. Σημειώνεται πως ελάχιστη συγκέντρωση υδατοδιαλυτού φωσφόρου (0,01 mg/L) αρκεί για την άνθιση των φυκών, αν οι απαιτούμενες περιβαλλοντικές συνθήκες λαμβάνουν χώρα (Kiely, 1997). Σε αυτά, προσθέτονται οι μη σημειακές πηγές από την αγροτική και αστική γη, ενώ η ανθρώπινη δραστηριότητα οδηγεί πολλές φορές σε διάβρωση των εδαφών, ενισχύοντας τη μεταφορά του εν λόγω στοιχείου προς τους υδάτινους αποδέκτες (Chapra, 1997). Πάντως, οι υψηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών που εντοπίστηκαν σε κάποια από τα ποτάμια της δυτικής Ευρώπης είναι ενδεικτικές του φορτίου αστικών λυμάτων τα οποία δε δέχθηκαν την απαραίτητη επεξεργασία προς απομάκρυνση του φωσφόρου. Μάλιστα, περίπου η μισή ποσότητα των φωσφορικών στα αστικά λύματα προέρχεται από τα απορρυπαντικά, ενώ το άλλο μισό πηγάζει από ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα (Anonymous, 2004).

Αναφορικά με τις επιδράσεις του φωσφόρου, αυτός αποτελεί σημαντικό συστατικό για την ανάπτυξη των φυκών και άλλων υδρόβιων οργανισμών. Ωστόσο, παρατηρούνται σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις, όταν οι επεξεργασμένες ή μη απορροές αυξάνουν την περιεκτικότητα των υδάτων σε αυτόν. Μολονότι ο φωσφόρος συμβάλει στην ανάπτυξη των φυκών και τον ευτροφισμό, η παρουσία του στο πόσιμο νερό έχει ελάχιστες επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία (Nathanson, 2000).

Σε σχέση με το φωσφόρο, τώρα, στη νομοθεσία της Ε.Ε., αυτός ως P_2O_5 δεν πρέπει σε νερά που προορίζονται για πόσιμα να ξεπερνά τα 0,4 ή 0,7 mg/L, ανάλογα με την ακολουθούμενη επεξεργασία (Οδηγία 75/440/ΕΟΚ). Επίσης, στην ΚΥΑ Υ2/2600/2001, σε σχέση με το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, το P_2O_5 έχει ως 'οροφή' τα 5 mg/L. Αξίζει να σημειωθεί πως οι παραπάνω τιμές μπορούν να

αντικατοπτρίζουν φωσφορικά, όταν διαιρεθούν με το συντελεστή 0,747. Έτσι, τα παραπάνω όρια προσεγγιστικά γίνονται 0,54, 0,94 και 6,70 mg/L, αντίστοιχα.

2.5 Ανεπιθύμητες ουσίες

2.5.1 Φαινόλες

Ως φαινόλες ορίζονται τα υδροξυλικά παράγωγα του βενζολίου και οι συμπυκνωμένοι πυρήνες τους (Anonymous, 2004). Γενικά, οι εν λόγω ενώσεις περιλαμβάνουν πολλές οργανικές ουσίες, με το κοινό χαρακτηριστικό ενός αρωματικού δακτυλίου που φέρει μια ή περισσότερες υδροξυλικές ομάδες, καθώς και μια λειτουργική πλευρική αλυσίδα (Thomsom, 1964). Οι ενώσεις αυτές μπορεί να είναι μονοσθενείς, δισθενείς, κ.λ.π. ανάλογα με το αν περιέχουν ένα, δύο ή περισσότερα φαινολικά υδροξύλια (Σακελλαρίδης, 1997).

Αναφορικά με τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες, οι φαινόλες είναι σώματα άχρωμα, ως επί το πλείστον κρυσταλλικά, τα οποία αποστάζουν χωρίς να αποσυντίθενται. Πολλές από αυτές έχουν χαρακτηριστική οσμή, αλλά και αντισηπτική δράση, με τα πρώτα μέλη να είναι διαλυτά στο νερό, αλλά και όλες τις φαινολικές ενώσεις να διαλύονται στην αιθυλική αλκοόλη και τον αιθέρα. Αξιοσημείωτο είναι πως οι φαινόλες παρουσιάζουν όξινο χαρακτήρα, ούσες ικανές να σχηματίζουν άλατα με τα αλκάλια (φαινολικά άλατα), που, μάλιστα, διαλύονται στο νερό, χωρίς να διασπώνται. Φυσικά, οι φαινόλες είναι ασθενέστερα οξέα και από το H_2CO_3, με αποτέλεσμα να μην απελευθερώνεται διοξείδιο του άνθρακα, όταν αυτές έρχονται σε επαφή με τα ανθρακικά άλατα. Πάντως, οι φαινολικές ενώσεις έχουν εντονότερα εκφρασμένο τον αρωματικό χαρακτήρα, σε σχέση με τους αρωματικούς υδρογονάνθρακες (Σακελλαρίδης, 1997).

Οι φαινόλες ή αλλιώς, υδροξυλοβενζολικές ενώσεις συναντώνται στο πόσιμο νερό, στα οικιακά και βιομηχανικά υγρά απόβλητα, αλλά και τα φυσικά ύδατα. Τα τελευταία, φυσιολογικά, περιέχουν λιγότερο από 1 μg φαινολών/L (Shugar *et al.,* 2001). Τα επιβαρημένα με φαινόλες ύδατα παράγονται, ευρέως, ως απόβλητα διάφορων βιομηχανικών και γεωργικών δραστηριοτήτων (Mills *et al*., 1985).

Οι φαινολικές ενώσεις και τα παράγωγά τους, τώρα, θεωρούνται ρύποι προτεραιότητας, επειδή είναι επιβλαβείς για τους ζώντες οργανισμούς, ακόμη και σε

χαμηλές συγκεντρώσεις (Mills *et al*., 1985). Εάν απελευθερώνονται στο περιβάλλον, μπορούν να συσσωρευτούν στο χώμα, τα υπόγεια ύδατα, ή τα επιφανειακά νερά, αντιπροσωπεύοντας κατά συνέπεια ένα ζήτημα μεγάλης περιβαλλοντικής ανησυχίας (Gianfreda *et al*., 2003). Επισημαίνεται πως ένας επιπρόσθετος λόγος 'εναντίωσής' μας στην ύπαρξη φαινολών στα υγρά απόβλητα αφορά τη δυνατότητά τους να αναστέλλουν τη βιολογική τους επεξεργασία (Borja *et al.*, 1997). Όταν γίνεται λόγος για τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων, αναφερόμαστε, ακριβώς, σε εκείνο το σκούρο, δύσοσμο υγρό, που ανθίσταται στην αποικοδόμηση και είναι πλούσιο σε φαινόλες, οι οποίες είναι αντιμικροβιακές, αλλά και φυτοτοξικές (Ramos-Cormenzana, 1997).

Η χλωρίωση τέτοιων υδάτων μπορεί να παράξει χλωροφαινόλες, οι οποίες επηρεάζουν τη γεύση και την οσμή των υδάτων. Εντούτοις, η απομάκρυνση των φαινολών περιλαμβάνει υπερχλωρίωση, επεξεργασία με διοξείδιο του χλωρίου, οζονοποίηση και ενεργή προσρόφηση άνθρακα (Anonymous, 2004). Παρόλα αυτά, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, τα επιβαρημένα με τις εν λόγω ενώσεις απόβλητα διαφορετικής προέλευσης είναι πλούσια σε ποικίλες φαινόλες, και η ετερογένειά τους αντιπροσωπεύει ένα από τα κύρια προβλήματα που πρέπει να ξεπεραστούν στις διαδικασίες επεξεργασίας αποβλήτων (Gianfreda *et al*., 2003).

Τα διυλιστήρια πετρελαίου, καθώς και ποικίλες βιομηχανίες παραγωγής χημικών παράγουν φαινολικά απόβλητα και έτσι, δύνανται να ρυπάνουν τα νερά με φαινόλες και φαινολικές ενώσεις. Όπως γνωρίζουμε, οι τελευταίες χρησιμοποιούνται για την παραγωγή σαλικυλικού οξέος, ρητινών, δείκτη φαινοφθαλεΐνης, χλωροφαινολικών ενώσεων και διαλυτών. Επιπρόσθετα, οι φαινόλες βρίσκουν εφαρμογή και ως εκλεκτικοί διαλύτες των λιπαντικών (Shugar *et al.,* 2001).

Είναι δεδομένο πως πρόκειται για μια κατηγορία ενώσεων σημαντικής περιβαλλοντικής σπουδαιότητας, δεδομένου ότι οι φαινόλες μπορούν να βρεθούν στο υδρόβιο περιβάλλον ως προϊόντα βιοδιάσπασης των χουμικών ουσιών, λιγνινών και των τανινών ή ως παράγωγα των πλαστικών, των βιομηχανιών χρωστικών ουσιών και της επεξεργασίας πολτού καρπών (π.χ. ελαιόκαρπος). Οι χλωροφαινόλες, ενδεικτικά, μπορεί να είναι παρούσες στα περιβαλλοντικά διαμερίσματα ως ενώσεις που προέρχονται από τις βιομηχανικές δραστηριότητες (ενδεικτικά, χημικές ουσίες, συντηρητικά) ή από την αποικοδόμηση άλλων ρύπων, όπως τα φυτοφάρμακα και τα ζιζανιοκτόνα (Bruzzoniti *et al*., 2000). Τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβείων έχει παρατηρηθεί πως αποτελούν έντονους ρυπαντές, ειδικότερα, εξαιτίας της υψηλής

συγκέντρωσής τους σε αρωματικές ενώσεις, οι οποίες και είναι τοξικές (Hamdi, 1992; DellaGreca *et al*., 2001). Συγκεκριμένα, η εναπόθεση 30 εκατ. m^3 υγρών αποβλήτων από τα ελαιοτριβεία κάθε χρόνο αποτελεί μέγιστο περιβαλλοντικό ζήτημα στις Μεσογειακές χώρες, εν μέρει, γιατί μεγάλος όγκος εισροών παράγεται σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα του χειμώνα (Cermola *et al*., 2004).

Λόγω, ακριβώς, της τοξικότητάς τους η Ευρωπαϊκή Ένωση και η Αμερικανική Γραμματεία Περιβαλλοντικής Προστασίας (U.S.EPA), απαρίθμησαν διάφορες ενώσεις φαινολών ως ρύπους προτεραιότητας στο υδάτινο περιβάλλον και έτσι, έχουν υιοθετηθεί τεχνικές ανίχνευσης, ιδιαίτερα υψηλής ευαισθησίας (Bruzzoniti *et al*., 2000).

Όσον αφορά, τώρα, τις επιπτώσεις της φαινόλης, αυτή επηρεάζει τόσο τους ανθρώπους, όσο και τα ζώα. Πιο αναλυτικά, είναι πολύ τοξική για τον άνθρωπο κατόπιν κατάποσης, με αυτήν του ενός γραμμαρίου να προκαλεί το θάνατο. Τότε, τα συμπτώματα που εκδηλώνονται περιλαμβάνουν τη μυϊκή αδυναμία, την παράλυση, την απώλεια συντονισμού κινήσεων, αλλά και το κώμα (U.S. Department of Health and Human Services, 1993). Επιπρόσθετα, έχουν αναφερθεί μεταβολές του αίματος, ηπατικές και νεφρικές βλάβες, καθώς και καρδιακή τοξικότητα (αδύναμος παλμός, μειωμένη καρδιαγγειακή πίεση) σε άτομα που εκτέθηκαν σε φαινόλες από στόματος (Calabrese and Kenyon, 1991). Αναφορικά δε με τις επιπτώσεις στα ζώα, παρατηρείται απώλεια σωματικού βάρους, αναπτυξιακή υστέρηση, αλλά και ανώμαλη ανάπτυξη στους απόγονους των ζώων που έχουν εκτεθεί από στόματος. Ακόμα έχει παρατηρηθεί αυξημένη θνησιμότητα κατά τη γέννηση (U.S. Department of Health and Human Services, 1993). Τα συστήματα που πλήττονται, εδώ, περιλαμβάνουν το νευρικό, το αναπνευστικό και το καρδιαγγειακό, ενώ το ήπαρ και τα νεφρά δεν αποφεύγουν τις όποιες βλαβερές συνέπειες (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 1989).

Η Οδηγία 75/440/ΕΟΚ, τώρα, σχετική με τα ύδατα που προορίζονται για τη μετατροπή τους σε πόσιμα, ορίζει ως όριο συγκέντρωσης φαινολικών ενώσεων τα 1, 5, 10 και 100 μg/L, ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας. Όσον αφορά την υποστήριξη της επιβίωσης των ιχθύων (Οδηγία 78/659/ΕΟΚ), δε δίνεται συγκεκριμένο όριο συγκέντρωσης, αλλά σημειώνεται πως οι φαινολικές ενώσεις δε θα πρέπει να επιδρούν αρνητικά στην οσμή των ψαριών. Το ίδιο ισχύει και για τα ύδατα κολύμβησης, μιας και δεν πρέπει να αναδύουν καμία χαρακτηριστική οσμή,

εξαιτίας των φαινολών (Οδηγία 76/160/ΕΟΚ). Τέλος, σύμφωνα με την ΚΥΑ Υ2/2600/2001, σχετικά με το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, η συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων σε αυτό δε δύναται να ξεπερνά τη συγκέντρωση των 0,50 μg/L.

2.6 Μόλυνση των ποταμών - Δείκτες μόλυνσης - Κύρια παθογόνα - Πηγές

2.6.1 Μικροβιολογικές παράμετροι

Από την αρχή της καταγεγραμμένης ιστορίας, το νερό αναγνωρίστηκε ως ένας εν δυνάμει μεταφορέας ασθενειών. Ο Μέγας Αλέξανδρος (356-323 π.Χ.), προκειμένου να προστατέψει την υγεία του, είχε την προσωπική ασημένια υδρία του για τη μεταφορά του νερού που κατανάλωνε. Φανερά, η συσχέτιση των βαρέων μετάλλων (όπως το ασήμι) με την αποφυγή ασθενειών που προέρχονται από το νερό ήταν τότε ήδη γνωστή μέσω τυχαίων παρατηρήσεων. Η σχέση ανάμεσα στην παροχή γλυκού νερού και την υγεία ενός αστικού πληθυσμού εντοπίζεται στην εποχή της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας (27 π.Χ.). Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος της τεχνολογίας για την προστασία της παροχή ύδατος χάθηκε κατοπινά μέχρι τα μέσα του 19^{ου} αιώνα (Prescott *et al*., 1999). Ιστορικά, λοιπόν, το μεγαλύτερο ενδιαφέρον μας σχετικά με την καθαρότητα του νερού αφορούσε και αφορά τη μετάδοση ασθενειών. Έτσι, αναπτύχθηκαν έλεγχοι για τον προσδιορισμό της ασφάλειας του, πολλοί από τους οποίους χρησιμοποιούνται τώρα και στα τρόφιμα (Tortora *et al*., 1998).

Τα επιφανειακά ύδατα εμπεριέχουν αρκετά μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών, οι περισσότεροι εκ των οποίων αποτελούν μέρος της φυσικής χλωρίδας του νερού, ενώ άλλοι καταλήγουν στα φυσικά ύδατα μέσω φυσικών φαινομένων (βροχές, κατολισθήσεις κλπ) και άλλοι με την ανθρώπινη δραστηριότητα (αστικά λύματα, απόβλητα κλπ). Η ατμόσφαιρα μπορεί, επίσης, να αποτελεί οδό εισόδου παθογόνων μικροοργανισμών. Υποστηρίζεται, ακόμη, πως οι κολυμβητές μολύνουν τα νερά αναψυχής, ιδιαίτερα σε σημεία όπου προσέρχονται πολλοί λουόμενοι. Η κατάταξη αυτών των μικροοργανισμών, σε σχέση με την επίδρασή τους στον άνθρωπο, μπορεί να αποδοθεί ως εξής (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995):

- Σε εκείνους που συμβιώνουν με τον άνθρωπο και έχουν θετική συνεισφορά στον ανθρώπινο μεταβολισμό, ενώ κατά τον εποικισμό τους στο ανθρώπινο σώμα αποτελούν μέρος της φυσικής χλωρίδας αυτού.
- Στους παθογόνους μικροοργανισμούς που μπορούν να προκαλέσουν νόσο. Βέβαια, σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί να εγκατασταθούν στο ανθρώπινο σώμα, χωρίς, όμως, το άτομο ξενιστής να νοσήσει. Τα άτομα αυτά αποκαλούνται 'φορείς' και παρά το ότι οι ίδιοι δε νοσούν, μπορούν να μεταδώσουν τη νόσο σε άλλα άτομα
- Στους δυνητικά παθογόνους, οι οποίοι αποτελούν μέρος της φυσικής χλωρίδας για κάποιους ανθρώπους, αλλά για κάποιες άλλες κατηγορίες πληθυσμού (παιδιά, ασθενείς, υπερήλικες, ανοσοκατεσταλμένοι) είναι παθογόνοι.

Τα ενδιαιτήματα γλυκών υδάτων - όπως, ποταμοί, βάλτοι, χείμαρροι και λίμνες - περιέχουν μια μεγάλη ποικιλία μικροοργανισμών. Πώς; Τα περισσότερα ποτάμια είναι γνωστό πως τροφοδοτούνται από πηγές. Μολονότι, τα υπόγεια ύδατα και το νερό των πηγών χαρακτηρίζονται από χαμηλά επίπεδα θρεπτικών συστατικών και μικροοργανισμών, λόγω του φαινομένου της διήθησης από το έδαφος, σε αυτά τα ύδατα εντοπίζονται κάποιοι μικροοργανισμοί. Αυτοί φαίνεται πως αφορούν στα γένη *Micrococcus, Pseudomonas, Serratia, Flavobacterium, Chromobacterium* και *Achromobacter* (Lim, 1998).

Εν συνεχεία και καθώς τα ύδατα φτάνουν στην επιφάνεια ή συναντούν άλλα υδάτινα σώματα, επιμολύνονται με διάφορους τύπους μικροοργανισμών. Υπάρχει, λοιπόν, η γενική άποψη πως η επιφανειακή απορροή είναι η πρωτεύουσα διαδικασία μικροβιακής μεταφοράς, η οποία σχετίζεται με τις 'μη σημειακές' πηγές μόλυνσης των επιφανειακών υδάτων (Moore *et al.,* 1983). Από την άλλη, το νερό που κινείται υπό το έδαφος διηθείται και έτσι, οι περισσότεροι μικροοργανισμοί απομακρύνονται. Για αυτό το λόγο, τα νερά των πηγών είναι γενικά καλής ποιότητας (Tortora *et al*., 1998).

Επομένως, οι ποταμοί - νερό που ρέει σε στενή επαφή με το έδαφος - δύνανται να εμπεριέχουν μεγάλους αριθμούς εδαφικών βακτηρίων (*Bacillus, Actinomyces, Streptomyces*), μυκήτων (*Polyphagus, Penicillium, Aspergillus*) και φυκών (*Microcystis, Nostoc*). Όλοι αυτοί οι μικροοργανισμοί, φυσικά, αλλοιώνουν τη γεύση και την οσμή του νερού των ποταμών. Επιπρόσθετα, οι τελευταίοι λαμβάνουν μεγάλες συγκεντρώσεις βακτηρίων και αγροχημικών, μέσω των απορροών κατά τη

διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων ή κατόπιν άρδευσης. Σε πολλές χώρες, οι ποταμοί επιμολύνονται σε μεγάλο βαθμό από βακτήρια που προέρχονται από υγρά απόβλητα, όπως τα: *Escherichia coli, Enterococcus faecalis, Proteus vulgaris* και *Clostridium* spp., αλλά και άλλα εντερικά βακτήρια. Σημειώνεται, εδώ, πως μολονότι πολλοί ρυπαντές απομακρύνονται από τα ποτάμια κατά τη φυσική τους ροή, η παρουσία τέτοιων εντερικών βακτηρίων μπορεί να απειλήσει τη δημόσια υγεία (Lim, 1998). Από την άλλη, ως η πρωτογενής πηγή τους θεωρούνται τα κόπρανα, τόσο από τα ζώα, όσο και από τον άνθρωπο. Τα περισσότερα βακτήρια που προέρχονται από τις απορροές κατόπιν καταιγίδων είναι ζωικής προέλευσης. Μελέτες, επιπλέον, έχουν δείξει πως κατά τη διάρκεια καταιγίδων, το νερό μεταφέρει και χημικά, όπως εντομοκτόνα, χημικά απόβλητα (κοντά σε βιομηχανίες), αλλά και οργανική ύλη που έχει εναποτεθεί στο έδαφος από διάφορες πηγές (Lim, 1998). Το φαινόμενο, τέλος, της επανααιώρησης βακτηρίων από τον πυθμένα πίσω στην υδάτινη στήλη του ποταμού δεν χαίρει της απαιτούμενης προσοχής. Η επανααιώρηση αυτή λαμβάνει χώρα ως αποτέλεσμα ροών, κατόπιν βροχοπτώσεων ή συνέπεια ανθρώπινων και ζωικών διαταραχών (Jamieson *et al*., 2004).

Επισημαίνεται, εδώ, πως η εισροή κοπράνων στο υδάτινο σώμα είναι και η πιο επικίνδυνη μορφή μόλυνσής του, καθώς είναι πολλές οι ασθένειες που ακολουθούν την κοπρανώδη-στοματική οδό μετάδοσης, κατά την οποία ένα παθογόνο εντοπίζεται στα κόπρανα ανθρώπων ή ζώων, επιμολύνει το υδάτινο σώμα, με ακόλουθη την κατάποση (Tortora *et al*., 1998). Εξάλλου, η πρωτογενής πηγή μικροβιακής μόλυνσης στις αγροτικές υδρολογικές λεκάνες είναι η κοπρανώδης ύλη από τα ζώα. Πέραν αυτής, μη αγροτικές πηγές μικροβιακής μόλυνσης περιλαμβάνουν τα αποτυχόντα σηπτικά συστήματα και την άγρια ζωή. Σημειώνεται, εδώ, πως είναι δύσκολο να χαρακτηριστούν τα επίπεδα μόλυνσης που πηγάζουν από την άγρια ζωή, αν και αυτή (ενδεικτικά, τα υδρόβια πουλιά) μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή κοπρανώδους μόλυνσης για τις αγροτικές υδρολογικές λεκάνες (Jamieson *et al.,* 2004). Αναλύοντας λίγο αυτό που συμβαίνει κατά την εισροή αποβλήτων σε ένα ρέον υδάτινο σώμα, αναφέρεται πως κοντά στο σημείο εισόδου επικρατούν μούχλες και ποικίλα βακτήρια, με τη βιοποικιλότητα των ανώτερων οργανισμών να μειώνεται δραματικά λίγο πιο κάτω από το σημείο της εισροής. Κατά τον επαναερισμό του όλου συστήματος, ωστόσο, οι ισορροπίες αποκαθίστανται (Chapra, 1997). Εδώ, δε θα πρέπει να παραληφθεί η αναφορά στο γεγονός πως τα άγρια ζώα και πτηνά αποτελούν σημαντικές πηγές παθογόνων (Varnam and Evans, 2000).

Είναι, πλέον, ξεκάθαρο πως η αποχέτευση λυμάτων στα υδάτινα σώματα 'λειαίνει' το έδαφος - όσο παράδοξο κι αν μοιάζει κυριολεκτικά το λεκτικό σχήμα - για τη μετάδοση παθογόνων μικροοργανισμών για κάποιες χρήσεις του νερού. Τέτοιες χρήσεις, σύμφωνα με το Χριστούλα (1991), είναι η άρδευση, η κολύμβηση, η αλιεία εδώδιμων οστρακόδερμων και τέλος, η άρδευση οπωρολαχανικών.

Κι εδώ, οι πηγές μικροβιακής μόλυνσης διακρίνονται σε 'σημειακές' και 'μη σημειακές'. Οι τελευταίες, ως συνήθως, είναι πιο δύσκολο να ταυτοποιηθούν και να χαρακτηριστούν. Η μεταφορά, τώρα, των δυνητικών παθογόνων από τις 'μη σημειακές' πηγές στους χείμαρρους σχετίζεται με ποικίλους παράγοντες, οι οποίοι και επιδρούν στην απορροή. Ο αριθμός των μικροοργανισμών που θα είναι διαθέσιμος προς μεταφορά εξαρτάται, ακόμη, από το χρόνο εφαρμογής του κόπρου, αλλά και από το συνδυασμό φυσικών, χημικών και βιολογικών παραγόντων, οι οποίοι και επηρεάζουν την επιβίωση (Edwards *et al*., 1997).

Επιγραμματικά, όλα τα παραπάνω συμπυκνώνονται στο ότι από άποψη ανθρώπινης χρήσης και κατανάλωσης, οι μικροοργανισμοί που χρήζουν της μέγιστης προσοχής δεν είναι άλλοι από τους παθογόνους. Τους οργανισμούς εκείνους που δεν είναι αυτόχθονες στο υδατικό οικοσύστημα, αλλά επιζητούν ζωικό ξενιστή για να επιβιώσουν και να πολλαπλασιαστούν. Παρόλα αυτά, μπορούν να γίνουν περιστασιακά μέλη της υδρόβιας κοινότητας και μάλιστα, να επιβιώνουν στο νερό, διατηρώντας τη μολυσματική τους ισχύ για σεβαστά χρονικά διαστήματα (Καρβούνης, 1995). Στον παρακάτω πίνακα, εμφανίζεται - μεταξύ άλλων χαρακτηριστικών - και ο χρόνος επώασης κάποιων παθογόνων μικροβίων (ενδεικτικά) στο νερό**.**

Πέραν των παραπάνω, τα επιφανειακά ύδατα φαίνεται πως προτιμώνται για αρδευτική χρήση, εξαιτίας του γεγονότος πως τα νερά αυτά έχουν την απαιτούμενη θερμοκρασία για την ανάπτυξη των φυτών. Αναφορικά, τώρα, με το ζήτημα της υγιεινής, η μικροβιολογική ποιότητα των επιφανειακών υδάτων είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, λόγω της έλλειψης σταθερών συνθηκών καθαρισμού, συγκριτικά με τα υπόγεια ύδατα (Schöller *et al*., 1997).

<u>Πίνακας 13:</u> Χρόνος επιβίωσης, μολυσματική δόση, χρόνος επώασης και κλινικά σύνδρομα κάποιων παθογόνων μικροοργανισμών που απομονώνονται από το πόσιμο νερό (προσαρμοσμένος από Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995).

Παθογόνα βακτήρια	**Χρόνος επιβίωσης στο υδάτινο περιβάλλον**	**Μολυσματική δόση** (αριθμός ζώντων κυττάρων)	**Χρόνος επώασης**	**Κλινικά σύνδρομα**
Salmonella typhimurium	~ 16 ώρες	$< 10^3$ CFU	6-48 ώρες	Διάρροια, ναυτία, εμετοί, πυρετοί, κακουχία
Salmonella typhi	~ 16 ώρες	10^5 CFU	1-10 εβδομάδες	Πυρετός, κεφαλαλγία, ανορεξία, λευκοπενία, σπληνομεγαλία
*E. coli (ETEC)**	~ 13 ώρες	10^8 - 10^{10} CFU	3-36 ώρες	Διάρροια, εμετοί, μυαλγίες, χαμηλός πυρετός, κοιλιακοί πόνοι

*** ETEC: εντεροτοξινογόνο *E. coli***

Αναφορικά με τους παράγοντες που συνεισφέρουν στην εξουδετέρωση των λυματικών μικροοργανισμών στο υδάτινο περιβάλλον, αυτοί επιμερίζονται σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς. Στους φυσικούς, συγκαταλέγονται η φυσική αραίωση, η διάρκεια και ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς και η θερμοκρασία του νερού. Στους χημικούς παράγοντες, ενσωματώνεται το pH, η αλατότητα και η έλλειψη θρεπτικών ουσιών. Τέλος, στους βιολογικούς κατοικοεδρεύει ο ανταγωνισμός με τη χλωρίδα και την πανίδα του νερού. Βέβαια, η επιβίωση διαφοροποιείται ανάλογα και με το είδος του μικροοργανισμού. Όλες οι παραπάνω παράμετροι του υδάτινου περιβάλλοντος συναποτελούν τη δυνατότητα αυτοκαθαρισμού ενός συγκεκριμένου υδάτινου οικοσυστήματος. Αν η δυνατότητα αυτή είναι μικρότερη από την επιβάρυνση μέσω λυμάτων, τότε δημιουργείται αναπόφευκτα αυτό που ονομάζουμε ‘μικροβιακή ρύπανση του νερού’ (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995).

Όσον αφορά, τώρα, τρόπους μετάδοσης ασθενειών στον άνθρωπο, πέραν αυτής που επέρχεται μέσω κατάποσης του νερού, είτε ηθελημένα, είτε μέσω της

κολύμβησης σε αυτό, υπάρχει και έτερος, πιο 'ύπουλος' τρόπος μετάδοσης. Πιο επεξηγηματικά, το νερό για άρδευση μολύνεται σε μεγάλο ή μικρό βαθμό από τα υγρά απόβλητα και κατ' επέκταση, από παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι τελευταίοι βρίσκουν το 'δρόμο' τους στη φρέσκια σοδειά, όπως τα μαλακά φρούτα, τις σαλάτες και άλλα λαχανικά. Ο κίνδυνος, σαφώς, είναι μεγαλύτερος, όταν το μολυσμένο νερό χρησιμοποιείται για καλλιέργειες που δε μαγειρεύονται (Tyrrel, 1999). Συνοψίζοντας, το νερό που χρησιμοποιείται προς πόση και κολύμβηση αποτελεί και όχημα μεταφοράς για μια ποικιλία ανθρώπινων εντερικών παθογόνων (Heinke, 1996).

Αξιοσημείωτο είναι, επίσης, το γεγονός πως όλες σχεδόν οι ασθένειες που μεταδίδονται με το νερό είναι εντερικής προέλευσης. Η κοπρανώδης ύλη, έτσι, από μολυσμένους ξενιστές ή φορείς μπορεί να εισέλθει στη παροχή νερού ή την περιοχή κολύμβησης με ποικίλους τρόπους. Ο πιο συχνός αφορά στην άμεση απελευθέρωση υλικού από τους αποχετευτικούς σωλήνες προς τον υδάτινο αποδέκτη. Όπως αναφέρεται και ακολούθως, τα περισσότερα παθογόνα αδυνατούν να αναπτυχθούν στο νερό, αλλά κάποια δύνανται να επιβιώσουν εκεί για πολλές ημέρες. Αυτά τα παθογόνα σχηματίζουν σπόρια ή κύστες και μπορούν να υπάρξουν έξω από τους ξενιστές τους για αρκετό χρόνο. Ενδεικτικά, τα σπόρια του *Clostridium tetani* μπορούν να επιβιώσουν στη φύση για χρόνια (Heinke, 1996).

Πάντως, τα βακτήρια του γαστρεντερικού σωλήνα δεν επιβιώνουν στα υδάτινα οικοσυστήματα υπό φυσιολογικές συνθήκες πίεσης (stress) και σταδιακά, χάνουν την ικανότητά τους να σχηματίζουν αποικίες σε διαφορικά και εκλεκτικά θρεπτικά μέσα. Ο ρυθμός της θανάτωσής τους, γενικά, φαίνεται πως εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού, τις επιδράσεις του ηλιακού φωτός, τους πληθυσμούς των άλλων βακτηρίων που είναι παρόντα, αλλά και τη χημική σύνθεση του νερού (Prescott *et al*., 1999).

Σε αυτό το σημείο επισημαίνεται πως μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών σε ένα υδάτινο σώμα υποδηλώνει και υψηλά επίπεδα θρεπτικών συστατικών. Ύδατα που μολύνονται από εισροές αποχετευτικών συστημάτων ή βιοαποικοδομήσιμων βιομηχανικών οργανικών αποβλήτων δίνουν σχετικά υψηλές μετρήσεις βακτηρίων. Παρόμοια, οι εκβολές φαίνεται πως έχουν υψηλά επίπεδα θρεπτικών και επομένως, μεγάλους μικροβιακούς πληθυσμούς (Tortora *et al*., 1998).

Στο υδάτινο σώμα, ειδικά σε εκείνο με χαμηλή συγκέντρωση θρεπτικών, οι μικροοργανισμοί τείνουν να αναπτύσσονται σε στατικές επιφάνειες ή στη σωματιδιακή ύλη. Με αυτόν τον τρόπο, ένα μικροοργανισμός κερδίζει πρόσβαση σε

περισσότερα θρεπτικά συστατικά, παρά να ήταν ελεύθερος και τυχαία κινούμενος κατά το ρεύμα. Πολλά βακτήρια των οποίων το κύριο ενδιαίτημα είναι το νερό φέρουν συχνά προεξοχές και ινίδια για την προσκόλλησή τους στις διάφορες επιφάνειες (Tortora *et al*., 1998). Από την άλλη, λέγεται πως κάτι τέτοιο συμβαίνει μεν στους συνήθεις ποταμούς, ενώ στους μεγαλύτερους ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό μικροβιακής βιομάζας μπορεί να βρίσκεται αιωρούμενο εντός του υδάτινου σώματος (Prescott *et al*., 1999).

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι απαιτείται μια συνεχής μελέτη για την ποιότητα των υδάτων. Γιατί; Ακριβώς, επειδή τα παθογόνα καθιστούν τα επιφανειακά ύδατα ακατάλληλα προς πόση, ενώ αν οι συγκεντρώσεις των παθογόνων αυξηθούν σημαντικά, τα ύδατα γίνονται ακατάλληλα για την αλιεία και την κολύμβηση (Davis and Cornwell, 1998). Φαίνεται, ασφαλώς, πως είναι οικονομικά απαγορευτικό και αδύνατο πρακτικά να καταγραφεί κάθε τύπος μικροοργανισμού που μπορεί να συναντηθεί στο υδάτινο σώμα. Κι αυτό, γιατί τα παθογόνα μικρόβια είναι παρόντα σε σχετικά μικρούς αριθμούς σε σχέση με τους άλλους αβλαβείς μικροοργανισμούς, ενώ απαιτούν και εξειδικευμένες μεθόδους απομόνωσης ανά τύπο. Για αυτό το λόγο, καταγράφονται συγκεκριμένοι οργανισμοί-δείκτες. Αυτοί, αν και συνήθως δεν είναι οι ίδιοι παθογόνοι, παρέχουν έναν αντιπροσωπευτικό δείκτη του βαθμού στον οποίο είναι μολυσμένο ένα υδάτινο σώμα. Επίσης, οι παθογόνοι οργανισμοί βρίσκονται γενικά σε μικρότερη συγκέντρωση από αυτήν των οργανισμών-δεικτών στο γαστρεντερικό σύστημα των θηλαστικών, αν και πρέπει να σημειωθεί πως τα παθογόνα - έστω και σε μικρότερη συγκέντρωση - είναι ικανά να βλάψουν τον ξενιστή τους. Οι οργανισμοί-δείκτες που χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων γενικά σχετίζονται με το γαστρεντερικό σωλήνα και την κοπρανώδη ύλη. Συνεπώς, αφού τα παθογόνα συναντώνται επίσης στο γαστρεντερικό σύστημα και προκαλούν γαστρεντερικές νόσους, υψηλοί αριθμοί των οργανισμών - δεικτών υποδηλώνουν κατά πάσα πιθανότητα και τη μόλυνση του νερού από εντερικά παθογόνα (Bartram and Pedley, 1996; Lim, 1998).

Για έναν οργανισμό - δείκτη πρέπει να πληρούνται κάποια κριτήρια, το σημαντικότερο εκ των οποίων (και σε συμφωνία με τα όσα προαναφέρθηκαν) αφορά τη συνεχή παρουσία - και σε μεγάλο αριθμό - του δείκτη στα κόπρανα, ώστε να υποδεικνύουν σαφώς την είσοδο κοπράνων στο υδάτινο σώμα. Επίσης, οι οργανισμοί - δείκτες θα πρέπει να επιβιώνουν στο νερό, τουλάχιστον όσο και τα παθογόνα, ενώ η

ανίχνευσή τους πρέπει να είναι εύκολη και δυνατή από άτομα με μικρή μικροβιολογική εκπαίδευση (Tortora *et al*., 1998).

Πάντως, ακόμη και σήμερα οι ερευνητές αναζητούν τον ιδανικό δείκτη προς χρήση αυτού στην υγιεινή της μικροβιολογίας. Πιο ολοκληρωμένα και επιγραμματικά, ακολουθούν τα κριτήρια που απαιτείται να ικανοποιεί ένας οργανισμός - δείκτης (Cohn *et al*., 1999; Prescott *et al*., 1999; Μήτρακας, 2001):

- Πρέπει να είναι κατάλληλος για την ανάλυση όλων των τύπων νερού: βρύσης, ποταμού, υπόγειου, δεσμευμένου, αναψυχής, θαλασσινού, εκβολών και αποβλήτων.
- Να έχει μεγάλη συγκέντρωση σε σχέση με τα παθογόνα είδη.
- Πρέπει να είναι παρόν, όποτε τα εντερικά παθογόνα είναι παρόντα.
- Να μην υπάρχει σε καθαρά νερά.
- Δε θα πρέπει να αναπαράγεται εντός του μολυσμένου νερού, δίνοντας λανθασμένα αποτελέσματα
- Να έχει χρόνο επιβίωσης στο νερό παραπλήσιο με τα παθογόνα είδη.
- Να συγκεντρώνει σταθερά βιοχημικά χαρακτηριστικά για ανίχνευση.
- Η πειραματική μέθοδός του θα πρέπει να χαρακτηρίζεται από υψηλή ειδικότητα. Με άλλα λόγια, δε θα πρέπει άλλα βακτήρια να δίνουν θετικά αποτελέσματα. Ακόμα, η διαδικασία θα πρέπει να έχει υψηλή ευαισθησία και να ανιχνεύει χαμηλά επίπεδα δείκτη.
- Η μέθοδος ελέγχου να είναι εύκολα εκτελέσιμη
- Να είναι αβλαβής για τον άνθρωπο
- Η συγκέντρωσή του να αντικατοπτρίζει το βαθμό μόλυνσης
- Να ανταποκρίνεται στις φυσικές περιβαλλοντικές συνθήκες και στις διαδικασίες επεξεργασίας με τρόπο παρόμοιο των υπό μελέτη παθογόνων
- Να έχει υψηλό λόγο δείκτη/παθογόνου

Όπως ήταν αναμενόμενο, καμία ομάδα ή είδος μικροοργανισμού δεν καταφέρνει να ικανοποιήσει το σύνολο των παραπάνω κριτηρίων. Πιο κοντά στην καταφατική απόκριση έναντι των περιορισμών βρίσκονται τα κολίμορφα βακτήρια. Αναφορικά, λοιπόν, με την καταγραφή της βακτηριακής επιμόλυνσης ενός υδάτινου σώματος, οι έλεγχοι των ολικών και κοπρανωδών κολίμορφων θεωρούνται παγκόσμιες μέθοδοι καταγραφής της. Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν πως η ύπαρξη κολίμορφων - ολικών και κοπρανωδών - δεν είναι πάντα ενδεικτική της παρουσίας

δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό. Εναλλακτικά, υπάρχουν κι άλλοι μικροοργανισμοί - έποικοι του γαστρεντερικού - που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες κοπρανώδους μόλυνσης, όπως τα *Clostridium perfringens* και *Enterococcus* spp. Ακόμα, το υπό μελέτη νερό μπορεί να εξεταστεί για την παρουσία συγκεκριμένων βακτηριακών παθογόνων, όπως τα *Vibrio cholerae, Salmonella enteritidis, Pseudomonas aeruginosa* και *Chromobacterium violaceum*. Αξίζει να σημειωθεί, πάντως, πως η ταυτοποίηση των τελευταίων είναι χρονοβόρα και πιο ακριβή από τους ελέγχους για κολίμορφα και έτσι, τα περισσότερα εργαστήρια δεν την πραγματοποιούν, μολονότι η απομόνωση τέτοιων παθογόνων είναι ο πιο ακριβής δείκτης του κινδύνου της δημόσιας υγείας από το μολυσμένο νερό (Lim, 1998; Μήτρακας, 2001).

2.6.1.1 Ολικά ετερότροφα βακτήρια

Τα βακτήρια αποτελούν συστατικό του κόσμου μας, όντας στενά συνδεμένα με τη ζωή στη γη. Βρίσκονται, κυριολεκτικά, παντού: τριγύρω μας, επί του δέρματος, στις βλεννώδεις μεμβράνες, στον εντερικό σωλήνα του ανθρώπου και των ζώων. Παρόλα αυτά, τα περισσότερα βακτήρια είναι αβλαβή. Μάλιστα, κάποια από αυτά προσφέρουν στον ξενιστή τους, είτε παρέχοντάς του θρεπτικά συστατικά, είτε προστατεύοντάς τον από παθογόνα και ασθένειες, αφού περιορίζουν την ικανότητα των τελευταίων να τον αποικίσουν. Επιπλέον, επειδή χαρακτηρίζονται από μικρό χρόνο αναγέννησης - από λεπτά σε ώρες - δύνανται να ανταποκρίνονται τάχιστα στις μεταβολές του περιβάλλοντος (American Academy of Microbiology, 1999).

Τα βακτήρια λέγεται πως είναι η πιο σημαντική ομάδα μικροοργανισμών. Πιο συγκεκριμένα, είναι καίριας σημασίας για τον κύκλο των θρεπτικών συστατικών του οικοσυστήματος. Πέραν των παθογόνων, κάποια βακτήρια είναι σημαντικά για τις διαδικασίες επεξεργασίας του νερού, αλλά και των υγρών αποβλήτων, για την φυσική αυτοκάθαρση των ποταμών και λιμνών, καθώς και για την αποικοδόμηση της ύλης στο έδαφος (Heinke, 1996).

Πριν επεισέλθουμε στο πρακτικό κομμάτι του όποιου προσδιορισμού θα ήταν καλό να αναφερθεί πως η αρίθμηση βακτηρίων στη μέθοδο διήθησης δια μεμβράνης είναι καθαρά εμπειρική μέτρηση, μιας και αυτά εμφανίζονται μεμονωμένα, κατά ζεύγη ή κατά ομάδες. Αποτέλεσμα αυτού είναι να μετράμε αριθμό αποικιών,

ασφαλώς μικρότερο από τον πραγματικό αριθμό των ζωντανών - παρόντων στο νερό - βακτηρίων, πόσο μάλλον, αν συνυπολογίσουμε και το ποσοστό των μικροοργανισμών που έχουν υποστεί μεταβολικές ή ενζυμικές αλλαγές και δεν αναπτύσσονται στα εκλεκτικά υλικά που χρησιμοποιούμε (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995). Σημειώνεται, εδώ, πως δεν υπάρχει θρεπτικό υλικό ή περιβαλλοντικές συνθήκες που να ευνοούν την ανάπτυξη όλων των μικροοργανισμών. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποια θρεπτικά υλικά γενικής χρήσης, τα οποία φαίνεται πως ικανοποιούν τις μεταβολικές ανάγκες της πλειονότητας εξ αυτών (Droste, 1997).

Η κοινή μικροβιακή χλωρίδα επιτρέπει μια πρώτη εκτίμηση της μόλυνσης του νερού. Ο ποσοτικός προσδιορισμός της ολικής μικροβιακής χλωρίδας μεταφράζεται ως καταμέτρηση των εν γένει μικροοργανισμών. Το κύριο μειονέκτημα, βέβαια, όσον αφορά το αποτέλεσμα της όλης διαδικασίας, συγκεντρώνεται στο ότι δεν επιτρέπει τη διάκριση της προέλευσης, ούτε της φύσης των μικροοργανισμών (Αρβανιτίδου Βαγιωνά, 1992).

Τώρα, τα ετερότροφα βακτήρια του νερού είναι μια μεγάλη ποικιλία από μεσόφιλα αερόβια και προαιρετικά αναερόβια βακτήρια, που αναπτύσσονται στους 37 ^{o}C και στους 22 ^{o}C, ανάλογα με το είδος. Στους 37 ^{o}C περιλαμβάνονται τα βακτήρια του εδάφους και των λυμάτων, ενώ στους 22 ^{o}C τα ίδια με τα παραπάνω και επιπλέον, εκείνα που δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε υψηλότερη θερμοκρασία, καθώς και πολυάριθμα σαπροφυτικά βακτήρια του νερού. Ουσιαστικά, στους 37 ^{o}C ενθαρρύνεται η ανάπτυξη των αλλόχθονων βακτηρίων θηλαστικής προέλευσης, ενώ στους 22 ^{o}C ευνοούνται εκείνα τα βακτήρια που προέρχονται κατά κύριο λόγο από το περιβάλλον (αυτόχθονα). Οι μετρήσεις και στις δύο αυτές θερμοκρασίες καθιστούν δυνατό τον προσδιορισμό του ετερότροφου βακτηριακού πληθυσμού στο υδάτινο σώμα. Τα βακτήρια που αναπτύσσονται σε αυτές τις θερμοκρασίες αξίζει να σημειωθεί πως δεν αποτελούν δείκτες της κοπρανώδους μόλυνσης, παρόλο που ιστορικά, η μέτρηση στους 37 ^{o}C εθεωρείτο ένδειξη κοπρανώδους μόλυνσης. Θα μπορούσαμε, όμως, να πούμε πως η μέτρηση στους 37 ^{o}C είναι περισσότερο σημαντική για τη δημόσια υγεία, αφού για παράδειγμα, μια ξαφνική αύξηση του αριθμού των βακτηρίων στη θερμοκρασία αυτή μπορεί να αποτελεί προειδοποίηση σοβαρής μόλυνσης. Αντίθετα, οι αλλαγές στον αριθμό των βακτηρίων στους 22 ^{o}C οφείλονται σε μεταβολές που σχετίζονται με το περιβάλλον, τις εποχές, καθώς και άλλους παράγοντες, οι οποίοι δεν είναι σημαντικοί για τη δημόσια υγεία. Σε γενικές

γραμμές, όμως, ο προσδιορισμός των ολικών βακτηρίων δεν είναι τόσο μεγάλης σημασίας ως δείκτης μόλυνσης του νερού (Bartram and Pedley, 1996; Standing Committee of Analysts, 2002a; Μήτρακας, 2001).

Στα παραπάνω, αξίζει να ειπωθεί πως φυσιολογικά το νερό περιέχει βακτήρια και είναι, ακριβώς, οι συγκεντρώσεις τους που αποτελούν αντικείμενο μελέτης και καταγραφής, αναφορικά με την εν δυνάμει μετάδοση ασθενειών. Σε αυτό το σημείο, λαμβάνει χώρα η απαρίθμηση των βακτηριακών πληθυσμών στο νερό, με την ανάπτυξή τους, κατόπιν κατάλληλης διάλυσης, σε στερεό ή υγρό μέσο καλλιέργειας.

Η κύρια αξία της μέτρησης αποικιών έγκειται στη σύγκριση των αποτελεσμάτων των επαναλαμβανόμενων δειγμάτων από την ίδια πηγή. Εδώ, αν τα επίπεδα αυξάνουν σημαντικά σε σχέση με τις κανονικές τιμές, τότε χρήζει προσοχής. Όσον αφορά την ιδανική θερμοκρασία και χρόνο επώασης, τώρα, προτείνεται αυτή των 37 ^{o}C για 24 ώρες (βακτήρια θηλαστικής προέλευσης) ή των 22 ^{o}C για 72 ώρες (βακτήρια περιβαλλοντικής προέλευσης), ανάλογα με το τι επιθυμούμε (Bartram and Pedley, 1996). Μια δεύτερη προσέγγιση, συμφωνώντας με τους 37 ^{o}C, μετατοπίζει την ετέρα θερμοκρασία στους 20 ^{o}C. Επίσης, εδώ αναφέρεται πως στους 37 ^{o}C αναπτύσσονται τα βακτήρια που πολλαπλασιάζονται ταχέως, ενώ στους 20 ^{o}C αυτά που πολλαπλασιάζονται βραδέως (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995). Γίνεται από αυτό εμφανές, γιατί επιλέγονται οι παραπάνω χρόνοι επώασης για την κάθε θερμοκρασία. Από την άλλη, οι Petrak *et al.* (1999) προτείνουν την αεροβική επώαση στους 32 ^{o}C για 42 ώρες (μεσόφιλα βακτήρια). Πάνω σε αυτό, προτείνεται πως για την ανάπτυξη των μεσόφιλων βακτηρίων μπορεί να χρησιμοποιεί ένα φάσμα θερμοκρασιών, το οποίο και κυμαίνεται από 25-35 ^{o}C (Zagory, 1999). Μια ακόμα πρόταση στο θέμα αναφέρει ως ιδανική θερμοκρασία επώασης αυτή των 35 ^{o}C (± 0,5) για 48 (± 3) ώρες (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Εναλλακτικά και προσθέτοντας στα παραπάνω, ως ιδανική θερμοκρασία επώασης προτείνονται, είτε οι 20 ^{o}C, είτε οι 35 ^{o}C, ενώ επιβεβαιώνεται και ο προβληματισμός για την ανυπαρξία ιδανικού θρεπτικού υλικού για το σύνολο των μικροοργανισμών (Droste, 1997; Jawetz *et al*., 1984). Τέλος, ο WHO (2004), επιχειρώντας ένα συγκερασμό των παραπάνω ‘αποστάσεων’, προτείνει πως οι θερμοκρασίες επώασης ποικίλουν μεταξύ 20 ^{o}C και 37 ^{o}C, ενώ οι χρόνοι επώασης κυμαίνονται από μερικές ώρες, μέχρι 7 ημέρες ή και περισσότερο.

Όπως, λοιπόν, προαναφέρθηκε, η ποιότητα του νερού - και συγκεκριμένα, αυτό που αποκαλείται ως υγιεινή του - βασίζεται στην ποσότητα των μικροοργανισμών-δεικτών που αυτό εμπεριέχει. Στο σημείο αυτό, πέραν του πόσιμου νερού, πρέπει να γίνει λόγος για το νερό που χρησιμοποιείται προς άρδευση. Σαφώς, η ποιότητα του τελευταίου είναι καίριας σημασίας στην περίπτωση των λαχανικών που τρώγονται ωμά, ειδικότερα, όταν μαρτυρείται πως η χρήση μη επεξεργασμένων υδάτων συνεπάγεται και την επιμόλυνση των λαχανικών. Από τα τελευταία, το λάχανο 'κινδυνεύει' περισσότερο, λόγω της μεγάλης του επιφάνειας, η οποία και έρχεται σε επαφή με το νερό. Ποιοι είναι, όμως, οι ένοχοι; Έχει παρατηρηθεί πως το 1-15% των κοπρανωδών κολίμορφων που εντοπίζονται αφορά στην εντεροπαθογόνο *E. coli,* το μικροοργανισμό που προκαλεί διάρροια στα βρέφη (Geldreich, 1974). Επιπρόσθετα και ιδιαίτερα κατά τις περιόδους ξηρασίας, εντοπίζεται και *Salmonella*, καθώς και *Vibrio* spp. (Okafo *et al*., 2002).

Τέλος, σύμφωνα με τη νομοθεσία της Κοινότητας και πιο συγκεκριμένα, την Οδηγία 98/83/ΕΚ για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, τα ολικά βακτήρια 'οφείλουν' να μην εμφανίζουν ασυνήθη μεταβολή στους 22 ^{o}C.

2.6.1.2 Εντερόκοκκοι

Οι εντερόκοκκοι ταξινομήθηκαν, αρχικά, ως εντερικοί gram+ κόκκοι και περιελήφθησαν, αργότερα, στο γένος *Streptococcus* (Murray, 1990). Κατόπιν, τη δεκαετία του '30, οι εντερόκοκκοι ταξινομήθηκαν ως ομάδα D στρεπτόκοκκοι (Lancefield, 1933). Στη δεκαετία του '80 και πιο συγκεκριμένα το 1984, βασισμένοι σε γενετικές διαφοροποιήσεις, τα εν λόγω βακτήρια αφαιρέθηκαν από το γένος *Streptococcus* και τοποθετήθηκαν στο γένος *Enterococcus*, το οποίο και υφίσταται ως έχει μέχρι και σήμερα. Τα διάφορα είδη τους μπορούν να εντοπιστούν σχεδόν παντού, περιλαμβάνοντας το έδαφος, την τροφή, τα ύδατα, τα φυτά, τα θερμόαιμα ζώα (από τις κατσαρίδες ως τον άνθρωπο), τα πτηνά, αλλά και τα έντομα. Παράλληλα, προσλαμβάνονται άμεσα από τη βλάστηση και τα επιφανειακά ύδατα, πιθανόν, κατόπιν και εξαιτίας μόλυνσης από ζωικά απόβλητα ή μη επεξεργασμένα υγρά απόβλητα (Facklam *et al*., 1999; Franz *et al*., 1999; Jett *et al*., 1994).

Όσον αφορά πιο συγκεκριμένα την εποικιστική τους δεινότητα στον άνθρωπο, οι εντερόκοκκοι εγκαθίστανται στο γαστρεντερικό σωλήνα, όπου και αποτελούν σημαντικό μέρος της φυσιολογικής χλωρίδας του, στο δέρμα και ιδιαίτερα στην περιοχή του περινέου, στο στοματοφάρυγγα, καθώς και στο γυναικείο κόλπο, ευκαιριακά (Facklam *et al*., 1999; Καποτάς, 2003). Στο ανθρώπινο είδος, αν και οι εντερόκοκκοι δύνανται να εποικήσουν τη στοματική κοιλότητα, έχουν εντοπιστεί εκεί σε λιγότερες του 20% των εξεταζόμενων περιπτώσεων, ενώ τα επικρατούντα είδη τους που εποικίζουν το λεπτό έντερο ποικίλουν. Ενδεικτικά, στην Ευρώπη, τις ΗΠΑ και την Άπω Ανατολή επικρατούν τα *Enterococcus faecalis* και *Enterococcus faecium*. Τέλος, οι τυπικές συγκεντρώσεις εντερόκοκκων στα κόπρανα του ανθρώπου αγγίζουν το 10^8 CFU/g. (Rice *et al*., 1995).

Όσον αφορά τα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά τους, αυτά συνοψίζονται παρακάτω ως εξής (Facklam *et al*., 1999; Hardie, 1986; Huycke *et al.,* 1998; Ross, 1996):

- Είναι gram+ ωοειδείς, επιμήκεις κόκκοι, που συνιστούν ζεύγη, μικρές αλυσίδες ή βρίσκονται ως μονάδες
- Προαιρετικά αναερόβιοι
- Τα περισσότερα στελέχη αναπτύσσονται στους 10-45 ^oC, με ιδανική θερμοκρασία τους 35 ^oC
- Δεν παρουσιάζουν αυτόνομη κίνηση. Παρόλα αυτά, κάποια είδη την επιδεικνύουν
- Υδρολύουν το esculin υπό την παρουσία 40% χολικών αλάτων (bile-esculin medium)
- Είναι καταλάση-αρνητικοί (αν και κάποιες φορές το test μπορεί να είναι θετικό) μικροοργανισμοί
- Σχεδόν όλα τα στελέχη είναι ομοζυμωτές (homofermentative) και δεν παράγουν αέριο
- Ανέχονται τα υποτονικά, υπερτονικά, όξινα και αλκαλικά περιβάλλοντα
- Η ζύμωση της γλυκόζης οδηγεί στην παραγωγή γαλακτικού οξέος
- Οι αποικίες τους είναι γενικά μεγαλύτερες από εκείνες των στρεπτόκοκκων, με τις περισσότερες να είναι μη αιμολυτικές.
- Είναι ανθεκτικοί στη χολή, αλλά και στους άλλους αντιμικροβιακούς παράγοντες που εντοπίζονται στα κόπρανα.
- Φέρουν το αντιγόνο D

Οι εντερόκοκκοι έχουν αναγνωριστεί ως σημαντική αιτία ενδοκαρδίτιδας για σχεδόν έναν αιώνα. Εκτός από αυτόν τον από παλιά καθιερωμένο ρόλο, οι εντερόκοκκοι άρχισαν να αναγνωρίζονται ως κοινές αιτίες των νοσοκομειακών μολύνσεων τη δεκαετία του '70. Σημειώνεται, λοιπόν, πως οι εντερόκοκκοι μπορεί να προκαλέσουν λοιμώξεις του ουροποιητικού συστήματος, εντεροκοκκικές βακτηριαιμίες, λοιμώξεις στα νεογέννητα, καθώς και λοιμώξεις της χοληδόχου κύστεως, του νευρικού συστήματος και της κοιλιακής χώρας. Μάλιστα, επειδή βρίσκονται συχνά στα κόπρανα, επιμολύνουν ανοιχτές πληγές του δέρματος (Murray, 1990; Ross, 1996). Παρόλα αυτά, δεν προκαλούν εντερολοιμώξεις και πολύ σπάνια προκαλούν λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού (Καποτάς, 2003). Πέραν των παραπάνω, οι εντερόκοκκοι αποτελούν τις πρώτες αιτίες νοσοκομειακών βακτηριαιμιών και μετεγχειρητικών λοιμώξεων, ενώ αποκτούν ανθεκτικότητα σε πολλά αντιβιοτικά και καθιερωμένες θεραπείες. Οι περισσότερες των εντεροκοκκικών λοιμώξεων προκαλούνται από το *Enterococcus faecalis*, ενώ οι υπόλοιπες από το *Enterococcus faecium* (Huycke *et al.,* 1998). Αξίζει να σημειωθεί πως από τα 14 και πλέον είδη εντερόκοκκων, το πρώτο ευθύνεται για το 80% των ανθρώπινων λοιμώξεων και το δεύτερο για το υπόλοιπο 20% (Devriese *et al*., 1993)

Πρακτικά, ο προσδιορισμός των εντερόκοκκων έχει μεγάλη σημασία, καθώς φαίνεται πως αποτελούν βακτηριακό δείκτη της κοπρανώδους μόλυνσης των επιφανειακών υδάτων. Μάλιστα, έχει βρεθεί άμεση σχέση ανάμεσα στη γαστρεντερίτιδα που συνδέεται με το κολύμπι και τη συγκέντρωση των εν λόγω βακτηρίων (Dufour, 1984).

Σύμφωνα με τα νομοθετικά πεπραγμένα της Ε.Ε., σε σχέση με το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης (Οδηγία 98/83/ΕΚ), η παραμετρική τιμή των εντερόκοκκων είναι 0/100 mL ύδατος.

2.6.1.3 Ολικά κολίμορφα

Η ομάδα των ολικών κολίμορφων ανήκει στην οικογένεια των εντεροβακτηρίων. Εντούτοις, δεν πρόκειται για ταξινομική κατάταξη. Πιο σωστά, είναι ένας πρακτικός ορισμός που χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια ομάδα αερόβιων και προαιρετικά αναερόβιων gram$^-$ βακτηρίων, που δε σχηματίζουν σπόρια

και είναι κυλινδρικά, ικανά να ζυμώνουν τη λακτόζη στους 35 ^{o}C σε 48 ώρες, παράγοντας αέριο (Feng *et al*., 2002; Tchobanoglous and Schroeder, 1985; Μήτρακας Μ., 2001). Ωστόσο, οι Rompré *et al.* (2002) υποστηρίζουν πως τα κολίμορφα μπορεί να ανήκουν, μπορεί και όχι, στην οικογένεια Enterobacteriaceae. Και σημειώνεται πως ο όρος 'κολίμορφα βακτήρια' διαφέρει ελαφρώς, ανάλογα με τη χώρα ή και τον οργανισμό, που θεσπίζει τους κανονισμούς μικροβιολογικής καταγραφής. Παραδοσιακά, τα κολίμορφα βακτήρια θεωρούνται μέλη των γενών *Escherichia*, *Citrobacter, Klebsiella* και *Enterobacter*, ενώ η ομάδα είναι πιο ετερογενής, περιλαμβάνοντας ένα ευρύ φάσμα γενών, όπως τα *Serratia* και *Hafnia*. Επισημαίνεται, ακόμη, πως η εν λόγω ομάδα των μικροοργανισμών περιλαμβάνει, τόσο κοπρανώδη, όσο και περιβαλλοντικά είδη.

Σημειώνεται, εδώ, πως ελάχιστα βακτήρια μπορούν να μεταβολίσουν τη λακτόζη, πέραν των προαναφερθέντων (Cohn *et al*., 1999; WHO, 2004). Επειδή, τώρα, μερικά στελέχη της ομάδας αυτής δεν βρίσκονται αποκλειστικά στην εντερική χλωρίδα, αλλά μπορούν να βρεθούν και στο περιβάλλον (έδαφος, υδάτινο περιβάλλον), η παρουσία τους δε σημαίνει αποκλειστικά κοπρανώδη προέλευση (αν και πολλές φορές χρησιμοποιούνται ως δείκτης πρόσφατης μόλυνσης από κόπρανα). Με την έννοια αυτή, η σχέση των κολίμορφων με την κοπρανώδη μόλυνση τίθεται υπό αμφισβήτηση (Feng *et al*., 2002; Μήτρακας, 2001). Εκείνα, μάλιστα, που εντοπίζονται στο έδαφος ή τη βλάστηση είναι δυνατόν να βρεθούν και στα ανθρώπινα κόπρανα, αλλά σε χαμηλούς αριθμούς (Heinke, 1996). Τέτοια είναι τα *Serratia fonticola* και *Klebsiella terrigena*. Από την άλλη, τα *Citrobacter, Klebsiella* και *Enterobacter* μπορούν να βρεθούν στο περιβάλλον, αλλά και στα κόπρανα (Edberg *et al*., 2000).

Εντούτοις, επισημαίνεται πως τα οικιακά υγρά απόβλητα περιέχουν 2-3 εκατομμύρια κολίμορφα ανά 100 mL, εξαιτίας του υψηλού περιεχομένου σε κολίμορφα των ανθρώπινων κοπράνων (Chiras and Reganold, 2005). Είναι χαρακτηριστικό πως ένα γραμμάριο κοπράνων περιέχει περίπου 10^{8}-10^{9} κολίμορφα βακτήρια (Κουϊμτζής, 1997).

Ενδεικτικά, κάποια γένη της εν λόγω ομάδας βακτηρίων - όπως *Proteus* και *Aerobacter* - βρίσκονται φυσιολογικά εκτός του ανθρώπινου γαστρεντερικού σωλήνα, στο έδαφος (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Η παρουσία τους, ωστόσο, δείχνει ότι τα βακτήρια αυτά δεν ανήκουν στη φυσική χλωρίδα του νερού,

αλλά έχουν εξωγενή προέλευση. Στην περίπτωση, όμως, που το νερό είναι απαλλαγμένο από ολικά κολίμορφα, είναι ταυτόχρονα απαλλαγμένο από βακτήρια που μεταδίδουν επιδημίες, όπως τυφοειδής πυρετός, δυσεντερία και χολέρα. Έτσι, τα πρώτα αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο δείκτη για την πιθανή παρουσία εντερικών παθογόνων βακτηρίων και ιών στο νερό. Και αυτό, διότι απομονώνονται εύκολα και έχουν μεγαλύτερο χρόνο επιβίωσης από τους οργανισμούς που είναι υπεύθυνοι για τη μετάδοση ασθενειών (Μήτρακας, 2001). Στα παραπάνω, μέγα εξαίρεση αποτελεί το *Escherichia coli* το οποίο συνήθως δεν επιβιώνει για πολύ χρόνο μακριά από το γαστρεντερικό σωλήνα, εξαιρώντας - ίσως - το θερμό νερό που σχετίζεται με τα τροπικά κλίματα (Cohn *et al*., 1999).

Τα κολίμορφα είναι ανθεκτικοί οργανισμοί, που επιβιώνουν στα νερά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, συγκριτικά με τα περισσότερα παθογόνα. Επιπρόσθετα, η ανίχνευσή τους είναι σχετικά εύκολη. Γενικά, λοιπόν, μπορεί να ειπωθεί πως αν ένα δείγμα νερού έχει βρεθεί πως δεν περιέχει κολίμορφα, τότε η πρόσφατη μόλυνση από αστικά υγρά απόβλητα θεωρείται απίθανη, όπως και η παρουσία παθογόνων. Το ακόλουθο σχήμα συνοψίζει τα παραπάνω (Nathanson, 2000):

όχι κολίμορφα → όχι αστικά υγρά απόβλητα → όχι παθογόνα

Η μη ύπαρξη, δηλαδή, κολίμορφων σε ένα συγκεκριμένο όγκο νερού (100 mL) υποδηλώνει πως το νερό είναι πόσιμο και κατάλληλο για κατανάλωση από τον άνθρωπο (Prescott *et al*., 1999). Από την άλλη, χαμηλά επίπεδα κολίμορφων υποδεικνύουν χαμηλά επίπεδα βλαβερών βακτηρίων, ενώ υψηλά επίπεδα αυτών φαίνεται πως αντιστοιχούν και σε μεγάλο αριθμό παθογόνων βακτηρίων. Συγκεκριμένα, η παρουσία 2 κολίμορφων βακτηρίων σε 100 mL νερού, το καθιστούν μη ασφαλές προς πόση. Παράλληλα, όταν ο πληθυσμός τους σε ένα ποταμό ή μια λίμνη υπερβεί τα 200 βακτήρια/100 mL, τότε ο ποταμός ή η λίμνη θεωρούνται ακατάλληλα προς κολύμβηση (Chiras and Reganold, 2005). Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται στοιχεία για το μικροβιολογικό χαρακτηρισμό των υδάτων με βάση τη συγκέντρωσή τους σε κολίμορφα βακτήρια.

<u>Πίνακας 14:</u> Μικροβιολογικός χαρακτηρισμός των υδάτων (προσαρμοσμένος από Κουϊμτζή, 1997)

Κολίμορφα / 100 mL	Χαρακτηρισμός
0 - 1	Πόσιμο νερό
10 - 100	Μη μολυσμένα επιφανειακά νερά
500 - 1.000	Νερά ύποπτα μόλυνσης
1.000 - 5.000	Νερά μέτρια μολυσμένα
10.000 - 100.000	Νερά έντονα μολυσμένα
>100.000	Αυτούσια λύματα

Αξιοσημείωτο είναι πως όταν τα κολίμορφα αραιωθούν αρκετά σε μεγάλη ποσότητα νερού, επιζούν μόνο για σύντομα χρονικά διαστήματα. Έτσι, μια θετική δοκιμασία για τέτοια βακτήρια μπορεί, συνήθως, να θεωρηθεί ως απόδειξη πρόσφατης μόλυνσης. Παρόλα αυτά, μερικά ποτάμια είναι σήμερα τόσο φορτωμένα με οργανικές θρεπτικές ουσίες προερχόμενες από τα απόβλητα, ώστε τα κολίμορφα μπορούν, όχι μόνο να επιζήσουν, αλλά και να διατηρήσουν σημαντικούς πληθυσμούς με βραδύ πολλαπλασιασμό (Jawetz, 1984).

Μιλώντας πιο συγκεκριμένα για τη χρήση των ολικών κολίμορφων ως δείκτη ποιότητας, αξίζει να αναφερθούμε σε ό,τι την περιορίζει. Οι μικροοργανισμοί αυτοί μπορεί να αναπτυχθούν στο νερό και να ενσωματωθούν στην πανίδα του. Ως συνέπεια αυτού, η ανίχνευσή τους οδηγεί αναπόδραστα σε 'ψευδή θετικά' τεστ. Επιπλέον, τα ολικά κολίμορφα επαρκούν μόνο οριακά να προγνώσουν την παρουσία παθογόνων πρωτόζωων, αλλά και κάποιων ιών, καθώς τα πρώτα είναι λιγότερο ανθεκτικά στην απολύμανση από όλα τα παραπάνω. Ακόμη, τα ολικά κολίμορφα, κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις, μπορούν να πολλαπλασιαστούν στα βιοφίλτρα των συστημάτων διανομής νερού, αλλοιώνοντας τη χρήση τους ως δείκτες εξωτερικής μόλυνσης. Εδώ, έρχεται να προστεθεί και το γεγονός πως η ομάδα των κολίμορφων αποτελεί μια μεγάλη τάξη βακτηρίων, μερικά μέλη της οποίας δεν έχουν εντερική προέλευση. Για αυτό, η απλή εξέταση της ύπαρξης τους σε ένα δείγμα νερού μπορεί να μην αποτελέσει ακριβή ένδειξη της επιμόλυνσής του από κοπρανώδη ύλη. Προκειμένου κάτι τέτοιο να αποφευχθεί, τα εργαστήρια που

εξετάζουν την ποιότητα των υδάτων αναζητούν τα κοπρανώδη κολίμορφα. Τα τελευταία είναι εκείνα τα κολίμορφα που αναπτύσσονται στους 44,5 ^{o}C (Lim, 1998; Μήτρακας, 2001). Ενδεικτικά, το *Enterobacter aerogenes* είναι ευρέως κατανεμημένο στο περιβάλλον (Droste, 1997).

Παρά τα όσα προαναφέρθηκαν, τα ολικά κολίμορφα παραμένουν πολύτιμος δείκτης της μικροβιακής ποιότητας του πόσιμου νερού (Cohn *et al*., 1999). Κι αυτό, γιατί δεν υπάρχει κάποιος οργανισμός ή ομάδα οργανισμών που να ικανοποιεί όλα τα κριτήρια για τη χρήση του/τους ως δείκτη/ες. Εντούτοις, τα ολικά κολίμορφα φαίνεται πως ικανοποιούν τις περισσότερες από αυτές, όπως έχει είδη αναφερθεί (Shugar *et al.,* 2001). Μάλιστα, θεωρείται ασφαλής τακτική η θεώρηση πως όλα τα είδη κολίμορφων είναι κοπρανώδους προέλευσης (Droste, 1997).

Υπάρχουν, μάλιστα, δύο αδιαφιλονίκητα χαρακτηριστικά των κολίμορφων βακτηρίων που ευνοούν την υιοθέτηση της συγκέντρωσής τους ως μέτρο δυνητικής παθογένειας του ύδατος. Εν πρώτοις, με ελάχιστες εξαιρέσεις, δεν πολλαπλασιάζονται στο νερό. Αντιθέτως, μάλιστα, θανατώνονται με ταχύτητα περίπου ανάλογη της συγκέντρωσής τους, κάτι που σημαίνει πως το ποσοστό που επιβιώνει είναι εκθετική συνάρτηση του χρόνου. Από την άλλη, κατά κανόνα τα κολίμορφα είναι πιο ανθεκτικά από τα παθογόνα βακτήρια στις τεχνικές και φυσικές διαδικασίες απολύμανσης. Αυτό εξασφαλίζει την απομάκρυνση των δεύτερων, όταν δεν ανιχνεύονται τα πρώτα. Δυστυχώς, όμως, κάτι ανάλογο δε συμβαίνει και με τους ιούς, οι οποίοι είναι σε γενικές γραμμές ανθεκτικότεροι των κολίμορφων. Αυτό, ακριβώς, το σημείο αποτελεί και την κυριότερη αδυναμία της συγκέντρωσης των τελευταίων ως μέτρο δυνητικής παθογένειας (Χριστούλας, 1991).

Αδιαφιλονίκητα, η αξιολόγηση της ποιότητας νερού έχει στηριχθεί παραδοσιακά στην ανίχνευση οργανισμών δεικτών, όπως τα ολικά κολίμορφα. Εντούτοις, αυτή η ομάδα μικροοργανισμών δε συσχετίζεται απαραιτήτως καλά με την παρουσία παθογόνων οργανισμών. Οι Davis *et al.* (1977) πρότειναν ότι η συνολική ομάδα των κολίμορφων δεν αποτέλεσε μια αξιόπιστη πηγή πληροφοριών ως προς το μολυσματικό περιεχόμενο ή την κατάσταση μιας πηγής ύδατος, ενώ οι Sayler *et al.* (1975) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εμπιστοσύνη στα κολίμορφα βακτήρια δημιούργησε σοβαρά προβλήματα, τόσο στη μέτρηση της περιβαλλοντικής ποιότητας, όσο και στον υπολογισμό των κινδύνων για τη δημόσια υγεία

Η χρήση, πάντως, των ολικών κολίμορφων ενδείκνυται για τον καθορισμό της υγειονομικής ποιότητας του πόσιμου νερού. Αδιαφιλονίκητα, το πόσιμο νερό θα

πρέπει να είναι ελεύθερο κολίμορφων του όποιου είδους. Στην περίπτωση των γλυκών επιφανειακών ή υπόγειων υδάτων, πάντως, η χρήση των κοπρανωδών κολίμορφων είναι πιο κατάλληλη για τον προσδιορισμό της ποιότητάς τους (Nathanson, 2000).

Ολοκληρώνοντας, επισημαίνεται πως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας προτείνει για το πόσιμο νερό την απουσία αποικιών κολίμορφων ανά 100 mL, ενώ η USEPA ορίζει το όριο των 200 αποικιών ανά 100 mL για το νερό προς κολύμβηση (Tyler Miller Jr., 2003). Από την άλλη, συλλογιζόμενοι πως καθημερινά οι ανθρώπινες απεκκρίσεις περιέχουν 2 δισεκατομμύρια κολίμορφων βακτηρίων, γίνεται κατανοητή η ευκολία με την οποία τα μη επεξεργασμένα υγρά απόβλητα επιμολύνουν το νερό (Tyler Miller Jr., 1996).

Μια από τις πρώτες οδηγίες της Ε.Ε. για το νερό και πιο συγκεκριμένα, η 75/440/ΕΟΚ, θέλει το νερό που προορίζεται για μετατροπή του σε πόσιμο να φέρει κατά το μέγιστο 50, 5000 ή 50.000 κολίμορφα ανά 100 mL ύδατος, ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας. Λίγο αργότερα, η Οδηγία 76/160/ΕΟΚ, σχετική με την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης, καθιερώνει ως κατευθυντήρια συγκέντρωση ολικών κολίμορφων αυτή των 500 αποικιών ανά 100 mL νερού και ως επιτακτική, τις 10.000 αποικίες στον ίδιο πάντα όγκο. Τέλος, η Οδηγία 98/83/ΕΚ αποκλείει την ύπαρξη κολίμορφων βακτηρίων ανά 100 mL ύδατος, όταν αυτό προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση.

Πέραν των προαναφερθέντων χρήσεων του νερού και των πληθυσμών κολίμορφων που αυτά μπορούν να 'ανεχτούν', δε θα μπορούσε να παραληφθεί κι αυτή που αφορά στην άρδευση και ειδικότερα, την άρδευση λαχανικών που τρώγονται ωμά. Τέτοια λαχανικά, ενδεικτικά, είναι η ντομάτα, το λάχανο, η πιπεριά, τα καρότα και το μαρούλι.. Μόνο από την αναφορά της φράσης 'τρώγονται ωμά' γίνεται πασιφανής ο κίνδυνος για τη δημόσια υγεία, όταν χρησιμοποιούνται μολυσμένα ύδατα για αρδευτικούς σκοπούς, καθώς τα τελευταία αποτελούν πηγές παθογόνων μικροοργανισμών, που με την κατανάλωση ωμών λαχανικών, οδηγούν σε 'εκρήξεις' ασθενειών. Έτσι, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO, 1975) προτείνει για την άρδευση των προϊόντων που τρώγονται ωμά τη χρήση μόνο βιολογικά επεξεργασμένων υδάτων, τα οποία και απολυμαίνονται, ώστε να επιτευχθούν επίπεδα κολίμορφων που δε θα υπερβαίνουν τα 100 κολίμορφα/100 mL σε ποσοστό 80% των δειγμάτων. Αξιοσημείωτο είναι πως το νερό που χρησιμοποιείται εσφαλμένως για αρδευτικούς σκοπούς δύναται να εμπεριέχει

μικροβιακό φορτίο σε κολίμορφα που κυμαίνεται από 3,40 - 4,40 $\log_{10}$ CFU/100mL. Επιπλέον, εδώ, παρατηρείται και εποχιακή διακύμανση. Συγκεκριμένα, το μικροβιακό φορτίο σε κολίμορφα των εν λόγω υδάτων είναι σημαντικά μεγαλύτερο κατά τις υγρές περιόδους (Okafo *et al*., 2003).

2.6.1.4 *Escherichia coli*

Το *Escherichia coli,* αρχικά γνωστό ως *Bacterium coli*, ταυτοποιήθηκε το 1885 από το Γερμανό παιδίατρο Theodor Escherich. Είναι ευρέως κατανεμημένο στο λεπτό έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων. Φυσιολογικά, πρόκειται για το επικρατές προαιρετικά αναερόβιο μικρόβιο της κοιλιακής χώρας, το οποίο είναι καίριας σημασίας για την εντερική χλωρίδα, διατηρώντας τη φυσιολογία ενός υγιούς ξενιστή (Neil *et al*., 1994). Μάλιστα, στα εύκρατα κλίματα το εν λόγω βακτήριο είναι το πιο συχνό και επικρατές κολίμορφο της ανθρώπινης εντερικής χλωρίδας (Heinke, 1996).

Το *Escherichia coli* αποτελεί την κύρια υποομάδα της ομάδας των κοπρανωδών κολίμορφων, με μήκος 2 μm και πλάτος 0,5 μm (Tchobanoglous and Schroeder, 1985). Πρόκειται για ένα Gram αρνητικό, λακτόζη θετικό και οξειδάση αρνητικό μικροοργανισμό, ενώ τα περισσότερα στελέχη είναι περίτριχα, κινητά και φέρουν ινίδια προσκολλητικά και συζευκτικά (Καποτάς, 2003; Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995).

Είναι γνωστό πως αποτελεί μέλος της οικογένειας των Enterobacteriaceae, η οποία περιλαμβάνει πολλά γένη, μεταξύ των οποίων και γνωστά παθογόνα (*Salmonella*, *Shigella, Yersinia*). Έτσι, αν και τα περισσότερα στελέχη του δε θεωρούνται παθογόνα, κάποια μπορεί να είναι ευκαιριακά παθογόνα, ικανά να προκαλέσουν λοιμώξεις σε ανοσοκατεσταλμένους ασθενείς (όπως περιτονίτιδα και χολοκυστίτιδα). Πέραν αυτών, κάποια παθογόνα στελέχη του *E. coli* προκαλούν ασθένειες γαστρεντερικού τύπου κατά την κατάποσή τους (Feng *et al*., 2002). Επιπρόσθετα, κάποια στελέχη προκαλούν βακτηριαιμία και περιστασιακά, μηνιγγίτιδα στα νεογνά, ενώ εντοπίζονται και στην αναπνευστική οδό των εγχειρισμένων ασθενών (Crichton, 1996).

Εδώ, θα γίνει λόγος για τα πιο σημαντικά παθογόνα στελέχη του εν λόγω μικροοργανισμού. Αρχικά, το εντεροτοξινογόνο *E. coli* (ETEC) είναι συχνό αίτιο της

διάρροιας των ταξιδιωτών, ενώ σημειώνεται πως είναι δύσκολο να διαφοροποιηθεί από τα υπόλοιπα στελέχη που συναντώνται στο νερό, αν και τα τελευταία χρόνια μια τέτοια απόπειρα γίνεται με μοριακές μεθόδους. Επισημαίνεται, πάντως, πως επειδή η μολυσματική δόση είναι μεγάλη, η μετάδοση του ETEC από άτομο σε άτομο δεν είναι συχνή. Από την άλλη, θεωρείται σημαντική η μετάδοσή του δια των τροφών, ενώ η υδατογενής μετάδοση του ETEC είναι αβέβαιη (Αρσένη, 1994). Εκτός από το τελευταίο στέλεχος, υπάρχει και το εντεροπαθογόνο *E. coli* (EPEC). Αυτό είναι συχνότερο στις αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ έχει σχεδόν εξαφανισθεί στις ανεπτυγμένες. Το στέλεχος αυτό δεν παράγει εντεροτοξίνη, ενώ ο μηχανισμός της παθογόνου δράσης δεν είναι ακόμη γνωστός. Αναφορικά, τώρα, με το τι προκαλεί το EPEC, το στέλεχος αυτό προσβάλλει παιδιά μέχρι 5 ετών και σπανιότερα στους ενήλικες, με τις διάρροιες ως σύμπτωμα. Συνεχίζοντας, το εντεροδιεισδυτικό *E. coli* (EIEC) προκαλεί διάρροιες τόσο στα παιδιά, όσο και στους ενήλικες. Ούτε αυτό παράγει ειδικές τοξίνες, ενώ είναι ακίνητο και στερείται βλεφαρίδων (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995). Τέλος, υδατογενείς επιδημίες έχει προκαλέσει και το αιμορραγικό *E. coli*, αλλά είναι σχετικά σπάνιες (Knight, 1993).

Το 1982, το εν λόγω μικρόβιο προτάθηκε ως δείκτης της κοπρανώδους μόλυνσης. Η πρόταση αυτή βασίστηκε στο γεγονός πως το *E. coli* είναι παρόν στα κόπρανα ζωικής και ανθρώπινης προέλευσης, συνήθως, δίχως να βρίσκεται αλλού, αν και υπάρχει κάποια ένδειξη πως μπορούν να αναπτύσσονται στα τροπικά εδάφη (WHO, 2004). Προς την ίδια κατεύθυνση, παρατηρήθηκε πως είναι εύκολο να ανιχνευτεί η ικανότητά του να ζυμώνει τη γλυκόζη (και αργότερα τη λακτόζη), ενώ η απομόνωσή του είναι η ευκολότερη σε σχέση με αυτήν άλλων εντερικών παθογόνων. Συνεπώς, η παρουσία του στο νερό ή σε τρόφιμα έγινε αποδεκτή ως ένδειξη πρόσφατης κοπρανώδους μόλυνσης, αλλά και ίσως άλλων παθογόνων. Αν και τα παραπάνω ακούγονται ιδανικά, στην πράξη η χρήση του *E. coli* περιπλέκεται από άλλα εντερικά βακτήρια, με παρόμοια φαινοτυπικά χαρακτηριστικά - όπως, *Citrobacter, Klebsiella* και *Enterobacter* - επίσης ικανά να ζυμώσουν τη λακτόζη (Feng *et al*., 2002).

Αξίζει, εδώ να ειπωθεί πως το *E. coli* αποτελεί καλύτερο δείκτη της παρουσίας πρόσφατης κοπρανώδους μόλυνσης, σε σχέση με τα ολικά κολίμορφα. Ωστόσο, η ένδειξη εξαιτίας του δε διαφοροποιείται μεταξύ ανθρώπινης ή ζωικής προέλευσης. Επιπρόσθετα, οι πυκνότητές του είναι τυπικά πολύ χαμηλότερες των κολίμορφων και για αυτό, το *Escherichia coli* δε χρησιμοποιείται ως δείκτης της αποτελεσματικότητας της επεξεργασίας ή της μόλυνσης κατόπιν αυτής. Τέλος, ο εν λόγω μικροοργανισμός

είναι ένας πιο ειδικός δείκτης της μόλυνσης από κόπρανα, συγκριτικά με την λοιπή ομάδα των κοπρανωδών κολίμορφων (Cohn *et al*., 1999).

Όσον αφορά τη 'συμπεριφορά' του εντός του ποταμού, αξίζει να σημειωθεί πως το *E. coli* συσσωρεύεται στα ιζήματα και κινητοποιείται, όταν αυξάνεται η ροή του νερού (WHO, 2004). Αξιοσημείωτο είναι, όμως, πως ακόμη κι αν κάποια νερά είναι μόνο ελάχιστα μολυσμένα, είναι πολύ πιθανό να εντοπιστεί *Escherichia coli* σε αυτά. Γιατί; Μόνο σε 100 mL μη επεξεργασμένων αστικών υγρών αποβλήτων βρίσκονται περίπου 3 εκατομμύρια *Escherichia coli.* Μάλιστα, αν και τα περισσότερα στελέχη είναι αβλαβή, άτομα που τα εκκρίνουν, απελευθερώνουν και παθογόνα (Nathanson, 2000). Για αυτό, λοιπόν, η παρουσία αυτού του οργανισμού αποτελεί ένδειξη της παρουσίας κοπρανώδους ύλης και πιθανής παρουσίας παθογόνων οργανισμών ανθρώπινης προέλευσης (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποια προβλήματα που δυσχεραίνουν τη χρήση του *E. coli* ως οργανισμός - δείκτης. Συγκεκριμένα, δεν πρόκειται για ένα μόνο είδος, όπως επιστεύετο αρχικά. Παράλληλα, κάποιοι άλλοι οργανισμοί που μπορεί να βρεθούν στο νερό και δεν αντικατοπτρίζουν μόλυνση από κόπρανα, εμφανίζουν παρόμοια με το *E. coli* χαρακτηριστικά, όπως η ικανότητα ζύμωσης της λακτόζης. Τέλος, το *E. coli* που εντοπίζεται στον άνθρωπο είναι ταυτόσημο με εκείνο άλλων θερμόαιμων ζώων (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία (Οδηγία 98/83/ΕΚ), το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση χρήζει ανάγκης απουσίας αποικιών *E. coli* ανά 100 mL αυτού.

2.6.1.5 *Clostridium perfringens*

Το *Clostridium perfringens* διακρίνεται σε πέντε τύπους (A-E) βάσει των διαφορετικών θνησιγόνων τοξινών που παράγουν. Ο οργανισμός εντοπίζεται συχνά στο έδαφος, το νερό και τη σκόνη, ενώ είναι ιδιαίτερα συνδεδεμένος με το καλλιεργημένο έδαφος, όπου έχει γίνει εφαρμογή κόπρου (Collee *et al.*, 1996a). Επιπρόσθετα, το *Clostridium perfringens* έχει βρεθεί πως επικρατεί στην εντερική χλωρίδα ανθρώπων και ζώων (Droste, 1997). Φαίνεται πως αποτελεί μέλος της

φυσιολογικής εντερικής χλωρίδας των ανθρώπων και άλλων θερμόαιμων ζώων σε ποσοστό 13-35% (WHO, 2004).

Μορφολογικά, πρόκειται για ένα σχετικά μεγάλο Gram+ βάκιλο (4-6 x 1 μm), που συναντάται ως μονάδα ή σε ζεύγη και συχνά διαθέτει κάψα, όταν βρίσκεται σε ιστούς. Σημειώνεται πως σε σακχαρώδη θρεπτικά μέσα οι βάκιλοι είναι μικρότεροι, ενώ σε πρωτεϊνικά θρεπτικά μέσα μπορεί να αποκτήσουν ινώδη μορφή. Το μήκος του, λοιπόν, ποικίλει ανάλογα με το στάδιο της ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται, καθώς και τη σύσταση του θρεπτικού μέσου (Joklik *et al*., 1992). Σε αντίθεση με τα άλλα παθογόνα κλωστρίδια, το εν λόγω μικρόβιο δεν εμφανίζει κινητικότητα, ενώ παράγει σπόρια μόνο σε ειδικά για το σκοπό αυτό θρεπτικά υλικά (Collee *et al.*, 1996a; Joklik *et al*., 1992). Το *Clostridium perfringens* θεωρείται αποκλειστικά κοπρανώδους προέλευσης (Droste, 1997).

Αναφορικά με τη φυσιολογία του *Clostridium perfringens*, πρόκειται για ένα αναερόβιο μικρόβιο, που όμως δύναται να επιβιώσει σε ανασταλτικές για άλλα αναερόβια συγκεντρώσεις οξυγόνου. Για αυτό, αν και γενικά η καλλιέργειά του γίνεται υπό αναερόβιες συνθήκες, το *Clostridium perfringens* μπορεί να καλλιεργηθεί και μικροαερόφιλα. Η ανάπτυξή του, τώρα, λαμβάνει χώρα συνήθως στους 37 ^{o}C, αν και η ιδανική θερμοκρασία για τα περισσότερα στελέχη είναι αυτή των 45 ^{o}C (Collee *et al.*, 1996a; Joklik *et al*., 1992).

Όπως προαναφέρθηκε, το *Clostridium perfringens* διακρίνεται σε πέντε τύπους (A-E) βάσει των διαφορετικών θνησινογόνων τοξινών που παράγουν. Ο τύπος Α είναι ο κύρια υπεύθυνος για την πρόκληση ασθενειών στον άνθρωπο (και σε πολύ μικρότερο βαθμό στα ζώα): κλωστριδιακή μυονέκρωση, λοιμώξεις εντοπισμένες σε πληγές, αλλά και η κοινή τροφική δηλητηρίαση. Από την άλλη, οι τύποι Β, C, D και Ε εντοπίζονται κυρίως στα ζώα και μόνο περιστασιακά στο γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου, προκαλώντας ποικίλες ζωικές ασθένειες (Joklik *et al*., 1992). Γνωρίζοντας, παράλληλα, πως τα σπόρια κάποιων στελεχών είναι ανθεκτικά σε υψηλές θερμοκρασίες, όπως 100 ^{o}C, για περισσότερο από 1 ώρα, η παρουσία των *Clostridium perfringens* στα τρόφιμα δεν μπορεί να αποφευχθεί. Τυπικά, η εκδήλωση της ασθένειας συμβαίνει 8-15 ώρες μετά την κατάποση του μολυσμένου τροφίμου. Τα συμπτώματα, που περιλαμβάνουν έντονες κοιλιακές κράμπες, αέρια και διάρροια, (σπάνια, ναυτία και εμετός) αποδίδονται σε μια πρωτεϊνική εντεροτοξίνη, η οποία

παράγεται κατά την σπορογέννεση του οργανισμού εντός του λεπτού εντέρου (Rhodehamel and Harmon, 2001).

Κωδικοποιώντας την παθογόνο δράση του *C. perfringens* μπορούμε να 'κινηθούμε' μεταξύ τροφικής δηλητηρίασης, νεκρωτικής εντεροκολίτιδας, κλωστρηδιακής μυονέκρωσης και μη τοξινογονων κλωστριδιακών λοιμώξεων (Καποτάς, 2003).

Μιλώντας, τώρα, για το *Clostridium perfringens* και τη σχέση του με άλλους μικροοργανισμούς, αυτό εντοπίζεται στα κόπρανα σε πολύ μικρότερους αριθμούς συγκριτικά με το *E. coli*. Παράλληλα, τα σπόρια του πρώτου – που όπως είδαμε είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά (έχουν και ανθεκτικότητα έναντι του χλωρίου) – μπορούν να επιβιώσουν σημαντικά μεγαλύτερες περιόδους, σε σχέση με τα κολίμορφα και τους εντερόκοκκους. Σήμερα, τέλος, υπάρχουν αλληλοσυγκρουόμενες απόψεις για τη συσχέτιση των σπορίων ή των βλαστικών μορφών του *C. perfringens* με αυτά των παθογόνων (Standing Committee of Analysts, 2002a).

Αναφορικά, τώρα, με τα χαρακτηριστικά αυτού του μικροοργανισμού που το καθιστούν χρήσιμο δείκτη είναι αδύνατο να παραληφθεί ο σχηματισμός σπορίων, ανθεκτικών υπό αντίξοες συνθήκες. Έτσι, το γεγονός πως ο εν λόγω μικροοργανισμός επιβιώνει του περιβαλλοντικού stress, το καθιστά και πολύτιμο περιβαλλοντικό δείκτη (Droste, 1997). Ακριβώς, εξαιτίας των παραπάνω το βακτήριο αυτό έχει προταθεί ως δείκτης των εντερικών ιών, αλλά και πρωτόζωων, στο επεξεργασμένο πόσιμο νερό, ενώ τα σπόρια αυτά καθαυτά, αποτελούν ένδειξη της αποτελεσματικότητας των διαδικασιών διήθησης. Σημειώνεται, εδώ, πως τα σπόριά του είναι μικρότερα από τις ωοκύστες των πρωτόζωων. Επιπλέον, το εν λόγω μικρόβιο - όπως και το *E. coli* - είναι ανίκανο πολλαπλασιασμού στα περισσότερα υδατικά περιβάλλοντα, αποτελώντας δείκτη κοπρανώδους μόλυνσης και μάλιστα, με υψηλή ειδικότητα. Ωστόσο, η χρήση του δεν προτείνεται για καταγραφές ρουτίνας, καθώς οι εξαιρετικά μεγάλοι χρόνοι επιβίωσης των σπορίων του υπερβαίνουν εκείνους των εντερικών παθογόνων, συμπεριλαμβανομένων των εντερικών ιών και πρωτόζωων (WHO, 2004). Επισημαίνεται, τέλος, πως ο εν λόγω μικροοργανισμός αποτελεί ένδειξη παλαιότερης μόλυνσης, όταν οι άλλοι δείκτες κοπρανώδους μόλυνσης είναι απόντες (Standing Committee of Analysts, 2002c).

Η Κοινοτική νομοθεσία, τέλος, αναφέρει το *C. perfringens* στην Οδηγία 98/83/ΕΚ, περί υδάτων ανθρώπινης κατανάλωσης και συμβιβάζεται μόνο με την

απουσία αποικιών του εν λόγω μικροοργανισμού (συμπεριλαμβανομένων των σπορίων) ανά 100 mL νερού.

2.6.1.6 *Salmonella* spp.

Το γένος *Salmonella,* το οποίο και ονομάστηκε έτσι από τον αμερικανό βακτηριολόγο D.E.Salmon, ανήκει στην οικογένεια Enterobacteriaceae. Σε αντίθεση με τα περισσότερα βακτήρια, οι σαλμονέλλες ταυτοποιούνται ως ορότυποι, παρά σαν είδη (Singleton, 2001).

Για την ιστορία, η ταξινομική της σαλμονέλλας περιπλέχθηκε σε βάθος χρόνου εξαιτίας της ανάπτυξης και χρήσης πολλών διαφορετικών ονομασιών, με το 1983 να αποτελεί έτος-σταθμό. Τότε, λοιπόν, μελέτες γενετικής φανέρωσαν πως όλες οι σαλμονέλλες - μαζί με τους οργανισμούς που είχαν ταξινομηθεί υπό το γένος Arizona - ανήκουν στο ίδιος είδος, με τη γενετική, φυλογενετική και εξελικτική έννοια του γένους. Αυτό το ένα είδος είναι το *S. enterica*, το οποίο και εμπεριέχει ποικίλους ορότυπους. Σημειώνεται, εδώ, πως τα κλινικά εργαστήρια αναφέρονται στους ορότυπους της σαλμονέλλας (ενδεικτικά, *Salmonella typhimurium*) και όχι στο ταξινομικά ορθό: *Salmonella enterica*, υποείδος *enterica*, ορότυπος *typhimurium* (Joklik *et al*., 1992).

Μορφολογικά, πρόκειται για Gram- βακίλους, 2-4 x 0,6 μm, που στερούνται κάψας και δε σχηματίζουν σπόρια. Οι περισσότεροι ορότυποι, μάλιστα, έχουν ικανότητα κίνησης, αφού φέρουν περίτριχα μαστίγια. Ωστόσο, τα *Gallinarum-Pullorum* δεν κινούνται (Duguid *et al*., 1966). Αναφορικά με τις βιοχημικές ιδιότητες και τα καλλιεργητικά χαρακτηριστικά, η σαλμονέλλα δεν μπορεί να ζυμώσει τη λακτόζη με την εξαίρεση ενός σπάνιου στελέχους. Τα περισσότερα στελέχη πέραν της ικανότητας κίνησης που προαναφέρθηκε παράγουν υδρόθειο από πηγές ανόργανου θείου. Επιπλέον, με την εξαίρεση του ορότυπου *typhi* οι σαλμονέλλες παράγουν αέριο από τη γλυκόζη (Joklik, 1992).

Οι σαλμονέλλες είναι ευρέως κατανεμημένες στο ζωικό βασίλειο. Έχουν απομονωθεί από πουλερικά, ερπετά, αιγοπρόβατα, βοοειδή, τρωκτικά, κατοικίδια ζώα, πουλιά, τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Από επιδημιολογική άποψη μπορούμε να τις κατατάξουμε σε τρεις ομάδες. Αυτές που απαντούν μόνο στον άνθρωπο, αυτές που απαντούν στα ζώα (θερμόαιμα, ψυχρόαιμα και περιβάλλον) και σε εκείνες που

μπορούν με την ίδια ευκολία να μεταπηδούν μεταξύ ανθρώπων και ζώων (Καποτάς, 2003).

Η σαλμονέλλα είναι ένα βακτηριακό παθογόνο που μπορεί να εκκριθεί στα περιττώματα και μπορεί να καταλήξει στα περιβαλλοντικά ύδατα μέσω των λυμάτων (Ashbolt, 1996). Υπάρχουν πάνω από 2200 γνωστοί ορότυποι *Salmonella* από τους οποίους όλοι είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο. Οι περισσότεροι από αυτούς προκαλούν γαστρεντερικές ασθένειες (διάρροια). Εντούτοις, κάποιοι μπορούν να προκαλέσουν κι άλλες παθήσεις, όπως ο τυφοειδής (*S. typhi*) και παρατυφοειδής (*S. paratyphi*) πυρετός. Επισημαίνεται, εδώ, πως τα δύο αυτά είδη προσβάλλουν μόνο τον άνθρωπο. Αξιοσημείωτο είναι πως κάθε δεδομένη στιγμή το 0,1% του πληθυσμού θα εκκρίνει *Salmonella*, κυρίως ως αποτέλεσμα λοιμώξεων από μολυσμένα τρόφιμα. Επιπλέον, από το 1980 ως το 1996 καταγράφηκαν στις ΗΠΑ 5 ‘εκρήξεις’ σαλμονελλώσεων, που πήγαζαν από το νερό, περιλαμβάνοντας και 1 ‘έκρηξη’ τυφοειδή πυρετού (Cohn *et al*., 1999). Από την άλλη, παρόλο που έχουν αναφερθεί πολλές επιδημίες γαστρεντερίτιδας από σαλμονέλλα, είναι ελάχιστες οι περιπτώσεις που έχει ταυτιστεί η προέλευσή τους από επαφή με το νερό. Αν σκεφτούμε την υψηλή μολυσματική δόση για τα περισσότερα στελέχη αυτής και το μικρό όγκο νερού που τυχαία καταπίνει ένας κολυμβητής (10-50 mL) κατά τη διάρκεια της κολύμβησης, γίνεται αντιληπτή η δυσκολία πρόκλησης γαστρεντερίτιδας από σαλμονέλλα μετά από κολύμβηση (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995). Όσον αφορά την αυτόβουλη πόση ύδατος, αυτή γίνεται (ή έτσι τουλάχιστον οφείλει) με νερό που έχει υποστεί επεξεργασία ή με αυτό πηγών επισημασμένων απουσίας παθογόνων, όπότε στην περίπτωση αύτη παρακάμπτουμε την παραπάνω ανησυχία.

Μιλώντας πιο αναλυτικά για τη σαλμονέλλωση (λοιμώξεις που εντοπίζονται στο γαστρεντερικό σύστημα), αυτή προκαλείται από πλήθος οροτύπων. Ο πιο συχνός ‘ένοχος’ για τον άνθρωπο είναι το *S. serovar typhimurium*, ένα Gram-, ικανό κίνησης βακτήριο, που δε σχηματίζει σπόρια. Η αρχική πηγή αυτού του βακίλλου είναι το γαστρεντερικό σύστημα πτηνών και διαφόρων ζώων. Οι άνθρωποι προσλαμβάνουν τα βακτήρια αυτά από μολυσμένα τρόφιμα (προϊόντα μόσχου, αυγά, πτηνοτροφία) ή νερό. Στις ΗΠΑ καταγράφονται περίπου 45000 περιπτώσεις το χρόνο, αν και πραγματικά τα περιστατικά μπορεί να αγγίζουν τα 2-3 εκατομμύρια ετησίως. Όταν το *S. serovar typhimurium* εισέλθει στο σώμα, ο χρόνος επώασης του είναι μόνο 8-48 ώρες. Η ασθένεια είναι το αποτέλεσμα μιας λοίμωξης από τη τροφή, καθώς ο βάκιλος

πολλαπλασιάζεται και προσβάλλει τη βλέννα του γαστρεντερικού, όπου και παράγει μια εντεροτοξίνη και μια κυτταροτοξίνη, ικανές να καταστρέψουν τα επιθηλιακά κύτταρα. Σημειώνεται πως κατά την οξεία φάση της ασθένειας, περίπου 1 δισεκατομμύριο βάκιλοι μπορεί να βρεθούν σε κάθε γραμμάριο κοπράνων (Prescott *et al*., 1999).

Ο τυφοειδής πυρετός, τώρα, προκαλείται από πλήθος μολυσματικών οροτύπων του *S. typhi*, με την πρόσληψη μολυσμένης τροφής ή νερού με κόπρανα ασθενών ή μολυσμένων ζώων. Μάλιστα, σε προηγούμενους αιώνες ο τυφοειδής πυρετός αποτέλεσε αίτιο μεγάλης έκτασης επιδημιών. Όταν το *S. typhi* εισέλθει στο λεπτό έντερο, η περίοδος επώασης είναι περίπου 10-14 ημέρες. Τα βακτήρια εποικίζουν το λεπτό έντερο, τρυπούν το επιθήλιο και εξαπλώνονται στους λεμφικούς ιστούς, το αίμα, το ήπαρ και τη χοληδόχο κύστη. Μετά την πάροδο περίπου 3 μηνών, οι περισσότεροι ασθενείς παύουν να φέρουν το βακτήριο στα κόπρανά τους. Ωστόσο, κάποιοι συνεχίζουν να φέρουν το βακτήριο για αρκετό καιρό, αλλά ασυμπτωματικά. Σε αυτούς τους φορείς, τα βακτήρια εξακολουθούν να αναπτύσσονται εντός της χοληδόχου κύστεως, καταλήγοντας στο λεπτό έντερο μέσω του χοληδόχου πόρου. Μεταξύ άλλων μέτρων αντιμετώπισης, κρίνεται σημαντική η επεξεργασία (καθαρισμός) του νερού. Σημειώνεται πως περίπου 400-500 περιπτώσεις τυφοειδούς πυρετού παρατηρούνται στις ΗΠΑ ετησίως (Prescott *et al*., 1999).

Ο προσδιορισμός του επιπέδου σαλμονελλών στα περιβαλλοντικά ύδατα και τα υγρά απόβλητα απαιτείται στην αξιολόγηση του σχετικού κινδύνου υγείας. Εντούτοις, μόνο οι δοκιμές ανίχνευσης και καταμέτρησης με υψηλή ευαισθησία μπορούν να χρησιμοποιηθούν δεδομένου ότι το αριθμητικό επίπεδο σαλμονελλών στο νερό είναι συχνά πολύ χαμηλό (Ho and Tam, 2000) και βεβαίως ασύγκριτα μικρότερο των μικροοργανισμών - δεικτών. Αναφορικά με τα επιφανειακά ύδατα, τώρα, οι χαμηλοί αριθμοί του μικροβίου που εντοπίζονται σε αυτά προέρχονται κυρίως από υγρά απόβλητα. Γενικά, οι αριθμοί τους στο νερό είναι πολύ μικρότεροι από αυτούς άλλων παθογόνων (Standing Committee of Analysts, 2002d).

Το σύνολο της νομοθεσίας της Ε.Ε. αναφορικά με το νερό, ‘καταδικάζει’ τις σαλμονέλλες. Πιο συγκεκριμένα, η Οδηγία 75/440/ΕΟΚ για τα ύδατα που προορίζονται να μετατραπούν σε πόσιμα, ζητά την απουσία τους ανά 1 και 5 L, ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας. Το ίδιο επιθυμεί επιτακτικά και η Οδηγία 76/160/ΕΟΚ για τα ύδατα κολύμβησης, μιας και απορρίπτει την ύπαρξη σαλμονέλλας

ανά L νερού. Το αυτό τελευταίο ισχύει και για το νερό ανθρώπινης (ΚΥΑ Υ2/2600/2001).

2.7 Ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά

Αρχικά, ο όρος 'αντιβιοτικό' αναφερόταν σε κάθε μικροβιακό προϊόν, το οποίο - ακόμα και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις - αναστέλλει ή σκοτώνει συγκεκριμένους μικροοργανισμούς. Στις μέρες μας, ο όρος χρησιμοποιείται με μια ευρύτερη έννοια, ώστε να συμπεριλάβει και ημισυνθετικές ή εξολοκλήρου συνθετικές ουσίες, που δύνανται να αναστέλλουν ή να σκοτώνουν συγκεκριμένα μικρόβια. Με την παραγωγή λοιπόν αυτών των ημισυνθετικών παραγώγων, ο όρος αντιβιοτικό έχει στις μέρες μας αντικατασταθεί με τον περιεκτικότερο όρο 'αντιμικροβιακό΄ που περιλαμβάνει το σύνολο των φυσικών, ημισυνθετικών καις συνθετικών ουσιών που προαναφέρθηκαν Όπως γίνεται κατανοητό, κανένα αντιβιοτικό δεν είναι αποτελεσματικό κατά όλων των βακτηρίων. Κάποια είναι ενεργά ενάντια ενός ευρύ συνόλου οργανισμών, περιλαμβάνοντας Gram- και Gram+ βακτήρια, ενώ η δράση άλλων είναι πιο περιορισμένη. Δεν είναι λίγες οι φορές, όπου ένα φυσικό αντιβιοτικό (κάποιο, δηλαδή, που παράγεται από ένα μικρόβιο) τροποποιείται χημικά προς σχηματισμό ημισυνθετικού αντιβιοτικού με ένα σημαντικά διαφορετικό φάσμα δράσης (Singleton, 2001; ΕΟΦ, 1996).

Μιλώντας λίγο για τη δράση τους, τα αντιβιοτικά μπορούν να είναι βακτηριοκτόνα ή βακτηριοστατικά, ενώ και κάποιο που δρα σα βακτηριοκτόνο σε μια συγκέντρωση μπορεί να είναι βακτηριοστατικό σε μια πιο χαμηλή. Ένα αντιβιοτικό δρα κατά ενός συγκεκριμένου σημείου του κυττάρου. Έτσι, ανάλογα με το αντιβιοτικό, το σημείο - στόχος μπορεί να είναι το κυτταρικό τοίχωμα, η κυτταροπλασματική μεμβράνη, η πρωτεϊνική σύνθεση ή ο μεταβολισμός των νουκλεϊκών οξέων (Singleton, 2001). Τα παραπάνω αποδίδονται, συνοπτικά, στον ακόλουθο πίνακα:

<u>Πίνακας 15:</u> Αντιβιοτικά και η δράση τους
(Προσαρμοσμένος από Forbes *et al*., 2002; Tsuda *et al*., 2002)

Αντιβιοτικά	**Δράση**
Αμπικιλλίνη Βακιτρακίνη Βανκομυκίνη	Αναστολείς της σύνθεσης κυτταρικών τοιχωμάτων
Γενταμυκίνη Ερυθρομυκίνη Στρεπτομυκίνη Τετρακυκλίνη	Αναστολείς της σύνθεσης πρωτεϊνών
Νιτροφουραντοϊνη Νορφλοξακίνη Οφλοξασίνη Ριφαμπικίνη Σιπροφλοξασίνη	Αναστολείς της σύνθεσης νουκλεϊκών οξέων

Σημειώνεται πως η παραπάνω επιλογή δεν είναι καθόλου τυχαία, μιας και αποτελούν την ομάδα αντιβιοτικών προς χρήση στο πειραματικό στάδιο.

Η αλόγιστη χρήση των αντιμικροβιακών για κάθε απλό εμπύρετο νόσημα και πόσο μάλλον η χρήση τους ως προστατευτικών σε ενδεχόμενο κίνδυνο μικροβιακής λοίμωξης αποτελεί τον κυριότερο λόγο για τον πάντα επίκαιρο μικροβιακό κίνδυνο. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 50 ετών, σημειώνεται δραματική αύξηση αντιμικροβιακών παραγόντων. Οι χρήσεις τους, κάνοντας αναφορά στον άνθρωπο, αφορά τη θεραπεία και πρόληψη μολυσματικών ασθενειών, αλλά και μη μολυσματικών, όπως η ακμή. Πέραν των παραπάνω, τα αντιβιοτικά χρησιμοποιούνται και στην αγροτική παραγωγή, ώστε να αποτρέπονται οι ζωονόσοι και να προάγεται η ανάπτυξη (όπως, η βακιτρακίνη και η τετρακυκλίνη). Ενδεικτικά, κατηγορίες αντιμικροβιακών παραγόντων που χρησιμοποιούνται στον άνθρωπο, αλλά και στα ζώα, αφορούν στις αμινογλυκοσίδες, τα γλυκοπεπτίδια, τις κινολόνες, αλλά και τις τρίτης γενιάς κεφαλοσπορίνες. Χρήση, όμως, αντιβιοτικών γίνεται και στη γεωργία, προκειμένου να αντιμετωπιστούν βακτηριακές ασθένειες των φυτών (American Academy of Microbiology, 1999). Παρά την αφθονία των αντιμικροβιακών που έχουμε πλέον στη διάθεσή μας, οι λοιμώξεις συνεχίζουν μέχρι και σήμερα να αποτελούν θανάσιμο κίνδυνο. Και σα να μην έφτανε αυτό, μικροοργανισμοί που μέχρι πριν λίγο καιρό ήταν ευαίσθητοι ακόμα και στην πενικιλλίνη, παρουσιάζουν σήμερα ανθεκτικότητα και στα πιο ειδικά αντιμικροβιακά.

Όλα τα παραπάνω, λοιπόν, συμπυκνώνονται στο ότι η αύξηση της αντοχής των βακτηρίων έναντι των αντιβιοτικών, είναι παράλληλη με την αύξηση της κατανάλωσης των τελευταίων (ΕΟΦ, 1996).

Πολλοί μικροοργανισμοί παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά η οποία και οφείλεται στη φυσιολογία τους ή τη βιοχημεία τους. Οι ευαίσθητοι μικροοργανισμοί, ωστόσο, μπορεί να γίνουν ανθεκτικοί μέσω μετάλλαξης ή ενσωμάτωσης κάποιας γενετικής πληροφορίας, η οποία και κωδικοποιεί αυτήν την ανθεκτικότητα. Η γνώση, όμως, που αφορά στην προέλευση της μικροβιακής ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά, την εξάπλωση των ανθεκτικών στελεχών και γονιδίων στη φύση, αλλά και τη σημασία όλων αυτών για τον άνθρωπο και τη φύση είναι ελλιπής, ακόμη και σήμερα. Κι αυτό, γιατί δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα που να οδηγούν σε ένα τελικό συμπέρασμα, ειδικότερα στην περίπτωση των ήδη ανθεκτικών μικροβίων και την είσοδό τους στο περιβάλλον (Kümmerer, 2004).

Αναφορικά, τώρα, με τα όσα γνωρίζουμε για τους μηχανισμούς ανάπτυξης της αντοχής των μικροβίων στα αντιβιοτικά, η τελευταία είναι απότοκο της μεταβολής της δομής του DNA. Αυτή η διαφοροποίηση του γενετικού υλικού μπορεί να επιτευχθεί, είτε με αλλαγή της δομής του χρωμοσωματικού DNA, είτε με την απόκτηση εξωχρωμοσωματικού DNA, που είναι αποτέλεσμα ανταλλαγής γενετικού υλικού (Χαλαβελάκης και συν., 1994). Μάλιστα, η ραγδαία εξάπλωση των γονιδίων που προσδίδουν ανθεκτικότητα σε αντιμικροβιακούς παράγοντες πραγματοποιείται εντός ενός βακτηριακού πληθυσμού, αλλά και από το ένα οικοσύστημα στο άλλο, καθώς και μεταξύ ζώων και ανθρώπων. Σχολιάζοντας το τελευταίο, επισημαίνεται πως δεν έχει επαρκώς επιβεβαιωθεί η μεταφορά ανθεκτικών γονιδίων από τα βακτήρια των ζώων σε ανθρώπινα παθογόνα. Ωστόσο, η εύρεση γονιδίων ανθεκτικότητας σε υπό-ομάδες βακτηριακών πληθυσμών από ανθρώπους και ζώα προτείνει την οριζόντια ανταλλαγή αυτών των γονιδίων μεταξύ βακτηρίων στα ζώα και ανθρώπινων παθογόνων βακτηρίων. Πέραν των παραπάνω, όμως, παθογόνα από τα ζώα φτάνουν στον άνθρωπο και μέσω της τροφικής αλυσίδας (American Academy of Microbiology, 1999).

Συγκεκριμένα, πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν την εξάπλωση ανθεκτικών στη γενταμυκίνη εντερόκοκκων στις ΗΠΑ (Donabedian *et al*., 2003), αλλά και στην Ευρώπη, στελεχών ανθεκτικών στη βανκομυκίνη (Wegener *et al*., 1999). Τα στελέχη αυτά και στις δύο περιπτώσεις μεταδόθηκαν από τα ζώα στον άνθρωπο, μέσω της τροφικής αλυσίδας. Μιλώντας ‘βιοχημικά’, η αντοχή των μικροοργανισμών στα

αντιβιοτικά μπορεί να εκφράζεται με ποικίλους τρόπους. Με αλλαγή του βιολογικού στόχου δράσεως των αντιβιοτικών, με παραγωγή ενζύμων που υδρολύουν, τροποποιούν ή παγιδεύουν τα αντιβιοτικά και τέλος με ελαττωμένη κυτταρική διαπερατότητα (Χαλαβελάκης και συν., 1994). Εδώ, δεν πρέπει να παραληφθεί και η βασική φυσιολογία των βακτηρίων, αλλά και κυρίως, όπως προαναφέρθηκε, η ποσότητα και ποιότητα της έκθεσης στον όποιον αντιμικροβιακό παράγοντα (American Academy of Microbiology, 1999).

Το υδάτινο περιβάλλον, γενικά, αποτελεί ενδιαίτημα βακτηρίων που εμφανίζουν αντοχή στα αντιβιοτικά. Η αυξημένη αυτή ανθεκτικότητα των διαφόρων βακτηρίων που απομονώνονται από το υδάτινο οικοσύστημα, στα αντιβιοτικά μπορεί να έχει ως γενεσιουργό αιτία (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995):

- Την αυξημένη απόρριψη αποβλήτων που στερούνται επεξεργασίας.
- Την μεγαλύτερη επιβίωση κάποιων στελεχών στα υδάτινα συστήματα που έχει ενδεχομένως σχέση σε κάποιες περιπτώσεις με την αντοχή σε διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες.
- Τη διαδικασία μεταφοράς αντοχής που έχει να κάνει με την αλόγιστη χρήση των αντιβιοτικών.

Σχολιάζοντας, λίγο, το πρώτο σημείο, αντιμικροβιακοί παράγοντες εντοπίζονται στα μη επεξεργασμένα υγρά απόβλητα σε περιοχές κοντά σε νοσοκομεία, φαρμακοβιομηχανίες, αλλά και φάρμες, στις οποίες χορηγούνται αντιβιοτικά στα ζώα. Τα εν λόγω υγρά απόβλητα, λοιπόν, καταλήγουν σε χείμαρρους, λίμνες και τελικά, στον ωκεανό. Σε μια ποικιλία, έτσι, αλληλοσυνδεόμενων οικοσυστημάτων οι αντιμικροβιακές ουσίες έχουν ως αποτέλεσμα την πρόκληση της ανθεκτικότητας σε αυτά, τη μείωση της ευαισθησίας των μικροοργανισμών και τις δραστικές μεταβολές στη βιοποικιλότητα των επηρεασμένων οικοσυστημάτων (American Academy of Microbiology, 1999).

Τα ανθεκτικά στελέχη του νερού, τώρα, εποικίζουν τον εντερικό σωλήνα του ανθρώπου, όταν τους δοθεί η ευκαιρία να διέρθουν από αυτόν. Κατόπιν της εγκατάστασή τους αυτής, έχουν τη δυνατότητα να δρουν ως δότες γονιδίων αντοχής στους μικροοργανισμούς της χλωρίδας του εντέρου. Αποτέλεσμα αυτού, είναι η τελευταία, με τη σειρά της, να αποτελεί δεξαμενή γονιδίων αντοχής για τα παθογόνα βακτήρια, κάνοντας λόγο για ένα φαύλο κύκλο ανθεκτικότητας (Amyes *et al.*, 1992).

Είναι πέρα από αληθές ότι οι εισερχόμενοι στο υδάτινο σώμα μικροοργανισμοί αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Παρόλα αυτά, εξίσου

σημαντικός είναι και ο ρόλος των αυτοχθόνων μικροοργανισμών του υδάτινου ενδιαιτήματος. Η δυνατότητα των τελευταίων να λειτουργούν ως δεξαμενές σημαντικών κλινικών γονιδίων αντοχής απαιτεί την ικανότητά τους να λαμβάνουν τα επίκτητα αυτά γονίδια αντοχής από άλλους αυτόχθονους ή παθογόνους μικροοργανισμούς που καταλήγουν στο υδάτινο περιβάλλον. Οι πρώτοι σημειώνεται πως πρέπει να μπορούν να δρουν ως δότες γενετικών πληροφοριών, που να επανεισέρχονται σε βακτήρια ανθρώπινης προέλευσης. Έτσι, οι αυτόχθονοι μικροοργανισμοί που έλαβαν τα γονίδια ανθεκτικότητας, παραμένουν στο ούτως ή άλλως γνώριμο και ασφαλές περιβάλλον, ψάχνοντας την ευκαιρία να τους επανεισάγουν στον ανθρώπινο οργανισμό (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995).

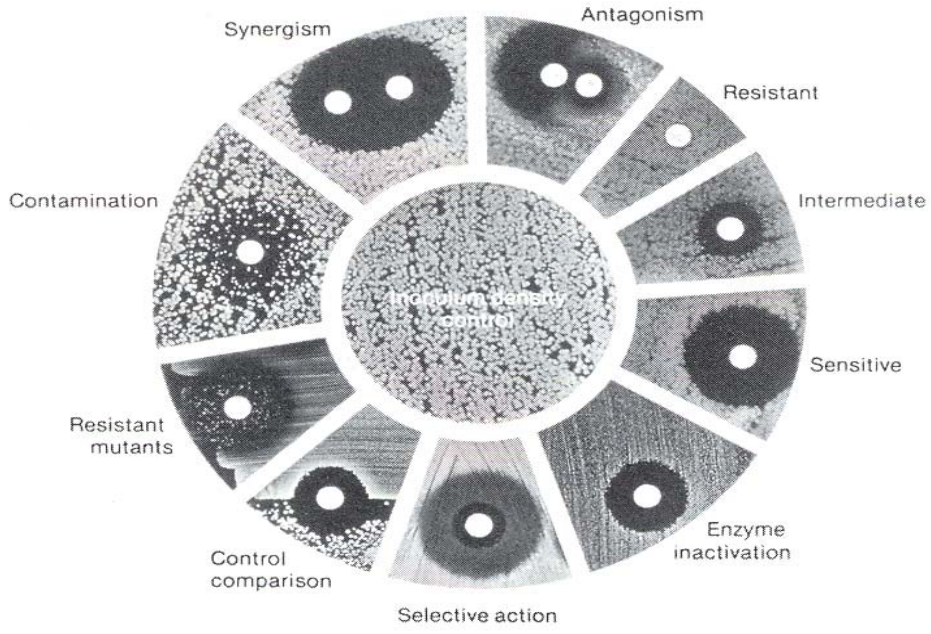
Γιατί κάποια βακτήρια, όμως, δεν επηρεάζονται από μερικά αντιβιοτικά; Αρχικά, γιατί σε κάποιες περιπτώσεις δε διαθέτουν μια συγκεκριμένη δομή-στόχο ενός δεδομένου αντιβιοτικού. Σε άλλα βακτήρια δε λαμβάνουν χώρα μεταβολικές διαδικασίες που αποτελούν στόχο αντιβιοτικής δράσης, ενώ ένα βακτηριακό κύτταρο μπορεί και ενεργά να εμποδίζει τη δράση των αντιβιοτικών, είτε λόγω ιδιοτήτων της μεμβράνης του, είτε με τη σύνθεση αδρανοποιητικών ενζύμων. Πέραν των παραπάνω, η αντίσταση στα αντιβιοτικά μπορεί να επιτευχθεί και μέσω μεταλλάξεων ή απόκτησης ενός πλασμιδίου R. Η μετάλλαξη θα διαφοροποιήσει το σημείο στόχο, ώστε να μην επηρεάζεται πλέον από την αντιβιοτική δράση, ενώ το πλασμίδιο R φέρει γονίδια που κωδικοποιούν αδρανοποιητικά ένζυμα (Singleton, 2001).

Προκειμένου να προσδιοριστεί η ευαισθησία ενός παθογόνου σε ποικίλα αντιβιοτικά ακολουθούνται διάφοροι μέθοδοι ελέγχου. Από τις πλέον συχνά χρησιμοποιούμενες είναι η μέθοδος επιφανειακής διάχυσης της αντιβιοτικής ουσίας, η οποία βρίσκεται σε εμποτισμένους χάρτινους δίσκους, γνωστής συγκέντρωσης. Σύμφωνα με αυτή, υγρή καλλιέργεια του υπό μελέτη παθογόνου επιστρώνεται εντός τρυβλίου με το κατάλληλο θρεπτικό μέσο. Ποικίλοι χάρτινοι δίσκοι εμποτισμένοι με αντιβιοτικό τοποθετούνται στην επιφάνεια του θρεπτικού μέσου. Ακολουθεί επώαση, κατά την οποία τα αντιβιοτικά διαχέονται σε απόσταση από τους χάρτινους δίσκους τους. Έτσι, αν ο υπό μελέτη οργανισμός είναι ευαίσθητος σε ένα δεδομένο αντιβιοτικό, θα αναπτυχθεί μια ζώνη αναστολής της ανάπτυξής του τριγύρω από το δίσκο του αντιβιοτικού (Singleton, 2001).

Η παραπάνω μέθοδος δεν ενδείκνυται για βακτήρια με αργή ανάπτυξη (όπως, *Mycobacterium tuberculosis*), γιατί τα αντιβιοτικά θα διαχυθούν περισσότερο από

ό,τι πρέπει προτού γίνει ορατή η βακτηριακή ανάπτυξη. Αντίθετα, ο έλεγχος αυτός είναι κατάλληλος για τα βακτήρια εκείνα που δίνουν ορατή ανάπτυξη μετά από επώαση μιας νύχτας (Singleton, 2001).

Οι αντιδράσεις που είναι πιθανό να παρατηρηθούν σε έναν τέτοιο έλεγχο καταγράφονται στην ακόλουθη εικόνα.



<u>Εικόνα 1:</u> Τεστ διάχυσης δίσκων (Disc diffusion test). Οι τύποι των ζωνών που μπορεί να αναπτυχθούν γύρω από τους δίσκους κατά τον έλεγχο της ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά (Singleton, 2001).

Σχολιάζοντας κάποιες από τις εικονιζόμενες περιπτώσεις, έχουμε (Singleton, 2001):

- Ανθεκτικό (*Resistant*): Καμία ζώνη αναστολής δε σχηματίζεται, με τη βακτηριακή ανάπτυξη να είναι παντού στο τρυβλίο.
- Ενδιάμεσο (*Intermediate*): Παρατηρείται μια στενή ζώνη αναστολής της βακτηριακής ανάπτυξης τριγύρω από το δίσκο, ελεύθερη από αποικίες
- Ευαίσθητο (*Sensitive*): Παρατηρείται μια ευρεία ζώνη αναστολής της βακτηριακής ανάπτυξης τριγύρω από το δίσκο, ελεύθερη από αποικίες

- Ενζυμική αδρανοποίηση (*Enzyme inactivation*): Παρατηρείται μια στενή ζώνη αναστολής της βακτηριακής ανάπτυξης τριγύρω από το δίσκο, ελεύθερη από αποικίες. Σε αντίθεση, όμως, από την περίπτωση 'ενδιάμεσο' η ζώνη, εδώ, είναι απόλυτα καθορισμένη, ενώ η βακτηριακή ανάπτυξη στο τρυβλίο είναι πιο έντονη, με σχετικά μεγάλες αποικίες.
- Εκλεκτική δράση (*Selective action*): Συμβαίνει, όταν υπάρχουν δύο διαφορετικά στελέχη, τα οποία και διαφέρουν στο βαθμό της ευαισθησίας τους σε ένα δεδομένο αντιβιοτικό. Κοντά στο δίσκο, η συγκέντρωση του αντιβιοτικού είναι υψηλή, ώστε να αναστέλλει την ανάπτυξη και των δύο στελεχών (ευρεία ζώνη αναστολής). Ασφαλώς, πιο μακριά από το δίσκο (χαμηλότερη συγκέντρωση αντιβιοτικού) η ανάπτυξη του ενός στελέχους θα αναστέλλεται, ενώ του άλλου όχι.
- Ανθεκτικά μεταλλαγμένα (*Resistant mutants*): Εδώ, ενυπάρχουν κάποια μεταλλαγμένα κύτταρα που δύνανται να σχηματίσουν αποικίες υπό συνθήκες που αναστέλλουν τα μη μεταλλαγμένα. Υπάρχουν, ωστόσο, κάποια μεταλλαγμένα κύτταρα, τα οποία αναπτύσσονται μόνο στην παρουσία ενός δεδομένου αντιβιοτικού. Αυτά θα σχηματίσουν αποικίες σε μια άλλοτε ελεύθερη αποικιών ζώνη αναστολής. Για παράδειγμα, τα 'εξαρτώμενα από στρεπτομυκίνη' μεταλλαγμένα περιέχουν μη λειτουργικά ριβοσώματα τα οποία στην παρουσία στρεπτομυκίνης εμφανίζονται να 'παραμορφώνονται' κατά τέτοιο τρόπο ώστε να γίνονται λειτουργικά. Παρόλα αυτά, σύμφωνα με τους Koneman *et al.* (1992), απαιτείται να γίνουν βιοχημικοί έλεγχοι προκειμένου να καθοριστεί αν το ανθεκτικό στέλεχος είναι μετάλλαξη του υπό μελέτη μικροοργανισμού ή αντιπροσωπεύει ένα δεύτερο είδος που έχει αναπτυχθεί στη μεικτή καλλιέργεια.
- Επιμόλυνση (*Contamination*): Ενυπάρχει μείγμα οργανισμών, τουλάχιστον ένα από τα οποία είναι ανθεκτικό στο αντιβιοτικό.

Αναλύοντας την περίπτωση της ενζυμικής αδρανοποίησης, σημειώνεται πως μη σχηματισμός ζώνης αναστολής μπορεί να παρατηρηθεί, όταν ο υπό μελέτη οργανισμός κωδικοποιεί ένζυμα αδρανοποίησης αντιβιοτικών. Ενδεικτικά, στελέχη του *Staphylococcus aureus* κωδικοποιούν το ένζυμο β-λακταμάση. Σαφώς, τα κύτταρα κοντά στο δίσκο του αντιβιοτικού θανατώνονται, προτού να προλάβουν τη σύνθεση των απαιτούμενων επιπέδων ενζύμων. Από την άλλη, κύτταρα πιο απομακρυσμένα από το δίσκο δέχονται σταδιακά αυξανόμενες ποσότητες

αντιβιοτικού, καθώς το τελευταίο διαχέεται, με αποτέλεσμα σε συγκεκριμένη απόσταση από αυτό, κάποια κύτταρα να έχουν συνθέσει αρκετή ποσότητα ενζύμου για την εξασφάλιση της επιβίωσής τους. Αυτά τα κύτταρα θα δώσουν αποικίες κανονικού ή σχετικά μεγάλου μεγέθους (Singleton, 2001).

Μιλώντας για τους μικροοργανισμούς πιο ειδικά, οι εντερόκοκκοι παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά (κεφαλοσπορίνες, μονοβακτάμες, αμινογλυκοσίδες), η οποία όμως δεν οφείλεται σε κάποιο πλασμίδιο, αλλά σε χρωμοσωμικό γονίδιό τους. Η πενικιλλίνη, η αμπικιλλίνη, η πιπερακιλλίνη και η βανκομυκίνη είναι κάποια από τα αντιβιοτικά που επιδεικνύουν ανασταλτική, αλλά όχι βακτηριοκτόνο δράση κατά του *E. faecalis* (Brooks *et al*., 1998; Williamson *et al*., 1985). Γενικά, πάντως, η ανθεκτικότητα των εντερόκοκκων έναντι της βανκομυκίνης είναι καίριας σημασίας αναφορικά με τις εντεροκοκκικές λοιμώξεις. Πρόκειται, όπως είναι γνωστό, για ένα ισχυρό αντιβιοτικό, που συνήθως αποτελεί έσχατη λύση. Συνεπώς, η αλόγιστη χρήση της στους νοσοκομειακούς ασθενείς, σε συνδυασμό με αυτήν της τρίτης γενιάς κεφαλοσπορινών και β-λακταμών, αποτελεί παράγοντα κινδύνου για την ανάπτυξη ανθεκτικών στη βανκομυκίνη εντερόκοκκων (Mayhall, 1996; Rice, 2001). Αναφορικά με το *E. faecium*, αυτό είναι λιγότερο ευάλωτο στα ι-λακταμικά αντιβιοτικά, συγκριτικά με το *E. faecalis* (Brooks *et al*., 1998; Williamson *et al*., 1985).

Σύμφωνα όμως με τον Καποτά (2003), οι εντερόκοκκοι έχουν τη φυσική ικανότητα να αποκτούν και να ενσωματώνουν εξωχρωμοσωματικά στοιχεία (πλασμίδια ή μεταθετά στοιχεία) τα οποία φέρουν γονίδια που τους δίνουν τη δυνατότητα να αναπτύσσουν αντοχή στους αντιμικροβιακούς παράγοντες. Και συνεχίζοντας, οι εν λόγω μικροοργανισμοί παρουσιάζουν ενδογενή αντοχή σε ένα αριθμό αντιβιοτικών, όπως τα β-λακταμικά (πενικιλλίνες και κεφαλοσπορίνες). Επιπλέον, όμως, αποκτούν και επίκτητη αντοχή στις πενικιλλίνες και αμινογλυκοσίδες. Μιλώντας για τη θεραπεία, τώρα, των οξείων εντεροκοκκικών λοιμώξεων - όπως, η ενδοκαρδίτιδα - είναι καίριος ο συνδυασμός ενός αντιβιοτικού με δράση κατά του κυτταρικού τοιχώματος (όπως, η πενικιλίνη ή βανκομυκίνη) σε συνδυασμό με μια αμινογλυκοσίδη (στρεπτομυκίνη ή γενταμυκίνη), καθώς έχει παρατηρηθεί πως κάποιοι εντερόκοκκοι είναι ευαίσθητοι στη συνεργιστική αντιβιοτική τους δράση. Σημειώνεται, εδώ, πως οι πιο ‘απειλητικοί εντερόκοκκοι είναι οι ανθεκτικοί στη βανκομυκίνη. Κι αυτό, γιατί δεν αντιμετωπίζονται με το

συνεργιστικό συνδυασμό βανκομυκίνης-αμινογλυκοσίδης. Τέτοια στελέχη είναι τα *E. faecium* και *E. faecalis* (Brooks *et al*., 1998).

Η πλήρης ή η σχετική αντίσταση στις β-λακτάμες είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα του γένους *Enterococcus*. Συγκεκριμένα, το *E. faecalis* είναι από 10 έως 100 φορές λιγότερο ευαίσθητο στην πενικιλίνη από ότι οι περισσότεροι στρεπτόκοκκοι, ενώ το *E. faecium* είναι τουλάχιστον 4 έως 16 φορές λιγότερο ευαίσθητο από το *E. faecalis* (Murray, 1990). Ενώ οι περισσότερες απομονώσεις του *E. faecalis* εμποδίζονται από συγκεντρώσεις της πενικιλλίνης ή αμπικιλλίνης (1 έως 8 μg/mL) εύκολα επιτεύξιμες στους ανθρώπους, απομονώσεις του *E. faecium* απαιτούν συνήθως έναν μέσο όρο 16 έως 64 μg/mL για να εμποδιστεί η αύξησή τους, αν και μερικές απομονώσεις είναι ακόμα ανθεκτικότερες (Murray, 1997). Αντίσταση εκ μέρους των εντερόκοκκων εμφανίζεται και έναντι των αμινογλυκοσιδών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της παραπάνω κατηγορίας αντιβιοτικών, η γενταμυκίνη και η στρεπτομυκίνη (Herman *et al*., 1991). Συμπληρώνοντας τα παραπάνω η Murray (1990) περιλαμβάνει στο ανθεκτικό περιβάλλον των εντερόκοκκων, την ερυθρομυκίνη, τη χλωραμφεκινόλη, την τετρακυκλίνη, τις φλουοροκινολόνες (σιπροφλοξασίνη, οφλοξασίνη, νορφλοξακίνη) και τα υψηλά επίπεδα κλινταμυκίνης.

Αξίζει να σημειωθεί πως οι πολυανθεκτικοί εντερόκοκκοι απομονώνονται συνήθως από τον άνθρωπο, τα υγρά απόβλητα, τα υδάτινα ενδιαιτήματα, καθώς και ποικίλες ζωικές και αγροτικές πηγές. Αυτό υποδεικνύει την ικανότητά τους να εισέρχονται στην ανθρώπινη τροφική αλυσίδα (Cupáková and Lukášová, 2003).

Επισημαίνεται, εδώ, πως τα ανθεκτικά βακτήρια προκαλούν λοιμώξεις οι οποίες είναι πιο δύσκολο να αντιμετωπιστούν, απαιτώντας ακριβότερα και πιο τοξικά φάρμακα. Σε μερικές περιπτώσεις, μάλιστα, αναπτύχθηκαν ανθεκτικά βακτήρια προς όλα τα διαθέσιμα αντιμικροβιακά. Ασφαλώς, οι μικροοργανισμοί αυτοί, αν δεν περιοριστούν, είναι δυνατό να εξαπλωθούν μέσω νοσοκομείων και κοινωνιών, προκαλώντας επιδημίες που είναι δύσκολο να ελεγχθούν. Ενδεικτικά, αναφέρονται οι περιπτώσεις δυσεντερίας στην Αφρική, χολέρας στη Νότια Αμερική και επιδημιών εντερόκοκκων στις ΗΠΑ (American Academy of Microbiology, 1964). Η σκέψη μας υποδεικνύει και κάτι που καθιστά τα παραπάνω ακόμα πιο δύσκολα. Αρχικά, συλλογιζόμενοι την περιορισμένη γνώση για την προ-αντιβιοτικών εποχή και την ανθεκτικότητα των μικροβίων σε αυτήν, συνειδητοποιούμε πως είναι δύσκολο να διακρίνουμε την ενδογενή από την επίκτητη ανθεκτικότητα ενός στελέχους. Τέλος,

κρίνεται αναγκαίος ο έλεγχος της παρουσίας πλασμιδίων στα εν λόγω στελέχη, αλλά και επιβεβαίωση των γονιδίων της ανθεκτικότητας σε αυτά τα πλασμίδια.

Δε θα μπορούσαμε στο σημείο αυτό να κλείσουμε την ενότητα, αν δεν αναφερόμασταν, κάπως διεξοδικά, στα γονίδια που ευθύνονται για την επίδειξη ανθεκτικότητας έναντι των αντιβιοτικών, κυρίως, αυτά που παρουσιάζονται στον πίνακα 15 και τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε στο πειραματικό στάδιο.

Στο ξεκίνημα, δε βρίσκεται άλλη από τη 'διάσημη' βιβλιογραφικά βανκομυκίνη. Σήμερα, είναι γνωστοί 6 φαινότυποι ανθεκτικότητας στο αντιβιοτικό αυτό. Οι πιο συχνοί είναι οι VanA, VanB και VanC, αν και έχουν περιγραφεί και οι VanD, VanE και VanG. Η έντονη ανθεκτικότητα (MIC>256 mg/L) αφορά στον τύπο VanA, που είναι αρκετά ευρύς, αφορώντας και τα *E. faecalis, E. faecium*. Χαμηλότερου επιπέδου ανθεκτικότητα (MIC>64mg/L) αφορά τα γονίδια *vanB*, που συναντώνται μόνο στα *E. faecalis, E. faecium* και το *Streptococcus bovis*. Τέλος, χαμηλή ανθεκτικότητα που παρουσιάζει και ειδικότητα ανά είδος (MIC4-16 mg/L) αφορά τα γονίδια *vanC* (Messi *et al*., 2005).

Ως συνέχεια των προηγουμένων, με την ανθεκτικότητα στη βανκομυκίνη εξαιτίας του τύπου vanB, μπορεί να συνδέεται και η ανθεκτικότητα στην αμπικιλλίνη. Επίσης, ένας επιπρόσθετος μηχανισμός ανθεκτικότητας έναντι των β-λακταμών, στις οποίες ανήκει η αμπικιλλίνη, αφορά μετάλλαξη στο χρωμοσωμικό γονίδιο *pbp5*, προκαλώντας την υπερπαραγωγή της αντίστοιχης πρωτεΐνης, αλλά τροποποιημένης, ώστε να έχει μικρή συγγένεια για τα εν λόγω αντιβιοτικά (Torrell, 2003).

Στη συνέχεια, σύμφωνα με τους Zarrilli *et al*. (2005), η έντονη ανθεκτικότητα στις αμινογλυκοσίδες (γενταμυκίνη, τομπραμυκίνη, καναμυκίνη και αμικασίνη) οφείλεται σε τροποποιητικά ένζυμα των αμινογλυκοσιδών (AMEs), τα οποία και αφαιρούν τη συνεργιστική βακτηριοκτόνο δράση αντιβιοτικών που δρουν στο κυτταρικό τοίχωμα, όπως οι β-λακτάμες και τα γλυκοπεπτίδια.Τα πιο συχνά αυτών των ενζύμων στους εντερόκοκκους είναι τα AAC(6′)-APH(2″), που αδρανοποιούν τη γενταμυκίνη, καναμυκίνη, τομπραμυκίνη και αμικασίνη. Μεταξύ άλλων, σε αυτά ανήκει και το ANT(6′) που αδρανοποιεί τη στρεπτομυκίνη. Πρόσφατα, ανακαλύφθηκαν τρία επιπλέον γονίδια κατά των αμινογλυκοσιδών. Αυτά είναι τα *aph(2″)-Ib, aph(2″)-Ic* και *aph*(2″)*-Id,* τα οποία ευθύνονται και για την ανθεκτικότητα έναντι της βανκομυκίνης.

Κάπως πιο κωδικοποιημένα, μέσω των Poeta *et al*.(2006) παραθέτονται τα παρακάτω γονίδια ως υπεύθυνα για ανάπτυξη ανθεκτικότητας έναντι συγκεκριμένων αντιβιοτικών:

- *aac*(6′)-*aph*(2″): γονίδιο ανθεκτικότητας στη γενταμυκίνη**,** που κωδικοποιεί για το διλειτουργικό ένζυμο AAC(6′)-APH(2″)
- *ant*(6)-Ia: γονίδιο ανθεκτικότητας στη στρεπτομυκίνη, υπεύθυνο για έντονη ανθεκτικότητα
- *erm*(B): γονίδιο ανθεκτικότητας στην ερυθρομυκίνη (και τις μακρολίδες κατ' επέκταση) που είναι και το πιο συχνό σε σχέση με τα επίσης γονίδια ανθεκτικότητας εντερόκοκκων, *erm*(A) και *erm*(C)
- *tet*(M*), tet*(L), *tet*(M)+*tet*(L): γονίδια ανθεκτικότητας στην τετρακυκλίνη**.** Ο συνδυασμός *tet*(M)+*tet*(L) είναι πιο συχνός στους εντερόκοκκους που προέρχονται από τον άνθρωπο και την πτηνοτροφία. Γενικά, πάντως, το πιο συχνά εντοπιζόμενο γονίδιο είναι το *tet*(M).

Συνεχίζοντας με τις φλουοροκινολόνες, στις οποίες ανήκουν οι σιπροφλοξασίνη, οφλοξασίνη και νορφλοξακίνη, δύο κύριες ομάδες χρωμοσωμικών μεταλλάξεων προκαλούν, επίσης, δύο μηχανισμούς ανθεκτικότητας, αναφορικά με τους εντερόκοκκους. Ο πρώτος προκαλεί χαμηλού επιπέδου ανθεκτικότητα, μειώνοντας την πρόσληψη του φαρμάκου ή αυξάνοντας την ενεργητική έξοδό του από τον μικροοργανισμό. Η έντονη ανθεκτικότητα των εντερόκοκκων, όμως, οφείλεται σε μεταλλάξεις των γονιδίων που κωδικοποιούν για τα ένζυμα DNA γυράση και τοποϊσομεράση IV (*gyrA,gyrB, parC, parE*). Ειδικά για το 1^{ο} γονίδιο, οι μεταλλάξεις 83 και 87, αλλά και για το τελευταίο, εκείνη στη θέση 80, είναι οι πιο μελετημένες στην περίπτωση των εντερόκοκκων (Torrell, 2003). Υποστηρικτικά των παραπάνω, σε εργασία των Petersen και Bogo Jensen (2003), πέραν της μετάλλαξης στο γονίδιο *gyrA*, εντοπίστηκε και μετάλλαξη στο *parC* υπεύθυνη για ελαττωμένη ευαισθησία στη σιπροφλοξασίνη σε περιβαλλοντικά δείγματα εντερόκοκκων.

Παράλληλα, κάνοντας χρήση της 'αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης' ενισχύθηκαν τα γονίδια ανθεκτικότητας *amp*C των εντερόκοκκων, τα οποία και κωδικοποιούν τις β-λακταμάσες, στα επιφανειακά ύδατα, τα υγρά απόβλητα, αλλά και το πόσιμο νερό, πιστοποιώντας την ύπαρξη των ανθεκτικών εντερόκοκκων σε αυτά (Schwartz *et al*., 2003).

3. Αρχές δειγματοληψίας

3.1 Εισαγωγή

Η σημασία της ορθής δειγματοληψίας είναι καίρια, μιας και αποτελεί το πρώτο στάδιο μιας έρευνας. Αστοχίες στο πρώτο αυτό στάδιο 'ξεγυμνώνουν' την όποια μετέπειτα καλή 'διαγωγή', έχουν επιπτώσεις σε όλη την παρακάτω δουλειά και επηρεάζουν τα τελικά αποτελέσματα. Τα λάθη αυτά - όταν και αν κατόπιν εντοπιστούν - είναι αδύνατο να διορθωθούν. Δημιουργούμε ένα οικοδόμημα σε σαθρό υπόβαθρο, ένα οικοδόμημα, δίχως τελικά χρηστική αξία. Είναι κι εδώ πολύ αποκαλυπτικό αυτό που λέμε, 'η αρχή είναι το ήμισυ του παντός'.

Ανεξάρτητα από τους στόχους ενός προγράμματος καταγραφής της ποιότητας του νερού, το τελευταίο από μόνο του είναι αρκετά περίπλοκο. Πέρα από τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, η πολυπλοκότητα συνίσταται και σε δύο επιπλέον παράγοντες, την αβεβαιότητα, σε σχέση με τη φύση της ποιότητας του νερού και την αβεβαιότητα, που αφορά το στόχο του προγράμματος. Η πρώτη οφείλεται σε δύο πρωτεύοντες μηχανισμούς, το φυσιολογικό υδρολογικό κύκλο και τις ανθρώπινες επιδράσεις. Αυτοί οι δύο και - κυρίως ο πρώτος - επηρεάζονται από τους νόμους των πιθανοτήτων, ώστε η ποιότητα ενός υδάτινου σώματος να αναγνωρίζεται ως μια τυχαία διαδικασία εκ φύσεως. Τότε, οι δράσεις καταγραφής απαιτείται να αντανακλούν τη στοχαστική φύση της ποιότητας του νερού, προκειμένου να παράγουν ικανοποιητικά την αναμενόμενη πληροφορία. Για αυτό, ακριβώς, κάποιοι ερευνητές χρησιμοποιούν τον όρο "καταγραφή" ως "στατιστική δειγματοληψία". Όσον αφορά, τώρα, την ετέρα αβεβαιότητα, δεν είναι εύκολο να ορίσεις ένα συγκεκριμένο στόχο της μελέτης, αφού αυτός θα υπόκειται σε κοινωνικά, οικονομικά και νομικά εμπόδια, που με τη σειρά τους εξαρτώνται από μη αναμενόμενες αλλαγές στην πάροδο του χρόνου (Harmancioglou *et al.*, 1999).

Αντιπαρερχόμενοι τα άνωθεν και επικεντρώνοντας στο σχεδιασμό μιας δειγματοληψίας, θα λέγαμε ότι αυτή αποτελεί το πρωτεύον κομμάτι της συλλογής δεδομένων, όσον αφορά τη λήψη αποφάσεων με επιστημονική βάση. Ένας ορθά αναπτυγμένος σχεδιασμός δειγματοληψίας διαδραματίζει καίριο ρόλο, διαβεβαιώνοντας ότι τα δεδομένα είναι επαρκή για να εξαχθούν συμπεράσματα. Εξάλλου, μια καλή, με επιστημονικές βάσεις απόφαση απαιτεί δεδομένα υψηλής ποιότητας (USEPA, 2000).

Αν σε αυτό το σημείο θελήσουμε να σκεφτούμε παραγωγικά, δηλαδή από τα γενικά στα ειδικά, είναι εύκολο να πούμε πως η συλλογή δειγμάτων νερού μοιάζει με εύκολη υπόθεση. Παρόλα αυτά, τα αντιπροσωπευτικά δείγματα νερού, όπως θα δούμε και στη συνέχεια, απαιτούν κάτι περισσότερο από ένα απλό βύθισμα κάποιου δοχείου σε μια υδάτινη μάζα (Anonymous, 2004).

3.2 Γενικές κατευθύνσεις

Γενικά, μια χημική ανάλυση πραγματοποιείται και αφορά ένα μόνο μικρό τμήμα του υπό μελέτη σώματος. Είναι, επομένως, ξεκάθαρο πως η σύνθεση αυτού του τμήματος απαιτείται να αντιπροσωπεύει - όσο στενά και όσο είναι δυνατόν - τη μέση σύνθεση του μεγαλύτερου τμήματος, προκειμένου τα αποτελέσματά μας να έχουν κάποια αξία. Ο όρος 'δειγματοληψία' έρχεται να αναφερθεί στη διαδικασία που ακολουθείται για τη λήψη ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος. Συχνά, η τελευταία αποτελεί το πιο δύσκολο βήμα της όλης αναλυτικής διαδικασίας, αλλά και το βήμα που περιορίζει την ακρίβεια της ανάλυσης. Αυτό είναι ιδιαίτερα αληθές, όταν το υπό μελέτη σώμα είναι μεγάλο και ανομοιογενές, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των ποταμών (Skoog *et al.,* 1996).

Η ασφαλής εκτίμηση της ποιότητας του νερού, σε σχέση με τις απαιτήσεις για συγκεκριμένες χρήσεις του ή προκειμένου να προσδιοριστεί η επίδραση μιας δραστηριότητας στο υδάτινο σώμα (π.χ. διάθεση αποβλήτων), εξαρτάται από τα αποτελέσματα που προέρχονται από εξειδικευμένες δραστηριότητες καταγραφής, οι οποίες ορίζουν τη φυσική, χημική ή/ και βιολογική κατάσταση των υδατικών πόρων. Συνεπώς, η ποιότητα των δεδομένων που προκύπτουν από ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας είναι καίρια για την αξιολόγηση που απορρέει και κατ' επέκταση, την αποτελεσματικότητα της όποιας διαχειριστικής πρότασης (Chapman, 1997). Σύμφωνα με το Nathanson (2000), οι κατάλληλες διαδικασίες δειγματοληψίας αποτελούν σημαντικό κομμάτι κάθε έρευνας, με σκοπό την αξιολόγηση της ποιότητας του νερού και τον έλεγχο της συμβατότητας με τα ποιοτικά πρότυπά του. Ένα δείγμα, που έχει συλλεχθεί, διατηρηθεί, μεταφερθεί ή ταυτοποιηθεί ακατάλληλα, οδηγεί σε αναξιόπιστα και άχρηστα αποτελέσματα, παρά την ακρίβεια της όποιας αναλυτικής μεθόδου. Πάνω σε αυτό, οι Sowyer *et al.* (2003) αναφέρουν πως τα αναλυτικά αποτελέσματα που αποκτώνται εντός του εργαστηρίου δεν μπορεί ποτέ να

είναι πιο αξιόπιστα από το ίδιο το δείγμα. Τα περισσότερα εσφαλμένα αποτελέσματα οφείλονται στην ακατάλληλη δειγματοληψία και όχι στις ακατάλληλες εργαστηριακές τεχνικές. Ως εκ τούτου, από τη στιγμή που τα αποτελέσματα των τεστ ποιότητας νερού είναι η βάση αποφάσεων, που αφορούν και επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία, οι διαδικασίες κατάλληλης δειγματοληψίας πρέπει να ακολουθούνται πιστά.

Η ποιότητα, τώρα, του νερού μπορεί να περιγραφεί υπό την έννοια της συγκέντρωσης και της κατάστασης - διαλυμένη ή σωματιδιακή - μερικής ή όλης της οργανικής και ανόργανης ύλης που εντοπίζεται στο υδάτινο σώμα, μαζί με κάποια συγκεκριμένα φυσικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του νερού. Αυτή προσδιορίζεται με μετρήσεις στο πεδίο και με την εξέταση δειγμάτων νερού, είτε στο πεδίο, είτε στο εργαστήριο. Τα κύρια στοιχεία καταγραφής της ποιότητας του νερού είναι, έτσι, οι μετρήσεις στο πεδίο, η συλλογή και ανάλυση των δειγμάτων νερού, η μελέτη και η εκτίμηση των αναλυτικών αποτελεσμάτων, αλλά και η καταγραφή των ευρημάτων. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων που γίνονται σε ένα μόνο δείγμα νερού είναι σαφές πως θα έχουν αξία μόνο για τη συγκεκριμένη τοποθεσία και το χρόνο στον οποίο λήφθηκε το δείγμα. Για αυτό, ένας από τους στόχους ενός προγράμματος καταγραφής αποσκοπεί στη συλλογή των απαιτούμενων στοιχείων προς την εκτίμηση των μεταβολών στο χώρο και το χρόνο που αφορούν στην ποιότητα του ύδατος (Meybeck *et al*.,1996a).

Η ποιότητα των δεδομένων εξαρτάται πρωτίστως από το πόσο καλό είναι ένα δείγμα. Για παράδειγμα, πόσο καλά αυτό αντιπροσωπεύει την ποιότητα του υδάτινου σώματος από το οποίο συλλέχτηκε, αλλά και το αν αποφεύχθηκε ή όχι, η επιμόλυνση αυτού. Κάνοντας χρήση των πιο αξιόπιστων τεχνικών, τόσο για τη συλλογή των δειγμάτων, όσο και για τις επιτόπιες μετρήσεις, εξασφαλίζονται δεδομένα καλής ποιότητας, αυξάνει η ακρίβεια και βελτιώνεται συνολικά η διαδικασία διαχείρισης της ποιότητας του νερού (Anonymous, 2004).

Και για να επιτευχθούν τα παραπάνω, οι Dixon και Chiswell (1996) σημειώνουν πως όλα ξεκινούν με το τι θα παρατηρήσεις και θα καταγράψεις, με το να αποφασίσεις το γιατί, το πού και το πότε. Στο ίδιο μοτίβο και σύμφωνα με τους Tchobanoglous και Schroeder (1987), σε όλες τις περιπτώσεις, εκτός από την εύρεση των σημείων δειγματοληψίας, οφείλουμε να απαντήσουμε και σε δύο ακόμη ερωτήματα, που αφορούν το πώς μπορούμε να λάβουμε αντιπροσωπευτικά δείγματα, αλλά και το πώς οφείλουμε να τα διατηρήσουμε πριν εφαρμόσουμε τις αναλυτικές

μεθόδους, προκειμένου να προμηθευτούμε αξιόπιστα και ασφαλή δεδομένα. Επαγωγικά, θα λέγαμε, ότι η δειγματοληψία είναι ένα από τα πιο βασικά και σημαντικά ζητήματα της διαχείρισης της ποιότητας του νερού.

Συμπερασματικά, λοιπόν, ο σχεδιασμός ενός προγράμματος καταγραφής πρέπει να βασίζεται σε ξεκάθαρους και ύστερα από σκέψη καθορισμένους στόχους, ενώ παράλληλα να διαβεβαιώνει - όσο είναι δυνατόν - πως οι προσχεδιασμένες δραστηριότητες καταγραφής είναι πρακτικές, αλλά και πως οι στόχοι του προγράμματος θα υλοποιηθούν. Είναι χρήσιμο, λοιπόν, να κατασκευαστεί αρχικά ένα προσχέδιο μελέτης, το οποίο και θα ξεκινά με την ξεκάθαρη δήλωση των στόχων του προγράμματος, καθώς και μια συνολική περιγραφή της περιοχής στην οποία λαμβάνει χώρα η καταγραφή. Τα γεωγραφικά όρια της περιοχής, οι παρούσες και σχεδιασμένες χρήσεις νερού, καθώς και οι παρούσες και αναμενόμενες πηγές ρύπανσης απαιτείται να καθοριστούν. Σαφώς, τέτοιου βαθμού πληροφόρηση είναι μεγάλης σημασίας κατά την προπαρασκευή των στόχων, αλλά και στις αποφάσεις σχεδιασμού. Συνεχίζοντας με το σχέδιο της μελέτης, κάποιοι τομείς θα πρέπει να αναφέρονται στις τοποθεσίες και τη συχνότητα της δειγματοληψίας, καθώς και στις μεταβλητές της ανάλυσης. Τέλος, το σχέδιο θα πρέπει να καθορίζει και το αν οι αναλύσεις απαιτείται να γίνονται στο πεδίο ή στο εργαστήριο. Τα κύρια στοιχεία ενός σχεδίου μελέτης, λοιπόν, είναι (Mäkelä and Meybeck, 1996):

- Μια ξεκάθαρη δήλωση των στόχων
- Προσδοκίες και χρήσεις
- Μια περιγραφή της περιοχής της μελέτης
- Μια περιγραφή των σημείων δειγματοληψίας
- Μια λίστα των μεταβλητών της ποιότητας των νερών που θα μετρηθούν
- Μια εκτίμηση των πόρων που απαιτούνται για το σχεδιασμό, καθώς και σχέδιο για τον ποιοτικό έλεγχο

Μιλώντας λίγο εκτενέστερα για τις υπό μελέτη μεταβλητές, η ποιότητα του νερού γνωρίζουμε πως γενικά μπορεί να περιγραφεί μέσω μιας μεταβλητής ή και συνδυασμού περισσοτέρων από 100. Για τους περισσότερους στόχους, ωστόσο, η ποιότητα του νερού μπορεί να προσδιοριστεί με τη χρήση λιγότερων από 20 φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών. Ασφαλώς, οι μεταβλητές που θα επιλεγούν για να συμπεριληφθούν σε ένα πρόγραμμα εξαρτώνται από τους στόχους του προγράμματος, καθώς και από τις υπάρχουσες και αναμενόμενες χρήσεις του υπό μελέτη νερού. Είναι πασίδηλο πως η οικιακή κατανάλωση, η άρδευση, το πότισμα

των ζώων, οι βιομηχανικές χρήσεις και τέλος, οι χρήσεις αναψυχής απαιτούν νερό συγκεκριμένης ποιότητας. Από όλα τα παραπάνω, ευελπιστούμε να διαφαίνεται ο λόγος για τον οποίο συμβιβαζόμαστε ανάμεσα στο 'θα ήθελα να γνωρίζω' και 'χρειάζομαι να γνωρίζω' κατά την επιλογή των μεταβλητών σε ένα πρόγραμμα μελέτης. Βέβαια, δε θα πρέπει να παραληφθεί το γεγονός πως κάποιες μεταβλητές απαιτείται να μετρηθούν, προκειμένου οι βασικοί στόχοι του προγράμματος να επιτευχθούν. Πώς, όμως, γίνεται τελικά αυτή η επιλογή; Σε πολλά προγράμματα, ένα γνωστό ή ύποπτο συμβάν ρύπανσης αποτελεί και το λόγο της ανάλυσης συγκεκριμένων μεταβλητών. Εναλλακτικά, η επιλογή μπορεί να βασίζεται στον προσδιορισμό της καταλληλότητας ενός νερού προς δεδομένη χρήση. Τέλος, κάποιες μεταβλητές είναι πιθανό να αποτελούν μέρος ενός βασικού προγράμματος, ενώ άλλες να είναι ειδικές για το συμβάν ρύπανσης ή τη χρήση του υδάτινου σώματος (Mäkelä and Meybeck, 1996).

Πέραν των παραπάνω, οι περιβαλλοντικές συνθήκες στη λεκάνη απορροής κρίνεται αναγκαίο να περιγραφούν όσο πιο λεπτομερώς γίνεται. Κι αυτό, γιατί επιδρούν στην ποιότητα του νερού, ενώ μπορεί να αποτελούν και σημείο αναφοράς κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Συγκεκριμένα, η σύνθεση των βράχων, η βλάστηση (χερσαία και υδρόβια), η άγρια ζωή, το κλίμα, η απόσταση από τα σώματα με αλμυρό νερό, αλλά και οι ανθρώπινες δραστηριότητες στη λεκάνη απορροής πρέπει να καταγράφονται. Οι τελευταίες, μάλιστα, θα πρέπει να περιγράφονται κυρίως με βάση τον πληθυσμό και τη χρήση γης. Η παρουσία πόλεων και κωμοπόλεων, οι χρήσεις γης, η βιομηχανία, η γεωργία και η δασοπονία είναι του ενδιαφέροντός μας (Mäkelä and Meybeck, 1996).

3.3 Τύποι δείγματος

Κατά τους Bartram *et al.* (1996), υπάρχει η δυνατότητα να ληφθούν δύο διαφορετικοί τύποι δείγματος από ποτάμια, λίμνες και παρόμοια επιφανειακά νερά. Το απλούστερο, ένα στιγμιαίο (grab) δείγμα λαμβάνεται από μια επιλεγμένη θέση, βάθος και χρόνο. Στον αντίποδα, τα σύνθετα (composite) ή ολοκληρωμένα (integrated) δείγματα συγκροτούνται από διαφορετικά μέρη και χρειάζονται για να ικανοποιήσουν κάποια ειδικά αντικείμενα ελέγχου. Η Φάττα Βισβίκη (2004) φαίνεται

να επικροτεί το πρώτο είδος δείγματος, αναφέροντάς το ως αυτό που συλλέγεται από ένα προκαθορισμένο σημείο δειγματοληψίας και το αντιπροσωπεύει τη σύσταση του νερού στο σημείο εκείνο και για το συγκεκριμένο χρόνο. Κάνει, όμως, μια διάκριση μεταξύ σύνθετου και ολοκληρωμένου δείγματος. Ως σύνθετο, αναφέρει αυτό που προκύπτει από την ανάμιξη πολλών απλών δειγμάτων, τα οποία έχουν ληφθεί από το ίδιο σημείο δειγματοληψίας σε διαφορετικές χρονικές στιγμές. Ολοκληρωμένο, κατά την ίδια, είναι το δείγμα που είναι αποτέλεσμα της ανάμιξης πολλών απλών δειγμάτων, τα οποία έχουν συλλεχθεί ταυτόχρονα από διαφορετικά σημεία δειγματοληψίας. Με το ίδιο αντικείμενο, η EPA (2000) αναφέρει πως τα δείγματα νερού αποκτώνται, γεμίζοντας μια φιάλη ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του νερού, που συνήθως αναφέρονται ως στιγμιαία (grab ή dip) δείγματα. Από την άλλη, τα σύνθετα ή ολοκληρωμένα δείγματα αποκτώνται, ανακατεύοντας ίδιους όγκους διακριτών στιγμιαίων δειγμάτων και χρησιμοποιούνται για να μας παράσχουν μια εκτίμηση του μέσου όρου των συνθηκών ποιότητας. Όσον αφορά τα τελευταία, οι Bartram *et al.* (1996), τα διαχωρίζουν στους παρακάτω τύπους:

- Ολοκληρωμένα ως προς το βάθος (Depth-integrated): συνήθως αποτελείται από δύο ή περισσότερα ίσα μέρη, που λαμβάνονται σε προκαθορισμένα διαστήματα βάθους, ανάμεσα στην επιφάνεια και τον πυθμένα
- Ολοκληρωμένα ως προς το χώρο (Area-integrated): συνίσταται από μια σειρά δειγμάτων που έχουν συλλεχθεί από ποικίλα σημεία, χωρικά κατανεμημένα στο υδάτινο σώμα (συνήθως, όλα σε προκαθορισμένο βάθος ή σε προκαθορισμένα διαστήματα βάθους).
- Ολοκληρωμένα ως προς το χρόνο (Time-integrated): φτιάχνεται ανακατεύοντας ίδιους όγκους νερού, που λαμβάνονται από ένα σταθμό δειγματοληψίας σε τακτά χρονικά διαστήματα.
- Ολοκληρωμένα ως προς την απορροή (Discharge-integrated): είναι αρχικά αναγκαίο να συλλέγουμε δείγματα και να μετράμε το ρυθμό απορροής σε τακτά διαστήματα κατά την περίοδο του ενδιαφέροντος. Μια αποδεκτή πρακτική είναι να γίνεται δειγματοληψία κάθε δύο ώρες σε μια περίοδο 24 ωρών. Το σύνθετο δείγμα, τότε, συνίσταται ανακατεύοντας ένα μέρος των ξεχωριστών δειγμάτων, αναλογικά με το ρυθμό της απορροής, τη στιγμή που το κάθε δείγμα συλλέχθηκε.

Μια τέταρτη απόπειρα να αποσαφηνιστούν οι διαφορετικοί τύποι δειγμάτων γίνεται από τον Alley R.E., το 2000. Στιγμιαίο δείγμα - κατά τον τελευταίο - είναι

αυτό που λαμβάνεται μια συγκεκριμένη στιγμή, σε μια ποσότητα η οποία θεωρείται αντιπροσωπευτική της ροής και της συγκέντρωσης των ρυπαντών. Το δείγμα αυτό πρέπει να λαμβάνεται από μια περιοχή, καλά αναμεμιγμένου ύδατος. Από την άλλη, σύνθετο είναι το δείγμα το οποίο λαμβάνεται αναλογικά, είτε του χρόνου, είτε της ροής. Ένα σύνθετο αναφορικά με το χρόνο (time-composite) δείγμα λαμβάνει την ίδια ποσότητα ύδατος ανά διαστήματα. Για παράδειγμα, ένα 24-ωρο σύνθετο δείγμα μπορεί να συνίσταται από δείγματα 100 mL που λαμβάνονται κάθε ώρα για 24 ώρες. Για να είναι αληθινά αναλογικός αυτός ο τύπος δείγματος, πρέπει να λαμβάνεται μόνο, όταν οι συγκεντρώσεις των ρυπαντών είναι ομοιόμορφες καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας. Ένα σύνθετο αναφορικά με τη ροή (flow-composite) δείγμα δημιουργείται, όταν λαμβάνουμε "ισάξια" ποσότητα δείγματος για κάθε προκαθορισμένο αριθμό λίτρων που διαπερνούν ένα όργανο μέτρησης του ρυθμού της ροής ή παίρνουμε μια μεταβλητή ποσότητα δείγματος, ανάλογη της ροής που περνά ανά σταθερή χρονική περίοδο.

Μία ενδιαφέρουσα προσέγγιση στο θέμα κάνει και ο Nathanson J.A. τον ίδιο χρόνο. Κατά το συγγραφέα, το στιγμιαίο, όπως προδίδει το όνομα του, είναι ένα απλό δείγμα, που συλλέγεται μέσα σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα. Οι περισσότεροι το αντιλαμβάνονται σα μια γρήγορη "φτυαριά" (scoop), αλλά τεχνικά μπορεί να πάρει μέχρι και 15 λεπτά για να γεμίσει το δοχείο δειγματοληψίας και ακόμα, να θεωρείται ως ένα στιγμιαίο δείγμα. Στο σημείο αυτό, είναι σημαντικό να καταγράψουμε πως τα αποτελέσματα από ένα στιγμιαίο δείγμα, όπως προείπαμε, αντιπροσωπεύουν τις συνθήκες του νερού μόνο για τη συγκεκριμένη στιγμή και τοποθεσία όπου αυτό συλλέχθηκε. Αυτού του είδους τα δείγματα είναι καταλληλότερα, όταν ελέγχουμε υπολείμματα χλωρίου, pH, κολίμορφα και διαλυμένο οξυγόνο και συνήθως, η συλλογή τους γίνεται χειρονακτικά. Όμως, σε αρκετές περιπτώσεις, τα στιγμιαία δείγματα από μόνα τους δεν είναι αρκετά για να χαρακτηρίσουν επαρκώς την ποιότητα του νερού ή των αποβλήτων. Αυτό, είναι ιδιαίτερα αληθές για τα συστήματα συλλογής και επεξεργασίας αποβλήτων στα οποία η ποιότητα, καθώς και η ποσότητα, αλλάζουν από ώρα σε ώρα. Τα σύνθετα δείγματα είναι καταλληλότερα, λοιπόν, όταν είναι αναγκαίο να εκτιμήσουμε συνολικές ή μέσες καταστάσεις για ορισμένη περίοδο χρόνου. Τα τελευταία αποκτώνται, συνήθως, με τη χρήση αυτόματων οργάνων, αναμιγνύοντας ξεχωριστά στιγμιαία δείγματα, παρμένα σε τακτά χρονικά διαστήματα κατά τη δειγματοληπτική περίοδο. Για παράδειγμα, ένα σύνθετο δείγμα μπορεί να συνίσταται από την ανάμιξη μικρότερων δειγμάτων που

λαμβάνονται κάθε 20 λεπτά για μια περίοδο 8 ωρών. Στις μελέτες αποβλήτων, οι όγκοι των μικρότερων στιγμιαίων δειγμάτων που συνιστούν το σύνθετο λαμβάνονται ανάλογα με το ρυθμό απορροής για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Για παράδειγμα, εάν ένα 100 mL στιγμιαίο δείγμα λαμβάνεται όταν η ροή είναι 5 L/s, τότε 200 mL δείγματος πρέπει να ληφθούν, όταν η ροή αυξάνει στα 10 L/s.

3.4 Επιλογή σημείων δειγματοληψίας

Η επιλογή των σημείων δειγματοληψίας είναι το αρχικό και πιο κρίσιμο βήμα στη διαδικασία του σχεδιασμού και αυτό, διότι εμπεριέχει όλες τις δυσκολίες του ζητήματος του σχεδιασμού, ενώ ταυτόχρονα δεν αποδεσμεύεται από παραμέτρους, όπως η διάρκεια της δειγματοληψίας, η συχνότητα αυτής, αλλά και οι υπό μελέτη μεταβλητές. Η πιο λογική προσέγγιση είναι εκείνη, κατά την οποία τα σημεία επιλέγονται σύμφωνα με τους σκοπούς της έρευνας. Όμως, κι αυτή δεν είναι τόσο εύκολη όσο φαίνεται, μιας και υπόκειται σε υποθέσεις, υποκειμενικούς συλλογισμούς των σχεδιαστών, αλλά και γιατί είναι δύσκολο να καθοριστούν επακριβώς οι στόχοι διερεύνησης. Συνεπώς, δεν υπάρχουν πρότυπες μέθοδοι ή αυστηροί κανόνες, που να καθορίζουν την επιλογή των σημείων δειγματοληψίας (Harmancioglou *et al.*, 1999). Στην τελευταία διαπίστωση είχαν ήδη φτάσει πριν πολλά χρόνια και οι Golterman *et al.* (1978). Παρόλα αυτά, οι Wilson και Hunt (1986) θεωρούν πως το αντικείμενο έρευνας ενός προγράμματος - κάποιες φορές - ορίζει αυτόματα, από μόνο του και τα σημεία δειγματοληψίας. Για παράδειγμα, όταν διερευνάται η επίδραση μιας εκροής στην ποιότητα του νερού του ποταμού που τη δέχεται, το απαιτούμενο δείγμα θα προέρχεται από σημεία πριν και μετά την απορροή. Φαίνεται, λοιπόν, πως τα σημεία λήψης ενός δείγματος πρέπει πάντα να συνδέονται και να ορίζονται από τους υπό διερεύνηση στόχους, καθώς οι δεύτεροι απλοποιούν τα πρώτα.

Σύμφωνα με τους Sanders *et al.* (1983) η χωροθέτηση των σημείων δειγματοληψίας μπορεί να εξεταστεί σε τρία επίπεδα:

- τη μακροτοποθεσία (macrolocation) των σημείων που έχει να κάνει με την επιλογή για το ποιο ευθύ τμήμα ή τόξο του ποταμού πρέπει να ‘κρατήσει’ ένα σταθμό δειγματοληψίας
- τη μικροτοποθεσία (microlocation) των σημείων, η οποία ενδιαφέρεται για το που σε μια επιλεγμένη ευρύτερη περιοχή ένας σταθμός πρέπει να τοποθετηθεί

- την αντιπροσωπευτική θέση η οποία καθορίζει το που και πώς ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα μπορεί να ληφθεί επί του επιλεγμένου σημείου

Συνεχίζοντας, η επιλογή ενός σημείου δειγματοληψίας φαίνεται πως περιπλέκεται από τη μεγάλη ποικιλία των διαδικασιών που μπορούν να επηρεάσουν την ετερογένεια των υδάτινων σωμάτων. Το πρόβλημα γίνεται ακόμη περισσότερο περίπλοκο, καθώς αυτές οι διαδικασίες μπορεί να διαφοροποιούνται σημαντικά με την πάροδο του χρόνου (Wilson and Hunt, 1986). Η ποικιλότητα που χαρακτηρίζει την ποιότητα του νερού οφείλεται σε μεταβολές της συγκέντρωσης της όποιας εκροής στο σύστημα ενός υδάτινου σώματος. Αυτές οι μεταβολές μπορεί να είναι φυσικές ή ανθρωπογενείς, κυκλικές ή τυχαίες, ενώ κάποιες μπορεί να συμβούν σε συνδυασμό. Σημειώνεται ότι η ποικιλότητα διαφέρει ανάμεσα στους ποταμούς, τις λίμνες και τα υπόγεια ύδατα. Έτσι, αυτή είναι πιο έντονη στα ποτάμια, ούσα μεγαλύτερη όταν το σημείο της δειγματοληψίας είναι κοντά στην πηγή της ποικιλότητας. Φαίνεται πως καθώς η απόσταση από την πηγή αυξάνει, η ανάμιξη κατά μήκος λειαίνει τις ατυπίες (Anonymous, 2004). Επί του ιδίου θέματος, την ποικιλότητα - δηλαδή - ενός υδάτινου σώματος στο χώρο, αυτή παρατηρείται - σύμφωνα με την Chapman (1997) - οριζόντια και κάθετα. Ποτάμια με τυρβώδη ροή παρουσιάζουν μεταβλητότητα, κυρίως, κατά μήκος και ελάχιστα, κάθετα. Ωστόσο, μεγάλου μεγέθους απορροές ή συμβολές ποταμών προκαλούν μεταβλητότητα, τόσο οριζόντια, όσο και κάθετα. Ο βαθμός και ο τύπος της ποικιλότητας ενός υδάτινου σώματος επηρεάζει σημαντικά τον αριθμό των δειγμάτων που απαιτούνται για το χαρακτηρισμό της ποιότητάς του. Αυτή η ποικιλότητα, αλλά και ο τρόπος με τον οποίο θα επηρεάσει τα αποτελέσματα, μπορεί να εκτιμηθεί κάνοντας χρήση στατιστικών μεθόδων κατά τη διάρκεια μιας πρώτης ενδεικτικής έρευνας. Τέτοιες προσεγγίσεις καθορίζουν τον ακριβή αριθμό των δειγμάτων που απαιτούνται σε σχέση με τους στόχους του προγράμματος, μειώνοντας τη σπάταλη χρήση οικονομικών και τεχνικών πόρων.

Στα περισσότερα υδάτινα σώματα, ρέοντα ή μη, διαφαίνεται πως ένα μόνο σημείο δειγματοληψίας δεν επαρκεί για να περιγράψει τις φυσικές ιδιότητες, την κατανομή και την πληθώρα των χημικών συστατικών ή των βιολογικών παραμέτρων της περιοχής μελέτης (Wilde *et al*., 1998). Υποστηρικτικά αυτού, οι Dixon *et al.* (1999) αναφέρουν πως ένας μεγάλος αριθμός σημείων θα παρέχει πάντα περισσότερη πληροφορία από ένα μικρό αριθμό, ακόμη κι αν και στις δύο περιπτώσεις η εκλογή των σημείων είναι ιδανική. Ωστόσο, πρακτικά, η πληθώρα των σημείων καθορίζεται από το μέγεθος της χρηματοδότησης του προγράμματος. Άλλωστε, η μέθοδος

διερεύνησης προσαρμόζεται ανάλογα, ώστε να βοηθά την αξιολόγηση της σχέσης κόστους - αποτελεσματικότητας της παροχής περισσότερων σημείων δειγματοληψίας. Πάντως, κατά τους Mäkelä και Meybeck (1996), η δειγματοληψία τριών με πέντε σημείων είναι συνήθως επαρκής για στενά και ρηχά ποτάμια.

Είναι, πλέον, σαφές πως η τοποθεσία, η κατανομή και ο αριθμός των σημείων δειγματοληψίας μπορεί να επιδράσουν στην ποιότητα των δεδομένων. Γενικά, για την επιλογή ενός σημείου λαμβάνονται υπόψη - πέρα από τους στόχους της έρευνας - η ασφάλεια του προσωπικού, ο τύπος των δεδομένων που χρειάζεται, οι ανάγκες σε εξοπλισμό και οι δειγματοληπτικές μέθοδοι. Επιπρόσθετα, συλλέγονται όλες οι διαθέσιμες ιστορικές πληροφορίες και λαμβάνονται υπόψη τα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Τα πρώτα (φυσικά χαρακτηριστικά) αφορούν το μέγεθος, το σχήμα, τις χρήσεις γης, τις σημειακές και μη πηγές μόλυνσης, καθώς και τις υδραυλικές συνθήκες, το κλίμα, το βάθος του νερού και τα χαρακτηριστικά των παραποτάμων. Τα υπόλοιπα, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά, αφορούν τόσο το έδαφος, όσο και το υδάτινο περιβάλλον. Αφού όλα τα παραπάνω διευθετηθούν, ο ακριβής εντοπισμός ενός σημείου γίνεται εύκολα, με τη χρήση εξοπλισμού GPS (Global Positioning System) (Wilde *et al*., 1998).

Σε ανάλογο ύφος, οι Mäkelä και Meybeck (1996) εξαίρουν την άρρηκτη σχέση των στόχων της έρευνας με την επιλογή των σημείων δειγματοληψίας. Επιπλέον, κατά τους ίδιους είναι απαραίτητη η γνώση της γεωγραφίας των υδατικών πόρων, της χρήσης του νερού και των απορροών που εκβάλλουν σε αυτό. Αν και τα σημεία μπορούν να σημειωθούν επί χάρτου ή σε μια αεροφωτογραφία, η τελική απόφαση του ακριβούς σημείου λαμβάνεται μόνο μετά από επιτόπια έρευνα. Επιμένοντας πάνω σε αυτό, οι Wilson και Hunt (1986) συμφωνούν και θεωρούν πως η σε τοπικό επίπεδο λεπτομερής γνώση του υδάτινου σώματος είναι καίριας σημασίας για την ιδανική επιλογή των σημείων.

Σα γενικό κανόνα, τα σημεία δειγματοληψίας στα ποτάμια αφορούν σημεία, όπου το νερό είναι επαρκώς αναμεμιγμένο. Επισημαίνεται πως η απόλυτη ανάμιξη στην περίπτωση των υδάτων μπορεί να μη λάβει χώρα σε σημαντική απόσταση, κάποιες φορές πολλών χιλιομέτρων, κάτω από το σημείο συμβολής δύο ποταμών. Αντίθετα, αν υπάρχουν καταρράκτες, τότε η ανάμιξη επιταχύνεται και αντιπροσωπευτικά δείγματα μπορούν να ληφθούν λίγο πιο κάτω (Mäkelä and Meybeck, 1996). Συγκεκριμένα, η ζώνη της πλήρους ανάμιξης μπορεί να εκτιμηθεί από τις τιμές του πίνακα που ακολουθεί.

<u>Πίνακας 16</u>: Εκτιμώμενη απόσταση για την πλήρη ανάμιξη χειμάρρων και ποταμών.

Μέσο πλάτος (m)	Μέσο βάθος (m)	Εκτιμώμενη απόσταση για πλήρη ανάμιξη (Km)
5	1	0,08 - 0,7
	2	0,05 - 0,3
	3	0,03 - 0,2
10	1	0,3 - 2,7
	2	0,2 - 1,4
	3	0,1 - 0,9
	4	0,08 - 0,7
	5	0,07 - 0,5
20	1	1,3 - 11,0
	3	0,4 - 4,0
	5	0,3 - 2,0
	7	0,2 - 1,5
50	1	8,0 - 70,0
	3	3,0 - 20,0
	5	2,0 - 14,0
	10	0,8 - 7,0
	20	0,4 - 3,0

ΠΗΓΗ: Mäkelä and Meybeck (1996)

Σαν αποτέλεσμα των παραπάνω, οι Wilde *et al*. (1998) εντοπίζουν ιδανικά τα σημεία δειγματοληψίας αρκετά πάνω ή κάτω από σημεία συμβολής ποταμών ή σημειακών πηγών μόλυνσης, ώστε να αποφεύγονται φτωχά αναμεμιγμένες ροές ή φαινόμενα κίνησης του νερού ενάντια στη φυσιολογική ροή. Επίσης, ιδανικά σημεία δειγματοληψίας οριοθετούνται σε ευθεία τμήματα ποταμών, με ομοιόμορφη ροή και σταθερό περίγραμμα πυθμένα, όπου τα συστατικά του υδάτινου σώματος είναι και πάλι καλά αναμεμιγμένα. Πάντως, 'επιβραβεύουμε' ροές μιας κατεύθυνσης που στερούνται ρευμάτων.

Συμπληρωματικά, οι Wilson και Hunt (1986) σημειώνουν ότι η εφαρμογή της δειγματοληψίας απαιτείται να αποφεύγει τα όρια του υδάτινου σώματος. Οι συγκεντρώσεις των συστατικών ενός υδάτινου σώματος στα όριά του (όχθες, επιφάνεια, πυθμένας των φυσικών νερών), συχνά, δεν είναι αντιπροσωπευτικές του συνόλου του νερού. Για αυτό, η δειγματοληψία από αυτά τα σημεία θα πρέπει, γενικά, να αποφεύγεται, εκτός αν αυτές οι περιοχές είναι του ενδιαφέροντός μας.

Σύμφωνα με το Vogel (1981), η ταχύτητα ροής ελαττώνεται καθώς πλησιάζουμε στον πυθμένα και στις όχθες του ποταμού, λόγω των δυνάμεων τριβής που αναπτύσσονται μεταξύ του νερού και του υποστρώματος.

Ιστορικά, οι πρώτες έρευνες για την ποιότητα του νερού βασίζονταν σε σημεία εύκολης πρόσβασης για δειγματοληψία. Τέτοιες προσεγγίσεις πραγματοποιούνται ακόμη και σήμερα, κυρίως, στις αναπτυσσόμενες χώρες που στερούνται δικτύων καταγραφής. Πλέον, όμως, η επιλογή των σημείων δειγματοληψίας γίνεται με τη χρήση στατιστικών μεθόδων, όπως η ανάλυση παλινδρόμησης και η 'two-way analysis of variance'(Harmancioglou *et al.*, 1999).

Κάνοντας, τώρα, τα σημεία δειγματοληψίας πιο 'χειροπιαστά' χωρικά, οι Mäkelä and Meybeck (1996) υποστηρίζουν πως μια γέφυρα είναι ένα ιδανικό μέρος για την εγκατάσταση ενός σταθμού δειγματοληψίας. Και αυτό, γιατί είναι εύκολα προσβάσιμη και ευδιάκριτη. Συνήθως, ένα δείγμα που λαμβάνεται από μια γέφυρα, στο μέσο της ροής ενός καλά αναμεμιγμένου ποταμού, αντιπροσωπεύει επαρκώς το νερό του εν λόγω ποταμού. Στο παραπάνω, έρχονται να αντιταχθούν οι Wilde *et al.* (1998), αλλά και ο Shelton (1994), διακηρύττοντας ταυτόσημα πως τα δείγματα κάτω από γέφυρες πρέπει να αποφεύγονται, αφού είναι δυνατό να έχουν μολυνθεί από τη δομή της γέφυρας ή τις απορροές από την επιφάνεια των δρόμων. Επιπλέον, ο δεύτερος αποκλείει αυτοδικαίως από τη συλλογή δειγμάτων τα λιμνάζοντα ή ελώδη νερά. Γενικά, λαμβάνουμε δείγμα από τρεχούμενο νερό που δεν ανακατεύεται με χώματα, λάσπες, κτλ. Επεκτείνοντας τα παραπάνω, κατά τους Gordon *et al.* (1992) κρίνεται αναγκαίο να αποφεύγονται και να εξαλείφονται από τη μελέτη μη τυπικά χαρακτηριστικά (γέφυρες, φράγματα, μεγάλοι καταρράκτες), εκτός κι αν αντιπροσωπεύουν ένα μεγάλο μέρος του ποταμού ή αποτελούν αντικείμενο της έρευνας.

Συνοψίζοντας το σύνολο των απόψεων περί της επιλογής των σημείων δειγματοληψίας, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως δεν υπάρχουν στη φαρέτρα μας μαγικές συνταγές, τουλάχιστο μέχρι τώρα. Αυτό που έχουμε στα χέρια μας περιορίζεται σε γενικές κατευθύνσεις για την επιλογή ή όχι σημείων. Κάτι, βέβαια, αναμενόμενο, μιας και κάθε περιοχή μελέτης είναι μοναδική ως προς τα χαρακτηριστικά της. Αν σε αυτό προσθέσουμε και τους διαφορετικούς στόχους κάθε προγράμματος δειγματοληψίας, αυτοδικαίως καταλήγουμε στο 'επιλογή σημείων κατά περίπτωση και κατά βούληση'. Αρκεί να παραμένουμε πιστοί στις γενικές κατευθύνσεις, αιτιολογώντας και υπερασπιζόμενοι τις επιλογές των σημείων

δειγματοληψίας, όπως εξάλλου είμαστε υποχρεωμένοι να κάνουμε σε κάθε επιμέρους σημείο οποιασδήποτε μελέτης.

3.5 Χρόνος και συχνότητα δειγματοληψίας

Είναι σπάνιο, αν όχι απίθανο, να μας ενδιαφέρει η ποιότητα του νερού σε μια μόνο δεδομένη στιγμή. Συνεπώς, απαιτούνται πληροφορίες κατά τη διάρκεια μιας χρονικής περιόδου, όπου η ποιότητα του νερού μπορεί να ποικίλει. Το κύριο ζήτημα, λοιπόν, αφορά τους χρόνους και τη συχνότητα της δειγματοληψίας, ώστε τα δείγματα να είναι αντιπροσωπευτικά της ποιότητας του ύδατος κατά την περίοδο διερεύνησης. Στο σημείο αυτό, θα μπορούσε κάποιος να ισχυριστεί πως η καλύτερη τεχνική λύση αφορά τη χρήση ενός αυτόματου οργάνου που θα παρέχει συνεχή ανάλυση του νερού. Αν και αυτή η προσέγγιση φαντάζει ιδανική, δεν είναι γενικά εφαρμόσιμη, αφού το μεγαλύτερο μέρος των αναλύσεων γίνεται χρησιμοποιώντας διακριτά δείγματα. Κλειδί, λοιπόν, για το σχεδιασμό της δειγματοληψίας αποτελεί η φύση και το μέγεθος κάθε χρονικής μεταβολής στην ποιότητα του νερού. Κάθε τέτοια μεταβολή (χρονική) προέρχεται από πλήθος διαδικασιών που επηρεάζουν την ποιότητα και η γνώση αυτών των διαδικασιών είναι εξίσου σημαντική με το σχεδιασμό (Wilson and Hunt, 1986). Αρκετά αργότερα, οι Harmancioglou *et al.* (1999) έρχονται να ισχυριστούν ότι το ζήτημα του σχεδιασμού αποτελείται από πολλές κατευθύνσεις, μια εκ των οποίων και η συχνότητα της δειγματοληψίας. Επίλυση στα παραπάνω επιχειρεί να δώσει η εφαρμογή στατιστικών αναλύσεων, που βασίζονται σε τεχνικές παλινδρόμησης και συγκεκριμένα, σε πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση. Πέρα, όμως, της συχνότητας της δειγματοληψίας, η οποία είναι σημαντική για τη σχέση κόστους - αποτελεσματικότητας, αλλά και για τις πληροφορίες που θα εξαχθούν από τα διαθέσιμα δεδομένα, υπάρχει και το ερώτημα του πότε αυτή θα σταματήσει. Η απάντηση συνοπτική, χωρίς να αφήνει περιθώρια έντονων αμφισβητήσεων: όταν οι πληροφορίες επαναλαμβάνονται, αναφορικά με τις χωρικές και τις χρονικές μεταβολές, η δειγματοληψία λαμβάνει τέλος.

Ένας γενικός κανόνας αναφέρει πως η συχνότητα της δειγματοληψίας σε σημεία, όπου η ποιότητα του νερού ποικίλει σημαντικά θα πρέπει να είναι υψηλότερη, σε σύγκριση με τα σημεία όπου η ποιότητα του νερού παραμένει σχετικά σταθερή

(Mäkelä and Meybeck, 1996). Έτσι, ένα νέο πρόγραμμα, που στερείται πληροφοριών σε σχέση με το πόσο ποικίλει η ποιότητα, θα πρέπει να διαδέχεται μια πρώτη ενδεικτική έρευνα. Με βάση την τελευταία καθορίζεται ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας, το οποίο και προσαρμόζεται ανάλογα με τις ανάγκες. Το μεσοδιάστημα της συλλογής των δειγμάτων εξαρτάται από το υδάτινο σώμα και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του. Γενικά, η μεσολάβηση ενός μήνα μεταξύ των δειγμάτων είναι αποδεκτή, προκειμένου να χαρακτηριστεί η ποιότητα του νερού κατά τη διάρκεια μιας μακράς χρονικής περιόδου.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι μεταβολές στην ποιότητα του νερού μπορεί να είναι φυσικές ή ανθρωπογενείς, κυκλικές ή τυχαίες. Σαφώς, προκειμένου να περιγραφεί και να προσδιοριστεί η ποιότητα του νερού, οι εν λόγω μεταβολές θα πρέπει να καταγραφούν και να επισημανθούν. Η συχνότητα της δειγματοληψίας, λοιπόν, οφείλει να είναι, λίγο - πολύ, ομοιόμορφα κατανεμημένη κατά τη διάρκεια του ερευνητικού προγράμματος. Σημειώνεται πως υπάρχουν χρονικές περίοδοι κατά τις οποίες οι μεταβολές είναι μέγιστες. Για τα ποτάμια, τέτοιες είναι οι θερμές και ξηρές περίοδοι, όπου παρατηρείται χαμηλή ροή ή άλλες στιγμές, που συνδέονται με έντονες βιομηχανικές και αγροτικές δραστηριότητες. Τότε, ακριβώς, θεωρείται θεμιτή η αύξηση της συχνότητας της δειγματοληψίας (Anonymous, 2004).

Το 1996, οι Meybeck *et al.* (1996b), καταγράφουν τις μετρήσεις απορροής ως καίριο συστατικό των περισσότερων δειγματοληπτικών προγραμμάτων. Ένα λεπτομερές υπόβαθρο, το οποίο εμπεριέχει τα χαρακτηριστικά των απορροών, είναι απαραίτητο της διαχείρισης της ποιότητας του νερού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, αναφορικά με τις διάχυτες πηγές των ρυπαντών και τις μεταβλητές που σχετίζονται με το ίζημα, οι οποίες αυξάνονται εκθετικά με την αύξηση των απορροών. Αξίζει να σημειωθεί πως ύστερα από φαινόμενα καταιγίδας προτείνεται πυκνότερη συχνότητα δειγματοληψίας. Την ίδια χρονιά, οι Mäkelä και Meybeck (1996) έχουν ίδιες λίγο - πολύ απόψεις επί του θέματος, μιας και ενδιαφέρονται για τις συνθήκες μέγιστης και ελάχιστης ροής, όπου παρατηρούνται - όπως σημειώνουν - ακραίες τιμές στην ποιότητα του νερού. Ενδεικτικά, αναφέρουν πως ένα ποτάμι μεταφέρει το μέγιστο φορτίο αιωρούμενων σωματιδίων, όταν η ροή είναι μέγιστη. Από την άλλη, η 'βιαιότητα' μιας απορροής αποβλήτων και η σημασία των περιβαλλοντικών επεκτάσεών της είναι ευκολότερο να παρατηρηθεί κατά τις περιόδους ελάχιστης ροής.

Λίγο αργότερα, η Chapman (1997) - δρώντας πότε υποστηρικτικά και πότε συμπληρωματικά των παραπάνω - αναφέρει ότι οι συνθήκες υψηλών βροχοπτώσεων και το λιώσιμο του χιονιού αυξάνουν τις ροές των ποταμών, καθώς και τις σχετιζόμενες με αυτές, ροές της σωματιδιακής ύλης, των θρεπτικών συστατικών, κτλ. Επίσης, με το ενδιαφέρον μας σε ποτάμια μικρής ροής και κανάλια, βρισκόμαστε μπροστά σε εμφάνιση εποχιακών μεταβολών, αναφορικά με τους πληθυσμούς των φυκών. Όλες αυτές οι χρονικές μεταβολές και πολλές άλλες χρειάζεται να καθοριστούν και να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό των χρόνων και της συχνότητας της δειγματοληψίας. Συνοψίζοντας και αναδιατυπώνοντας προηγούμενες και ήδη καταγεγραμμένες απόψεις, η συγγραφέας αναφέρει επί παραδείγματι ότι ο καθορισμός των ροών των συστατικών μπορεί να απαιτεί επιπρόσθετα δείγματα κατά την περίοδο υψηλών βροχοπτώσεων. Επιπλέον, η επίδραση των απορροών των αποβλήτων μπορεί να είναι χειρότερη σε περιόδους όπου το νερό είναι θερμό και χαμηλής ροής. Τότε και πάλι απαιτείται πιο πυκνή δειγματοληψία.

3.6 Επί τω έργω..

Προτού συλλέξουμε το δείγμα ή μάλλον, πριν καν ξεκινήσουμε τη δειγματοληπτική μας εξόρμηση, μαρκάρουμε κάθε μπουκάλι με ένα κωδικό συνάφειας με το σημείο από όπου προέρχεται η δειγματοληψία (Sava, 1994). Μάλιστα, επεκτείνοντας το παραπάνω, οι Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου (1995) προτείνουν την τοποθέτηση ετικέτας επί της φιάλης, όπου θα αναγράφεται η ημερομηνία δειγματοληψίας, ο τόπος και το είδος συλλογής, καθώς και άλλα απαραίτητα στοιχεία. Επιπλέον, καλό θα είναι τα δείγματα να συνοδεύονται από ειδικό ‘Δελτίο Δειγματοληψίας’, στο οποίο θα καταγράφονται λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά του δείγματος, καθώς και οι συνθήκες δειγματοληψίας.

Είναι πολύ σημαντικό στη διάρκεια των δειγματοληψιών να κρατούνται λεπτομερείς σημειώσεις για τις επικρατούσες εξωτερικές συνθήκες, καθώς και για τα όποια πιθανά τυχαία συμβάντα. Η χρήση κάποιου ημερολογίου δειγματοληψίας είναι πολλές φορές χρήσιμη, προκειμένου να εξαχθούν σωστά συμπεράσματα και να εξηγηθούν τα αποτελέσματα εντός του εργαστηρίου.

Επιχειρώντας στο πεδίο, πριν συλλέξουμε το οποιοδήποτε δείγμα, σιγουρευόμαστε ότι είμαστε στο σωστό σημείο. Αυτό μπορεί να εξακριβωθεί από την

περιγραφή του σταθμού, σε σχέση με τη θέση σημείων αναφοράς (Batrtam *et al*, 1996). Για καλύτερα αποτελέσματα, βέβαια, το Department of Primary Industries Water and Environment και η Action Salinity & Water (2004) προτείνουν την τεκμηρίωση των σημείων δειγματοληψίας με συντεταγμένες από GPS, λεπτομερή περιγραφή, φωτογραφίες κτλ. Και όλα αυτά, γιατί είναι πολύ σημαντικό να μην υπάρχει παρέκκλιση στην τοποθεσία της δειγματοληψίας, εκτός κι αν η ασφάλεια του προσωπικού απειλείται. Σε αυτή την περίπτωση, πρέπει να βρεθεί ένα εναλλακτικό σημείο, το οποίο και καταγράφεται στο ημερολόγιο πεδίου (EPA, 2000).

Η ποιότητα των δεδομένων που παράγονται στο εργαστήριο εξαρτώνται, πρωτίστως, από την ακεραιότητα των δειγμάτων που φθάνουν ως εκεί. Συνεπώς, ο δειγματολήπτης θα πρέπει να πάρει τις κατάλληλες προφυλάξεις για να προστατέψει τα δείγματα από τη μόλυνση και τον εκφυλισμό. Γενικά, αποφεύγουμε να αγγίζουμε οποιοδήποτε μέρος του μπουκαλιού που θα έρθει σε επαφή με το δείγμα (δηλαδή, το εσωτερικό του καπακίου ή το στόμιο του μπουκαλιού). Οι φιάλες δειγματοληψίας πρέπει να φυλάσσονται σε καθαρό περιβάλλον, μακριά από σκόνη, βρωμιά και καπνούς. Η καθαριότητα του μεταφορικού μέσου είναι ένας σημαντικός παράγοντας στην εξάλειψη προβλημάτων επιμόλυνσης. Επίσης, τα καυσαέρια από την εξάτμιση, αλλά και ο καπνός του τσιγάρου αποτελούν παράγοντες κινδύνου (Anonymous, 2004).

Αφού έχουμε εντοπίσει το ακριβές σημείο της δειγματοληψίας, φοράμε γάντια από βινύλιο, χρησιμοποιούμε μιας χρήσης αποστειρωμένες φιάλες και προσανατολίζουμε τη δειγματοληψία σε ανοιχτό κανάλι και σε σημείο, όπου η ροή είναι μέγιστη (Department of Primary Industries Water and Environment and Action Salinity & Water, 2004). Επίσης, αποφεύγουμε τη λήψη δειγμάτων από σημεία, όπου το νερό έχει απομονωθεί από το κύριο σώμα του ποταμού (Sava, 1994).

Επί του πρακτέου, σύμφωνα με τον τελευταίο, βυθίζουμε το μπουκάλι δειγματοληψίας κλειστό κάτω από την επιφάνεια του νερού, κατόπιν αφαιρούμε το καπάκι και επιτρέπουμε στο νερό να εισρεύσει στη φιάλη. Αποφεύγουμε να πάρουμε επιφανειακό νερό, εκτός κι αν αυτό είναι που μας ενδιαφέρει (πολλές ουσίες με ποικίλους βαθμούς διαλυτότητας και ειδικού βάρους επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού και έτσι, το δείγμα μπορεί να παρέχει μια συγκέντρωση που δε θα είναι αντιπροσωπευτική). Συνεχίζοντας, γεμίζουμε πλήρως το μπουκάλι έτσι, ώστε να εξαλειφθεί το σύνολο του αέρα (η αλληλεπίδραση νερού και αέρα μπορεί να επιτρέψει σε κάποια χημικά να αεριοποιηθούν πριν την ανάλυση) και ενώ βρίσκεται

ακόμα κάτω από το νερό, τοποθετούμε το καπάκι. Μάλιστα, γεμίζουμε δύο φιάλες σε κάθε σημείο δειγματοληψίας, από τις οποίες η μία θα λειτουργήσει ως εφεδρεία για ανάλυση αργότερα, όταν για παράδειγμα το πρωτεύον δείγμα χαθεί ή σπάσει ή για να επιβεβαιώσουμε μια θετική ανάλυση.

Μια παραλλαγή της παραπάνω διαδικασίας έχουμε από την EPA, το 2000. Σταματάμε σε ένα επαρκές βάθος, όπου τα υλικά του πυθμένα δε θα εισχωρήσουν στο δείγμα και προσανατολιζόμαστε προς το κέντρο του υδάτινου σώματος. Απομακρύνουμε το καπάκι από τη φιάλη δειγματοληψίας και με μια συνεχόμενη κίνηση, τη βυθίζουμε ακριβώς κάτω από την επιφάνεια, μέχρι αυτή να γεμίσει μερικώς. Επανατοποθετούμε το καπάκι και ανακινούμε το περιεχόμενο του μπουκαλιού βίαια. Αποδεσμεύουμε το καπάκι και χύνουμε το περιεχόμενο. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία δύο φορές πριν συλλέξουμε το δείγμα. Συμπληρώνοντας τα παραπάνω, σημειώνεται πως δεν πρέπει να περιλαμβάνουμε στα δείγματα μη ομογενή σωματίδια, όπως φύλλα, έντομα κ.λ.π. και πως οι συσκευές δειγματοληψίας πρέπει να τίθενται ενάντια στο ρεύμα για να αποφεύγεται η επιμόλυνση (Anonymous, 2004). Όπως σημειώνουν και οι Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου (1995), εάν το στόμιο της φιάλης δε βρίσκεται αντίθετα της ροής, τα χέρια του δειγματολήπτη θα ξεπλένονται μέσα σε αυτή.

Τέλος, μια τρίτη προσέγγιση από το Department of Primary Industries Water and Environment και την Action Salinity & Water (2004) θέλει τη φιάλη να βουλιάζει, αντίθετα στο ρεύμα, έως ότου το στόμιό της να είναι 10 εκατοστά κάτω από την επιφάνεια. Στο σημείο αυτό, βέβαια, οφείλουμε να σιγουρευτούμε ότι δεν προκαλούμε επανααιώρηση στερεών από τον πυθμένα. Αξίζει να σημειωθεί πως όταν πρόκειται πρωτίστως για δείγματα μικροβιολογικού ενδιαφέροντος, η συλλογή ιζήματος μπορεί να περιέχει υπόλειμμα από προηγούμενη ροή αποβλήτων (Alley, 2000). Συνεχίζοντας, το Department of Primary Industries Water and Environment και η Action Salinity & Water (2004) αναφέρουν πως συλλέγουμε το δείγμα κατευθείαν στο μπουκάλι δειγματοληψίας, αν είναι δυνατό. Σε αντίθετη περίπτωση, όπου το ποτάμι είναι αρκετά ρηχό, συλλέγουμε νερό σε ένα δοχείο (ξεπλένουμε δύο φορές με το νερό που προτιθέμαστε να συλλέξουμε) και το μεταφέρουμε άμεσα στη φιάλη δειγματοληψίας.

Όσον αφορά τον όγκο νερού που συλλέγουμε κατά τη δειγματοληψία, αυτός πρέπει να είναι ικανός, ώστε να επιτρέπει επανα-ανάλυση και δοκιμή ελέγχου ποιότητας, εάν απαιτείται. Ο βασικός απαιτούμενος όγκος είναι το άθροισμα όλων

των όγκων που απαιτούνται για ανάλυση όλων των μεταβλητών που μας ενδιαφέρουν. Εξαρτάται από τον τύπο και των αριθμό των μεταβλητών που θα αναλυθούν, την αναλυτική μέθοδο και τις αναμενόμενες συγκεντρώσεις των μεταβλητών στο νερό (Anonymous, 2004).

Προκειμένου να αυξήσουμε την ακεραιότητα των δειγμάτων, την εμπιστοσύνη στα αποτελέσματα, αλλά και για να αποφύγουμε τις εσφαλμένα θετικές αναφορές εξαιτίας μόλυνσης, μπορούμε να ενσωματώσουμε στις έρευνες για το επιφανειακό νερό δείγματα ελέγχου ποιότητας (Quality Control Samples). Ένας τύπος τέτοιου δείγματος είναι το 'τυφλό δείγμα πεδίου' (field blank). Προσθέτουμε μια επιπλέον φιάλη, η οποία προετοιμάζεται μαζί με τις άλλες, πακετάρεται και μεταφέρεται στο σημείο δειγματοληψίας, γεμίζεται εκεί με απιονισμένο νερό, αποθηκεύεται και μεταφέρεται με τα άλλα δείγματα και παραδίδεται στο εργαστήριο για ανάλυση. Το αναμενόμενο αποτέλεσμα του μη εντοπισμού δραστικής ουσίας (non-detected) μετά την ανάλυση, αυξάνει την εμπιστοσύνη ότι τα δείγματα δε μολύνθηκαν κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας, τη δειγματοληψία στο πεδίο, τη μεταφορά, την αποθήκευση ή την ανάλυση. Εναλλακτική περίπτωση είναι το μοίρασμα του ίδιου δείγματος από το ίδιο σημείο σε δύο μικρότερα δείγματα (splits). Αυτά διαχειρίζονται με τον ίδιο τρόπο, αλλά αναλύονται σε διαφορετικά εργαστήρια ή/και με δύο αναλυτικές μεθόδους. Έτσι, μπορούμε να επιβεβαιώσουμε ή όχι τα ποιοτικά και ποσοτικά αποτελέσματα του εργαστηρίου (Sava, 1994).

Είναι αυτονόητο, εδώ, να σημειωθεί πως όλες οι μετρήσεις που καταγράφονται στο πεδίο πρέπει να καταγράφονται στο σημειωματάριο πεδίου, προτού φύγουμε από το σταθμό δειγματοληψίας. Το ίδιο πρέπει να γίνεται και με την ενισχυτική πληροφορία. Συνθήκες, όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος, ο καιρός, η παρουσία νεκρών ψαριών που επιπλέουν στο νερό, φύκη σε πλήρη ανάπτυξη, η οποιαδήποτε ασυνήθιστη εικόνα ή μυρωδιά πρέπει να καταγράφεται, ανεξάρτητα από το πόσο ασήμαντα μπορεί να φανούν αυτά εκείνη τη στιγμή. Αυτές οι σημειώσεις των παρατηρήσεων θα είναι ανεκτίμητης βοήθειας, όταν θα προσπαθήσουμε να ερμηνεύσουμε τα αποτελέσματα (Bartram *et al*, 1996). Τέλος, κλείνοντας αυτή την ενότητα, αξίζει να σημειωθεί πως η ώρα της δειγματοληψίας στο ίδιο σημείο δεν πρέπει να ποικίλει πάνω από δύο ώρες. Επίσης, θα ήταν σκόπιμο η δειγματοληψία με μικροβιολογική διερεύνηση να αρχίζει από τα καθαρότερα σημεία και να ολοκληρώνεται, με αυτά του μεγαλύτερου μικροβιακού φορτίου. Έτσι, τα μολυσμένα δείγματα θα παραμείνουν λιγότερο χρόνο σε συνθήκες μεταφοράς, όπου πιθανόν να

επέλθει κάποια μείωση του μικροβιακού πληθυσμού (Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου, 1995).

Έχοντας στα χέρια μας πλέον το ή τα δείγματα, αυτό που απομένει, πριν την ανάλυσή τους, είναι η μεταφορά και η αποθήκευσή τους στο εργαστήριο. Όλοι συμφωνούν πως αυτά πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά των υπαρχουσών συνθηκών και ως εκ τούτου, ο χρόνος μεταξύ της συλλογής και της ανάλυσης επιβάλλεται να είναι όσο το δυνατό μικρότερος για πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Επίσης, είναι αναγκαίο να εφαρμοστούν κατάλληλες τεχνικές συντήρησης για να αποτρέψουν ή να επιβραδύνουν τις βιολογικές και χημικές μεταβολές, που μπορεί να εμφανιστούν στο μεσοδιάστημα της συλλογής και της ανάλυσης των δειγμάτων. Αυτό, συνήθως, περιλαμβάνει ψύξη του δείγματος ή χημική σταθεροποίησή του. Οι Batrtam *et al.* (1996) αναφέρουν πως τα δείγματα πρέπει να αποθηκεύονται σε καθαρό, κρύο και σκοτεινό περιβάλλον, ώστε να προστατεύονται από μεταβολές, ενώ επιπρόσθετες μέθοδοι συντήρησης περιλαμβάνουν το πάγωμα, το φιλτράρισμα και την προσθήκη χημικών συντηρητικών. Πιο συγκεκριμένα και όσον αφορά για μικροβιολογικές παραμέτρους , σύμφωνα με τις Παπαπετροπούλου και Μαυρίδου (1995) η τοποθέτηση των φιαλών σε φορητό ψυγείο, εάν δεν μπορούν να φτάσουν στο εργαστήριο μέσα σε μία ώρα, θεωρείται απαραίτητη. Τα δείγματα που φτάνουν στο εργαστήριο πρέπει να τοποθετούνται άμεσα στο ψυγείο και να καλλιεργούνται κατά το δυνατό εντός δύο ωρών. Γενικά, ο χρόνος ανάμεσα στη δειγματοληψία και την ανάλυση δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 24 ώρες και πρέπει να είναι όσο δυνατό μικρότερος, κυρίως, όταν πρόκειται για ευτροφικά ή πολύ επιβαρημένα δείγματα. Ακόμη πιο κατατοπιστικός, ο Sava (1994) τοποθετεί αμέσως τα δείγματα σε θερμοκρασία 4 ^{o}C για τη μεταφορά και τα διατηρεί στην ίδια θερμοκρασία, μέχρι την ανάλυση. Επίσης, σε θολά ή ζεστού νερού δείγματα προστίθεται ποσότητα αλατιού, προκειμένου να εμποδιστεί η βιοαποδόμηση. Σε πολλές περιπτώσεις, άλλα χημικά μπορεί να προστεθούν ή μπορούμε να ρυθμίσουμε το pH, ώστε να βοηθήσουμε τη συντήρηση του δείγματος. Το Department of Primary Industries Water and Environment και η Action Salinity & Water (2004) επισημαίνουν πως εάν τα δείγματα δεν μπορούν να επιστρέψουν την ίδια μέρα στο εργαστήριο, αυτά που είναι για ανίχνευση θρεπτικών αλάτων πρέπει να μπουν στην κατάψυξη και όλα τα άλλα, στη συντήρηση του ψυγείου. Βεβαίως, τα δείγματα μπορούν να αποθηκευτούν για περιορισμένο χρόνο, ακόμη κι αν πρόκειται για την κατάψυξη.

Μια πιο καινοτόμα προσέγγιση για το θέμα, δίδεται από τους Bartram *et al.*, 1996. Πρακτικά, σύμφωνα με αυτούς, είναι δύσκολο να εξασφαλίσουμε συνθήκες κατά τη μεταφορά που δε θα επηρεάζουν τη μικροβιολογική ποιότητα του νερού. Γι' αυτό, η επί τόπου ανάλυση γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής. Υπάρχει, επίσης, η δυνατότητα να φιλτράρουμε τα δείγματα, να τοποθετήσουμε τα φίλτρα σε μέσο διατήρησης και να τα κατεργαστούμε αργότερα στο εργαστήριο. Τα δείγματα που φτάνουν μετά από 24 ώρες στο εργαστήριο ή παραμένουν για περισσότερο από 2 ώρες - αφού έχουν συλλεχθεί - εκτός ψυγείου, πρέπει να απορρίπτονται. Η ανάλυση τέτοιων δειγμάτων είναι απίθανο να αντανακλά την βακτηριολογική κατάσταση του νερού την ώρα που συλλέχθηκε. Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι ιδιαίτερες απαιτήσεις δειγματοληψίας και συντήρησης των δειγμάτων.

<u>Πίνακας 17:</u> Σύνοψη των ειδικών απαιτήσεων δειγματοληψίας και συντήρησης (προσαρμοσμένος από APHA, 1992).

Προσδιορισμός	Δοχείο	Συντήρηση	Μέγιστη αποθήκευση προτεινόμενη /σύμφωνα με την EPA[1]
COD	Π, Γ	Όσο το δυνατόν πιο σύντομα η ανάλυση ή προσθήκη H_2SO_4 σε pH<2, ψύξη	7 ημέρες/28 ημέρες
Αγωγιμότητα	Π, Γ	Ψύξη	28 ημέρες/28 ημέρες
Αμμωνία	Π, Γ	Όσο το δυνατόν πιο σύντομα η ανάλυση ή προσθήκη H_2SO_4 σε pH<2, ψύξη	7 ημέρες/28 ημέρες
Νιτρικά	Π, Γ	Όσο το δυνατόν πιο σύντομα η ανάλυση ή ψύξη	48 ώρες/48 ώρες (28 ημέρες για χλωριωμένα δείγματα)
Νιτρώδη	Π, Γ	Όσο το δυνατόν πιο σύντομα η ανάλυση ή ψύξη	καθόλου/48 ώρες
Φαινόλες	Π, Γ	Ψύξη, προσθήκη H_2SO_4 σε pH<2	καθόλου/28 ημέρες
Διαλυμένο οξυγόνο:			
μέθοδος ηλεκτροδίου	Γ, δοχείο BOD	Άμεση ανάλυση	0,5 ώρες/ η αποθήκευση δεν επιτρέπεται-άμεση ανάλυση
μέθοδος Winkler		Η ογκομέτρηση μπορεί να καθυστερήσει κατόπιν οξίνισης	8 ώρες/8 ώρες
pH	Π, Γ	Άμεση ανάλυση	2 ώρες/ η αποθήκευση δεν επιτρέπεται-άμεση ανάλυση
Φωσφορικά	Γ (Α)	Για διαλυμένα φωσφορικά άμεσο φιλτράρισμα, ψύξη	48 ώρες
Στερεά	Π, Γ	Ψύξη	7 ημέρες/2-7 ημέρες
Θερμοκρασία	Π, Γ	Άμεση ανάλυση	η αποθήκευση δεν επιτρέπεται-άμεση ανάλυση/ η αποθήκευση δεν επιτρέπεται-άμεση ανάλυση

[1] EPA, Rules and Regulations. Federal Register, 49; No.209, October 26, 1984.
Ψύξη: αποθήκευση στους 4 ^{0}C, στο σκοτάδι. Π: πλαστικό(πολυαιθυλένιο ή ισοδύναμο). Γ: γυαλί. Γ(Α): γυαλί με έκπλυση 1+1 HNO_3

4. Νομοθεσία

4.1 Εισαγωγή

Παρότι η πρόσβαση σε καθαρό και άφθονο νερό θεωρείται δεδομένη και αυτονόητη για τους πολίτες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η τελευταία έχει δώσει μεγάλη έμφαση στον τομέα της ποσοτικής και ποιοτικής διαχείρισης των υδάτων. Είναι γεγονός πως η γηραιά ήπειρος δεν αντιμετωπίζει - σε γενικές γραμμές - προβλήματα έλλειψης νερού ή θανατηφόρες υδατογενείς επιδημίες (κάτι διαδεδομένο σε άλλους γεωγραφικούς τόπους), ενώ φείδεται ακραίων φαινομένων που αφορούν το νερό και σχετίζονται με εκτεταμένες πλημμύρες ή/και ξηρασίες. Όλα αυτά συντείνουν - με μια πρώτη ματιά - σε μια, μάλλον, ικανοποιητική κατάσταση αναφορικά με το νερό σε επίπεδο Ευρώπης. Παρόλα αυτά, περιθώρια για εφησυχασμό και αδράνεια δεν υπάρχουν. Εν αντιθέσει με τα παραπάνω, στον τομέα της ποιότητας του νερού, η Ευρώπη χωλαίνει. Το νερό συνεχίζει να αντιμετωπίζει απειλές και πιέσεις. Κατά συνέπεια, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αναπτύξει ένα ευρύ φάσμα νομοθετικών μέτρων, με στόχο την εξασφάλιση της βιωσιμότητας των υδατικών πόρων στο χώρο ευθύνης της (Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, 2000).

Περιοριζόμενοι, τώρα, στα εν οίκω, η Ελλάδα έχει ήδη αναθέσει από τα μέσα της δεκαετίας του ’70 στην Ευρωπαϊκή Ένωση - έστω και υποσυνείδητα στην αρχή, μιας και δεν υπήρξε από τόσο νωρίς κράτος - μέλος της - τη δημιουργία νομοθετικού πλαισίου σχετικά με τα ύδατα. Από το 1986, λοιπόν, ξεκινά και συνεχίζεται απαρέγκλιτα για κάθε νέα πρωτοβουλία της Ένωσης η ενσωμάτωση της κοινοτικής νομοθεσίας στο εθνικό δίκαιο, με τη μορφή, κυρίως, Κοινών Υπουργικών Αποφάσεων (ΚΥΑ) (Πίνακας 2 - Παράρτημα).

4.2 Γενικά

Ανασκοπώντας τα νομοθετικά πεπραγμένα των τελευταίων τριάντα ετών, αναφορικά με το νερό, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι οι ευρωπαϊκές προσπάθειες για τη βελτίωση αυτού διακρίνονται σε τρία στάδια. Το πρώτο ξεκινά με την Οδηγία για τα επιφανειακά ύδατα (το 1975) και ολοκληρώνεται με την Οδηγία του 1980 για το πόσιμο νερό. Η εστίαση, εδώ, γίνεται κυρίως σε στόχους αναφορικά με την ποιότητα

του νερού για συγκεκριμένες κατηγορίες και χρήσεις αυτού, όπως μεταξύ άλλων, τα ύδατα αλιείας και τα ύδατα κολύμβησης. Με την αναθεώρηση της ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το νερό του 1988, καθορίζονται οι επιδεχόμενοι βελτίωσης τομείς και εντοπίζονται τα κενά, που χρήζουν κάλυψης στο δεύτερο αυτό στάδιο της νομοθεσίας για το νερό. Κεντρικό σημείο του εν λόγω νομοθετικού εγχειρήματος αποτελούν οι οριακές τιμές εκπομπής. Αποτέλεσμα, ως επιστέγασμα των παραπάνω, είναι η θέσπιση νέων οδηγιών το 1991 για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων και τη νιτρορύπανση. Το 1995, η Ευρωπαϊκή Κοινότητα αντιλαμβάνεται ότι πρέπει να υπάρξει μια γενικότερη προσέγγιση, όσον αφορά τα ύδατα. Το απότοκο αυτού είναι η επιτροπή να προτείνει (1997-1998) ένα νέο νομοθέτημα, την Οδηγία - πλαίσιο για το νερό, που ενσαρκώνει τη 'συνδυασμένη προσέγγιση' του τρίτου σταδίου νομοθετημάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη βελτίωση της ποιότητας του νερού στην Ένωση. Έτσι, το 2000, παίρνει σάρκα και οστά η Οδηγία - πλαίσιο, κατά την οποία γίνεται παράλληλη αξιοποίηση των οριακών τιμών εκπομπής και των ποιοτικών κριτηρίων για το νερό (Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, 2000).

4.3 Οι όροι του 'παιχνιδιού'

Εν αρχή, είναι η Οδηγία 75/440/ΕΟΚ περί της απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφανείας, που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος στα Κράτη - Μέλη. Εδώ, καθορίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά στα οποία οφείλουν να ανταποκρίνονται τα επιφανειακά ύδατα, που χρησιμοποιούνται ή θα χρησιμοποιηθούν στο μέλλον για την παραγωγή πόσιμου ύδατος, κατόπιν εφαρμογής κατάλληλης επεξεργασίας. Τα ύδατα υποδιαιρούνται σε τρεις ομάδες οριακών τιμών οι οποίες αντιστοιχούν στις κατάλληλες μεθόδους επεξεργασίας: A1, A2 και A3. Έχουμε, δηλαδή, αντιστοίχηση των παραπάνω ομάδων σε τρεις διαφορετικές ποιότητες επιφανειακών υδάτων. Τα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά αυτών παραθέτονται στον πίνακα 3 του παραρτήματος. Αν κάποιος, στο σημείο αυτό, ενδιαφερόταν να μάθει περισσότερες λεπτομέρειες για το μέλλον της Οδηγίας αυτής, λαμβανομένων υπόψη και των χρόνων που φέρει στην πλάτη της, θα πληροφορούταν πως - μάλλον - έχει 'φάει τα ψωμιά της'. Κι αυτό, διότι η

κατάργησή της έχει προκαθοριστεί στα εφτά χρόνια μετά την ημερομηνία έναρξης ισχύος της Οδηγίας - πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για το νερό, ήτοι στις 22/12/2007.

Στο αμέσως επόμενο νομοθετικό εγχείρημα της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το νερό, εκδίδεται η Οδηγία 76/160/ΕΟΚ για την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης. Σύμφωνα με αυτήν, θέτονται ποιοτικά πρότυπα για τα ύδατα κολύμβησης (γλυκά και θαλάσσια), αναφορικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους, που σχετίζονται κυρίως με την αισθητική και τις μικροβιολογικές, που έχουν να κάνουν με την ανθρώπινη υγεία (Πίνακας 4 - Παράρτημα). Παρόλα αυτά, τα Κράτη - Μέλη έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν ανά πάσα στιγμή αυστηρότερες τιμές από αυτές που προβλέπονται στην εν λόγω Οδηγία (γενικά, μέσα από τις Οδηγίες προσφέρεται η δυνατότητα στους αποδέκτες τους για επιβολή αυστηρότερων κριτηρίων από αυτά που περιγράφονται σε αυτές). Παράλληλα, κάθε κράτος της Ένωσης υποχρεούται να υποβάλλει ετησίως έκθεση στην Επιτροπή για την εφαρμογή της Οδηγίας, ενώ η δεύτερη, με τη σειρά της, δημοσιεύει έκθεση, αναφορικά με την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης στην Ευρώπη κατά την προηγούμενη κολυμβητική περίοδο. Αξίζει, τέλος, να σημειωθεί ότι σήμερα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αναθεωρεί και ενημερώνει τη συγκεκριμένη Οδηγία. Μάλιστα, υπάρχει πρόταση Οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης, υποβληθείσα από την Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων στις 24/10/2002.

Την ίδια χρονιά, εκδίδεται η Οδηγία 76/464/ΕΟΚ, σχετιζόμενη με τη ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες οι οποίες εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας. Το Συμβούλιο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, έχοντας υπόψη ότι πρέπει να εξαλειφθεί η ρύπανση το νερού που προκαλείται από την αποβολή διαφόρων επικίνδυνων ουσιών, επιφυλάσσεται εντός ορισμένης προθεσμίας να ορίσει τις οριακές τιμές των προτύπων αποβολής τους, τις οποίες τα Κράτη - Μέλη δεν πρέπει να υπερβαίνουν. Επί της παρούσης, όμως, δίνεται κατάλογος ουσιών με βλαβερές επιπτώσεις για το υδάτινο περιβάλλον. Μεταξύ αυτών, είναι ο φωσφόρος και οι ανόργανες ενώσεις του, αλλά και ουσίες που ασκούν δυσμενή επίδραση επί της ισορροπίας του οξυγόνου (ιδίως, αμμωνία και νιτρώδη). Αναφέρονται, ακριβώς, οι παραπάνω ενώσεις, γιατί αποτελούν μέρος αυτών που θα μας απασχολήσουν στην εν λόγω εργασία. Όλες οι απορρίψεις, λοιπόν, προς τα ύδατα - σύμφωνα με την Οδηγία - οι οποίες δύνανται να περιέχουν ουσίες του προαναφερθέντος καταλόγου, απαιτούν προηγούμενη άδεια της αρμόδιας αρχής του ενδιαφερομένου Κράτους - Μέλους, που

καθορίζει τα πρότυπα αποβολής. Βεβαίως, τα πρότυπα αυτά βασίζονται στους ποιοτικούς στόχους που θεσπίζονται σε συμφωνία με τυχόν Οδηγίες του Συμβουλίου.

Μετά από ένα μεσοδιάστημα περίπου δύο ετών, η Ευρώπη επανέρχεται με την Οδηγία 78/659/ΕΟΚ για την ποιότητα των γλυκών νερών, που χρήζουν προστασίας ή βελτίωσης για τη διατήρηση της ζωής των ιχθύων. Εδώ, απώτερος στόχος είναι η προστασία ή/και η βελτίωση των γλυκών υδάτων, τρεχούμενων, αλλά και λιμναζόντων, που είτε υποστηρίζουν, είτε θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τη ζωή των ιχθύων, με τη μείωση ή την εξάλειψη της ρύπανσης. Για τις ανάγκες της Οδηγίας, τα ύδατα διακρίνονται σε αυτά των σαλμονιδών (ενδεικτικά, σολομός και πέστροφα) και σε εκείνα των κυπρινιδών (όπως, η πέρκα και το χέλι). Όσον αφορά τις παραπάνω κατηγορίες υδάτων, η Οδηγία εξετάζει ένα σύνολο φυσικών και χημικών παραμέτρων, οι οποίες και παρουσιάζονται στον πίνακα 6 του παραρτήματος. Επισημαίνεται πως η παρούσα, όπως και η πρώτη Οδηγία για το νερό, έχει ημερομηνία λήξης ένεκα - και πάλι - της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, αυτήν τη φορά όμως, τα δεκατρία έτη μετά την ημερομηνία έναρξης ισχύος της τελευταίας, δηλαδή, την 22/12/2013. Τέλος, σημειώνεται πως υπάρχει πρόταση της Επιτροπής στις 19/1/2004 για μια νέα Οδηγία, που θα αναθεωρεί και θα ενημερώνει την παρούσα.

Η συνέχεια λογίζεται με την Οδηγία 79/869/ΕΟΚ, ουσιαστικά παράγωγος - Οδηγία της 75/440/ΕΟΚ. Κι αυτό, διότι - μεταξύ άλλων - η παρούσα Οδηγία αφορά τις πρότυπες μεθόδους μετρήσεως των παραμέτρων που περιλαμβάνονται στην πρώτη. Στη λογική αυτή, τα Κράτη - Μέλη χρησιμοποιούν όσο είναι δυνατόν τις πρότυπες μεθόδους μετρήσεως, όπως αυτές που παρουσιάζονται στον πίνακα 7 του παραρτήματος. Στο σημείο αυτό, είναι θεμιτό να ειπωθεί πως η συγκεκριμένη Οδηγία - λειτουργούσα ως υποστηρικτική κάποιας άλλης (75/440/ΕΟΚ) - δεν μπορεί παρά να έχει την ίδια μοίρα ως προς την ανάκλησή της με την τελευταία, δηλαδή την 22/12/2007.

Εν τω μεταξύ, έχει εκδοθεί Απόφαση του Συμβουλίου (77/795/ΕΟΚ) για την καθιέρωση κοινής διαδικασίας ανταλλαγής πληροφοριών για την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών υδάτων της Κοινότητας. Κατά την έννοια της Απόφασης αυτής, η ανταλλαγή γίνεται για σταθμούς δειγματοληψίας προκαθορισμένους για κάθε Κράτος - Μέλος. Στο παράρτημα εμφανίζονται κάποιες από τις παραμέτρους, που αποτελούν αντικείμενο ανταλλαγής πληροφοριών, οι οποίες και θα μας απασχολήσουν στην παρούσα εργασία. Επίσης, παραθέτεται ο τρόπος έκφρασης και οι αριθμοί ψηφίων για τα δεδομένα τα σχετικά με τις παραμέτρους (πίνακας 5 -

Παράρτημα). Τέλος, και πάλι λόγω της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ η ισχύς της παρούσας απόφασης περιορίζεται επίσης έως την 22/12/2013.

Με την παρέλευση περισσότερο από μιας δεκαετίας, η Ευρωπαϊκή Ένωση επανέρχεται με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Στόχος της αποτελεί η πρόληψη των περιβαλλοντικών ζημιών από λύματα αστικής και βιομηχανικής προέλευσης. Στον πίνακα 8 του παραρτήματος καταγράφονται οι μέγιστες συγκεντρώσεις για το COD και τα ολικά αιωρούμενα στερεά των επεξεργασμένων λυμάτων. Ανάλογα με τον πληθυσμό και τη χωροθέτησή του, οι οικιστικές περιοχές οφείλουν να διαθέτουν συστήματα συλλογής και κατάλληλης επεξεργασίας των αστικών λυμάτων πριν το τέλος του 1998, του 2000 ή του 2005. Επιπρόσθετα, η επεξεργασία των λυμάτων θα πρέπει να είναι πρωτογενής, δευτερογενής ή τριτογενής, ανάλογα με την ευπάθεια των υδάτων στα οποία καταλήγουν. Πιο συγκεκριμένα, όλες οι οικιστικές περιοχές απαιτείται να διαθέτουν δίκτυο αποχέτευσης αστικών λυμάτων:

- Έως τις 31/12/2000, για τους οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό[1] άνω των 15000
- Έως τις 31/12/2005, για οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2000 και 15000
- Έως τις 31/12/1998, για οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 10000, των οποίων, όμως, τα αστικά λύματα καταλήγουν σε ύδατα υποδοχής που θεωρούνται ευαίσθητες ζώνες

Επιπλέον, τα αστικά λύματα είναι ανάγκη να υποβάλλονται σε δευτεροβάθμια ή σε ισοδύναμη επεξεργασία, ως εξής:

- Έως τις 31/12/2000, για λύματα οικισμών ισοδύναμου πληθυσμού άνω των 15000
- Έως τις 31/12/2005, για λύματα οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό 10000 - 15000
- Έως τις 31/12/2005, για λύματα που αποβάλλονται σε γλυκά ύδατα και σε εκβολές ποταμών από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό μεταξύ 2000 - 10000
- Έως τις 31/12/1998, για λύματα από οικισμούς με ισοδύναμο πληθυσμό άνω των 10000, που απορρίπτονται σε ευαίσθητες περιοχές

Μια ακόμα προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία των υδάτων αντικατοπτρίζεται στην Οδηγία για τη νιτρορύπανση, 91/676/ΕΟΚ. Σκοπός της δεν είναι άλλος από την πρόληψη υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών ουσιών στο νερό.

[1] Η μονάδα ισοδύναμου πληθυσμού ορίζεται ως 60 gr BOD ανά ημέρα και ανά άτομο.

Αυτό, ακριβώς, μπορεί να γίνει με τον περιορισμό των επιπτώσεων της εντατικής γεωργίας και της χρήσης χημικών λιπασμάτων. Ακόμα, η Οδηγία εμπεριέχει διατάξεις για την επεξεργασία των λυμάτων και τη γεωργική διαχείριση. Στο πλαίσιο αυτό, τα Κράτη - Μέλη οφείλουν να θεσπίσουν κώδικες ορθής αγροτικής πρακτικής που θα εφαρμόζονται προαιρετικά από τους αγρότες (Πίνακας 9 - Παράρτημα), αλλά και να εφαρμόσουν κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων, τόσο σε επιφανειακά, όσο και σε υπόγεια ύδατα, ώστε να προσδιορίζεται το επίπεδο και η έκταση της νιτρορύπανσης των υδάτων. Εδώ, σημειώνεται πως τα Κράτη - Μέλη απαιτείται να αναθεωρούν και να τροποποιούν τα προγράμματα δράσης τους - αν είναι απαραίτητο - κάθε τέσσερα χρόνια, ενημερώνοντας παράλληλα την Επιτροπή. Εντούτοις, αν η συγκέντρωση των νιτρικών είναι μικρότερη των 25 mg/l στα προϋπάρχοντα δείγματα και δεν υπάρχει κάποιος νέος παράγοντας ικανός να αυξήσει το περιεχόμενο του ύδατος σε νιτρικά ιόντα, τότε τα προγράμματα καταγραφής λαμβάνουν χώρα μόνο κάθε οχταετία. Τέλος, τα Κράτη - Μέλη καλούνται να ορίσουν και να παρακολουθούν κατάλληλα τις ‘ευπαθείς’ περιοχές, που έχουν ή κινδυνεύουν να πληγούν από νιτρορύπανση στο μέλλον.

Επόμενος σταθμός της ευρωπαϊκής νομοθεσίας περί υδάτων είναι το 1998, με την Οδηγία 98/83/ΕΚ σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Στο σημείο αυτό, αξίζει να αποσαφηνιστεί ο όρος ‘νερό ανθρώπινης κατανάλωσης’. Ως τέτοιο, λοιπόν, θεωρείται το νερό το οποίο, είτε στη φυσική του κατάσταση, είτε κατόπιν επεξεργασίας, προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής, αλλά και άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το αν παρέχεται από κάποιο δίκτυο διανομής, βυτίο ή σε φιάλες/δοχεία. Επισημαίνεται πως στην ίδια κατηγορία υπάγεται και το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων, όσον αφορά την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Ουσιαστικά, πρόκειται για την αναθεώρηση της ανενεργής, ως εκ τούτου, Οδηγίας 80/778/ΕΟΚ. Σε αυτήν, καθορίζονται όρια τιμών για μικροβιολογικές, χημικές, καθώς και για κάποιες άλλες ενδεικτικές παραμέτρους. Εδώ, τα Κράτη - Μέλη υποχρεώνονται να παρακολουθούν την ποιότητα του νερού που χρησιμοποιείται προς κατανάλωση. Παράλληλα, αυτά δύνανται να καθορίσουν τιμές για πρόσθετες παραμέτρους που δεν περιλαμβάνονται στην εν λόγω Οδηγία, όταν το επιβάλλει η προστασία της δημόσιας υγείας στο σύνολο της επικράτειάς τους ή σε μέρος αυτής.

Παράδειγμα αυτού, αποτελεί ο φωσφόρος. Αν και δεν αναφέρεται στο κείμενο της Οδηγίας, ο φωσφόρος εμπεριέχεται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση ενσωμάτωσής της στο Εθνικό Δίκαιο (ΚΥΑ Υ2/2600/2001). Βάσει της τελευταίας, οι παράμετροι που θα μας απασχολήσουν, αλλά και τα όρια των τιμών τους, απεικονίζονται στον πίνακα 10 του παραρτήματος. Ολοκληρώνοντας, οι κύριες αλλαγές της αναθεωρημένης μορφής της Οδηγίας, σε σχέση με αυτήν του 1980, εντοπίζονται στην ενημέρωση των παραρτημάτων βάσει των πρόσφατων επιστημονικών δεδομένων, αλλά και στη μεγαλύτερη διαφάνεια και καλύτερη ενημέρωση του κοινού.

Ολοκληρώνοντας την περιπλάνησή μας στα άδυτα της νομοθεσίας, καταλήγουμε στην Οδηγία - πλαίσιο 2000/60/ΕΚ για το νερό, η οποία αποτελεί το εφαλτήριο της στρατηγικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα των υδάτων. Είναι, ίσως, το σημαντικότερο εργαλείο για τη βελτίωση και ταυτόχρονα, την ορθολογική, αειφόρο και ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων. Κι αυτό, διότι μέσα σε μια Οδηγία καλύπτονται όλοι οι τύποι, αλλά και όλες οι χρήσεις του νερού. Στόχος της είναι να δημιουργήσει ένα πλαίσιο για την προστασία και τη βελτίωση της ποιότητας του συνόλου των υδάτων (επιφανειακά, μεταβατικά, παράκτια και υπόγεια). Αποβλέπει, λοιπόν, στην προώθηση της αειφόρου χρήσης του νερού δια μέσω της μακροπρόθεσμης διαχείρισής του. Απώτερος στόχος όλων, θεωρείται η εξασφάλιση νερού επαρκούς ποιότητας και ποσότητας, με δυνατότητα έγκαιρης διάθεσής του στους πολίτες. Για την εκπλήρωση των παραπάνω στόχων και για όλες τις κατηγορίες υδάτων, επιβάλλεται να επιτευχθούν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ‘καλής κατάστασης’. Εδώ, εφαρμόζεται μια καινοτόμος προσέγγιση, που συνδυάζει τις οριακές τιμές και τα ποιοτικά πρότυπα προς την επίτευξη των παραπάνω στόχων. Ταυτόχρονα, η λεκάνη απορροής ποταμού ορίζεται ως βασική μονάδα για όλες τις ενέργειες σχεδιασμού και διαχειριστικής δράσης αναφορικά με το νερό, κάτι που ήδη συμβαίνει σε κάποια Κράτη - Μέλη. Από την άλλη, όσον αφορά την τιμή του νερού, αυτή θα πρέπει να συναρτάται του κόστους του, ενισχύοντας την αρχή ‘ο ρυπαίνων πληρώνει’. Κατά συνέπεια, οι χρήστες επωμίζονται το πραγματικό κόστος για την παροχή ύδατος. Τέλος, οι πολίτες θα πρέπει να έχουν ενεργή συμμετοχή στη διαδικασία διαχείρισης του ύδατος. Αναφορικά, τώρα, με τις ‘χειροπιαστές’ υποχρεώσεις των Κρατών - Μελών, τα τελευταία οφείλουν ως το 2004 να χαρτογραφήσουν όλα τα επιφανειακά και υπόγεια ύδατά τους, να καταγράψουν τις πιέσεις που ασκούνται σε αυτά, να υποβάλλουν διαχειριστικά σχέδια για κάθε λεκάνη απορροής ως το 2009 και να επιτύχουν την ‘καλή κατάσταση’ των υδάτων τους, το

αργότερο ως το 2015. Οφείλουν, ακόμα, την εγκατάσταση και λειτουργία αντιπροσωπευτικών δικτύων παρακολούθησης των υδάτων τους. Αυτή η παρακολούθηση σχετίζεται με βιολογικά, υδρομορφολογικά και φυσικοχημικά στοιχεία, καθώς και με ειδικούς ρυπαντές. Σε αυτό το μοτίβο, ορίζεται και η συχνότητα δειγματοληψίας ορισμένων ρυπαντών, όπως φαίνεται και στον πίνακα 11 του παραρτήματος.

Με την ενσωμάτωση της Οδηγίας στο Εθνικό Δίκαιο, με το νόμο 3199, δημιουργείται Εθνική Επιτροπή Υδάτων, η οποία και καταστρώνει τα προγράμματα προστασίας και διαχείρισης του υδατικού δυναμικού της επικράτειας. Με τον ίδιο νόμο, άλλωστε, συνίσταται Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων, καθώς και Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων στο Υπουργείο Περιβάλλοντος, με αρμοδιότητα τη χάραξη πολιτικής για τα ύδατα. Ολοκληρώνοντας, σε κάθε περιφέρεια δημιουργείται η Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας, καθώς και το Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων. Ευθύνη τους, η διαχείριση του νερού και η εκπόνηση σχεδίων διαχείρισης των λεκανών απορροής των ποταμών. Είναι σημαντικό να τονιστεί, εδώ, πως ο νόμος ενσωμάτωσης της ευρωπαϊκής Οδηγίας, πέρα από την κατάρτιση ειδικών μέτρων κατά της ρύπανσης, προβλέπει και γενικούς κανόνες χρήσης των υδάτων. Έτσι, στο εξής θα εκδίδονται άδειες χρήσης νερού και εκτέλεσης έργων αξιοποίησής του, συμβαδίζοντας με την αρχή ‘ο ρυπαίνων πληρώνει’. Επιπροσθέτως, στο ‘κατασταλτικό’ κομμάτι του νόμου προβλέπονται οικονομικές, αλλά και διοικητικές κυρώσεις, τόσο σε φυσικά, όσο και σε νομικά πρόσωπα, που παραβιάζουν τις διατάξεις του. Συμπερασματικά, η ενσωμάτωση της Οδηγίας - πλαίσιο στην ελληνική νομοθεσία παρέχει μια μοναδική ευκαιρία να χαράξουμε και να εφαρμόσουμε μια ολοκληρωμένη πολιτική για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, που θα βασίζεται στις νέες αντιλήψεις.

5. Γενικά χαρακτηριστικά περιοχής μελέτης

5.1 Εισαγωγή

Ίσως να φαίνεται δουλειά ρουτίνας η συγκρότηση του κεφαλαίου αυτού. Πιθανότατα από την άλλη, να σκεφτόμαστε πως μας κρατά προς στιγμήν μακριά από τη δράση και το αποκλειστικά πειραματικό σκέλος της μελέτης.

Ωστόσο, πρόκειται για αναπόσπαστο κομμάτι της παρούσης, αλλά και κάθε παρόμοιας εργασίας, η περιγραφή των φυσικών χαρακτηριστικών και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων της 'περιοχής - στόχου'. Κι αυτό, διότι και τα δύο παραπάνω επιδρούν, άλλοτε αποφασιστικά και άλλοτε όχι, στην ποιότητα των επιφανειακών υδάτων. Στα φυσικά χαρακτηριστικά περιγράφεται το κλίμα, η γεωμορφολογία, η υδρογεωλογία, καθώς και η υδρογραφία. Στον αντίποδα, διερευνούμε χαρακτηριστικά ανθρώπινης παρουσίας και δράσης, όπως πληθυσμιακά στοιχεία, οικονομικές δραστηριότητες και πρακτικές στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Η αποσαφήνιση των παραπάνω θα μας δώσει τα απαραίτητα εφόδια, τόσο στο σχεδιασμό της δειγματοληψίας, όσο και στο σχολιασμό των αποτελεσμάτων. Χωρίς να είναι ό,τι θα γραφεί σε τούτη την ενότητα το Α και το Ω της όλης εργασίας, εντούτοις, μας βοηθά ανυπολόγιστα στην αρχή και το τέλος αυτής.

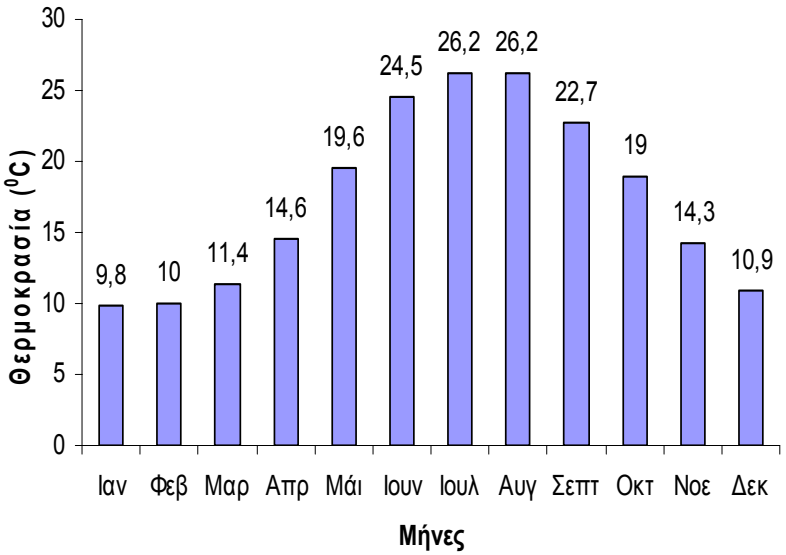
5.2 Κλίμα

Υπερβολικά υγρές και ξηρές συνθήκες φαίνεται πως επηρεάζουν την ποιότητα του νερού. Πιο αναλυτικά, περίοδοι βαρέων κατακρημνίσεων δύνανται να επαναδιαλύσουν τα πυθμενικά ιζήματα, αυξάνοντας τη θολερότητα, το μικροβιακό φορτίο, το χρώμα, τα μέταλλα, αλλά και άλλους ρυπαντές. Πέραν των παραπάνω, η βαριά κατακρήμνιση μπορεί να οδηγήσει και στη συσσώρευση των φυσικά υπαρχόντων οργανικών ενώσεων που σχηματίζουν παραπροϊόντα κατά τη διαδικασία της απολύμανσης. Από την άλλη, τα ξηρά κλίματα ή περίοδοι ευνοούν τη στασιμότητα των λιμνών και συμβάλλουν στην ανάπτυξη των φυκών. Είναι αξιοσημείωτο πως τα κλίματα αυτά ενισχύουν την επίπτωση των απορροών από

σημειακές πηγές, μειώνοντας την επίδραση της διάλυσης και της φυσικής άμβλυνσης του νερού. Η θερμοκρασία μπορεί να διαδραματίσει ένα σημαντικό ρόλο, επηρεάζοντας τη βιολογική δραστηριότητα, τα επίπεδα κορεσμού του οξυγόνου, καθώς και τους ρυθμούς μεταφοράς μάζας. Αλλά και η εποχιακή κατακρήμνιση έχει βρεθεί να αυξάνει τις συγκεντρώσεις των *Giardia* και *Cryptosporidium*, που προέρχονται από τη διάλυση της σωματιδιακής ύλης από τον πυθμένα των ποταμών και τις απορροές των καταιγίδων (Atherholt, 1998).

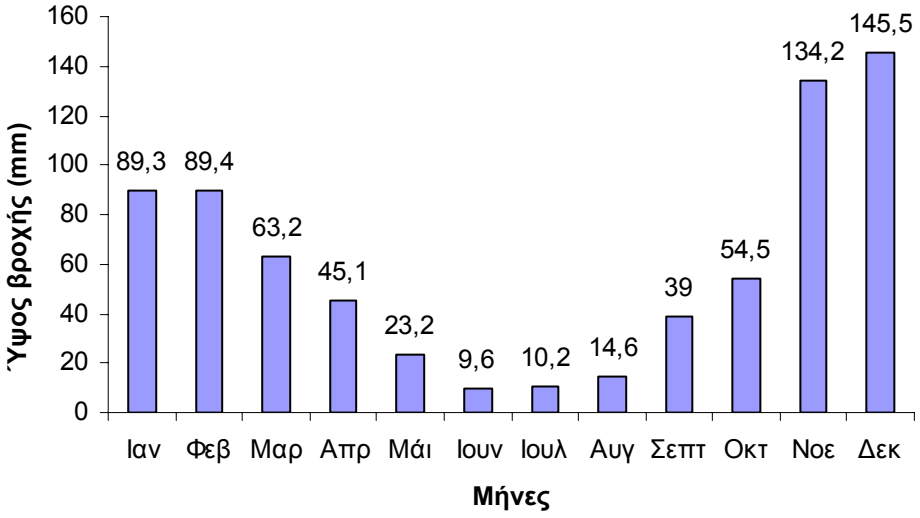
Μεσογειακό κλίμα, με ήπιους χειμώνες και θερμά-ξηρά καλοκαίρια. Έτσι μπορεί, μέσα σε λίγες λέξεις, να αποδοθεί το περίγραμμα των καιρικών συνθηκών που επικρατούν στο νομό Μεσσηνίας. Η μέση ετήσια θερμοκρασία της πρωτεύουσας Καλαμάτας, καθώς και μίας άλλης σημαντικής πόλης, της Κυπαρισσίας, είναι 18,3 ^{o}C και 17,8 ^{o}C (1971-1980) αντίστοιχα, ενώ στο εσωτερικό του νομού είναι 16,5 ^{o}C. Για λόγους σύγκρισης, αξίζει να σημειώσουμε πως στο ίδιο χρονικό διάστημα η μέση θερμοκρασία στην Αθήνα υπολογίζεται σε 17,8 ^{o}C. Γενικά, οι βροχοπτώσεις θεωρούνται σχετικά υψηλές και πιο συγκεκριμένα, ετήσιου ύψους 1.000 - 1.400 mm στα Κυπαρισσιακά όρη, 600 - 800 mm στη νότια Τριφυλία και τη Μεσσήνη και 1.000 - 1.200 mm στις δυτικές πλαγιές του Ταϋγέτου (Εγκυκλοπαίδεια "Πάπυρος - Larousse - Britannica").

Κάνοντας χρήση πιο πρόσφατων στοιχείων από την ΕΜΥ, μέσω της ΕΣΥΕ (2004), είμαστε σε θέση να καταγράψουμε μέσες ετήσιες και μηνιαίες τιμές για τη θερμοκρασία και τον υετό. Σύμφωνα με αυτά, η μέση θερμοκρασία για την πόλη της Καλαμάτας τη δεκαετία 1991 - 2000 ανέρχεται σε 17,4 ^{o}C, ενώ το μέσο ετήσιο ολικό ύψος υετού για το ίδιο διάστημα σε 718 mm, την ίδια στιγμή, που οι αντίστοιχες τιμές για την Αθήνα είναι 17,9 ^{o}C και 407 mm. Πιο αναλυτικά, στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται η μέση μηνιαία θερμοκρασία, καθώς και το μέσο μηνιαίο ύψος βροχής (1991 - 2000), με βάση στοιχεία της ΕΜΥ στη Στατιστική Επετηρίδα της Ελλάδας του 2003 (ΕΣΥΕ, 2004).



<u>Διάγραμμα 3:</u> Μέση μηνιαία θερμοκρασία αέρα στην πόλη της Καλαμάτας για τη δεκαετία 1991-2000

Για τη χρονική περίοδο, λοιπόν, 1991-2000 η μέση μέγιστη θερμοκρασία σημειώνεται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο (26,2 ^{o}C), ενώ η μέση ελάχιστη τον Ιανουάριο (9,8 ^{o}C). Η μηνιαία μέση τιμή για το σύνολο των μηνών του έτους, αποκαλύπτεται στο παραπάνω διάγραμμα. Το ίδιο διάστημα, η μηνιαία κατανομή των βροχοπτώσεων εμφανίζει τη μέγιστη τιμή της το μήνα Δεκέμβριο (145,5 mm), ενώ την ελάχιστη τον Ιούνιο (9,6 mm). Γενικά, το σύνολο των μηνιαίων μέσων τιμών, σχηματίζει κάτι περίπου σα γραφική παράσταση παραβολής, όπως μπορούμε να εξάγουμε από το διάγραμμα που ακολουθεί.



<u>Διάγραμμα 4:</u> Μέσο μηνιαίο ύψος βροχής για την πόλη της Καλαμάτας τη δεκαετία 1991-2000

5.3 Γεωμορφολογία

Ο Νομός Μεσσηνίας βρίσκεται στο νότιο-δυτικό άκρο της Πελοποννήσου και συνορεύει με τους νομούς Λακωνίας, Αρκαδίας και Ηλείας. Δυτικά βρέχεται από το Ιόνιο Πέλαγος και τον Κυπαρισσιακό Κόλπο ενώ στα νότια από τον Μεσσηνιακό Κόλπο. Στο νομό επίσης ανήκουν και τα γειτονικά νησιά Πρώτη, Σαπιέντζα, Σφακτηρία, Σχίζα καθώς και ορισμένες ακατοίκητες νησίδες. Το έδαφος του νομού, τώρα, είναι κατά το μεγαλύτερο ποσοστό ορεινό, ακολουθούν οι πεδινές εκτάσεις και τέλος οι ημιορεινές. Όσον αφορά την κατανομή των εκτάσεων, οι ορεινές περιοχές καλύπτουν το 37,3 %, οι ημιορεινές το 26,3 % και οι πεδινές το 36,4 %. Παρόλα αυτά, εξαιρώντας τον Ταΰγετο, τα υπόλοιπα βουνά της δεν είναι ούτε ψηλά, ούτε απόκρημνα. Ο Ταΰγετος, λοιπόν, η ψηλότερη οροσειρά, όχι μόνο της Μεσσηνίας, αλλά και ολόκληρης της Πελοποννήσου, καταλαμβάνει το νοτιοανατολικό τμήμα του νομού, αποτελώντας το φυσικό όριο με τη γειτονική Λακωνία. Στις υψηλότερες κορυφές του ορεινού αυτού όγκου, συγκαταλέγονται οι Προφήτης Ηλίας (2407 m), Νεραϊδοβούνα (2025 m) και Ξεροβούνα (1852 m). Στις ανατολικές επίσης περιοχές, υπάρχουν τα όρη Κοκκάλα (1190 m), Καλάθι (1490 m) και Παλαιό Αϊλιάς (1359 m) που είναι προεκτάσεις του Ταΰγετου. Στο βορειότερο τμήμα του νομού, στα σύνορα με Ηλεία και Αρκαδία, υψώνονται τα Όρη Λύκαιο (1.421 m) και Τετράζιο (1.389 m). Στα δυτικά, έχουμε τα Κυπαρισσιακά Όρη (1.218 m) τα οποία προεκτείνονται και προς το κέντρο του νομού. Λίγο νοτιότερα, το Όρος Αιγάλεω (1.065 m) και αρκετά πιο νότια, το Όρος Λυκόδημο (959 m) (Anonymous, 1997; Εγκυκλοπαίδεια "Πάπυρος - Larousse - Britannica").

Ανάμεσα, λοιπόν, στα σχετικά χαμηλά αυτά βουνά και προς τα παράλια, σχηματίζονται αρκετές μικρές πεδιάδες, όπως είναι της Κυπαρισσίας, των Γαργαλιάνων, της Πύλου, της Μεθώνης, της Κορώνης και του Πεταλιδίου. Η κυριότερη, όμως, πεδιάδα είναι αυτή της λεκάνης του ποταμού Παμίσου, η οποία είναι ασύγκριτα μεγαλύτερη και αρκετά εύφορη. Η τελευταία, αποτελείται - στα βόρεια - από την πεδιάδα του Μελιγαλά και νοτιότερα από την ευρύτερη πεδιάδα της Καλαμάτας, η οποία καταλήγει στα παράλια του Μεσσηνιακού Κόλπου (Εγκυκλοπαίδεια "Πάπυρος - Larousse - Britannica").

5.4 Υδρογεωλογία

Η γεωλογία του υπεδάφους καθορίζει την ποιότητα των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, περιλαμβάνοντας τη ρύπανση από ασβέστιο, μαγνήσιο, αλλά και ραδιενέργεια (ουράνιο, ράδιο και ραδόνιο) σε κάποιες περιοχές. Το χώμα φαίνεται πως διαδραματίζει ένα καίριο ρόλο στην άμβλυνση της όξινης κατακρήμνισης. Αυτή, ακριβώς, η εξομάλυνση επηρεάζει τη βιολογική δραστηριότητα των λιμνών, καθώς και τις διαδικασίες επεξεργασίας και τους ρυθμούς διάβρωσης των συστημάτων διανομής. Τα χαρακτηριστικά της - εξαιτίας των καιρικών συνθηκών - αποσάθρωσης της τοπικής γεωλογίας θα έχουν επίδραση στους ρυθμούς διάβρωσης. Ένα συνεκτικό έδαφος θα ανθίσταται στη διάβρωση από τη βροχή πιο αποδοτικά από τα χαλαρά εδάφη. Επιπλέον, εδάφη με ρηχά βάθη και χαμηλή διαπερατότητα μπορούν να συμβάλλουν στη μόλυνση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων στις αστικές δεξαμενές ύδρευσης (Robbins, 1991).

Οι καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι αποτελούν τους καλύτερους υδροφορείς της Μεσσηνίας. Μεγάλες ποσότητες νερού κατεισδύουν μέσα από τα ρήγματα, τις διακλαδώσεις και τους καρστικούς αγωγούς των μακροδιαπερατών αυτών σχηματισμών, έως ότου συναντήσουν διαπερατούς σχηματισμούς φλύσχη ή διαπερατούς μικρής όμως διαβιβαστικότητας. Τότε, οι ποσότητες αυτές του νερού εξέρχονται στην επιφάνεια με τη μορφή πηγών υπερχείλισης ή υπερχείλισης-επαφής. Μάλιστα, αρκετές από τις πηγές του νομού παρουσιάζουν σταθερότητα ως προς την παροχή, αλλά και μικρό εύρος διακύμανσης (Anonymous, 1997).

Ας πάρουμε, όμως, τα πράγματα με τη σειρά. Ξεκινώντας με την περιοχή της Άνω Μεσσηνίας, αυτή καλύπτεται από σχηματισμούς της ζώνης Πίνδου (καρστικοποιημένοι ασβεστόλιθοι και φλύσχης) και πλειστοκαινικά ιζήματα. Σημειώνεται εδώ πως οι ασβεστόλιθοι είναι καλοί υδροφορείς σε αντίθεση με τον φλύσχη. Συνεχίζοντας με την περιοχή της Κάτω Μεσσηνίας - Καλαμάτας, εκεί επικρατούν πλειοκαινικά ιζήματα (αποθέσεις ποταμών) τα οποία έχουν δημιουργήσει ένα καλό υδροφορέα. Η στάθμη των υπογείων υδάτων είναι τόσο υψηλή που συχνά φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους. Περιπλανώμενοι τώρα λίγο βορειοδυτικά, στην περιοχή της Τριφυλίας, επικρατούν τα πλειοκαινικά ιζήματα, οι Ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι, ο φλύσχης και τα μεσσηνιακά κροκαλοπαγή. Σημειώνεται και εδώ η συνεισφορά των πλειοκαινικών ιζημάτων και των ασβεστόλιθων στη δημιουργία καλών υδροφορέων (Anonymous, 1997).

Η περιοχή της Πυλίας, στο νοτιοδυτικό άκρο του νομού καλύπτεται κατά το πλείστο από στρώματα φλύσχη, τα οποία όπως έχει ήδη σημειωθεί, θεωρούνται μη υδροπερατά. Υπάρχουν βέβαια και περιοχές, όπου εμφανίζονται ασβεστόλιθοι, αλλά σε μικρή έκταση. Ως εκ τούτου, οι υπόγειοι υδατικοί πόροι της περιοχής είναι περιορισμένοι. Το ίδιο, όμως, συμβαίνει και με τα επιφανειακά ύδατα, μιας και οι ποταμοί της περιοχής είναι χειμαρρώδους χαρακτήρα. Πηγαίνοντας, στη συνέχεια, προς το ανατολικό τμήμα της περιοχής, όπου αναπτύσσονται ασβεστόλιθοι της Πίνδου, εμφανίζεται μια μικρή υδροφορία τοπικού ενδιαφέροντος. Ολοκληρώνοντας το οδοιπορικό μας στο νομό, καταλήγουμε, αισίως, στην περιοχή της Μεσσηνιακής Μάνης. Εδώ, εμφανίζονται κυρίως στρώματα ασβεστόλιθων, δολομιτών και σχιστόλιθων. Τα ανθρακικά, δε, πετρώματα είναι καρστικοποιημένα και δέχονται μεγάλες ποσότητες ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Παρόλα αυτά, η ύπαρξη στην περιοχή αρκετών υποθαλάσσιων πηγών πιστοποιεί την απώλεια μεγάλων ποσοτήτων νερού στη θάλασσα (Anonymous, 1997).

5.5 Υδρογραφία

Η πεδινή Μεσσηνία είναι πλούσια σε νερά, τόσο επιφανειακά, όσο και υπόγεια. Τη μεγάλη πεδιάδα διασχίζουν πολλά ποτάμια - τα περισσότερα μικρά - τα οποία ρέουν όλο το έτος. Όπως έγινε, έστω και έμμεσα, αντιληπτό από την παραπάνω παράγραφο, ο μεγαλύτερος από αυτά δεν είναι άλλος, από τον Πάμισο (Εγκυκλοπαίδεια "Πάπυρος - Larousse - Britannica" και ΓΥΣ). Ο ποταμός αυτός, μάλιστα, μαζί με αυτόν που θα ακολουθήσει (τη Νέδα) κατατάσσονται στους 26 σημαντικότερους ποταμούς της Ελλάδος (Skoylikidis *et al*., 1998). Σε αυτό το σημείο, όμως, υπάρχει μια σύγχυση. Ενώ παραδοσιακά καταγράφεται πως ο ποταμός πηγάζει από το Τετράζιο Όρος στα βόρεια του νομού (Εγκυκλοπαίδεια "Πάπυρος - Larousse - Britannica"; ΓΥΣ), υπάρχει και η αντίθετη άποψη, που θέλει τις πηγές του στις δυτικές απολήξεις του Ταϋγέτου, στο δημοτικό διαμέρισμα του Άγιου Φλώρου, του δήμου Αρφαρών. Σύμφωνα με την τελευταία προσέγγιση, το κομμάτι του ποταμού που πηγάζει από το Τετράζιο Όρος λειτουργεί ως παραπόταμος του Παμίσου, με την ονομασία Μαυροζούμαινα. Την τελευταία διαφοροποίηση, ακριβώς, υιοθετεί και η Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών

Διαρθρώσεων (2001) στις μετρήσεις ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών που πραγματοποιεί στο εν λόγω ποτάμι. Πάντως, είτε έτσι, είτε αλλιώς, ο Πάμισος μαζί με τους παραποτάμους του, διαρρέει το μεγαλύτερο μέρος της πεδινής έκτασης της Μεσσηνίας προτού εκβάλει στη θάλασσα. Σύμφωνα με την τελευταία εκδοχή, το μήκος του ποταμού είναι 22 km (48 km, αν τον θεωρήσουμε από το Τετράζιο σύμφωνα με τη ΓΥΣ) και οι εκβολές του εντοπίζονται στο Μεσσηνιακό Κόλπο, δυτικά της Καλαμάτας, στη θέση Μπούκα του δήμου Μεσσήνης. Σημειώνεται πως η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 920 km^2, το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 900 mm, ο μέσος ετήσιος όγκος υετού υπολογίζεται σε 828 x 10^6 m^3, η μέση ετήσια απορροή σε 300 x 10^6 m^3, ενώ με τα νερά του αρδεύονται περίπου 45.000 στρέμματα καλλιεργειών. Είναι αληθές πως το σύστημα πηγών του Άγιου Φλώρου δεν είναι απλά το σημαντικότερο της Μεσσηνίας, αλλά και ένα από τα μεγαλύτερα σε επίπεδο Πελοποννήσου. Προς υποστήριξη και ενδυνάμωση αυτού, η ΟΚΕ της Ελλάδας (2002) αναφέρει τις πηγές του Άγιου Φλώρου ανάμεσα στις πιο σημαντικές καρστικές πηγές του ελληνικού χώρου με άριστη ποιότητα νερού και παροχή γύρω στα 3,5 m^3/sec. Ως εκ τούτου, θα προσχωρήσουμε και θα υιοθετήσουμε τη δεύτερη άποψη στην παρούσα εργασία, αναφορικά με την απαρχή του Πάμισου.

Δεύτερος σημαντικότερος ποταμός του νομού είναι η Νέδα, το μοναδικό ‘θηλυκό’ ποτάμι της Ελλάδας, το οποίο και αποτελεί - στο μεγαλύτερο μέρος του - φυσικό σύνορο μεταξύ Μεσσηνίας και Ηλείας. Η Νέδα ξεκινά από τις αρκετές πηγές στους πρόποδες του Λύκαιου όρους, κοντά στο χωριό Πέτρα, ακολουθεί μια πορεία μέσα από στενά φαράγγια ανάμεσα στις κορυφές του όρους Τετράζιο, στο βορινό άκρο του νομού, για να καταλήξει στα εύφορα λιβάδια της Κυπαρισσίας και να εκβάλει στον ομώνυμο κόλπο, κοντά στο χωριό Ελαία. Σύμφωνα με την Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων (2001), το συνολικό μήκος του ποταμού είναι περί τα 30 km, η συνολική επιφάνεια της λεκάνης απορροής του ανέρχεται σε 290 km^2, το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης σε 900 mm, ο μέσος ετήσιος όγκος νερού φτάνει τα 261 x 10^6 m^3 και η συνολική ετήσια απορροή υπολογίζεται σε 90 x 10^6 m^3.

Σημαντικό, επίσης, ποτάμι είναι ο Νέδων, στο νοτιοανατολικό τμήμα του νομού. Πηγάζει βορειοανατολικά της Καλαμάτας από τις δυτικές πλαγιές του Ταϋγέτου, σε υψόμετρο 1.600 m (ορεινή Αλαγονία), έχει μήκος περίπου 23 km και εκβάλει στο Μεσσηνιακό κόλπο, 300 m δυτικά του λιμένα της πόλης, αφού πρώτα τη διασχίσει και μάλιστα, τη χωρίσει σε δύο τμήματα. (Εγκυκλοπαίδεια "Πάπυρος - Larousse -

Britannica"). Η λεκάνη απορροής του, λοιπόν, τοποθετείται στη δυτική πλευρά του βόρειου τμήματος του Ταϋγέτου. Το κύριο χαρακτηριστικό της περιοχής αυτής είναι η βαθιά στενή χαράδρα, μήκους περίπου 9 km, που ξεκινά από την περιοχή Χάνι Λαγού και καταλήγει βόρεια, λίγο πριν την Καλαμάτα και την οποία διατρέχει το ποτάμι. Άλλο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό, είναι η αδιαπερατότητα των πετρωμάτων της περιοχής, η οποία εξασφαλίζει υψηλό ποσοστό επιφανειακής απορροής του νερού της βροχής που κινείται προς τη χαράδρα του Νέδωνα. Η τρίτη ιδιαιτερότητα αναφέρεται στην καρστικοποίηση, αποτέλεσμα της οποίας είναι μεγάλο ποσοστό του επιφανειακού νερού της κοίτης του ποταμού να διηθείται μέσω των ασβεστόλιθων, εμπλουτίζοντας έτσι τα υπόγεια ύδατα. Αυτό, όμως, συνεπάγεται σχετικά χαμηλή - και πολλές φορές ανύπαρκτη - απορροή προς την εκβολή του ποταμού. Μια τελευταία ιδιαιτερότητα έχει να κάνει με τις έντονες υψομετρικές διαφορές που παρατηρούνται, με αποτέλεσμα την εκτεταμένη διάβρωση και τις κατολισθήσεις, κάτι που οδηγεί σε περιοδικές εμφράξεις της κοίτης του ποταμού και στη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλών έως τη θάλασσα.

Μικρότερος ποταμός, σε σχέση με τους προαναφερθέντες, αλλά το ίδιο σημαντικός για την περιοχή που διαρρέει, είναι ο Βελίκας. Το όνομά του, εκ του ομώνυμου χωριού Βελίκα, που τοποθετείται περίπου 10 km δυτικά της Μεσσήνης και το οποίο και διασχίζει. Οι πηγές του εντοπίζονται στις νότιες απολήξεις του Όρους Αιγάλεω και των βουνών της Κυπαρισσίας, ενώ η εκβολή του στον όρμο του Πεταλιδίου (στο Μεσσηνιακό Κόλπο) και πιο συγκεκριμένα, στην παραλία της Βελίκας. Παραπόταμος του Βελίκα είναι ο Λογιώτης, ο οποίος ξεκινώντας από τους νότιες κλιτύς των Κυπαρισσιακών Ορέων συμβάλει στον πρώτο, αφού διανύσει μεγάλη απόσταση μόνος του (το ίδιο συμβαίνει και με τον Βελίκα), λίγο βορειότερα του χωριού Νεοχώρι. Ολοκληρώνοντας την υδάτινη περιήγησή μας και λίγο πριν ‘ξεδιψάσουμε’, καταλήγουμε στο Περιστέρι. Πρόκειται για μικρό ποτάμι, λίγο νοτιότερα της Νέδας, με την οποία διατηρεί παράλληλη γεωγραφική πορεία. Η παροχή του πρωτοεμφανίζεται στις βόρειες εσχατιές των Κυπαρισσιακών Ορέων και αφού διασχίσει την κοιλάδα μεταξύ του Τετραζίου Όρους και των προαναφερθέντων, καταλήγει στον Κυπαρισσιακό Κόλπο, λίγο νοτιότερα του χωριού Καλό Νερό και περίπου 5 km βορειότερα της πόλης της Κυπαρισσίας.

5.6 Πληθυσμιακά στοιχεία

Ο νομός Μεσσηνίας με 176.876 κατοίκους (σύμφωνα με την απογραφή του 2001) συγκεντρώνει το 15,3 % του πληθυσμού της Πελοποννήσου και το 1,6 % αυτού της χώρας. Πρωτεύουσα του νομού είναι η Καλαμάτα, με πληθυσμό περίπου 55.000 και άλλες σημαντικές πόλεις είναι η Μεσσήνη, η Κυπαρισσία, τα Φιλιατρά, οι Γαργαλιάνοι, η Πύλος, η Μεθώνη και η Κορώνη. Μεταξύ των απογραφών 1991 και 2001, ο πληθυσμός του αυξήθηκε κατά 5,9 %. Παρόλα αυτά, είχε ένα από τα υψηλότερα ποσοστά φυσικής μείωσης του πληθυσμού, τα έτη 1998 - 2002, με υπεροχή γεννήσεων/1.000 κατοίκους: - 4,4 (το 2002) και χαμηλή αναλογία μαθητών Δημοτικού ανά 1.000 κατοίκους (54, με μέσο όρο χώρας 59, το 2002) (Anonymous, 2005). Επίσης, σύμφωνα με την τελευταία απογραφή, το 52,2 % του πληθυσμού θεωρείται αγροτικό, ενώ το υπόλοιπο 47,8 % αστικό. Μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η αστικοποίηση στο νομό Μεσσηνίας δεν έχει λάβει τις διαστάσεις που βρίσκουμε σε άλλες περιοχές της Ελλάδας. Πέραν της πρωτεύουσας, δεν υπάρχει βασικός πόλος έλξης πληθυσμιακής συγκέντρωσης, αν εξαιρέσουμε τη Μεσσήνη. Μάλλον, αναφερόμαστε σε κατάτμηση του πληθυσμού σε πολλά και διάσπαρτα χωριά και κωμοπόλεις. Με βάση την απογραφή του 1991, τώρα, τα ποσοστά μεταξύ πεδινού, ημιορεινού και ορεινού πληθυσμού κατανέμονται κατά σειρά σε 44,2 %, 44,1 % και 11,7 % (ΕΣΥΕ, 2004).

Σε γενικές γραμμές, πρόκειται για παρακμασμένο ηλικιακά ανθρώπινο δυναμικό. Η Μεσσηνία παντοδύναμη, πριν κάποιες δεκαετίες, ποντάροντας στην ατμομηχανή του ακαταμάχητου αγροτικού της τομέα, φαίνεται πως έχασε το επόμενο τρένο. Ψήφισε παράδοση και συνέχισε μπουσουλώντας. Ενώ η οικονομία μετατοπίστηκε προς το βιομηχανικό τομέα και πιο πρόσφατα στον τομέα των υπηρεσιών, ο εν λόγω νομός δεν κατάφερε να προσαρμοστεί. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη συρρίκνωση των εισοδημάτων και σαν παρεπόμενο την ανθρώπινη αιμορραγία. Η πληθυσμιακή συρρίκνωση, αν δεν αλλάξει κάτι δραστικά, θα γίνεται ολοένα και πιο έντονη τα επόμενα χρόνια μιας και η ηλικιακή σύνθεση των κατοίκων έχει μετατοπίσει το κέντρο βάρους της προς το δώμα.

5.7 Οικονομικές δραστηριότητες

5.7.1 Χρήσεις γης

Στον πίνακα που ακολουθεί, καταγράφονται οι χρήσεις γης στο επίπεδο του νομού Μεσσηνίας

<u>Πίνακας 18:</u> Κατανομή της έκτασης του νομού Μεσσηνίας στις βασικές κατηγορίες χρήσης/κάλυψης (Προαπογραφικά στοιχεία της Απογραφής Γεωργίας - Κτηνοτροφίας 1999/2000) (Προσαρμοσμένος από ΕΣΥΕ, 2004)

Σύνολο εκτάσεων		**2.990,9**
Γεωργικές περιοχές	Αρόσιμη γη	75,4
	Μόνιμες καλλιέργειες	520,5
	Βοσκότοποι - Μεταβατικές δασώδεις/ θαμνώδεις εκτάσεις	2,2
	Βοσκότοποι - Συνδυασμοί θαμνώδους και/ ή ποώδους βλάστησης	50,6
	Βοσκότοποι - Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	3,1
	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	1.018,6
Δάση και ημιφυσικές εκτάσεις	Δάση	212,5
	Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις	152,8
	Συνδυασμοί θαμνώδους και/ ή ποώδους βλάστησης	823,7
	Εκτάσεις με αραιή ή καθόλου βλάστηση	81,7
Εκτάσεις καλυπτόμενες από νερά	Χερσαία ύδατα	5,2
	Εσωτερικές υγρές ζώνες	-
	Παραθαλάσσιες υγρές ζώνες	3,5
Τεχνητές περιοχές	Αστική οικοδόμηση	42,1
	Βιομηχανικές και εμπορικές ζώνες	1,9
	Δίκτυα συγκοινωνιών	2,2
	Ορυχεία, χώροι απόρριψης απορριμμάτων και εργοτάξια	0,7
	Τεχνητές μη γεωργικές ζώνες πρασίνου, χώροι αθλητικών και πολιτιστικών δραστηριοτήτων	0,2

Εκτάσεις σε χιλιάδες στρέμματα

Είναι χαρακτηριστικό ότι το 55,8 % της έκτασης του νομού αφορά αγροτικές περιοχές. Μικρό, μόνο, μέρος αυτού του ποσοστού αναφέρεται σε βοσκοτόπια και ως εκ τούτου, σε ελευθέρας βοσκής κτηνοτροφία. Επίσης, μικρή σχετικά κατονομάζεται η αρόσιμη γη, μιας και τη μερίδα του λέοντος φαίνεται να κερδίζει η επάξια η καλλιέργεια της ελιάς. Παράλληλα, μεγάλη κρίνεται η έκταση που καλύπτεται από μακκία και ποώδη βλάστηση. Επίσης, γίνεται φανερό από τον παραπάνω πίνακα ότι τα επιφανειακά ύδατα του νομού καταλαμβάνουν ένα ελάχιστο ποσοστό της συνολικής του έκτασης, αν αυτά (ποσοστά) συγκριθούν με νομούς της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας. Παρόλα αυτά, σε επίπεδο Πελοποννήσου ο νομός Μεσσηνίας, μαζί με αυτόν της Αρκαδίας, παραδίδει το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασής του στα χερσαία ύδατα, κατόπιν του νομού Ηλείας, ο οποίος προϊσταται με διαφορά. Τέλος, η Μεσσηνία - και πάλι σε επίπεδο Πελοποννήσου - υπολείπεται, τόσο του νομού Κορινθίας, όσο και αυτού της Ηλείας, ως προς το ποσοστό της αστικής οικοδόμησης στο σύνολο της έκτασης.

5.7.2 Γεωργία - Κτηνοτροφία

Η Μεσσηνία μπορεί να χαρακτηριστεί επιγραμματικά και χωρίς ενδοιασμούς ως αγροτικός νομός, με κύρια παραγωγική κατεύθυνση τη φυτική παραγωγή, μέσα στην οποία κατέχει κυρίαρχη θέση η καλλιέργεια της ελιάς (Ζέρβας και συν., 2001)

Το οικολογικό περιβάλλον της Μεσσηνίας δίνει τη δυνατότητα να ευδοκιμεί μεγάλος αριθμός καλλιεργειών. Ιδιαίτερα, όσον αφορά τις πολυετείς καλλιέργειες, που έχουν αναπτυχθεί εδώ και αιώνες, παίζοντας καθοριστικό ρόλο στην περιοχή, η καλλιέργεια της ελιάς, της συκιάς και του αμπελιού είναι πρωτευούσης σημασίας. Από τις παραπάνω, η ελιά έδειξε απαράμιλλη προσαρμοστικότητα στην περιοχή και λόγω της σπουδαιότητάς της στην κοινωνική και οικονομική ζωή, απολαμβάνει την πρώτη θέση μεταξύ των καλλιεργειών. Μάλιστα, τα τελευταία χρόνια παρουσιάζονται τάσεις αύξησης αυτής. Πιο συγκεκριμένα, η Μεσσηνία κατέχει ίσως την πρώτη θέση στην καλλιέργεια της ελιάς, με το 11% περίπου των δένδρων (12,5 εκατ. σε σύνολο 120 εκατ. δένδρων) που καλλιεργούνται στο σύνολο της χώρας (Καρύδης, 1994). Ανάλογα ποσοστά, με μεγάλη βεβαιότητα, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι διατηρούνται και μια δεκαετία περίπου μετά, μιας και η μετάβαση

από την καλλιέργεια της ελιάς σε άλλη είναι, αν όχι σπάνια, σίγουρα, όχι διαδεδομένη. Αντίθετα, η επιτόπια έρευνα έδειξε την παρουσία εδώ κι εκεί νεαρών δενδρυλλίων, κάτι που δείχνει την απρόσκοπτη σύνδεση των κατοίκων με το συγκεκριμένο δένδρο. Αυτό, επιβεβαιώνεται και από τον πίνακα που ακολουθεί.

<u>Πίνακας 19:</u> Φυτική παραγωγή του Ν. Μεσσηνίας (εκτάσεις* καλλιέργειας) (Προσαρμοσμένος από Ζέρβας και συν., 2001)

Είδος καλλιέργειας	**1992**	**2000**
Ελιά	618.285	882.000
Οινάμπελοι και σταφύλια	85.922	72.000
Κηπευτικά	68.830	46.000
Συκιά καλαμών	37.870	13.000
Εσπεριδοειδή	14.479	9.000
Σιτηρά (για καρπό)	45.000	27.000
Κτηνοτροφικά φυτά (μηδική κ.λπ.)	57.600	15.000
Λοιπές καλλιέργειες**	436.014	300.000

*** Σε στρέμματα**

**** Οπωρώνες, όσπρια, βιομηχανικά φυτά, σποροπαραγωγή κ.λπ.**

Επισημαίνεται πως ενώ η καλλιεργούμενη έκταση παραμένει σχεδόν αμετάβλητη, έχουμε αξιοπρόσεκτες μεταβολές μεταξύ των διαφορετικών ειδών. Οι γενικές τάσεις αύξησης της καλλιέργειας της ελιάς αντισταθμίζονται με τη μείωση των υπόλοιπων καλλιεργειών.

Η μεγάλη αυτή συγκέντρωση της καλλιέργειας της ελιάς στην περιοχή έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση του περιβάλλοντος, που σχετίζεται με τις διάφορες επεμβάσεις του ανθρώπου σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και κυρίως, με την εφαρμογή της φυτοπροστασίας, τις λιπάνσεις, τα ζιζανιοκτόνα και τα απόβλητα της επεξεργασίας των προϊόντων, δηλαδή τα απόβλητα των ελαιοτριβείων. Είναι κατανοητό πως αυτή η τόσο μεγάλη συνάθροιση δένδρων σε ένα χώρο δημιουργεί δυσανάλογη επιβάρυνση του περιβάλλοντος, με τη συγκέντρωση μεγάλου όγκου διαφόρων ουσιών ανά μονάδα αποδέκτη. Η επιβάρυνση που προκαλούν στο

νομό τα υγρά των ελαιοτριβείων είναι ιδιαίτερα σημαντική, πόσο μάλλον, όταν απορρίπτονται ακατέργαστα, κατευθείαν στους αποδέκτες. Το πρόβλημα, βεβαίως, παραμένει, παρά τη νομοθεσία και τις οδηγίες που υπάρχουν, αλλά και τους ελέγχους που πραγματοποιούνται - αν και όποτε αυτό συμβαίνει - για την εφαρμογή τους (Καρύδης, 1994).

Γίνεται εμφανές από τον παρακάτω πίνακα ότι το ζωικό κεφάλαιο φθίνει και μάλιστα, με αυξανόμενο ρυθμό κατά τη δεύτερη οκταετία. Μιλώντας με τη γλώσσα των αριθμών και πιο συγκεκριμένα των ποσοστών, ο ζωικός πληθυσμός το 2000 εμφανίζεται μειωμένος σε σχέση με το 1984, κατά 42% για τα αιγοπρόβατα, 60% για τα βοοειδή και κατά 58% για τους χοίρους. Αντιθέτως, για τον πληθυσμό των πτηνών παρατηρείται μια διαχρονική σχετική σταθερότητα.

Τα αίτια αυτής της συρρίκνωσης των αριθμών δεν μπορεί να μη σχετίζονται με το μεγάλης έντασης εργασίας επάγγελμα του κτηνοτρόφου και μάλιστα, σε δύσκολες συνθήκες διαβίωσης για το ανθρώπινο δυναμικό. Μην ξεχνάμε, εξάλλου, ότι η κτηνοτροφική δραστηριότητα ασκείται επί τω πλείστω σε ημιορεινούς και ορεινούς όγκους. Το τελευταίο έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την τάση των νέων να αναζητούν καλύτερες συνθήκες διαβίωσης στα αστικά κέντρα.

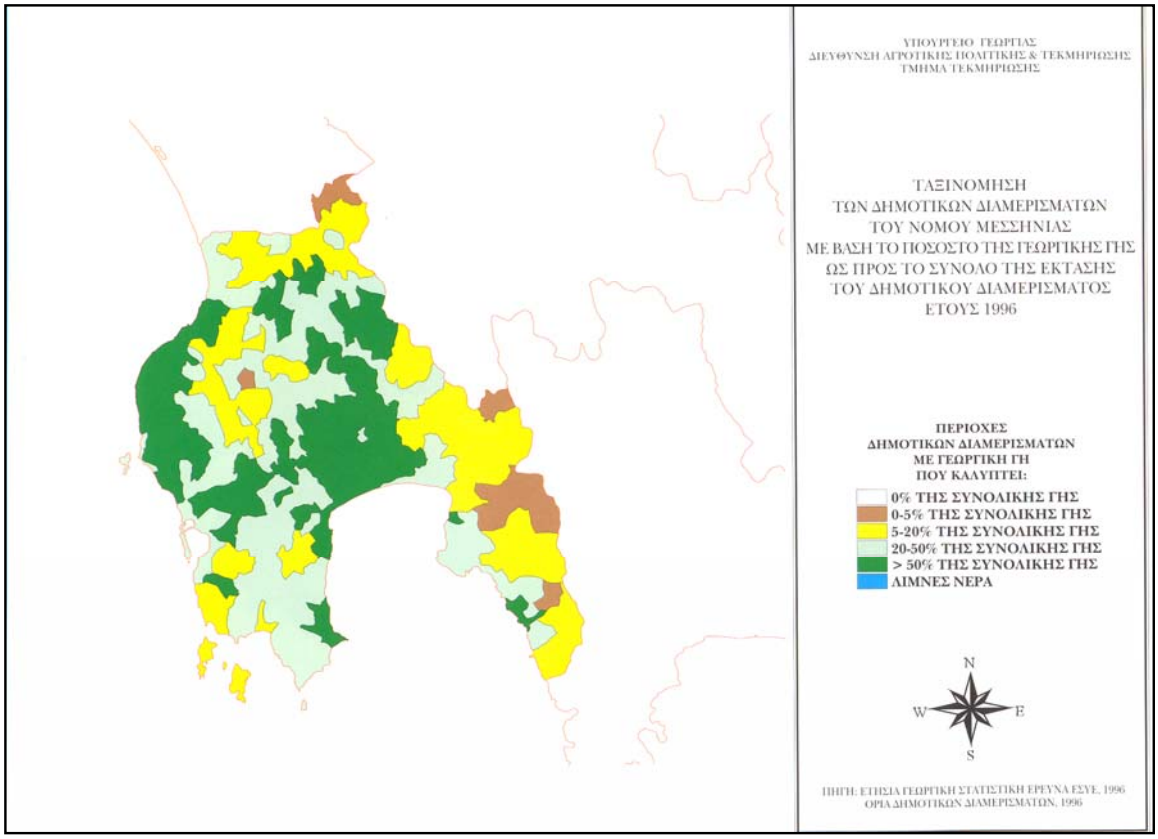
<u>Πίνακας 20:</u> Εξέλιξη του ζωικού πληθυσμού του Νομού Μεσσηνίας κατά την περίοδο 1984-2000* (Προσαρμοσμένος από Ζέρβας και συν, 2001)

Κατηγορία ζώων	Αριθμός ζώων		
	1984	1992	2000
Αιγοπρόβατα	345.415	330.000	200.000
Βοοειδή	13.770	8.670	5.500
Χοίροι	35.920	30.220	15.000
Πτηνά	713.000	770.000	700.000

* Στοιχεία Διευθύνσεων Γεωργίας του Ν. Μεσσηνίας

Στην εικόνα που ακολουθεί καταγράφεται το ποσοστό της γεωργικής γης ως προς το σύνολο της έκτασης κάθε δήμου σε επίπεδο νομού. Είναι πρόδηλο το ότι το κέντρο βάρους της ενασχόλησης αυτής είναι μετατοπισμένο στην κεντρική εύφορη πεδιάδα

του Πάμισου, αλλά και στις μικρότερες, στα κεντροδυτικά του νομού. Αν εξαιρέσουμε τους ‘άβολους’ ορεινούς όγκους, φαίνεται πως η γη καλλιεργείται συστηματικά. Είναι χαρακτηριστικό πως σχεδόν στο σύνολο των πεδινών - και όχι μόνο - εκτάσεων, οι καλλιέργειες καταλαμβάνουν μεγαλύτερο από το μισό της έκτασης. Ένα αποδεικτικό στοιχείο και αυτό για το ότι έχουμε να κάνουμε με μια κατά βάση αγροτική περιοχή της χώρας μας. Σε έναν πρωτογενή τομέα της οικονομίας, όπου η Μεσσηνία παίζει δίχως αντίπαλο. Μήπως, όμως, παίζει σε χαμηλότερη κατηγορία; Μήπως, επιμένει πεισματικά σε κάτι μη κερδοφόρο; Μήπως πρέπει να αρχίσει να ανασυντάσσει τις δυνάμεις της και να προκαλέσει την τύχη της, συναναστρεφόμενη και με άλλους τομείς της οικονομίας; Προφανώς, ρητορικά ερωτήματα, με δεδομένη απάντηση.



ΠΗΓΗ: Καζάκης και συν. (2001)

<u>Εικόνα 2:</u> Ποσοστό της γεωργικής γης ως προς το σύνολο της έκτασης κάθε δήμου σε επίπεδο νομού.

5.7.3 Βιοτεχνία - Βιομηχανία

Μεγάλη επιβάρυνση προκαλείται στο νομό Μεσσηνίας από τα υγρά απόβλητα των ελαιοτριβίων, κάτι βέβαια που αποτελεί τεράστιο πρόβλημα για όλες τις ελαιοκομικές περιοχές της χώρας, ιδιαίτερα, όταν αυτά απορρίπτονται κατευθείαν στους υδάτινους αποδέκτες (Καρύδης, 1994). Πόσο, μάλλον, όταν με στοιχεία της νομαρχίας Μεσσηνίας, λειτουργούν σε τρέχοντα χρόνο στην περιοχή περί τα 326 ελαιοτριβία, τα περισσότερα εκ των οποίων απορρίπτουν τα απόβλητά τους σε παρακείμενους χείμαρρους. Επιστολή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου από την τεχνική υπηρεσία του δήμου Γαργαλιάνων που αφορά το άνωθεν θέμα, είναι αποκαλυπτική και συνταυτίζουσα με τα παραπάνω. Σύμφωνα με αυτήν, τα πιο επικίνδυνα απόβλητα σε επίπεδο δήμου παράγονται από τα ελαιοτριβεία και η κατάληξη αυτών, μέσω δικτύου ομβρίων, σε χείμαρρους. Η πρακτική αυτή βεβαίως, όπως απέδειξε η επιτόπια έρευνα, είναι κοινή για το σύνολο των δήμων.

Σε γενικές γραμμές, ο δευτερογενής τομέας της οικονομίας στη Μεσσηνία υστερεί σημαντικά. Οι βαριές βιομηχανίες παραμένουν είδος προς εξαφάνιση. Όλα κινούνται γύρω από τη μεταποίηση και τυποποίηση των αγροτικών προϊόντων, την επεξεργασία του ξύλου, την επεξεργασία πλαστικών, την παραγωγή οικοδομικών υλικών και την υφαντουργία.

5.8 Διαχείριση υγρών αποβλήτων

Ένα κομμάτι της διαχείρισης ή μάλλον της μη διαχείρισης που αφορά τα απόβλητα από την επεξεργασία του ελαιοκάρπου αναλύθηκε παραπάνω. Κρατώντας την ίδια παραπάνω επιστολή ως αποδεικτικό στοιχείο και ως μικρογραφία της πρακτικής σε επίπεδο νομού, συνεχίζουμε με τα οικιακά λύματα. Το μεγαλύτερο μέρος των κτιρίων λοιπόν διαθέτει τα λύματά του μέσω απορροφητικών και λιγότερο με συνδυασμό απορροφητικού και στεγανού βόθρου. Στην επικρατούσα περίπτωση των απορροφητικών βόθρων η επιβάρυνση των υπόγειων υδροφορέων θεωρείται δεδομένη. Στην περίπτωση των στεγανών βόθρων, σύμφωνα με το δήμο Γαργαλιάνων, τα βοθρολύματα μεταφέρονται για επεξεργασία στο βιολογικό καθαρισμό Καλαμάτας. Το τελευταίο βέβαια είναι ελέγξιμο μιας και υπάρχει η υποψία απόθεσης μέρους των αποβλήτων σε ανεξέλεγκτες χωματερές. Αλλά ας

φανούμε στην περίπτωση αυτή πειθήνιοι. Δεν μπορούμε να είμαστε το ίδιο ελαστικοί όμως στην περίπτωση των κτιρίων που παροχετεύουν τα λύματά τους μέσω του δικτύου ομβρίων υδάτων με τελική κατάληξη τους χείμαρρους. Το πλήρες κείμενο της ηλεκτρονικής επιστολής από πλευράς δήμου Γαργαλιάνων παρατίθεται στο παράρτημα.

Συνεχίζοντας στο θέμα και αντιπαρερχόμενοι τα ελαιοτριβεία, βρισκόμαστε μπροστά στα υγρά απόβλητα ποικίλων βιοτεχνιών - βιομηχανιών. Τυροκομεία, οινοποιεία, σφαγεία, χαρτοποιεία και βιοτεχνίες πλαστικών κάποια παραδείγματα. Είναι πάρα πολύ αμφίβολο το κατά πόσο ο ιδιοκτήτης μιας από τις άνωθεν επιχειρήσεις δεν μπαίνει στο δέλεαρ να απορρίψει ανέξοδα - δυστυχώς μόνο γι' αυτόν - τα απόβλητά του στο πεδίο ή σε κάποιον παρακείμενο χείμαρρο.

Για να φανεί ακόμη περισσότερο ξεκάθαρα το ίδιον της φυλή μας, παραθέτουμε την ακόλουθη ανεύθυνη πρακτική που ξεκινά από τα πολύ χαμηλά κλιμάκια ώστε να φανταστούμε το μέγεθος του προβλήματος. Υπάρχουν νοικοκυριά λίγα χιλιόμετρα από την Αθήνα που στερούνται αποχέτευσης και παροχετεύουν τα απόνερα του πλυντηρίου τους τις βραδινές ώρες -για ευνόητους λόγους- στο δρόμο. Και αυτό προκειμένου να κερδίσουν από το πιο αραιό χρονικά άδειασμα του βόθρου. Αν χρησιμοποιήσουμε αυτό σαν εφαλτήριο μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε το ανύπαρκτο ποσοστό του να μπει στον κόπο ο ιδιοκτήτης ενός ελαιοτριβείου να επωμιστεί το πολλαπλάσιο έξοδο της επεξεργασίας των αποβλήτων του ως κατά τα άλλα οφείλει.

2^{0} μέρος: Πειραματική διερεύνηση

6. Υλικά και Μέθοδοι

6.1 Εισαγωγή

Η διενέργεια των δειγματοληψιών, καθώς και οι εργαστηριακές αναλύσεις, αποτελούν το πιο νευραλγικό κομμάτι μιας έρευνας, όπως η παρούσα. Ακριβώς αυτά

είναι και ό,τι διαπραγματευόμαστε στα πλαίσια αυτού του κεφαλαίου. Η αποτελεσματικότητα σε αυτό το σημείο της μελέτης μπορεί να κρίνει αποφασιστικά το όλο αποτέλεσμα.

Αφού, λοιπόν, 'γνωριζόμαστε' με την περιοχή της μελέτης, ορίζουμε αμέσως τα των δειγματοληψιών. Πιο συγκεκριμένα, επιλέγουμε και περιγράφουμε τα σημεία από τα οποία θα ληφθούν τα δείγματα και κατόπιν, οριοθετούμε το διάστημα και προσδιορίζουμε τη συχνότητα της λήψης τους. Στη συνέχεια, προχωράμε επί του πρακτέου και αφού λάβουμε τα δείγματα και τα προστατεύσουμε κατάλληλα μέχρι το εργαστήριο, εκεί συνεχίζουμε ακλόνητοι το αεικίνητό μας, αναλύοντάς τα.

6.2 Περιοχή μελέτης

Σκοπός της μελέτης ήταν να καλυφθούν δειγματοληπτικά τα κυριότερα επιφανειακά ύδατα στο σύνολο του νομού. Παράλληλα, επιχειρήθηκε και η μεγαλύτερη κατά το δυνατό γεωγραφική μας εξάπλωση. Κάτι τέτοιο, μπορεί να ειπωθεί πως σε μεγάλο βαθμό επετεύχθη. Στη διαδρομή, βέβαια, υπήρξαν και κάποιες παραχωρήσεις υπό το περιορισμένο του διαθέσιμου χρόνου για την ολοκλήρωση της κάθε δειγματοληψίας. Από τη μία, προκειμένου να αποκομίσουμε το μέγιστο της έκτασης, δε μελετήθηκε ο ποταμός Άρις, μιας και ρέει σε μικρή απόσταση από τον Πάμισο. Από την άλλη, με σκοπό να ερευνηθούν τα σημαντικότερα επίγεια ύδατα, δεν ασχοληθήκαμε δειγματοληπτικά με την περιοχή της Πυλίας και με αυτή της Μεσσηνιακής Μάνης. Και αυτό, διότι οι δύο άνωθεν περιοχές είναι πολύ περιορισμένου βεληνεκούς, όσον αφορά τα νερά που ρέουν σε επαφή με την επιφάνεια. Συγκεκριμένα, γίνεται λόγος για μικρούς παροδικούς χείμαρρους ήσσονος σημασίας.

6.3 Δειγματοληψίες

6.3.1 Διάστημα - Συχνότητα

Τα δείγματα συλλέχθηκαν κατά το διάστημα Δεκέμβριος 2004 - Ιούλιος 2005. Ο σχεδιασμός ήθελε μία δειγματοληψία το χειμώνα, δύο την άνοιξη (στις αρχές και τα τέλη) και μία τελευταία, καλοκαιρινή. Η πρόθεση αυτή έτυχε το ιδανικότερο 'ταίρι' της και στο πεδίο. Έτσι, πραγματοποιήθηκαν, κατά χρονολογική σειρά, οι εξορμήσεις των 19/12, 20/3, 15/5 και τέλος, 4/7.

Επισημαίνεται στο σημείο αυτό πως η χρονολογική σειρά λήψης των δειγμάτων διατηρήθηκε απαράλλαχτη για το σύνολο των δειγματοληψιών. Αυτό, ακριβώς, συνέβη προκειμένου και τα τέσσερα δείγματα για κάθε σημείο να αντικατοπτρίζουν την ποιότητα για συγκεκριμένη, σε γενικές γραμμές, ώρα της ημέρας. Έτσι, με την πρακτική αυτή επιτυγχάνεται η πολυπόθητη συγκρισημότητα των αποτελεσμάτων.

6.3.2 Επιλογή - Περιγραφή σημείων δειγματοληψίας

Οι δειγματοληψίες ύδατος συλλέχθηκαν από 21 σημεία στο σύνολο του γεωγραφικού χώρου της Μεσσηνίας. Οι περιοχές επιλέχτηκαν προκειμένου να καλυφθεί το μέγιστο δυνατό της έκτασης, αλλά και των επιφανειακών υδάτων του νομού, κάτι, που εξάλλου μαρτυρά και ο μεγάλος αριθμός των δειγμάτων. Όσον αφορά το τελευταίο, είναι χαρακτηριστικό ότι για να 'δικτυωθεί' το σύνολο των σημείων δειγματοληψίας χρειάστηκε να καλυφθεί μια απόσταση της τάξεως των 350 km. Και όλα αυτά, δίχως, να λαμβάνεται υπόψη η χρονοαπόσταση από και προς την περιοχή μελέτης. Πόσο δε, μάλλον, όταν η επιστροφή επιτάσσεται αυθημερόν. Γίνεται κατανοητό, λοιπόν, εκ των άνωθεν πως όλα έπρεπε να γίνουν με μαθηματική ακρίβεια ως προς τη διαχείριση της στενότητας του χρόνου. Παρόλα αυτά, το αεικίνητο δεν κατέστει ικανό να έχει τη λήψη του τελευταίου δείγματος (ΝΕΔΑ 1), κατά την πρώτη δειγματοληψία (19/12), υπό το φως της μέρας. Λίγο ένας απομηχανής θεός, μεταμφιεσμένος πρόχειρος φακός και λίγο η 'ψαγμένη αφή' των ποδιών επί της γης έλυσαν και τούτη την αναποδιά.

Παρακάτω περιγράφονται ένα προς ένα τα σημεία από τα οποία και συλλέχθηκαν δείγματα.



<u>Εικόνα 3:</u> 1^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδα

Ονομασία: ΝΕΔΑ 1

Συντεταγμένες: 37^{ο} 23,489′N, 21^{ο} 50,987′E

Τοποθεσία σημείου: 50 m ανάντη από τη γέφυρα του επαρχιακού δρόμου, που ενώνει το χωριό Πλατάνια με αυτό της Φιγαλείας.

Περιγραφή: Πρόκειται για τμήμα του ποταμού της Νέδας, μακριά από άμεση ανθρώπινη επιβάρυνση για αρκετή απόσταση ανάντη.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και μεταβλητού βάθους, εξαιτίας του έντονου βραχώδους υποβάθρου. Βραχώδες, βεβαίως, σαν αποτέλεσμα της έντονης κλίσης και της, ως εκ τούτου, τυρβώδους, έντονης ροής.

Αίτιο επιλογής: Δείγμα από σχετικά αδιατάραχτη περιοχή, που θα ληφθεί ως σημείο αναφοράς για το εν λόγω ποτάμι.



<u>Εικόνα 4:</u> 2^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδα

Ονομασία: ΝΕΔΑ 2

Συντεταγμένες: 37^{ο} 23,050′N, 21^{ο} 41,353′E

Τοποθεσία σημείου: 50 m κατάντη της σιδηροδρομικής γέφυρας της γραμμής Κυπαρισσία - Αθήνα, βόρεια του χωριού Ελαία. Ακριβώς στο σημείο απόληψης νερού για άρδευση κηπευτικών. Περίπου 1-1,5 km πριν τις εκβολές.

Περιγραφή: Πρόκειται για το καθεαυτό πεδινό τμήμα του ποταμού της Νέδας, μακριά από άμεση επιβάρυνση οικιακών ή βιομηχανικών αποβλήτων, μιας και υπάρχει μια σχετική απόσταση των όποιων τέτοιων πηγών. Υπάρχει, όμως, εκατέρωθεν των όχθεων μαζική ανάπτυξη θερμοκηπιακών καλλιεργειών και ως εκ τούτου, αρκετά αντλιοστάσια στο ποτάμι για άρδευσή των πρώτων.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Σχετικά μεγάλου πλάτους και μικρού βάθους με βοτσαλώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Η διερεύνηση της επίδρασης της έντονης γεωργικής δραστηριότητας της γύρω περιοχής στην ποιότητα του νερού και κατόπιν αυτού, της καταλληλότητας του ίδιου του νερού προς άρδευση.



<u>Εικόνα 5:</u> 1^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Περιστέρι

Ονομασία: ΠΕΡ 1

Συντεταγμένες: 37^{ο} 16,151' N, 21^{ο} 47,113′E

Τοποθεσία σημείου:

30 m ανάντη της γέφυρας του επαρχιακού δρόμου που ενώνει τα χωριά Νέα Αγριλιά και Αρτίκι.

Περιγραφή: Πρόκειται για το τμήμα του άνω ρου του χειμάρρου Περιστέρι σε υψόμετρο μικρότερο των 100 m. Χαρακτηριστικό της ευρύτερης περιοχής η βιοκαλλιέργεια της ελιάς.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μικρού πλάτους και βάθους με πετρώδη πυθμένα και τυρβώδους ροής.

Αίτιο επιλογής: Το κατά το δυνατό κοντινότερο επισκέψιμο σημείο κινούμενοι προς τις πηγές αντικατοπτρίζον το λιγότερο επιβαρημένο νερό.



<u>Εικόνα 6:</u> 2^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Περιστέρι

Ονομασία: ΠΕΡ 2

Συντεταγμένες: 37^{ο} 17,562′N, 21^{ο} 42,145′E

Τοποθεσία σημείου: Λίγα μέτρα κατάντη της γέφυρας του οδικού άξονα Κυπαρισσίας - Πύργου, νότια - νοτιοδυτικά του χωριού Καλό Νερό
και περίπου 1 km πριν τις εκβολές.

Περιγραφή: Το τελευταίο τμήμα του χειμάρρου Περιστέρι πριν την αποφόρτισή του στη θάλασσα. Αγροτική, κατά το πλείστο, περιοχή και ύπαρξη αντλιοστασίου ανάντη της δειγματοληψίας.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μεταβλητού πλάτους συναρτήσει της εποχής, μικρού βάθους και βοτσαλώδους πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Το αμέσως επόμενο εύκολα προσβάσιμο σημείο, αντικατοπτρίζον θεωρητικά τη μέγιστη επιβάρυνση κατά το μήκος του.



<u>Εικόνα 7:</u> 1^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του παραπόταμου Μαυροζούμαινα

Ονομασία: ΜΑΥΡ 1

Συντεταγμένες: 37^{ο} 17,299′N, 21^{ο} 51,697′E

Τοποθεσία σημείου: 20 m κατάντη της γέφυρας του επαρχιακού δρόμου Δώριο – Αμφιθέα, ακριβώς σε σημείο υδροληψίας.

Περιγραφή: Αγροτική περιοχή δυτικά του κύριου ιστού της κωμόπολης Δώριο, σε υψόμετρο περί τα 150 m.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και σχετικά μεγάλου βάθους με αμμώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Το κοντινότερο προς τις πηγές εύκολα προσβάσιμο σημείο, συναρτήσει και των χρονικών περιορισμών για την ολοκλήρωση του συνόλου των δειγματοληψιών. Δεν μπορεί όμως να λειτουργήσει ως σημείο αναφοράς μιας και γειτνιάζει με μια σχετικά μεγάλη κωμόπολη για την περιοχή. Οι ενδεχόμενες επιβαρύνσεις από την τελευταία γίνεται προσπάθεια να αποκαλυφθούν.



<u>Εικόνα 8:</u> 2^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του παραπόταμου Μαυροζούμαινα

Ονομασία: ΜΑΥΡ 2

Συντεταγμένες: 37^{ο} 13,306′N, 21^{ο} 56,941′E

Τοποθεσία σημείου: Περί τα 100 m κατάντη της γέφυρας του δρόμου που συνδέει το Μελιγαλά με το Νεοχώρι και στα όρια του δεύτερου.

Περιγραφή: Αγροτική περιοχή με οικιστική δόμηση σχεδόν παραπλεύρως του ποταμού με πιθανή αποδέσμευση σε αυτόν οικιακών υγρών αποβλήτων και σε υψόμετρο περίπου 50 m. Πάντως υπάρχει εξακριβωμένη παροχέτευση υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου 40 m ανάντη του σημείου δειγματοληψίας αλλά και ύπαρξη τουλάχιστον δύο αντλιοστασίων.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και βάθους με αμμώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Η επίδραση της εμφανούς ανθρώπινης ‘δραστηριοποίησης’ παραπλεύρως του επιλεχθέντος σημείου.



<u>Εικόνα 9:</u> 3^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του παραπόταμου Μαυροζούμαινα

Ονομασία: ΜΑΥΡ 3

Συντεταγμένες: 37^{ο} 09,431′N, 21^{ο} 58,734′E

Τοποθεσία σημείου: Περί τα 50 μέτρα κατάντη της γέφυρας, εξερχόμενοι της κωμόπολης Βαλύρα με κατεύθυνση το χωριό Λάμπαινα. Ελάχιστα κατάντη της εκροής αποβλήτων μεγάλης δυναμικότητας ελαιοτριβείου.

Περιγραφή: Στο καθεαυτό πεδινό κομμάτι της ροής του παραπόταμου όπου ο τελευταίος γίνεται πλατύτερος από ποτέ. Με την απειλή της υποβαθμισμένης ποιότητας μιας και η κατοίκηση καλύπτει όλο το ανάντη κομμάτι από το σημείο ελέγχου.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μεγάλου πλάτους και μέσου βάθους με αμμώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Πέραν της όποιας επιβάρυνσης από τη σταθερή ανθρώπινη παρουσία, η καταγραφή της έντονης υποβάθμισης, έστω και σε τοπικό επίπεδο, της ποιότητας του νερού μέσα από την ανεξέλεγκτη διοχέτευση ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων.



<u>Εικόνα 10:</u> 1^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου

Ονομασία: ΠΑΜ 1

Συντεταγμένες: 37^{ο} 10,220′N, 22^{ο} 01,455′E

Τοποθεσία σημείου: Πρόκειται για την κύρια πηγή του ποταμού Πάμισου. Λίγα μέτρα κατάντη του εθνικού δρόμου, στο χωριό Άγιος Φλώρος.

Περιγραφή: Είναι η περιοχή με τη μεγαλύτερη τροφοδοσία επιφανειακών νερών σε επίπεδο νομού.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μεγάλου πλάτους - σχηματίζεται ένα είδος μικρής λίμνης - και επίσης μεγάλου βάθους με έντονη ανάπτυξη υδρόβιων φυτών στον πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Νερό που αντικατοπτρίζει το θεωρητικά μέγιστο ποιοτικό για το εν λόγω ποτάμι, προκειμένου να λειτουργήσει σα σημείο αναφοράς.



<u>Εικόνα 11:</u> 2^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου

Ονομασία: ΠΑΜ 2

Συντεταγμένες: 37^{ο} 10,138′N, 22^{ο} 01,491′E

Τοποθεσία σημείου: Γέφυρα παράπλευρου του εθνικού άξονα δρόμου στο χωριό Άγιος Φλώρος, περίπου 100 m κατάντη ετέρας μικρότερης από την προηγούμενη πηγής.

Περιγραφή: Πρόκειται για την περιοχή συμβολής των δύο καναλιών που σχηματίζουν οι πηγές του Πάμισου. Η δειγματοληψία παρόλα αυτά έγινε λίγο πριν τη συμβολή, στο τελείωμα του λιγότερου σημαντικού από άποψη όγκου νερού καναλιού

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και μεγάλου βάθους.

Αίτιο επιλογής: Στο μέσο της απόστασης μεταξύ πηγής και σημείου δειγματοληψίας παρεμβάλλεται ιχθυοτροφείο πέστροφας αλλά και οικήματα παραπλεύρως. Η επίδραση αυτής της δραστηριότητας ήταν στο στόχαστρο. Πόσο μάλλον όταν τα νερά αυτά χρησιμοποιούνται και για κολύμβηση.



<u>Εικόνα 12:</u> 3^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου

Ονομασία: ΠΑΜ 3

Συντεταγμένες: 37^{ο} 05,644′N, 22^{ο} 00,182′E

Τοποθεσία σημείου: Περί τα 100 m κατάντη της γέφυρας του επαρχιακού δρόμου Άρις - Πιπερίτσα.

Περιγραφή: Περιοχή κατάντη του χωριού Άρις και ανάντη φράγματος, όπου παραπλεύρως της όχθης του ποταμού έχει δημιουργηθεί χώρος υπαίθριας εστίασης και αθλοπαιδιών. Στο 'οικοδόμημα' αυτό συμπεριλαμβάνεται - μάλλον σαν παράπλευρη απώλεια - και η κολύμβηση. Συμπληρώνοντας, η επιτόπια έρευνα αποκάλυψε και τη λειτουργία δύο τουλάχιστον αντλιοστασίων.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μεγάλου πλάτους και βάθους με αμμώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Η κολύμβηση και η καχυποψία για τις επιπτώσεις της δραστηριότητας αυτής στην υγεία των λουομένων. Επίσης, η εξακρίβωση του μεγέθους της επιβάρυνσης κατά την περιπλάνηση του νερού για αρκετή απόσταση από τις πηγές.



<u>Εικόνα 13:</u> 4^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου

Ονομασία: ΠΑΜ 4

Συντεταγμένες: 37^{ο} 03,130′N, 22^{ο} 01,234′E

Τοποθεσία σημείου: Υπό της γέφυρας του οδικού άξονα Καλαμάτας - Μεσσήνης δυτικά της δεύτερης.

Περιγραφή: Περιοχή που φιλοξενεί τη δεύτερη μεγαλύτερη πόλη του νομού αλλά και έντονη βιομηχανική - βιοτεχνική δραστηριότητα.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μεγάλου πλάτους και μικρού βάθους με αμμώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Η εξακρίβωση της ενδεχόμενης υποβάθμισης της ποιότητας του νερού εξαιτίας της έντονης ανθρώπινης δραστηριοποίησης στην περιοχή. Σημαντικό λόγο γι' αυτό αποτελεί η παρουσία καταυλισμών αθίγγανων σε απόσταση αναπνοής από τις όχθες του ποταμού και η έντονη 'συναναστροφή' των ανθρώπων αυτών με το νερό του, με ό,τι αυτό συνεπάγεται για την υγεία.



<u>Εικόνα 14:</u> 5^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Πάμισου

Ονομασία: ΠΑΜ 5

Συντεταγμένες: 37^{ο} 00,880′N, 21^{ο} 59,898′E

Τοποθεσία σημείου: Περίπου 50 m πριν τη μετάβαση στη θάλασσα.

Περιγραφή: Περιοχή του εκβολικού συστήματος του ποταμού Πάμισου. Χαρακτηριστικό της ευρύτερης περιοχής η κυριαρχία των αροτραίων καλλιεργειών με προεξέχουσα αυτή της πατάτας. Επίσης, ακριβώς στις εκβολές τοποθετούνται και τα ανατολικά όρια οργανωμένης πλαζ.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και μεγάλου βάθους

Αίτιο επιλογής: Οι επιπτώσεις της έντονης γεωργικής δραστηριότητας στην ποιότητα του νερού και οι ενδεχόμενες επιπτώσεις της στην υγειά των λουομένων. Επίσης, η ποιότητα του νερού σε σχέση με τη διατήρηση του σημαντικού αριθμού ιχθύων του υπάρχει στην περιοχή.



<u>Εικόνα 15:</u> 1^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδωνα

Ονομασία: ΝΕΔΩΝ 1

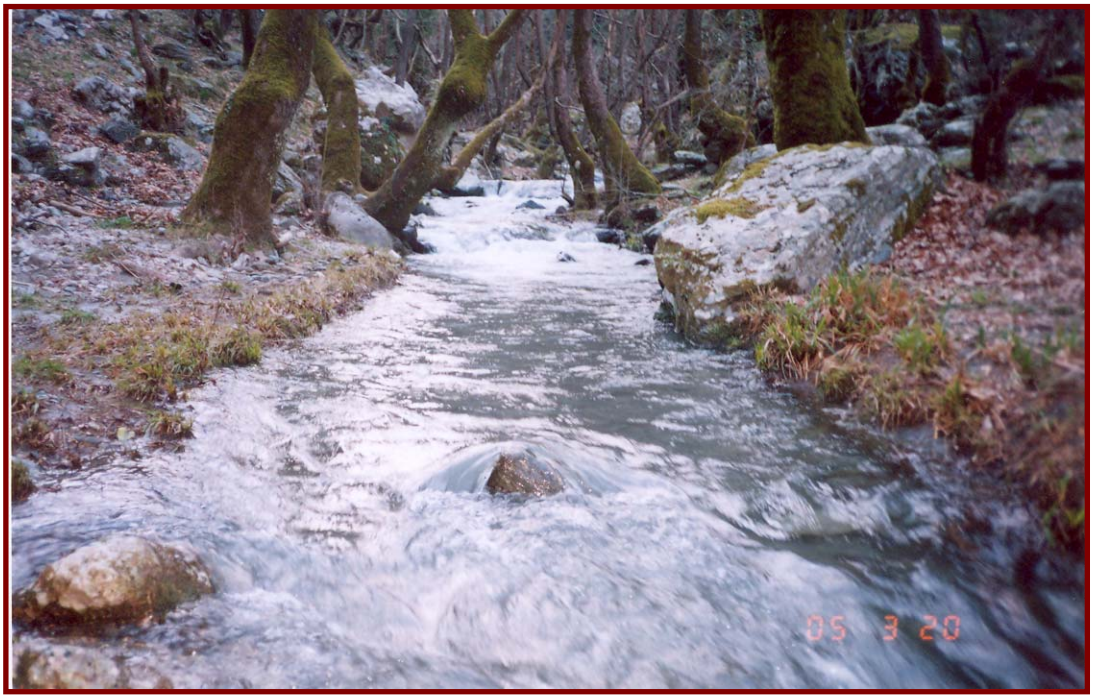
Συντεταγμένες: 37^{ο} 05,871′N, 22^{ο} 13,899′E

Τοποθεσία σημείου: 20 m ανάντη της γέφυρας του επαρχιακού δρόμου Αρτεμισία - Πηγές.

Περιγραφή: Γίνεται λόγος για το κομμάτι του άνω ρου του ποταμού Νέδωνα σε υψόμετρο περί τα 650 m. Η περιοχή δασώδης και μάλλον κατά το πλείστο μη επιβαρημένη με ανθρώπινες δραστηριότητες.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Στενό και ρηχό με πετρώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Θεωρητικά είμαστε κοντά στο μέγιστο της ποιότητας του ύδατος του εν λόγω ποταμού. Αυτό μας βοηθά να θεωρήσουμε το δείγμα ως πρότυπο για σύγκρισή του με επόμενα από κατάντη σημεία.



<u>Εικόνα 16:</u> 2^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδωνα

Ονομασία: ΝΕΔΩΝ 2

Συντεταγμένες: 37^{ο} 08,507′N, 22^{ο} 13,379′E

Τοποθεσία σημείου: Κατάντη του χωριού Νέδουσα και στο ύψος της εκκλησίας των Ταξιαρχών.

Περιγραφή: Περιοχή ορεινή και δασώδης, λίγο μετά την κύρια πηγή του ποταμού Νέδωνα. Η ροή του στο ‘στιγμιότυπο’ αυτό σε μικρού βάθους χαράδρα.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μικρού πλάτους και μέσου βάθους με τυρβώδη ροή και πετρώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Λίγο υψηλότερα το κομμάτι αυτό του ποταμού περνά μέσα από το χωριό Νέδουσα. Στα ενδιαφέροντα το κατά πόσο αυτή η μοναδική απειλή μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του νερού.



<u>Εικόνα 17:</u> 3^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδωνα

Ονομασία: ΝΕΔΩΝ 3

Συντεταγμένες: 37^{ο} 07,022′N, 22^{ο} 12,261′E

Τοποθεσία σημείου: 50 m ανάντη της γέφυρας λίγο πριν, εξορμούμενοι από τη Νέδουσα, καταλήξουμε στον οδικό άξονα Καλαμάτας - Σπάρτης.

Περιγραφή: Περιοχή λίγο μετά τη συμβολή του συνόλου των πηγαίων τμημάτων του ποταμού. Μεταξύ δάσους και δειλής εμφάνισης της ελαιοκαλλιέργειας και σε υψόμετρο περί τα 370 m.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους, μεταβλητού βάθους και πετρώδους πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Η ανίχνευση της ποιότητας του νερού την πρώτη φορά που αυτό ρέει ενιαίο, μετά την ένωση των συνιστωσών τμημάτων του ποταμού.



<u>Εικόνα 18:</u> 4^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του ποταμού Νέδωνα

Ονομασία: ΝΕΔΩΝ 4

Συντεταγμένες: 37^{ο} 01,528′N, 22^{ο} 06,079′E

Τοποθεσία σημείου: 100 m πριν την εκβολή του ποταμού Νέδωνα στο Μεσσηνιακό Κόλπο.

Περιγραφή: Κομμάτι του ποταμού που διατρέχει την πόλη της Καλαμάτας.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και μικρού ή ανύπαρκτου βάθους. Και αυτό διότι κατά το πλείστο του χρόνου δεν υπάρχει ροή νερού. Στη λεκάνη απορροής του ποταμού, το υπόβαθρο των ασβεστόλιθων είναι φυλλιτικά - χαλαζιτικά πετρώματα. Η σχετική αδιαπερατότητα των τελευταίων εξασφαλίζει υψηλό ποσοστό επιφανειακής απορροής του βρόχινου νερού καθώς αυτό κινείται προς τη χαράδρα του Νέδωνα. Λόγω όμως της καρστικοποίησης, μεγάλο ποσοστό επιφανειακού νερού της κοίτης του ποταμού διηθείται μέσω των ασβεστόλιθων συμβάλλοντας από τη μία στον εμπλουτισμό των υπόγειων υδροφορέων αλλά από την άλλη διατηρώντας σχετικά χαμηλή απορροή προς την εκβολή του. Έτσι παρατηρείται το φαινόμενο, το νερό να καταφέρνει να φτάσει έως τις εκβολές του ποταμού για μικρό χρονικό

διάστημα κάθε χρόνο. Απόδειξη αυτού το ότι υπήρξε δυνατή μόνο μία εκ των τεσσάρων δειγματοληψιών στο σημείο αυτό.

Αίτιο επιλογής: Η ανίχνευση του συσσωρευμένου της υποβάθμισης της ποιότητας του νερού. Πόσο μάλλον όταν το ποτάμι διαπερνά τη με διαφορά μεγαλύτερη πόλη του νομού. Σημειώνεται πως η δια ζώσης μαρτυρία αναφέρεται σε κάθε λογής απορρίμματος εντός της κοίτης και για αρκετή απόσταση ανάντη, για το κομμάτι δηλαδή του ποταμού εντός της πόλεως.



<u>Εικόνα 19:</u> 1^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Βελίκα

Ονομασία: ΒΕΛ 1

Συντεταγμένες: 37^{ο} 04,134′N, 21^{ο} 50,493′E

Τοποθεσία σημείου: 30 m κατάντη της γέφυρας του επαρχιακού δρόμου που ενώνει το χωριό Πελεκανάδα με αυτό του Αριστομένη.

Περιγραφή: Κομμάτι του χειμάρρου Βελίκα μακριά από την ανθρώπινη παρουσία σε υψόμετρο περίπου 250 m.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και βάθους με πετρώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Η απουσία ‘πολιτισμού’ σε μεγάλη σχετικά ακτίνα καθιστά το νερό στο επιλεγμένο σημείο μάλλον μη επιβαρημένο. Ευκαιρία, λοιπόν, για τη χρήση ενός δείγματος αναφοράς για την ποιότητα του νερού σε επόμενα κατάντη σημεία.



<u>Εικόνα 20:</u> 2^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Βελίκα

Ονομασία: ΒΕΛ 2

Συντεταγμένες: 37^{ο} 00,334′N, 21^{ο} 55,836′E

Τοποθεσία σημείου: 20 m ανάντη της γέφυρας που συνδέει τα χωριά Βελίκα και Ριζόμυλος.

Περιγραφή: Βρισκόμαστε αρκετά μετά τη συμβολή του χειμάρρου Λογιώτη στον Βελίκα. Γίνεται λόγος για το καθεαυτό πεδινό κομμάτι του χειμάρρου με έντονη την γεωργική δραστηριότητα. Διέρχεται από το χωριό Βελίκα και εξακριβωμένα δέχεται λύματα από παρακείμενες κατοικίες.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μεγάλου πλάτους και μικρού βάθους

Αίτιο επιλογής: Η αποσαφήνιση της επιβάρυνσης από τη γεωργική ρύπανση αλλά και από τα οικιακά απόβλητα.



<u>Εικόνα 21:</u> 3^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Βελίκα

Ονομασία: ΒΕΛ 3

Συντεταγμένες: 36^{ο} 59,674′N, 21^{ο} 56,795′E

Τοποθεσία σημείου: 100 m πριν την εκβολή στο Μεσσηνιακό Κόλπο.

Περιγραφή: Περιοχή του εκβολικού συστήματος του χειμάρρου Βελίκα με ύπαρξη αροτραίων καλλιεργειών αλλά και ελαιοκαλλιέργειας παραπλεύρως. Μάλιστα οι εκβολές ταυτίζονται με την ύπαρξη λουόμενων λόγω της εκτεταμένης αμμώδους παραλίας που εκτείνεται δεξιά και αριστερά τους.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μεγάλου πλάτους και βάθους με αμμώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Η μέτρηση της επιβάρυνσης σε οικολογικά ευαίσθητη περιοχή όπως είναι αυτή των εκβολών και η σύνδεσή της με την υγεία των λουομένων.



<u>Εικόνα 22:</u> 1^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Λογιώτη

Ονομασία: ΛΟΓ 1

Συντεταγμένες: 37^{ο} 05,389′N, 21^{ο} 52,128′E

Τοποθεσία σημείου: 100 m ανάντη της γέφυρας του δρόμου Στέρνα - Αετοφωλιά.

Περιγραφή: Τμήμα αρκετά πάνω από το μέσο ρου του χειμάρρου Λογιώτη σε υψόμετρο περί τα 200 m. Απουσία ανθρώπινης παρουσίας μέσω έστω κάποιου οικισμού σε κοντινή απόσταση και οι καλλιέργειες είναι μάλλον εκτατικής μορφής. Παρόλα αυτά καταγράφηκε αντλιοστάσιο με σκοπό την άρδευση.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και βάθους με βοτσαλώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Η αναμενόμενα μικρή επιβάρυνση καθιστά το δείγμα ως πρότυπο στη σύγκρισή του με επόμενο δείγμα από κατάντη σημείο.



<u>Εικόνα 23:</u> 2^{ο} δειγματοληπτικό σημείο επί του χειμάρρου Λογιώτη

Ονομασία: ΛΟΓ 2

Συντεταγμένες: 37^{ο} 04,803′N, 21^{ο} 52,375′E

Τοποθεσία σημείου: 100 m κατάντη της γέφυρας στην οδική αρτηρία Στέρνα - Διόδια.

Περιγραφή: Τμήμα του χειμάρρου Λογιώτη στις δυτικές παρυφές του χωριού Στέρνα και σε υψόμετρο περίπου 170 m. Υπάρχουν εξακριβωμένες αποδεσμεύσεις ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου καθώς και αποβλήτων από τις παρακείμενες στο χείμαρρο κατοικίες. Μάλιστα στη βάση δεδομένων της Νομαρχίας Μεσσηνίας επικυρώνεται η ύπαρξη δύο ελαιοτριβείων στο χωριό Στέρνα τα οποία αποδεσμεύουν τα απόβλητα τους στον παρακείμενο χείμαρρο όπως κατά λέξη σημειώνεται. Βεβαίως ανεπεξέργαστα θα συμπληρώναμε εμείς.

Χαρακτηριστικά καναλιού: Μέσου πλάτους και βάθους με αμμώδη πυθμένα.

Αίτιο επιλογής: Θεωρητικά το πιο υποβαθμισμένο ποιοτικά σημείο του χειμάρρου για το σύνολο του μήκους του. Σκοπός η ποσοτικοποίηση αυτής της αλλοίωσης των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

6.3.3 Λήψη και συντήρηση δειγμάτων

Η λήψη των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε σε πλαστικά μπουκάλια εμφιαλωμένου νερού (1,5 L). Τα τελευταία αποσφραγίζονται επιτόπου στο σημείο δειγματοληψίας, αδειάζεται το περιεχόμενο και αφού ξεπλυθούν 2-3 φορές με το υπό εξέταση νερό, πραγματοποιείται η λήψη του τελευταίου. Αυτό γίνεται κατά το δυνατό εγγύτερα στο μέσο της ροής βουλιάζοντας τη φιάλη μέχρι το μέσο της στήλης του ύδατος και γεμίζοντάς την πλήρως.

Αμέσως μετά, τα μπουκάλια, πληρωμένα με το έκαστο δείγμα, έρχονται σε επαφή με παγοκύστες προκειμένου να διατηρηθεί η θερμοκρασία του νερού σε χαμηλά επίπεδα κατά τη μεταφορά. Με το πέρας του ταξιδιού, τα δείγματα συντηρούνται στους 4 ^{o}C έως ότου πραγματοποιηθούν οι εργαστηριακές αναλύσεις.

6.4 Ερευνητικές παράμετροι - Αρχές μεθόδων μέτρησης

6.4.1 Φυσικοχημικές παράμετροι

6.4.1.1 Θερμοκρασία

Οι μετρήσεις θερμοκρασίας πρέπει να πραγματοποιούνται στο πεδίο, διότι ένα δείγμα νερού θα προσεγγίσει προοδευτικά τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος αέρα. Εάν είναι αδύνατο να μετρηθεί επιτόπου η θερμοκρασία, πρέπει να λαμβάνεται ένα δείγμα από τη σωστή τοποθεσία και βάθος και να μετράται αμέσως, μόλις το δείγμα έρθει στην επιφάνεια. Η μέτρηση μπορεί να πραγματοποιηθεί με θερμόμετρο χειρός με διαβάθμιση 0,1 ^{o}C ή με τη χρήση ηλεκτρονικού, του τύπου που είναι συνήθως αναπόσπαστο μέρος ενός μετρητή διαλυμένου οξυγόνου ή αγωγιμότητας ή ενός pH-μέτρου (Balance, 1996b)

Οι μετρήσεις θερμοκρασίας, που πραγματοποιήθηκαν στο εκάστοτε σημείο δειγματοληψίας, αφορούν, τόσο το νερό, όσο και τον αέρα. Ως προς τις πρώτες, αυτές έλαβαν χώρα ταυτόχρονα με τη μέτρηση του pH, με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού πεχαμέτρου pH 330 της WTW (βλ. παρακάτω), καθώς στην οθόνη του οργάνου

εμφανίζεται - πέρα από το pH - και η θερμοκρασία της υδάτινης μάζας με ακρίβεια 0,1 ^{o}C. Όσον αφορά τη θερμοκρασία του αέρα, αυτή προσδιορίστηκε κάνοντας χρήση υδραργυρικού θερμομέτρου χειρός, με ακρίβεια 0,5 ^{o}C.

Πιο πρακτικά, αναφορικά με τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα, θέτουμε το θερμόμετρο χειρός σε κάθετη θέση έως ότου η υγρή στήλη πάψει να κινείται (περίπου 1 λεπτό ή περισσότερο εάν είναι απαραίτητο). Ως προς την ετέρα μέτρηση, αυτή της θερμοκρασίας νερού, βυθίζουμε το ηλεκτρόδιο του οργάνου σε βάθος περίπου 10 cm μέχρι η ένδειξη σε αυτό παραμείνει αμετάβλητη.

6.4.1.2 Ολικά στερεά

Αναφερόμενοι στη γενική αρχή της μεθόδου προσδιορισμού των ολικών στερεών, σημειώνεται πως ένα καλά αναμεμειγμένο δείγμα εξατμίζεται εντός προ-ζυγισμένου μεταλλικού 'πιάτου' (αλουμίνιο) και ξηραίνεται σε ένα φούρνο στους 103 με 105 ^{o}C μέχρι την επίτευξη σταθερού βάρους. Η αύξηση στο βάρος του πιάτου (σε σχέση με το βάρος του αρχικά άδειου πιάτου) αντιπροσωπεύει τα ολικά στερεά.

Κι εδώ, είναι πιθανές κάποιες παρεμβολές στον εν λόγω προσδιορισμό. Συγκεκριμένα, όπως και στην περίπτωση των αιωρούμενων στερεών, κρίνεται συνετό να απομακρυνθούν τα μεγάλα επιπλέοντα σωματίδια ή τα συσσωματώματα των ανομοιογενών υλικών από το δείγμα, εφόσον έχει οριστεί πως η συμμετοχή τους είναι ανεπιθύμητη για το τελικό αποτέλεσμα. Επιπρόσθετα, τα δείγματα που λαμβάνουμε πρέπει να πληρούν το όριο των 200 mg στερεού υπολείμματος, καθώς το υπερβολικό στερεό υπόλειμμα μπορεί να σχηματίσει μια κρούστα ικανή να παγιδεύσει το δείγμα.

Πιο αναλυτικά, η διαδικασία του προσδιορισμού περιγράφεται παρακάτω:

- Το καθαρό μεταλλικό πιάτο (από αλουμίνιο) θερμαίνεται στους 103 με 105 ^{o}C για 1 ώρα.
- Το πιάτο αποθηκεύεται και ψύχεται εντός ξηραντήρα μέχρι τη χρήση του, οπότε και ακολουθεί άμεση ζύγιση.
- Επιλέγεται όγκος καλά αναμεμειγμένου δείγματος που θα οδηγήσει σε στερεό υπόλειμμα 10 με 200 mg (συνήθως, 100 mL).
- Το δείγμα προστίθεται στο προ-ζυγισμένο πιάτο και εξατμίζεται μέχρι ξηρού εντός φούρνου.

- Εντός του φούρνου, η θερμοκρασία χαμηλώνεται στους 2 βαθμούς κάτω από το σημείο βρασμού, ώστε να αποφευχθεί η απώλεια νερού εξαιτίας αυτού.
- Το εξατμισμένο δείγμα ξηραίνεται για τουλάχιστον 1 ώρα εντός φούρνου στους 103 με 105 ^{o}C, το πιάτο ψύχεται εντός ξηραντήρα προς εξισορρόπηση της θερμοκρασίας και ζυγίζεται.
- Ο κύκλος ξήρανσης - ψύξης - ξήρανσης - ζύγισης επαναλαμβάνεται (όπως και στην περίπτωση των αιωρούμενων στερεών) μέχρι την επίτευξη ενός σταθερού βάρους ή μέχρι η μεταβολή του βάρους να είναι μικρότερη του 4% της προηγούμενης μέτρησης ή των 0,5 mg (όποιο είναι μικρότερο).
- Οι δύο μετρήσεις θα πρέπει να συμφωνούν σε απόκλιση 5% του μέσου όρου τους.
- Κατά τη ζύγιση του ξηραμένου δείγματος θα πρέπει να προσέχουμε τη μεταβολή του βάρους λόγω της έκθεσής του στον αέρα ή την αποικοδόμησή του.
- Ο προσδιορισμός των ολικών στερεών υπολογίζεται με χρήση του ακόλουθου τύπου:

mg ολικών στερεών/L = [(A-B) x 1000]/όγκος δείγματος (mL),

όπου A= βάρος πιάτου + ξηραμένου στερεού υπολείμματος (mg)

και B= βάρος πιάτου (mg) (APHA, 1992).

6.4.1.3 Αιωρούμενα στερεά

Ο προσδιορισμός των αιωρούμενων σωματιδίων είναι ιδιαίτερα σημαντικός στην ανάλυση των επιβαρημένων υδάτων. Κατά τον προσδιορισμό αυτόν, όλα τα αιωρούμενα στερεά τα θεωρούμε ως καθιζάνοντα. Η εν λόγω καθίζηση αναμένεται να συμβαίνει ως αποτέλεσμα της βιολογικής και χημικής ιζηματοποίησης. Εδώ, πρέπει να τονιστούν κάποια σημεία που χρήζουν προσοχής, ώστε να αποφευχθούν σφάλματα. Αρχικά, το μέγεθος του δείγματος πρέπει να είναι 50 mL ή μικρότερο, λόγω των εμποδίων που εμφανίζονται κατά τη διήθηση. Το βάρος των στερεών που απομακρύνονται, σπάνια υπερβαίνει τα 20 mg, ενώ συχνά είναι μικρότερο από 10 mg. Σημειώνεται πως μικρά σφάλματα κατά τη ζύγιση είναι βαρυσήμαντα. Τέλος, απαιτείται προς διήθηση τέτοια ποσότητα δείγματος, ώστε - αν είναι δυνατόν - να έχει ως αποτέλεσμα μια αύξηση του βάρους κατά 10 mg. Κάτι τέτοιο, συνήθως, απαιτεί τη χρήση 500 mL δείγματος ή και περισσότερο, αν πρόκειται για ελαφρώς

ρυπασμένα ύδατα ή ύδατα που έχουν υποστεί βιολογική επεξεργασία (Sawyer *et al*., 2003).

Το γενικό περίγραμμα της μεθόδου προσδιορισμού των ολικών αιωρούμενων στερεών αναφέρει πως ένα καλά αναμεμειγμένο δείγμα φιλτράρεται μέσω ενός φίλτρου γυάλινης ίνας (glass-fiber filter), με το ίζημα που παραμένει στο φίλτρο να ξηραίνεται στους 103 ^{o}C με 105 ^{o}C (APHA, 1992). Όπως είναι φυσικό, η αύξηση στο βάρος του φίλτρου αντιπροσωπεύει τα ολικά αιωρούμενα στερεά.

Αναφερόμενοι στις πιθανές παρεμβολές κατά τον εν λόγω προσδιορισμό, κρίνεται συνετό να απομακρυνθούν τα μεγάλα επιπλέοντα σωματίδια ή τα συσσωματώματα των ανομοιογενών υλικών - όπως φύλλα, ξύλα, ψάρια και κοπρανώδη ύλη - από το δείγμα, εφόσον έχει οριστεί πως η συμμετοχή τους είναι ανεπιθύμητη για το τελικό αποτέλεσμα. Ασφαλώς, η υπερβολική ποσότητα ιζήματος στο φίλτρο θα συγκρατήσει το νερό, πιθανά απαιτώντας παρατεταμένη ξήρανση. Μάλιστα, για δείγματα με υψηλή περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά απαιτείται προσεχτική έκπλυση του φίλτρου, ώστε να εξασφαλιστεί η επαρκής απομάκρυνση των διαλυμένων στερεών. Σημειώνεται πως το παρατεταμένο φιλτράρισμα - ως συνέπεια της απόφραξης του φίλτρου - μπορεί να δώσει υψηλά αποτελέσματα, λόγω του κολλοειδούς υλικού που έχει κατακρατηθεί στο φίλτρο. Ακριβώς, επειδή, η υπερβολική ποσότητα ιζήματος δημιουργεί μια κρούστα στο φίλτρο, παγιδεύοντας το νερό, προτείνεται τέτοιος περιορισμός στο μέγεθος του δείγματος, ώστε να μη λαμβάνονται παραπάνω από 200 mg ιζήματος. Επιπρόσθετα, η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων μας μπορεί να αμφισβητηθεί, αν τα ολικά αιωρούμενα στερεά περιλαμβάνουν έλαια, λίπη ή πτητικά υλικά. Είναι φανερό πως τα αποτελέσματα ενός ελέγχου (test) δεν μπορεί να περιλαμβάνουν υλικά τα οποία είναι πτητικά στις συνθήκες της διαδικασίας του προσδιορισμού. Πιθανές πηγές σφάλματος, έτσι, απαιτείται να αναγνωριστούν κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Στο σημείο αυτό, επισημαίνεται πως η μη παρατεταμένη αποθήκευση του δείγματος πριν την ανάλυση προτιμάται, καθώς έχει δειχθεί πως δεν επηρεάζει συνήθως τα αποτελέσματα του ελέγχου. (APHA, 1992; Balance, 1996a).

Όσον αφορά τη διαδικασία προσδιορισμού, πιο αναλυτικά, αυτή αποτελείται από τα ακόλουθα (APHA, 1992):

- Ο δίσκος του φίλτρου (GF-3, 55 mm της Macherey-Nagel, Germany) ζυγίζεται, όντας αποξηραμένος, μαζί με τη μεταλλική πλάκα (στην περίπτωσή μας, αλουμινόχαρτο).
- Κατόπιν, αυτός εισάγεται στη συσκευή διήθησης με την ανάγλυφη πλευρά προς τα επάνω.
- Εφαρμόζεται κενό και το φίλτρο βρέχεται με μικρή ποσότητα υπερκαθαρού (reagent-grade) νερού, προκειμένου να 'καθίσει' πάνω στη συσκευή.
- Διηθείται αντιστρόφως ανάλογος με την αναμενόμενη τιμή αιωρούμενων στερών όγκος.
- Στο σύνολο των δειγμάτων, ο όγκος αυτός ποικίλει μεταξύ 100 και 500 mL.
- Μεταξύ των διηθήσεων, αναμένουμε περίπου 3 λεπτά, ώστε το φίλτρο να στεγνώσει πλήρως.
- Δείγματα με υψηλή περιεκτικότητα διαλυμένων στερεών μπορεί να απαιτούν μεγαλύτερους όγκους προς διήθηση.
- Το φίλτρο απομακρύνεται προσεχτικά από τη συσκευή και μεταφέρεται στη μεταλλική πλάκα προς στήριξη.
- Ακολουθεί ξήρανση για τουλάχιστον 1 ώρα στους 103 με 105 ^{o}C εντός φούρνου, ψύξη σε ξηραντήρα προς εξισορρόπηση της θερμοκρασίας και ζύγισμα.
- Ο κύκλος ξήρανσης - ψύξης - ξήρανσης - ζύγισης επαναλαμβάνεται μέχρι την επίτευξη ενός σταθερού βάρους ή μέχρι η μεταβολή του βάρους να είναι μικρότερη του 4% της προηγούμενης μέτρησης ή των 0,5 mg (όποιο είναι μικρότερο).
- Οι δύο μετρήσεις θα πρέπει να συμφωνούν σε απόκλιση 5% του μέσου όρου τους.
- Ο υπολογισμός των αιωρούμενων στερεών γίνεται σύμφωνα με τον τύπο:
  mg ολικών αιωρούμενων στερεών/L = [(A-B) x 1000]/όγκος δείγματος (mL),
  όπου A= βάρος φίλτρου + ξηραμένου στερεού υπολείμματος (mg)
  και B= βάρος φίλτρου (mg)

6.4.1.4 Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου (pH)

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο, χρησιμοποιώντας το ηλεκτρονικό πεχάμετρο pH 330 της WTW. Η διαδικασία της μέτρησης, κατόπιν βαθμονόμησης του οργάνου, είναι σχετικά απλή. Πιο αναλυτικά, το ηλεκτρόδιο ενώνεται στο

όργανο, απομακρύνεται η προστατευτική θήκη και το ηλεκτρόδιο βυθίζεται στο νερό, αναμένοντας την τιμή που αναγράφεται στην οθόνη του οργάνου να σταθεροποιηθεί. Η καταγραφή γίνεται με ακρίβεια 0,01 μονάδων pH.

6.4.1.5 Διαλυμένο οξυγόνο

Η εν λόγω παράμετρος προσδιορίστηκε στο πεδίο, με τη χρήση του οξυγονομέτρου DO 132 της XENON. Αφού βαθμονομήσουμε το όργανο, σύμφωνα με τις προτροπές, η διαδικασία μέτρησης έχει ως ακολούθως:

- Ο διακόπτης επιλογής μεγέθους τοποθετείται στη θέση 'ppm'.
- Αν το όργανο ήταν εκτός λειτουργίας, απαιτείται να προηγηθεί χρόνος 10-15 λεπτών πριν από τη μέτρηση.
- Το προστατευτικό κάλυμμα του ηλεκτροδίου αφαιρείται και το ηλεκτρόδιο βυθίζεται στο τρεχούμενο νερό του εκάστοτε σημείου δειγματοληψίας, έτσι, ώστε το κάτω άκρο του να είναι βυθισμένο κατά 5 cm τουλάχιστον.
- Εντός ολίγου και ενώ η ένδειξη έχει σταθεροποιηθεί, στην οθόνη του οργάνου απεικονίζεται η περιεκτικότητα του δείγματος σε διαλυμένο οξυγόνο σε ppm (mg/L).

6.4.1.6 Αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα προσδιορίστηκε με χρήση ηλεκτρονικού αγωγιμόμετρου, με αυτόματη διόρθωση θερμοκρασίας (στην περίπτωσή μας, η αναγωγή των μετρήσεων έγινε στους 25 ^{o}C), το LF 330 της WTW. Οι μετρήσεις έλαβαν χώρα στο εργαστήριο την επόμενη μέρα των δειγματοληψιών. Αφού βαθμονομηθεί το όργανο, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, το ηλεκτρόδιο εμβαπτίζεται στο δείγμα, αναδεύοντάς το ελαφρά, προκειμένου να επιτευχθεί ομοιογένεια του τελευταίου. Εντός ολίγου, η ένδειξη του οργάνου έχει σταθεροποιηθεί (μS/cm) και είναι έτοιμη προς καταγραφή.

6.4.2 Παράμετροι θρεπτικών συστατικών - Ευτροφισμός

6.4.2.1 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Περιγράφοντας τη μέθοδο μέτρησης του COD, το δείγμα οξειδώνεται με ισχυρό οξειδωτικό διάλυμα διχρωμικού καλίου ($K_2Cr_2O_7$) παρουσία καταλύτη - Ag_2SO_4 - σε όξινο περιβάλλον (πυκνό θειικό οξύ, H_2SO_4) και υψηλή θερμοκρασία, ώστε να εξασφαλιστεί η οξείδωση των οργανικών ενώσεων. Όπως φαίνεται και από την παρακάτω χημική αντίδραση, το διχρωμικό κάλιο ανάγεται σε τρισθενές χρώμιο:

$$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6e^- \leftrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$$

(διχρωμικό) (από το οξύ) (από το δείγμα)

Μετά από χώνευση του μίγματος για 2 ώρες στους 150 ^oC, πραγματοποιείται ογκομέτρηση του εναπομείναντος διχρωμικού, με διάλυμα δισθενούς σιδήρου (εναμμώνιος θειικός σίδηρος, $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$ - FAS). Η διαφορά ανάμεσα στην αρχική και τελική συγκέντρωση του διχρωμικού αντικατοπτρίζει το οξειδούμενο οργανικό τμήμα του δείγματος, δηλαδή το COD σε mg/L, που υπολογίζεται ως η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου. Εδώ, η βασική αντίδραση που συντελείται είναι:

$$Cr_2O_7^{2-} + Fe^{2+} + H^+ \rightarrow Fe^{3+} + Cr^{3+} + H_2O$$

Αναλυτικά, βήμα προς βήμα, η μέθοδος υπολογισμού - όπως περιγράφει και ο Horan (1989) - έχει ως ακολούθως:

- Προστίθενται 1,50 ± 0,01 mL του διαλύματος πέψης ($K_2Cr_2O_7$, $HgSO_4$, H_2S0_4, H_2O) στο σωλήνα πέψης (γυάλινος σωλήνας με βιδωτό πώμα).
- Προστίθενται 2,50 ± 0,02 mL του δείγματος, με ακόλουθη καλή ανάδευση
- Προσεχτικά και κατά μήκος του τοιχώματος του σωλήνα, προστίθενται 3,50 ± 0,05 mL του διαλύματος καταλύτη (Ag_2SO_4, H_2S0_4).
- Οι σωλήνες κλείνονται ερμητικά με το καπάκι.
- Τα περιεχόμενα των σωλήνων αναδεύονται, δίχως να αναποδογυριστούν, με κυκλικές κινήσεις. Σημειώνεται πως στο σημείο αυτό, πραγματοποιείται ραγδαία

υπερθέρμανση του περιεχομένου. Για αυτό, απαιτείται η χρήση γαντιών, ενώ οι σωλήνες πρέπει να κρατώνται από το καπάκι.

- Οι σωλήνες τοποθετούνται σε θερμαντική συσκευή στους 150 ± 2 ^{o}C για 120 ± 5 λεπτά.
- Οι σωλήνες αφήνονται να κρυώσουν σε θερμοκρασία δωματίου.

Ακολουθεί η ογκομέτρηση του εναπομείναντος διχρωμικού.

- Το περιεχόμενο του κάθε σωλήνα μεταφέρεται ποσοτικά σε μια κωνική φιάλη των 100 mL. Ο σωλήνας ξεπλένεται με απεσταγμένο νερό, χρησιμοποιώντας ικανοποιητική ποσότητα, ώστε να παραχθεί τελικός όγκος 25 mL.
- Προστίθενται 1 σταγόνα δείκτη φεροΐνης με καλή ανάδευση.
- Πραγματοποιείται ογκομέτρηση με διάλυμα FAS, μέχρι την αλλαγή του χρώματος από κυανό σε ερυθρό. Έστω T mL, ο απαιτούμενος όγκος FAS για την τιτλοδότηση.

Το ποσό του διχρωμικού που υπάρχει στο διάλυμα πέψης υπολογίζεται τώρα, μετά και από την πέψη τυφλού (περιέχει 2,50 mL νερό). Έστω B mL, ο απαιτούμενος όγκος για την τιτλοδότηση του τυφλού δείγματος.

Το ποσό του διχρωμικού του αρχικού μείγματος πέψης καθορίζεται χωρίς την πραγματοποίηση πέψης, ώστε να διορθωθούν πιθανές απώλειες λόγω ξένων σωμάτων στα χημικά και το νερό κατά τη σύνθεση των διαλυμάτων.

- Προστίθενται 1,50 ± 0,01 mL του διαλύματος πέψης σε μια κωνική φιάλη των 100 mL.
- Προστίθενται 15 mL απεσταγμένου νερού και 3,5 ± 0,1 mL του διαλύματος καταλύτη, αναδεύοντας διαρκώς. Ψύξη.
- Προστίθενται 1 σταγόνα του δείκτη φεροΐνης και γίνεται ογκομέτρηση με διάλυμα FAS μέχρι το ανοιχτό κυανό χρώμα να αλλάξει σε ερυθρό. Έστω S mL, ο απαιτούμενος όγκος για την εν λόγω τιτλοδότηση.
- Το COD υπολογίζεται από τη σχέση:

$$COD = [(B-T)/S] \times 1000 \text{ mg } O_2 \text{ L}^{-1}$$

- Επιπροσθέτως, σα θετικός μάρτυρας χρησιμοποιήθηκε διάλυμα 'KHP standard' (Potassium hydrogen phthalate standard), με COD = 500 mg O_2/L (APHA, 1992).

6.4.2.2 Νιτρικά ιόντα

Σε γενικές γραμμές, ένα διάλυμα με υψηλή συγκέντρωση νιτρικών εύκολα περιέχει και μικρές ποσότητες νιτρωδών. Τόσο τα νιτρικά, όσο και τα νιτρώδη θα πρέπει να μετρώνται σχεδόν ταυτόχρονα, ώστε να αποφευχθούν οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις (Shugar *et al*., 2001). Ένας, ακόμη, λόγος που επιβάλλει την όσο το δυνατό γρήγορη ανάλυση των δειγμάτων είναι η βακτηριακή μετατροπή των νιτρωδών σε νιτρικά ή αμμωνία (Balance, 1996).

Οι μετρήσεις των νιτρικών ιόντων, των ιόντων που ακολουθούν παρακάτω, καθώς και αυτές της αμμωνίας πραγματοποιήθηκαν με ηλεκτρονικό φασματοφωτόμετρο υψηλής ανάλυσης, το C 206 Multiparameter Ion Specific Meter της HANNA.

Όσον αφορά της προδιαγραφές και τα απαιτούμενα αντιδραστήρια του οργάνου, αναφορικά με τη μέτρηση των νιτρικών, έχουμε τα εξής:

<u>Πίνακας 21:</u> Προδιαγραφές και απαιτούμενα αντιδραστήρια για τη μέτρηση των νιτρικών

Προδιαγραφές - Απαιτούμενα αντιδραστήρια	
Κλίμακα	0,0 mg/L έως 30,0 mg/L
Ανάλυση	0,1 mg/L
Ακρίβεια	± 0,5 mg/L ± 10% επί της ανάγνωσης
Τυπική απόκλιση	± 0,1 mg/L
Πηγή φωτός	Λάμπα βολφραμίου με φίλτρο στενής παρεμβολής στα 525 nm.
Μέθοδος	Υιοθέτηση της μεθόδου μείωσης του Καδμίου. Η αντίδραση μεταξύ των νιτρικών ιόντων και του αντιδραστηρίου προκαλεί μια κεχριμπαρένια απόχρωση στο δείγμα.
Απαιτούμενα αντιδραστήρια	1 φακελάκι HI 93728-0

Η διαδικασία μέτρησης εξελίσσεται ως ακολούθως:

- Επιλέγεται ο αριθμός του προγράμματος που αντιστοιχεί στα νιτρικά.
- Με τη χρήση πιπέτας, γεμίζεται η κυψελίδα με 6 mL δείγματος - μέχρι τη μέση του ύψους της - και τοποθετείται το καπάκι.

- Η κυψελίδα τοποθετείται στην υποδοχή μέτρησης, βεβαιώνοντας ότι η εγκοπή στο καπάκι είναι ακριβώς στη χαραγή.
- Πιέζεται το πλήκτρο ‘ZERO’ και η ένδειξη ‘SIP’ αρχίζει να αναβοσβήνει στην οθόνη.
- Περιμένοντας λίγα δευτερόλεπτα, στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη ‘-0.0-’, που σημαίνει πως ο μετρητής έχει μηδενιστεί και είναι έτοιμος προς μέτρηση.
- Η κυψελίδα απομακρύνεται από τη χαραγή και προστίθεται το περιεχόμενο ενός φακέλου HI 93728 αντιδραστηρίου.
- Το καπάκι επανατοποθετείται και η κυψελίδα ανακινείται βίαια για ακριβώς 10 δευτερόλεπτα με κάθετες κινήσεις. Η ανάμιξη συνεχίζεται με την αναστροφή της κυψελίδας, αργά και απαλά για 50 δευτερόλεπτα, προσέχοντας να μην προκληθούν φυσαλίδες. Ένα ίζημα παραμένει, αλλά χωρίς να επηρεάζει τη μέτρηση. Από την άλλη, ο χρόνος και ο τρόπος ανακίνησης μπορούν να επηρεάσουν ελαφρά τη μέτρηση.
- Η κυψελίδα επανατοποθετείται στην υποδοχή.
- Επιλέγεται το ‘TIMER’ και η οθόνη δείχνει την αντίστροφη μέτρηση για τα νιτρικά ή εναλλακτικά, επιλέγεται το ‘READ DIRECT’, αφού περάσουν 4 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα. Και στις δύο περιπτώσεις, η ένδειξη ‘SIP’ αναβοσβήνει στην οθόνη κατά τη διάρκεια της μέτρησης.
- Το όργανο εμφανίζει στην οθόνη υγρού κρυστάλλου τη συγκέντρωση αζώτου των νιτρικών σε mg/L. Για τη μετατροπή σε νιτρικά, πολλαπλασιάζουμε με το 4,43.

Αναφορικά με τις πιθανές παρεμβολές στο αποτέλεσμα της μέτρησης, αυτές μπορεί να προκληθούν από:

- Αμμωνία και αμίνες, όπως ουρία και πρωτογενείς αλιφατικές αμίνες.
- Χλωρικά πάνω από 100 ppm (αρνητική παρεμβολή)
- Χλώριο πάνω από 2 ppm (θετική παρεμβολή)
- Χαλκός
- Σίδηρος (τρισθενής) (θετική παρεμβολή)
- Ισχυρά οξειδωτικές και αναγωγικές ουσίες
- Σουλφίδια (πρέπει να είναι απόντα)

6.4.2.3 Νιτρώδη ιόντα

Αξίζει να σημειωθεί πως η συγκέντρωση των νιτρωδών σε κάποιο δείγμα μπορεί να μεταβληθεί τάχιστα λόγω βακτηριακών οξειδωτικών ή αναγωγικών μετατροπών (Anonymous, 2004).

Αντίστοιχα με τα προηγούμενα, για τα νιτρώδη έχουμε:

<u>Πίνακας 22:</u> Προδιαγραφές και απαιτούμενα αντιδραστήρια για τη μέτρηση των νιτρωδών

Προδιαγραφές - Απαιτούμενα αντιδραστήρια	
Κλίμακα	0,00 mg/L έως 0,35 mg/L
Ανάλυση	0,01 mg/L
Ακρίβεια	± 0,02 mg/L ± 4% επί της ανάγνωσης
Τυπική απόκλιση	± 0,01 mg/L
Πηγή φωτός	Λάμπα βολφραμίου με φίλτρο στενής παρεμβολής στα 525 nm.
Μέθοδος	Υιοθέτηση της μεθόδου 'EPA Diazotization 354.1'. Η αντίδραση μεταξύ των νιτρωδών ιόντων και του αντιδραστηρίου προκαλεί μια ροζ απόχρωση στο δείγμα.
Απαιτούμενα αντιδραστήρια	1 φακελάκι HI 93707-0

Αναφορικά με τη διαδικασία μέτρησης, αυτή έχει ως εξής:

- Επιλέγεται το πρόγραμμα για τα νιτρώδη χαμηλής περιεκτικότητας.
- Η κυψελίδα γεμίζεται με 10 mL δείγματος μέχρι τη χαραγή και τοποθετείται το καπάκι.
- Η κυψελίδα τοποθετείται στη χαραγή.
- Η διαδικασία μηδενισμού του οργάνου είναι η ίδια με παραπάνω.
- Η κυψελίδα απομακρύνεται από το όργανο και προστίθεται το περιεχόμενο ενός φακέλου HI 93707. Το καπάκι επανατοποθετείται και η κυψελίδα ανακινείται ελαφρά για περίπου 15 δευτερόλεπτα.
- Η κυψελίδα εισάγεται στο όργανο.
- Επιλέγεται το 'TIMER' και η οθόνη δείχνει την αντίστροφη μέτρηση για τα νιτρικά ή εναλλακτικά, επιλέγεται το 'READ DIRECT', αφού περάσουν 6 λεπτά.

- Το όργανο παρέχει άμεσα τη συγκέντρωση του αζώτου των νιτρωδών σε mg/L. Για τη μετατροπή σε νιτρώδη, πολλαπλασιάζουμε με 3,29.

Πιθανές παρεμβολές στο αποτέλεσμα της μέτρησης δύνανται να αφορούν τα παρακάτω:

- Ποικίλα ιόντα, όπως σιδήρου, υδραργύρου, αργύρου, αντιμονίου, βισμούθιου, μολύβδου.
- Ισχυρά οξειδωτικά και αναγωγικά αντιδραστήρια.
- Υψηλά επίπεδα νιτρικών (πάνω από 100 mg/L) μπορούν να οδηγήσουν σε εσφαλμένα υψηλές μετρήσεις, λόγω της μικρής αναγωγής τους σε νιτρώδη που μπορεί να συμβεί σε αυτά τα επίπεδα.

6.4.2.4 Αμμωνία

Όσον αφορά την αμμωνία, ο ακόλουθος πίνακας συνοψίζει τις προδιαγραφές, καθώς και τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούνται.

<u>Πίνακας 23:</u> Προδιαγραφές και απαιτούμενα αντιδραστήρια για τη μέτρηση της αμμωνίας

Προδιαγραφές - Απαιτούμενα αντιδραστήρια	
Κλίμακα	0,00 mg/L έως 3,00 mg/L
Ανάλυση	0,01 mg/L
Ακρίβεια	± 0,04 mg/L ± 4% επί της ανάγνωσης
Τυπική απόκλιση	± 0,01 mg/L
Πηγή φωτός	Λάμπα βολφραμίου με φίλτρο στενής παρεμβολής στα 420 nm.
Μέθοδος	Υιοθέτηση της μεθόδου 'Nessler, ASTM Manual of Water and Environmental Technology, D1426-92'. Η αντίδραση μεταξύ αμμωνίας και του αντιδραστηρίου προκαλεί μια κιτρινωπή απόχρωση στο δείγμα.
Απαιτούμενα αντιδραστήρια	Πρώτα 4 σταγόνες HI 93700A-0 και κατόπιν, 4 σταγόνες HI 93700B-0

Η διαδικασία μέτρησης περιγράφεται παρακάτω:

- Επιλέγεται το πρόγραμμα για την αμμωνία χαμηλής περιεκτικότητας.
- Η κυψελίδα γεμίζει με 10 mL δείγματος.
- Για το μηδενισμό του οργάνου, ακολουθούνται τα ίδια βήματα με παραπάνω.
- Προσθέτονται 4 σταγόνες από το πρώτο αντιδραστήριο στην κυψελίδα, επανατοποθετείται το καπάκι και ακολουθεί ανάμιξη.
- Κατόπιν, προσθέτονται 4 σταγόνες από το δεύτερο αντιδραστήριο στην κυψελίδα, επανατοποθετείται το καπάκι και ακολουθεί ανάμιξη.
- Ο απαιτούμενος χρόνος, εδώ, για να πραγματοποιηθεί η μέτρηση είναι 3 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα.
- Το όργανο μετρά άμεσα τη συγκέντρωση του αμμωνιακού αζώτου σε mg/L. Για τη μετατροπή σε αμμωνία πολλαπλασιάζουμε με 1,216.

Εδώ, οι παρεμβολές στη μέτρηση είναι πιθανό να προέρχονται από: ακετόνη, αλκοόλες, αλδεϋδες, γλυκίνη, σίδηρο, οργανικές χλωραμίνες, σουλφίδια, ποικίλες αλιφατικές και αρωματικές αμίνες, καθώς και σκληρότητα πάνω από 1 g/L.

6.4.2.5 Φωσφορικά ιόντα

Πάνω στο ίδιο μοτίβο με παραπάνω, για τα φωσφορικά έχουμε:

<u>Πίνακας 24:</u> Προδιαγραφές και απαιτούμενα αντιδραστήρια για τη μέτρηση των φωσφορικών

Προδιαγραφές - Απαιτούμενα αντιδραστήρια	
Κλίμακα	0,00 mg/L έως 2,50 mg/L
Ανάλυση	0,01 mg/L
Ακρίβεια	± 0,04 mg/L ± 4% επί της ανάγνωσης
Τυπική απόκλιση	± 0,01 mg/L
Πηγή φωτός	Λάμπα βολφραμίου με φίλτρο στενής παρεμβολής στα 610 nm.
Μέθοδος	Υιοθέτηση της μεθόδου του Ασκορβικού Οξέος. Η αντίδραση μεταξύ φωσφορικών και του αντιδραστηρίου προκαλεί μια κυανή απόχρωση στο δείγμα.
Απαιτούμενα αντιδραστήρια	1 φακελάκι HI 93713-0

Για τη μέτρηση των φωσφορικών πράττονται τα ακόλουθα:

- Επιλέγεται το πρόγραμμα για τα φωσφορικά χαμηλής περιεκτικότητας.
- Προσθέτονται 10 mL στην κυψελίδα.
- Τα βήματα μηδενισμού είναι ταυτόσημα με προηγουμένως.
- Το περιεχόμενο ενός φακέλου HI 93713 προστίθεται στην κυψελίδα, η οποία και ανακινείται ελαφρά (για περίπου 2 λεπτά), μέχρι την πλήρη διάλυση της σκόνης.
- Η μέτρηση λαμβάνεται μετά από τρίλεπτη παραμονή της κυψελίδας στο όργανο. Το τελευταίο δείχνει άμεσα τη συγκέντρωση των φωσφορικών σε mg/L στην οθόνη υγρού κρυστάλλου.

Παρεμβολές στην εν λόγω μέτρηση είναι δυνατό να συμβαίνουν από:

- Σίδηρο (πάνω από 50 mg/L)
- Χαλκό (πάνω από 10 mg/L)
- Πυρίτιο (πάνω από 50 mg/L)
- Πυριτικό άλας (πάνω από 10 mg/L)
- Υδρόθειο, αρσενικό, θολερό δείγμα, αλλά και υψηλά ρυθμισμένα δείγματα.

6.4.3 Φαινόλες

Ο ποσοτικός προσδιορισμός των φαινολικών ενώσεων στα δείγματα έγινε με τη βοήθεια της μεθόδου Folin-Ciocalteau. Επί της αρχής της μεθόδου, παρουσία του αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteau, οι φαινόλες οξειδώνονται προς τις αντίστοιχες κινόνες και τα προαναφερθέντα οξέα ανάγονται, μερικώς, από την κατάσταση σθένους +6, σε ένα μείγμα ενώσεων με σθένη +6 και +5. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή συμπλόκου κυανού χρώματος, το οποίο και φωτομετρείται στα 725 nm (Box, 1983).

Ως προς την αναλυτική πορεία της διαδικασίας, αρχικά, με τη βοήθεια καφεϊκού οξέος (1 mg/mL), δημιουργούμε πρότυπα διαλύματα (σε αιθανόλη) φαινολικών ενώσεων, που περιέχουν από 1,5 έως 60 μg φαινολών. Κατόπιν, τα πρότυπα αυτά διαλύματα εξατμίζονται μέχρι ξηρού σε ρεύμα αζώτου, και προστίθενται διαδοχικά 3,5 mL απιονισμένου νερού και 0,1 mL Folin-Ciocalteau, με ισχυρή ανάδευση. Σε έτερους γυάλινους σωλήνες προστίθενται 3,5 mL από τα προς εξέταση δείγματα, καθώς και 0,1 mL Folin-Ciocalteau, ενώ αναδεύουμε ισχυρά. Εδώ, δημιουργείται και

τυφλό δείγμα, με τη χρήση απιονισμένου νερού. Μετά από παραμονή 3 λεπτών, προστίθενται 0,4 mL ανθρακικού νατρίου (35% w/v), τόσο στα πρότυπα διαλύματα, όσο και στα δείγματα (εξεταζόμενα και τυφλό). Το ανθρακικό νάτριο δρα ως μέσο αλκαλικότητας. Το όλο μείγμα, αφού αναδευτεί έντονα, αφήνεται προς αντίδραση για 1 ώρα σε ηρεμία. Ακολουθεί φωτομέτρηση στα 725 nm, έχοντας μηδενίσει το φωτόμετρο (Shimadzu-UV mini1240) με το τυφλό μας δείγμα. Με τα πρότυπα διαλύματα φαινολικών ενώσεων και τα αποτελέσματα της φωτομέτρησης κατασκευάζεται η πρότυπη καμπύλη αναφοράς, βάσει της οποίας προσδιορίζεται η συγκέντρωση σε φαινόλες των εξεταζόμενων δειγμάτων (Box, 1983).

6.4.4 Μικροβιολογικές παράμετροι

Η μέθοδος που θα χρησιμοποιηθεί κατά κόρον στις μικροβιολογικές αναλύσεις είναι η ‘μέθοδος διήθησης μέσω μεμβράνης’ (Membrane Filter Method). Σύμφωνα με αυτήν, ένας προκαθορισμένος όγκος νερού διηθείται υπό κενό, με χρήση μιας μεμβράνης νιτρικής κυτταρίνης, που φέρει πόρους σταθερής διαμέτρου (συνήθως, 0,45 μm). Τα βακτήρια, λοιπόν, κατακρατώνται στην επιφάνεια της μεμβράνης, η οποία και τοποθετείται σε κατάλληλο εκλεκτικό θρεπτικό υλικό εντός στείρου δοχείου και επωάζεται σε κατάλληλη θερμοκρασία. Πιο αναλυτικά, η μέθοδος έχει ως εξής (Bartram and Pedley, 1996; Standing Committee of Analysts, 2002b):

- Αποστειρώνουμε τις λαβίδες που επρόκειτο να χρησιμοποιήσουμε σε φλόγα και τις αφήνουμε να επανέλθουν σε θερμοκρασία δωματίου
- Προσεχτικά απομακρύνουμε την αποστειρωμένη μεμβράνη διήθησης από τη συσκευασία της και την κρατούμε με τη λαβίδα από τα άκρα της.
- Τοποθετούμε τη μεμβράνη στη συσκευή διήθησης, η οποία και πρέπει να έχει αποστειρωθεί. Κι εδώ, πρέπει αυτή να έχει επανέλθει σε θερμοκρασία δωματίου πριν την τοποθέτηση της μεμβράνης.
- Το δείγμα αναμειγνύεται, αναποδογυρίζοντας το δοχείο πολλές φορές. Ο προκαθορισμένος όγκος προστίθεται με χρήση πιπέτας ή κυλίνδρου, ανάλογα με τον όγκο. Αν ο όγκος του δείγματος προς διήθηση είναι μικρότερος των 10 mL, προστίθενται 10-20 mL αποστειρωμένου διαλύτη (όπως, το διάλυμα Ringer’s 1/4), πριν τη προσθήκη του δείγματος. Αυτό βοηθά τη διάχυση των βακτηρίων σε όλη την επιφάνεια της μεμβράνης διήθησης. Από την άλλη, αν επρόκειτο να

μετρηθούν διαφορετικοί όγκοι, ο μικρότερος διηθείται πρώτα με τους υπόλοιπους να ακολουθούν. Το αντίστοιχο πρέπει να συμβαίνει για τα μολυσμένα δείγματα: το λιγότερο μολυσμένο να διηθείται πρώτα.

- Εφαρμόζεται κενό (δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 65 KPa ή αντίστοιχα, τα 500 mm της στήλης υδραργύρου) και το δείγμα διηθείται αργά.
- 20-30 mL αποστειρωμένου ρυθμισμένου νερού καταβρέχουν τα τοιχώματα της συσκευής.
- Κλείνουμε τη συσκευή αμέσως μετά τη διήθηση του κάθε δείγματος, ώστε όσο το δυνατό λιγότερος αέρας να περάσει μέσα από το φίλτρο
- Η μεμβράνη απομακρύνεται από τη συσκευή διήθησης με χρήση λαβίδων, αγγίζοντας μόνο τις άκρες της μεμβράνης.
- Η μεμβράνη τοποθετείται σε τρυβλίο Petri, που ήδη περιέχει το θρεπτικό υλικό, αποφεύγοντας το σχηματισμό φυσαλίδων.
- Αν οι μεμβράνες πρόκειται να επωαστούν στους 44-44,5 ^{o}C, τα βακτήρια χρειάζεται να παραμείνουν σε θερμοκρασία δωματίου για 2 ώρες πριν την είσοδό τους στον επωαστικό θάλαμο. Γενικότερα και πολύ περισσότερο για μικρότερες θερμοκρασίες, ο χρόνος που μεσολαβεί από το τελευταίο βήμα της διαδικασίας διήθησης μέχρι το στάδιο της επώασης θα πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρότερος και όχι μεγαλύτερος από τις 2 ώρες.
- Μετά την επώαση στον επωαστικό θάλαμο, μετρώνται οι αποικίες. Τα αποτελέσματα εκφράζονται ως αριθμός αποικιών ανά 100 mL δείγματος.
  αριθμός αποικιών/100mL = (αριθμός αποικιών στο φίλτρο x 100)/ όγκος διήθησης (mL)
- Η συσκευή αποστειρώνεται, αν επρόκειτο να ξαναχρησιμοποιηθεί.

Σχολιάζοντας την εν λόγω μέθοδο, αυτή δεν είναι κατάλληλη για τα ύδατα υψηλής περιεκτικότητας σε αιωρούμενα στερεά και ιζήματα, καθώς αυτά δύνανται να μπλοκάρουν τη μεμβράνη προτού ακόμα διηθηθεί ο απαραίτητος όγκος δείγματος. Επίσης, οι όποιες συσσωματωμένες εναποθέσεις στο μεμβρανώδες φίλτρο δύνανται να καλύπτουν ή και να αναστέλλουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Κατά την καταμέτρηση, τώρα, των αποικιών, θεωρείται πως κάθε βακτήριο, κάθε βακτηριακό συσσωμάτωμα ή κάθε σωμάτιο που φέρει προσκολλημένα βακτήρια θα σχηματίσει και μια μόνο αποικία. Έτσι, κάθε σωμάτιο ύλης ή βακτηριακό συσσωμάτωμα θεωρείται 'βιώσιμη αναπαραγωγική μονάδα' (Colony Forming Unit, CFU), ενώ τα αποτελέσματα εκφράζονται ως CFU/μονάδα όγκου (Bartram and Pedley, 1996).

6.4.4.1 Ολικά ετερότροφα βακτήρια

Εδώ, για την καταμέτρηση των ολικών ετερότροφων βακτηρίων έγινε χρήση της μεθόδου ‘επίστρωση σε τρυβλία’. Για το σκοπό αυτό, οι όγκοι δείγματος που χρησιμοποιήθηκαν διακυμάνθηκαν μεταξύ 1 και 10^{-3} mL, ανάλογα με το αναμενόμενο μικροβιακό φορτίο. Δεδομένων των όγκων αυτών, αλλά και του γεγονότος πως η μέθοδος καθαυτή απαιτεί επίστρωση 0,1 ή 1 mL σε τρυβλία, ακολουθήθηκε η ‘μέθοδος των διαδοχικών δεκαδικών αραιώσεων’, κάνοντας χρήση διαλύματος Ringer’s 1/4 (μία ταμπλέτα ανά 500 mL απιονισμένου νερού και αποστείρωση στους 121 ^{o}C για 15 λεπτά). Σημειώνεται πως η επίστρωση πραγματοποιείται σε θρεπτικό υλικό Plate Count Agar (23,5 g/L, IDG, αποστείρωση στους 121 ^{o}C για 15 λεπτά), με τη βοήθεια ειδικά διαμορφωμένης υάλινης ράβδου, μέχρι πλήρους απορροφήσεως του υγρού. Για κάθε δείγμα κάνουμε χρήση 2 κλασμάτων όγκου (οι οποίοι διαφέρουν μια τάξη μεγέθους) και επιστρώνουμε σε 3 τρυβλία για τον καθένα από αυτούς. Η πρώτη ενέργεια αφορά τον εντοπισμό του αναμενόμενου μικροβιακού φορτίου εντός μιας επιθυμητής αριθμητικής κλίμακας, ενώ η δεύτερη γίνεται για λόγους επαναληψιμότητας. Ακολουθεί επώαση των τρυβλίων υπό αερόβιες συνθήκες, στους 30 ^{o}C για 48 ώρες. Κατόπιν αυτού, καταμετρώνται οι βακτηριακές αποικίες που σχηματίζονται.

Εδώ, επισημαίνεται πως τα τρυβλία που έχουν 30-300 αποικίες θεωρούνται σημαντικά. Αυτό συμβαίνει, διότι με πάνω από 300 αποικίες, η πλάκα γίνεται πολύ πυκνοκατοικημένη για να επιτρέψει σε κάθε κύτταρο να σχηματίσει ορατή αποικία, ενώ για κάτω από 30, το εκατοστιαίο σφάλμα μετρήσεως γίνεται πολύ μεγάλο. αποικίες Έτσι, τρυβλία με υπερβολικά πολλές αποικίες ή αποικίες σε συσσωματώματα απορρίπτονται, λόγω της μεγάλης πιθανότητας οι αποικίες να προέρχονται από περισσότερα του ενός κύτταρα. Επιπλέον, είναι κρίσιμο να θυμόμαστε πως διαφορετικά βακτηριακά είδη έχουν διαφορετικές θρεπτικές, αλλά και περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Κάτι τέτοιο εξηγεί, γιατί ένα μόνο θρεπτικό μέσο δεν εξασφαλίζει την ακριβή εκτίμηση του συνολικού πληθυσμού (Tchobanoglous and Schroeder, 1985).

6.4.4.2 Εντερόκοκκοι

Τηρώντας τη διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω, επιλέγονται όγκοι δείγματος που να εξασφαλίζουν μετρήσιμο αριθμό αποικιών, αν είναι δυνατό, μεταξύ 20 και 80 (Standing Committee of Analysts, 200b). Για να αυξήσουμε την πιθανότητα να επιτύχουμε κάτι τέτοιο, διηθούμε δύο διαφορετικούς όγκους για κάθε δείγμα, είτε το συνδυασμό 1-10 mL, είτε το 10-100 mL, ανάλογα με αναμενόμενο μικροβιακό φορτίο. Σημειώνεται πως για κάθε όγκο πραγματοποιούνται τρεις επαναλήψεις.

Το εκλεκτικό υλικό που χρησιμοποιείται για την ακολουθούσα επώαση είναι το Slanetz&Bartley Medium - Membrane Enterococcus Agar - (IDG, 43,5 g/L). Για την παρασκευή αυτού, διαλύονται 43,5 g του υλικού σε 1 L απιονισμένου νερού, αναδεύοντας ελαφρά και θερμαίνοντας μέχρι βρασμού, με τη χρήση φούρνου μικροκυμάτων, έως ότου επέλθει ομογενοποίηση. Το εκλεκτικό υλικό αφήνεται να κρυώσει ως τους 47 ^{0}C και κατόπιν, εκχύνεται σε τρυβλία.

Ακολουθεί επώαση στους 37 ^{0}C, για 48 ώρες και τελικά, η καταμέτρηση εκείνων των αποικιών, που εμφανίζονται κόκκινες, καστανές ή ροζ, έχοντας λείο και κυρτό σχήμα. Αυτές θεωρούνται ενδεικτικές εντερόκοκκων. Εντούτοις, κάποιοι τύποι εντερόκοκκων μπορεί να δώσουν ιδιαίτερα ωχρές (pale) αποικίες. Το μέγεθος, τώρα, των αποικιών ποικίλει, αν και συνήθως δεν είναι μικρότερο των 0,5 mm. Επισημαίνεται, εδώ, πως κάποια είδη *Bacillus* δίνουν ροζ αποικίες, οι οποίες όμως είναι τραχιές, επίπεδες και ενίοτε, διασπαρμένες. Τέλος, κάποια είδη *Aerococcus* και *Staphylococcus* δύνανται να αναπτυχθούν στο άγαρ των εντερόκοκκων, σχηματίζοντας κόκκινες αποικίες (Standing Committee of Analysts, 2002b).

6.4.4.3 Ολικά κολίμορφα - *Escherichia coli*

Για την εκτίμηση του πληθυσμού των ολικών κολίμορφων (Total coliforms) και *Escherichia coli* βακτηρίων στα δείγματα εφαρμόστηκε καταρχάς η ‘μέθοδος διήθησης μέσω μεμβράνης’ (Membrane Filter Method), ακολουθούμενη από επώαση σε εκλεκτικό και διαφορικό θρεπτικό υπόστρωμα, ολοκληρώνοντας με την καταμέτρηση των βιώσιμων αναπαραγωγικών μονάδων.

Με την τεχνική, που περιγράφεται εκτενώς σε προηγούμενο σημείο, διηθούμε μικρή ποσότητα (0,1 mL, 1 mL ή 10 mL) δείγματος, ανάλογα με το αναμενόμενο

μικροβιακό φορτίο. Για κάθε δείγμα, διηθούνται δύο όγκοι, που διαφέρουν μια τάξη μεγέθους, προκειμένου να λάβουμε αποδεκτό αριθμό αποικιών μετά την επώαση. Για κάθε διαφορετικό όγκο, πραγματοποιούμε τρεις επαναλήψεις. Κατόπιν, τα φίλτρα μεταφέρονται σε μικρά τρυβλία Petri, που είναι ήδη πληρωμένα με θρεπτικό υπόστρωμα Chromocult (Chromocult coliform agar, Merck, 26,5 g/L). Ως προς την παρασκευή του τελευταίου, 26,5 g διαλύονται σε 1 L απιονισμένου νερού, αναδεύοντας ελαφρά και θερμαίνοντας μέχρι βρασμού, με τη χρήση φούρνου μικροκυμάτων, έως ότου επέλθει ομογενοποίηση. Το υλικό αφήνεται να κρυώσει ως τους 45-50 ^{o}C και κατόπιν, εκχύνεται σε τρυβλία. Τα τρυβλία επωάζονται υπό αερόβιες συνθήκες, στους 37 ^{o}C, για 24 ώρες και ακολουθεί καταμέτρηση των αποικιών, που έχουν σχηματιστεί πάνω στο φίλτρο.

Ως προς την ταυτοποίηση, η Merck έχει αναπτύξει ένα συνδυασμό δύο χρωμογενών υποστρωμάτων, τα οποία και επιτρέπουν την ταυτόχρονη ανίχνευση των ολικών κολίμορφων και *E. coli*. Το χαρακτηριστικό ένζυμο για τα κολίμορφα είναι η β-γαλακτοσιδάση, η οποία και πέπτει το υπόστρωμα Salmon-GAL, προκαλώντας ένα χρωματισμό σωμών προς κόκκινο για τις αποικίες τους. Αναφορικά, τώρα, με την ταυτοποίηση του *E. coli*, γίνεται χρήση του υποστρώματος Χ-γλυκουρονιδίου. Αυτό αναγνωρίζεται από το ένζυμο β-D-γλυκουρονιδάση, που είναι χαρακτηριστικό του οργανισμού. Επισημαίνεται, εδώ, πως το *E. coli* πέπτει, τόσο το Salmon-GAL, όσο και το Χ-γλυκουρονίδιο, με αποτέλεσμα οι θετικές αποικίες *E. coli* να αποκτούν ένα σκούρο κυανό προς μωβ χρώμα. Συνοψίζοντας, τα ολικά κολίμορφα δίνουν σωμόν προς κόκκινες αποικίες (αντίδραση Salmon-GAL), αλλά και σκούρες κυανές προς μωβ (*E. coli*). Από την άλλη, τα *E. coli* δίνουν σκούρες κυανές προς μωβ αποικίες (αντιδράσεις Salmon-GAL και Χ-γλυκουρονιδίου). Βέβαια, στα ίδια τρυβλία μπορεί να υπάρχουν και κάποια άλλα Gram- βακτήρια, με άχρωμες αποικίες, εκτός από μερικά που κατέχουν δραστικότητα του ενζύμου β-D-γλυκουρονιδάση. Στην τελευταία περίπτωση, οι αποικίες εμφανίζονται ελαφρώς γαλάζιες προς τιρκουάζ, οπότε απαιτείται προσοχή, ώστε να μην εκληφθούν ως *E. coli*. Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις αμφιβολίας, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η παρουσία *E. coli*, καλύψαμε την αποικία με μια σταγόνα από το αντιδραστήριο ινδολίου KOVACS. Τότε, αν το χρώμα του αντιδραστηρίου γίνει κόκκινο-κερασί με την παρέλευση μερικών δευτερολέπτων, η θετική αντίδραση σχηματισμού ινδολίου επιβεβαιώνει την παρουσία *E. coli* (Microbiology Manual 2000, Merck).

6.4.4.4 *Clostridium perfringens*

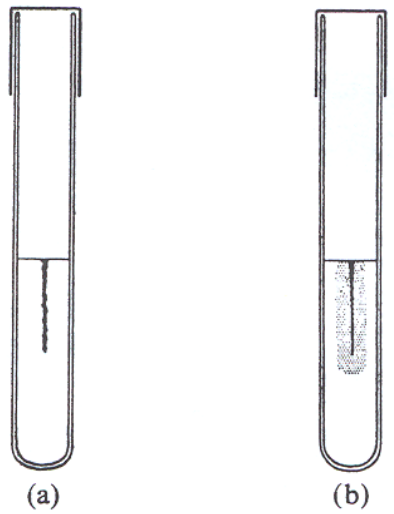
Ακολουθούμε τη διαδικασία διήθησης, όπως και παραπάνω, φιλτράροντας όγκους 10 mL και 100 mL από κάθε δείγμα, με τρεις επαναλήψεις. Το εκλεκτικό υλικό που χρησιμοποιείται εδώ είναι το Perfringens Agar Base (TSC - Tryptose Sulphite Cycloserine) (IDG, 46 g/L). Έτσι, διαλύονται 46 g σε ένα λίτρο απιονισμένου νερού και ακολουθεί αποστείρωση στους 121 ^{o}C για 10 λεπτά. Το υλικό αφήνεται να κρυώσει και προτού αυτό εκχυθεί σε τρυβλία, προστίθενται 2 φιαλίδια αντιβιοτικού X194 στο λίτρο. Επωάζουμε τα προκύπτοντα τρυβλία υπό αναερόβιες συνθήκες, στους 44 ^{o}C, ενώ με την πάροδο 24 ωρών, καταμετρώνται όλες οι μαύρες αποικίες που έχουν αναπτυχθεί.

Στη συνέχεια ακολουθεί δειγματοληπτικός έλεγχος των ύποπτων αποικιών με διάφορους ελέγχους επιβεβαίωσης: έλεγχος κινητικότητας, αναγωγής των νιτρικών, υδρόλυσης της ζελατίνης και ζύμωσης της λακτόζης. Κάνοντας, τώρα, λόγο για τους διάφορους ελέγχους επιβεβαίωσης, καλλιεργούμε έναν κατάλληλο αριθμό μαύρων αποικιών. Μιας και ο σκοπός μας είναι η εκτίμηση του αριθμού των παρόντων οργανισμών, τότε για μεγαλύτερη ακρίβεια, καλλιεργήθηκαν όλες οι αποικίες, όταν οι αποικίες στο σύνολό τους είναι λιγότερες από δέκα. Εναλλακτικά, όταν οι αποικίες είναι περισσότερες από δέκα, τότε καλλιεργήσαμε τουλάχιστο δέκα από αυτές (Standing Committee of Analysts, 2002c). Με τη λογική αυτή, σε πρώτη φάση, έγινε εμβολιασμός των ύποπτων για *Clostridium perfringens* αποικιών σε δοκιμαστικούς σωλήνες, με θρεπτικό υλικό Fluid Thioglycollate Medium (Merck, 30 g/L). Το τελευταίο παρασκευάστηκε, αφού διαλύθηκαν 30 g υλικού σε 1 λίτρο απιονισμένου νερού και ακολούθησε αποστείρωση στους 121 ^{o}C, για 15 λεπτά, των προπληρωμένων με 10 mL θρεπτικού δοκιμαστικών σωλήνων. Κατόπιν, ακολούθησε επώαση υπό αναερόβιες συνθήκες στους 37 ^{o}C.

Ακολουθεί - με ασηπτική τεχνική - εμβολιασμός του μικροοργανισμού από τους δοκιμαστικούς σωλήνες με Fluid Thioglycollate Medium σε δοκιμαστικούς σωλήνες με Buffered nitrate-motility medium (Harmon and Kautter, 1978) και σε έτερους με Lactose-gelatin medium (Hauschild and Hillsheimer, 1974), οι οποίοι έχουν ήδη αποστειρωθεί στους 121 ^{o}C, για 15 λεπτά. Οι πρώτοι σωλήνες επωάζονται αναερόβια στους 37 ^{o}C, για 24 ώρες, ενώ οι δεύτεροι στην ίδια θερμοκρασία, αλλά για 48 ώρες (Standing Committee of Analysts, 2002c). Σημειώνεται στο παράρτημα (Πίνακες 12

και 13) η συνταγή παρασκευής των ανωτέρω δύο θρεπτικών, μιας και δεν υπήρξε δυνατή η πρόσβασή μας σε έτοιμο εμπορικό προϊόν, αν υπάρχει.

Η ανάπτυξη, δίχως κινητικότητα και επομένως, διάχυση στο buffered nitrate-motility medium καταδεικνύει την ύπαρξη *Clostridium perfringens* (Standing Committee of Analysts, 2002c). Έχει παρατηρηθεί πως τα βακτήρια που έχουν δυνατότητα κίνησης εντός ημιστερεού άγαρ δίνουν μια διάχυτη ανάπτυξη, η οποία και είναι εύκολα ορατή με γυμνό μάτι, αφήνοντας το θρεπτικό μέσο ελαφρώς αδιαφανές. Εκείνα τα βακτήρια που στερούνται κίνησης δίνουν, γενικά, μια ανάπτυξη κατά μήκος της γραμμής εμβολιασμού, με σαφώς καθορισμένα όρια, αφήνοντας το περιβάλλον θρεπτικό μέσο άκρως διαυγές, όπως φαίνεται και στην ακόλουθη εικόνα (Collee *et al*., 1996b).



<u>Εικόνα 24:</u> (a) ανάπτυξη ενός μη κινούμενου οργανισμού, η οποία περιορίζεται κατά μήκος της γραμμής εμβολιασμού σε ημιστερεό θρεπτικό άγαρ και (b) διάχυτη ανάπτυξη ενός οργανισμού ικανού κίνησης, η οποία επεκτείνεται υπό μορφή ζώνης θολερότητας γύρω από τη γραμμή εμβολιασμού (Collee *et al*., 1996b).

Επιπλέον, όταν η προσθήκη των αντιδραστηρίων Α και Β στο ίδιο μέσο, οδηγήσει σε κόκκινο χρώμα (ένδειξη αναγωγής νιτρικών) του buffered nitrate-motility θρεπτικού μέσου, θεωρείται και θετική ένδειξη για την ύπαρξη *Clostridium perfringens* (Standing Committee of Analysts, 2002c). Ο έλεγχος αυτός ανιχνεύει την ικανότητα ενός οργανισμού να ανάγει τα νιτρικά. Κατά τον έλεγχο αυτόν, λοιπόν, ο

οργανισμός αναπτύσσεται για μια ή περισσότερες ημέρες σε θρεπτικό μέσο νιτρικών και κατόπιν, το θρεπτικό εξετάζεται για στοιχεία που να υποδηλώνουν την αναγωγή των νιτρικών. Πιο αναλυτικά, προστίθενται 0,5 mL από το 'nitrite reagent A' και 0,5 mL 'nitrite reagent B' στην καλλιέργεια προς έλεγχο των νιτρωδών. Και τα δύο αυτά αντιδραστήρια θα ενωθούν με τα παρόντα νιτρώδη προς σχηματισμό κόκκινης χρωστικής. Η απουσία του κόκκινου χρώματος σημαίνει είτε μη αναγωγή των νιτρικών, είτε σχηματισμό νιτρωδών, που όμως ανήχθηκαν σε άζωτο ή αμμωνία. Προκειμένου να διαχωρίσουμε τις δύο πιθανότητες, το θρεπτικό μέσο ελέγχεται για την παρουσία νιτρικών με την προσθήκη ίχνους ψευδαργύρου (ο οποίος και ανάγει τα νιτρικά σε νιτρώδη). Αν τα νιτρικά είναι παρόντα και επομένως, δεν έχουν αναχθεί από τον οργανισμό, η προσθήκη του ψευδαργύρου θα προκαλέσει ένα κόκκινο χρωματισμό, καθώς τα νεοσχηματιζόμενα νιτρώδη θα αντιδράσουν με τα αντιδραστήρια στο θρεπτικό μέσο (Singleton, 2001). Άρα, η ύπαρξη κόκκινου χρώματος μετά τη χρήση ψευδαργύρου καταδεικνύει την απουσία *Clostridium perfringens* και αντίστοιχα, η απουσία χρώματος επικυρώνει την παρουσία του εν λόγω μικροοργανισμού.

Την επόμενη μέρα και αφού έχει ολοκληρωθεί η επώαση και του δεύτερου μέσου, παρατηρείται κίτρινος χρωματισμός (ένδειξη ζύμωσης λακτόζης) του lactose-gelatin medium, υποδηλώνοντας θετική αντίδραση για την ύπαρξη του εν λόγω μικροοργανισμού. Κατόπιν επώασης, οι δοκιμαστικοί σωλήνες τοποθετούνται στο ψυγείο για τουλάχιστον 1 ώρα, πριν παρατηρήσουμε αν έχει λάβει χώρα υγροποίηση της ζελατίνης (Standing Committee of Analysts, 2002c).

Ο αριθμός, τώρα, των επιβεβαιωμένων αποικιών των *Clostridium perfringens* υπολογίζεται, πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των υποθετικών *Clostridium perfringens* με το ποσοστό των απομονωμένων, που ταυτόχρονα δεν κινούνται, ανάγουν τα νιτρικά, ζυμώνουν τη λακτόζη και τέλος, υγροποιούν τη ζελατίνη (Standing Committee of Analysts, 2002c).

6.4.4.5 *Salmonella* spp.

Για την εκτίμηση του πληθυσμού της Σαλμονέλλας στα δείγματα έγινε χρήση της τεχνικής 'membrane filtration-multiple tube'. Κατ' αυτήν, πραγματοποιήθηκε διήθηση (όπως περιγράφεται και ανωτέρω) 10 mL δείγματος, με πέντε επαναλήψεις

και μια των 50 mL. Η μέθοδος περιλαμβάνει τρία στάδια: προεμπλουτισμό, εμπλουτισμό, επίστρωση σε εκλεκτικά θρεπτικά υποστρώματα. Τα 6 συνολικά φίλτρα για κάθε δείγμα μεταφέρθηκαν ασηπτικά σε δοκιμαστικούς σωλήνες, πληρωμένους με buffered Peptone Water (Merck, 25,5 g/L), ήδη αποστειρωμένους στους 121 ^{o}C για 15 λεπτά, εξασφαλίζοντας πως το μεμβρανώδες φίλτρο είναι πλήρως βυθισμένο. Κάθε δοκιμαστικός σωλήνας με buffered peptone water, αφού ανακινηθεί επαρκώς, επωάζεται για 24 ώρες, στους 37 ^{o}C (προεμπλουτισμός). Εν συνεχεία, κατόπιν καλής ανάμιξης, καλλιεργείται 0,1 mL από κάθε δοκιμαστικό σωλήνα σε έτερο, που φέρει θρεπτικό μέσο εμπλουτισμού Rappaport Vasiliadis (RVS Broth, Merck, 41,8 g/L, αποστείρωση στους 115 ^{o}C για 15 λεπτά) με ακόλουθη επώαση στους 41,5 ^{o}C για 24 ώρες (εμπλουτισμός). Ακολουθεί λήψη του θρεπτικού μέσου εμπλουτισμού από τον κάθε δοκιμαστικό σωλήνα και γραμμική διασπορά του σε διακριτά τρυβλία Petri με Xylose Lysine Desoxycholate -XLD- άγαρ (IDG, 53,5 g/L) και επώαση στους 37 ^{o}C για άλλες 24 ώρες (Standing Committee of Analysts, 2002d). Ως προς την παρασκευή του XLD, διαλύουμε 53,5 g από το υλικό σε 1 L απιονισμένου νερού, θερμαίνουμε μέχρι βρασμού (σε φούρνο μικροκυμάτων) και ψύχουμε ως τους 47 ^{o}C, προτού εκχύσουμε σε τρυβλία. Συνεχίζουμε τον καθαρισμό σε XLD έως, ότου επιτευχθεί καθαρή καλλιέργεια, με τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των αποικιών της Σαλμονέλλας.

Αναφορικά με τη μορφολογία των αποικιών *Salmonella* spp., αυτή μπορεί να είναι τυπική, αλλά και μη τυπική. Και στις δυο περιπτώσεις, γίνεται χρήση του άγαρ XLD (Xylose Lysine Desoxycholate). Όταν η *Salmonella* spp. δίνει τυπικής μορφολογίας αποικίες, κάνοντας χρήση XLD, βλέπουμε ροζ αποικίες με ή χωρίς μαύρα κέντρα. Μάλιστα, πολλές καλλιέργειες μπορεί να δώσουν αποικίες με μεγάλα μαύρα κέντρα ή μπορεί να εμφανίζονται ως σχεδόν εξ' ολοκλήρου μαύρες αποικίες. Προχωρώντας, τώρα, στις μη τυπικές αποικίες, αυτές είναι κίτρινες με ή χωρίς μαύρα κέντρα (Andrews and Hammack, 2003). Παρόλα αυτά, οι κίτρινες (όξινες) αποικίες μπορεί να οφείλονται σε εντεροβακτήρια, όπως το *E. coli*, *Proteus* και *Citrobacter*. Προς μεγαλύτερη δυσκολία μας, κάποια στελέχη *Proteus* και *Citrobacter* που παράγουν υδρόθειο προκαλούν μαύρισμα των αποικιών μετά το πέρας των 18-24 ωρών (Old, 1996). Σημειώνεται, εδώ, πως στην απουσία τυπικών αποικιών μετά από 24 ώρες επώασης, συνίσταται επιλογή 2 ή περισσοτέρων μη τυπικών αποικιών (Andrews and Hammack, 2003). Από την άλλη, τα στελέχη *Salmonella* spp. και *Shigella* spp. δίνουν κόκκινες αποικίες. Παρόλα αυτά, τα περισσότερες στελέχη

σαλμονέλλας διακρίνονται από αυτά του γένους *Shigella* διότι τα πρώτα παράγουν υδρόθειο, το οποίο και αντιδρά με ferric ammonium citrate, παράγοντας μαύρα κέντρα εντός των κόκκινων αποικιών τους. Εντούτοις, οι H_2S- αρνητικές σαλμονέλες (όπως, η Paratyphi A) σχηματίζουν κόκκινες αποικίες χωρίς μαύρα κέντρα (Old, 1996). Πάντως, σε γενικές γραμμές, σύμφωνα με την Standing Committee of Analysts (2002d), οι αποικίες σαλμονέλλας παρουσιάζονται κόκκινες, λείες, διαμέτρου 2-3 mm και με μαύρα κέντρα ή εξολοκλήρου μαύρες αποικίες.

Αφού έχουμε επιτύχει καθαρές καλλιέργειες, ύποπτες για σαλμονέλλα, σε XLD κάνουμε εμβολιασμό αποικιών σε nutrient agar (IDG, 28 g/L, αποστείρωση στους 121 ^oC για 15 λεπτά) προκειμένου να ελέγξουμε για άλλη μια φορά την καθαρότητα, επωάζοντας πρωτύτερα τα τρυβλία στους 37 ^oC για 24 ώρες. Οι αποικίες των περισσότερων στελεχών στο θρεπτικό αυτό. είναι σχετικά μεγάλες (διάμετρος 2-3 mm), άσπρες-γκρι, κυκλικές, νοτισμένες, με λεία κυρτή επιφάνεια προσομοιάζοντας τις αποικίες πολλών άλλων εντεροβακτηρίων. Βέβαια, το μέγεθος και ο βαθμός της διαφάνειας ποικίλοι με τον ορότυπο. Ως προς αυτήν την κατεύθυνση της καθαρότητας τώρα, πραγματοποιείται χρώση Gram, καθώς και αντίδραση οξειδάσης. Ως προς την πρώτη, οι Gram- βάκιλοι μας ανοίγουν προς το παρόν το δρόμο προς τον τελικό στόχο, την ανεύρεση του εν λόγω παθογόνου μικροοργανισμού. Η μορφολογία, γενικά, προσδιορίζεται με χρώση και εξέταση στο μικροσκόπιο. Η χρώση γίνεται με τη μέθοδο Gram. Η μικροσκοπική εξέταση γίνεται στα 100x, αν κάποιες φορές είναι δυνατό να γίνει και στα 40x (Old, 1996; Singleton, 2001).

Ακολουθεί η αντίδραση οξειδάσης. Αυτός ο έλεγχος ανιχνεύει ένα συγκεκριμένο τύπο αναπνευστικής αλυσίδας, εκείνον που περιέχει στο τέλος της το κυτόχρωμα c και τη συνδεδεμένη του οξειδάση. Τα βακτήρια που έχουν μια τέτοια αλυσίδα μπορούν να οξειδώσουν χημικά, όπως το αντιδραστήριο *Kovács΄ oxidase*. Τότε, τα ηλεκτρόνια μεταφέρονται από το εν λόγω αντιδραστήριο στο κυτόχρωμα c και μέσω της οξειδάσης στο οξυγόνο, οπότε και το αντιδραστήριο αποκτά ένα έντονο μωβ χρώμα. Μιλώντας πρακτικά, ένα μικρό κομμάτι από χαρτί διήθησης βρέχεται με μερικές σταγόνες αντιδραστηρίου και ακολουθεί προσθήκη μικρής ποσότητας βακτηρίων με μια γυάλινη σπάτουλα ή μια λούπα. Τα οξειδάση θετικά είδη δίνουν ένα μωβ χρώμα, αμέσως ή μέσα σε 10 δευτερόλεπτα (Singleton, 2001). Από την άλλη, ‘καθυστερημένη θετική’ αντίδραση δίνει το μωβ χρώμα σε 10-60 δευτερόλεπτα, ενώ η αρνητική αντίδραση δε δίνει καθόλου χρώμα ή δίνει σε χρόνο μεγαλύτερο των 60 δευτερολέπτων (Collee *et al*., 1996b). Γενικά, αρνητική

αντίδραση δίνεται από μέλη της οικογένειας Enterobacteriaceae, στην οποία ανήκει και η σαλμονέλλα (σημειώνεται πως το χρησιμοποιημένο χαρτί πρέπει να απορρίπτεται με ασφάλεια) (Singleton, 2001).

Στις περιπτώσεις όπου τα ανωτέρω κριτήρια πληρούνται, ακολουθούν δοκιμές επιβεβαίωσης του γένους (ανίχνευση της αποκαρβοξυλάσης της λυσίνης, παραγωγή υδρόθειου, ζύμωση σακχάρων και παραγωγή οξέων, κατανάλωση ουρίας). Αρχικά, πραγματοποιείται εμβολιασμός από τα nutrient agar τρυβλία σε δοκιμαστικούς σωλήνες με κεκλιμένο θρεπτικό Lysine Iron Agar (LIA) (IDG, 31,5 g/L, αποστείρωση στους 121 ^{o}C για 15 λεπτά) και επίσης κεκλιμένο θρεπτικό Triple Sugar Iron (TSI) Agar (IDG, 65 g/L, αποστείρωση στους 121 ^{o}C για 15 λεπτά) καθώς και Urea broth. Για την παρασκευή του τελευταίου κάνουμε χρήση του Urea Broth Base (IDG, 0,9 g/ 95 mL, αποστείρωση στους 121 ^{o}C για 15 λεπτά) και κατόπιν ψύξης στους 47 ^{o}C προστίθενται 5 mL αποστειρωμένου διαλύματος ουρίας, X130. Αναφορικά με τα δύο πρώτα, το υλικό ενοφθαλμίζεται με τον υπό εξέταση μικροοργανισμό τόσο στη λοξή επιφάνεια όσο και στη στήλη του με τη βοήθεια ευθύ μικροβιολογικού κρίκου. Εδώ, πρέπει να αποφευχθεί η βύθιση της βελόνας μέχρι τον πάτο του δοκιμαστικού σωλήνα. Συγκεκριμένα, το άκρο της θα πρέπει να μείνει περίπου 3 mm από τον πάτο του δοκιμαστικού σωλήνα, καθώς η παραγωγή αερίου μπορεί να προκαλέσει την εκτίναξη του θρεπτικού υλικού. Τα εμβολιασμένα, τώρα, υλικά επωάζονται στους 37 ^{o}C για 18-24 ώρες. Οι καλλιέργειες, που δίνουν τις χαρακτηριστικές αντιδράσεις αυτών των επιβεβαιωτικών θρεπτικών υλικών, επισημαίνεται πως θεωρούνται υποθετικές για σαλμονέλλα (Standing Committee of Analysts, 2002d).

Τα βακτήρια και ειδικότερα εκείνα που ζουν φυσικά σε περιβάλλον εκτεθειμένο σε ούρα, δύνανται να αποικοδομήσουν την ουρία με τη χρήση του ενζύμου ουρεάση, κατά την ακόλουθη αντίδραση (Collee *et al*., 1996b):

$$NH_2.CO.NH_2 + H_20 \rightarrow 2NH_3 + CO_2$$

Η ουρεάση, λοιπόν, είναι το ένζυμο που υδρολύει την ουρία προς διοξείδιο του άνθρακα και αμμωνία. Τα εντεροβακτήρια που τις διαθέτουν ανιχνεύονται με καλλιέργειά τους σε κατάλληλο θρεπτικό μέσο. Αυτό είναι ένα θρεπτικό μέσο που περιέχει γλυκόζη, πεπτόνη, ουρία και το δείκτη pH 'phenol red' (κίτρινος σε pH 6,8 και κόκκινος σε pH 8,4). Κατά την ανάπτυξή τους σε αυτό το θρεπτικό, τα ουρεάση-θετικά στελέχη θα απελευθερώσουν αμμωνία, η οποία και θα αυξήσει το pH, με το δείκτη να γίνεται κόκκινος (Singleton, 2001). Στην περίπτωσή μας, κάθε φορά που

έχουμε αλλαγή του χρώματος του δείκτη, απορρίπτουμε την πιθανότητα να έχουμε στελέχη σαλμονέλλας, μιας και πρόκειται για ουρεάση-αρνητικούς μικροοργανισμούς.

Οι χρωματισμοί ως αποτέλεσμα των βιοχημικών αντιδράσεων των *Salmonella* spp., τόσο στο TSI, όσο και στο LIA, δίδονται αναλυτικά παρακάτω.

<u>Πίνακας 25:</u> TSI και LIA χρωματισμοί αναφορικά με τη *Salmonella* (προσαρμοσμένος από Forbes *et al*., 2002)

TSI χρωματισμοί	LIA χρωματισμοί	Πιθανή ταυτοποίηση
R/Y* ή R/Y H_2S+	P/P ή P/NC H_2S+	*Salmonella* spp.
R/Y H_2S+	P/P ή P/NC	*Salmonella* spp. (σπάνια)
R/Y*	P/P ή P/NC H_2S+	*Salmonella* spp. (σπάνια)
R/Y	P/P ή P/NC H_2S+	*Salmonella typhi* (σπάνια)
R/Y*	P/P ή P/NC	*Salmonella* spp. (σπάνια)
R/Y*	P/Y H_2S+	*Salmonella paratyphi* A (συνήθως, H_2S-)
R/Y*	P/Y ή Y/Y	*Salmonella paratyphi* A
R/Y	P/P ή P/NC	*Salmonella typhi* (σπάνια)
Y/Y* H_2S+	P/P ή P/NC H_2S+	*Salmonella* spp. (σπάνια)

R: red; Y:yellow; Y*: yellow/gas production; P: purple; NC: no change; H_2S+: hydrogen sulphate production
Σημειώσεις:
Η παραγωγή υδρόθειου συνοδεύεται με μαύρο χρωματισμό, ο οποίος δύναται ενίοτε να καλύψει τα υπόλοιπα χρώματα.
Πριν την κάθετο, αναφέρεται ο χρωματισμός στην επιφάνεια του κεκλιμένου άγαρ, ενώ μετά έχουμε το χρωματισμό της βάσης αυτού.

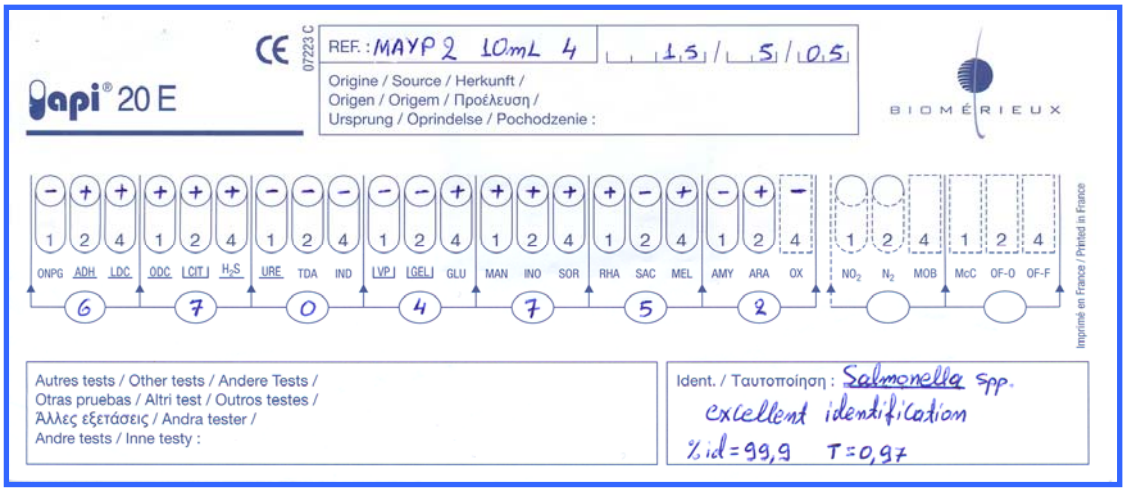
Ενθυμούμενοι προς στιγμή τη μαθηματική ορολογία, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι αντιδράσεις TSI και LIA που περιγράφονται παραπάνω αποτελούν αναγκαίες συνθήκες στην περίπτωση ύπαρξης σαλμονέλλας. Ως εκ τούτου, υπάρχει ένα μικρό χάσμα μέχρι να συμπεριλάβουμε και τις ικανές συνθήκες. Κάτι τέτοιο, η ταυτοποίηση δηλαδή των εντερικών παθογόνων, μπορεί να γίνει μέσω εξειδικευμένων βιοχημικών και ορολογικών ελέγχων. Στην περίπτωσή μας, θα αρκεστούμε στις βιοχημικές δοκιμασίες.

Στις περιπτώσεις, λοιπόν, που πληρούνται όλες οι παραπάνω προϋποθέσεις για την ύπαρξη σαλμονέλλας, το επόμενο βήμα επιτάσσει την ταυτοποίηση με τη βοήθεια του συστήματος API 20E (Biomerieux), με το οποίο δίνεται η δυνατότητα πολλών βιοχημικών δοκιμών του μικροοργανισμού που εξετάζεται. Πρόκειται για ένα σύστημα μικρογραφία των συμβατικών βιοχημικών δοκιμών που χρησιμοποιούνται για την ταυτοποίηση των μελών της οικογένειας Enterobacteriaceae, αλλά και κάποιων ακόμα μη απαιτητικών Gram- βακτηρίων. Πριν φτάσουμε, όμως, στο σημείο αυτό, χρειάζεται μια μικρή προεργασία. Καταρχάς, μεταφέρεται η δυνητική σαλμονέλλα από τους TSI δοκιμαστικούς σωλήνες, σε τρυβλία πληρωμένα με nutrient agar και ακολουθεί επώαση υπό αερόβιες συνθήκες για 24 ώρες. Ακολουθεί, πάλι, έλεγχος ως προς την αντίδραση οξειδάσης και τη χρώση Gram και είμαστε έτοιμοι για το τελικό βήμα.

Αναφορικά με τους ελέγχους ταυτοποίησης, είναι συχνά απαραίτητο να προετοιμαστούν βακτηριακά εναιωρήματα που να προσεγγίζουν κάποιο πρότυπο συγκέντρωσης. Η απλούστερη μέθοδος είναι να φτιαχτεί ένα ομοιογενές εναιώρημα από την υπό μελέτη καλλιέργεια και να προσαρμοστεί η συγκέντρωσή του μέχρι, με γυμνό μάτι, να ταυτίζεται με τη διαύγεια ενός προεπιλεγμένου προτύπου (Brown and Poxton, 1996). Στην περίπτωσή μας, ένα τέτοιο προεπιλεγμένο πρότυπο δεν απαιτείται. Ύστερα από την επώαση των 24 ωρών, απλά, λαμβάνεται μια καλά απομονωμένη αποικία από το nutrient agar τρυβλίο, η οποία και μεταφέρεται σε σωληνάριο με 5 mL αποστειρωμένο φυσιολογικό ορό. Αναμιγνύουμε, προσεκτικά, ώστε να επιτευχθεί ομοιογενές εναιώρημα και το τελευταίο είναι έτοιμο προς χρήση.

Στο σημείο αυτό, η ύπαρξη του API 20E είναι πιο επίκαιρη από ποτέ. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί μια ταινία με 20 μικροσωλήνες, που περιέχουν αφυδατωμένα υποστρώματα. Αυτά τα χωριστά διαμερίσματα ενοφθαλμίζονται με το βακτηριακό εναιώρημα που έχουμε ήδη δημιουργήσει, ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή. Κι αυτό, διότι άλλες φορές γεμίζεται με εναιώρημα κυττάρων μόνο το

σωληνάριο κάποιων διαμερισμάτων, σε άλλες περιπτώσεις, τόσο το σωληνάριο, όσο και το κυπέλιο, ενώ σε άλλες, όπου απαιτούνται αναερόβιες συνθήκες, επικαλύπτουμε το κυπέλιο με παραφινέλαιο. Κατόπιν τούτου, σειρά έχει η επώαση στους 37 ^{o}C για 18-24 ώρες. Να σημειωθεί, εδώ, πως οι κυψέλες του δίσκου επώασης έχουν πληρωθεί με 5 mL απιονισμένου νερού, προκειμένου να δημιουργηθεί μια υγρή ατμόσφαιρα. Κατά τη διάρκεια της επώασης, ο μεταβολισμός προκαλεί χρωματικές μεταβολές που είτε είναι αυτόματες, είτε διαφαίνονται με την προσθήκη αντιδραστηρίων, σύμφωνα πάντα με τον κατασκευαστή. Οι αντιδράσεις διαβάζονται σύμφωνα με τον πίνακα ανάγνωσης και η ταυτοποίηση γίνεται χρησιμοποιώντας το 'λογισμικό ταυτοποίησης' που παρέχεται από την εταιρεία. Λίγο πιο συγκεκριμένα ως προς την ταυτοποίηση, αυτή προκύπτει από ένα αριθμητικό προφίλ. Οι σωληνίσκοι, τώρα, ομαδοποιούνται σε ομάδες των τριών, ενώ για κάθε θετικό από αυτούς δίνεται μια τιμή: 1, 2 ή 4. Προσθέτοντας τις τιμές που αντιστοιχούν σε θετικές αντιδράσεις, στα πλαίσια κάθε ομάδας, προκύπτει ένας αριθμός. Στο σύνολο, έτσι, των ομάδων, αυτός ο αριθμός αποκτά εφταψήφια μορφή. Σημειώνεται, εδώ, ότι η αντίδραση οξειδάσης αποτελεί την 21^{η} εξέταση, της οποίας το αποτέλεσμα έχει προκύψει σε προηγούμενο στάδιο. Αυτό, ακριβώς, το εφταψήφιο αριθμητικό προφίλ βοηθά το 'λογισμικό ταυτοποίησης' να μας εξάγει αποτελέσματα με 'διευθύνσεις και ονόματα'. Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το φύλλο καταγραφής των αποτελεσμάτων API 20 E, μαζί με τα αποτελέσματα, για μια από τις απομονώσεις μας.



<u>Εικόνα 25:</u> Αποτελέσματα ταυτοποίησης για μια από τις απομονώσεις με τη βοήθεια του API 20E

Αξίζει να σημειωθεί πως σχεδόν το σύνολο των απομονώσεων που ταυτοποιήθηκαν μέσω του API, απεδείχθησαν σαλμονέλλες, με μία εξαίρεση (βλέπε πίνακα 37 - Παράρτημα). Αυτή αναφέρεται στο *Hafnia alvei* το οποίο αποτελεί το μοναδικό είδος του ομώνυμου γένους. Πρόκειται για μικροοργανισμό που απομονώθηκε από τα ανθρώπινα κόπρανα υπό την απουσία συμπτωμάτων, ενώ αποτελεί ευκαιριακό παθογόνο που εντοπίζεται σε μολυσμένες πληγές, στα ούρα και στο αίμα. Αν και κάποιες φορές μπορεί να θεωρηθεί λανθασμένα ως Salmonella, διακρίνεται από την τελευταία με βάση το προφίλ που δίνει σε ελέγχους H_2S και Voges-Proskauer, αλλά και την οσμή (Crichton, 1996). Το εν λόγω μικρόβιο ανήκει στα κολίμορφα και μπορεί να εντοπιστεί στα κόπρανα ανθρώπου, ζώων και πτηνών, αλλά και περιστασιακά σε κλινικά δείγματα μη κοπρανώδους προέλευσης (Standing Committee of Analysts, 2002a).

Μετά την όλη επίπονη διαδικασία που απαιτήθηκε, επιτύχαμε να καταγράψουμε τον αριθμό των δοκιμαστικών σωλήνων που είχαν θετικές για *Salmonella* απομονώσεις, αλλά και να υπολογίσουμε τον πλέον πιθανό αριθμό των οργανισμών (Most Probable Number, MPN), καθώς και το πλέον πιθανό εύρος τους (Most Probable Range) ανά λίτρο δείγματος, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα (Standing Committee of Analysts, 2002d).

Αξίζει να σημειωθεί, κοιτάζοντας τον εν λόγω πίνακα, πως η ανυπαρξία σωλήνα με θετική αντίδραση δεν δύναται να μας οδηγήσει αβίαστα στο συμπέρασμα απουσίας σαλμονέλλας. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε κάτι τέτοιο, με σχεδόν βεβαιότητα, σε περίπτωση διήθησης όγκων 100 και 500 mL, αντί για 10 και 50 mL, αντίστοιχα, στην περίπτωσή μας (Standing Committee of Analysts, 2002d).

<u>Πίνακας 26:</u> Πλέον πιθανός αριθμός και πλέον πιθανό εύρος ανά λίτρο για μια σειρά 6 σωλήνων, περιέχοντες 1x50 και 5x10 mL όγκους δείγματος

Αριθμός σωλήνων με θετική αντίδραση		MPN/L	MPR*/L
1 x 50 mL	**1 x 10 mL**		
0	0	‹ 10	
0	1	10	
0	2	20	
0	3	30	
0	4	40	40-50
0	5	60	
1	0	10	
1	1	20	
1	2	50	40-50
1	3	90	80-100
1	4	150	130-180
1	5	› 180**	

*** Αναφέρεται σε αριθμούς που είναι τουλάχιστον 95% πιθανοί όσο ο MPN**
**** Δεν υπάρχει διάκριση όταν όλοι οι σωλήνες δείχνουν ανάπτυξη. Ο θεωρητικός MPN είναι ανυπολόγιστος. Η πραγματική καταμέτρηση είναι πιθανό να ξεπερνά το 180.**

.

6.4.5 Ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά

Ο σκοπός μας, εδώ, αναφέρεται στην απομόνωση και ταυτοποίηση ως προς το γένος κάποιων στελεχών εντερόκοκκων, προκειμένου να ξετυλίξουν τη χρησιμότητά τους στο μετέπειτα έλεγχο της ανθεκτικότητάς τους σε ικανό αριθμό αντιβιοτικών.

Το πρώτο στάδιο, αυτό της απομόνωσης, πραγματοποιείται σε θρεπτικό υπόστρωμα Slanetz-Bartley. Μεμονωμένες αποικίες, με διάφορα μορφολογικά χαρακτηριστικά (έτσι, ώστε να συμπεριλαμβάνονται διαφορετικά είδη εντερόκοκκων), μεταφέρονται με γραμμική διασπορά σε τρυβλία με το ανωτέρω υλικό και ελέγχονται ως προς τη χρώση Gram, αλλά και την παρουσία καταλάσης.

Όπως έχει και προηγουμένως σημειωθεί, οι εντερόκοκκοι είναι Gram+ κόκκοι, που κατά τη μικροσκοπική εξέταση συνιστούν ζεύγη, μικρές αλυσίδες ή βρίσκονται ως μονάδες.

Ως προς την καταλάση, τώρα, πρόκειται για το ένζυμο που καταλύει την αποικοδόμηση του υπεροξειδίου του υδρογόνου σε νερό και οξυγόνο. Περιέχει σίδηρο και είναι παρούσα στα περισσότερα αερόβια βακτήρια, όπου τα αποτοξινώνει από το υπεροξείδιο του υδρογόνου που σχηματίζεται κατά την αερόβια αναπνοή (Singleton, 2001).

Ο έλεγχος για καταλάση χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της παρουσίας του ενζύμου σε ένα δεδομένο βακτηριακό στέλεχος. Τα βακτήρια που εκτίθενται σε υπεροξείδιο του υδρογόνου και διαθέτουν καταλάση θα δώσουν φυσαλίδες (οξυγόνο). Κατά την παραδοσιακή εκτέλεση του ελέγχου, μεταφέρεται κάποια ποσότητα βακτηρίων με χρήση βακτηριολογικού κρίκου σε μια σταγόνα υπεροξειδίου του υδρογόνου. Όλα τα παραπάνω γίνονται επί γυάλινης αντικειμενοφόρου. Όμως, σε περίπτωση θετικού ελέγχου οι φυσαλίδες εκρήγνυνται με αποτέλεσμα τη δημιουργία αεροζόλ (Singleton, 2001). Έτσι, λοιπόν, η πιθανή διασπορά ενός παθογόνου μέσω του αεροζόλ, που παράγεται κατά την εκτέλεση αυτού του ελέγχου, χρήζει τη λήψη των κατάλληλων (αυτονόητων) μέτρων προστασίας. Μια ψευδώς θετική αντίδραση μπορεί να παρατηρηθεί, αν το θρεπτικό μέσο περιέχει καταλάση (όπως, το blood agar) ή αν χρησιμοποιηθεί σιδερένιος κρίκος (Collee *et al*., 1996b). Οι εντερόκοκκοι, ως καταλάση-αρνητικοί οργανισμοί, ‘οφείλουν’ να μην εμφανίσουν φυσαλίδες οξυγόνου κατά τη διάρκεια του πειράματος (Standing Committee of Analysts, 2002b).

Από τα τρυβλία που πληρούν τις παραπάνω προϋποθέσεις μεταφέρονται μεμονωμένες αποικίες σε δοκιμαστικούς σωλήνες, οι οποίοι και φέρουν το θρεπτικό υλικό M17 (OXOID, 37,25 g/950mL). Αφού το υλικό αποστειρωθεί στους 121 ^{o}C, για 15 λεπτά και ψυχθεί ως τους 50 ^{o}C, προστίθεται αποστειρωμένο -με διήθηση- διάλυμα λακτόζης 10%w/v (Lactose, OXOID) και σε αναλογία 50 mL/950mL θρεπτικού υλικού. Κατόπιν, οι δοκιμαστικοί σωλήνες μεταφέρονται για επώαση υπό αερόβιες συνθήκες στους 37 ^{o}C, για 48 ώρες. Με την ολοκλήρωση αυτής, τα υποθετικά στελέχη εντερόκοκκων αποθηκεύονται στους -20 ^{o}C και -80 ^{o}C σε 30% γλυκερόλη, ήτοι 0,7mL υγρής καλλιέργειας και 0,3 mL αποστειρωμένης γλυκερόλης, με τη χρήση σωληνίσκων Eppendorf. Τα στελέχη που δε θα ανταποκριθούν στις μετέπειτα δοκιμασίες, υποδηλώνοντας πως δεν ανήκουν στους εντερόκοκκους, θα

απορριφθούν από την ακόλουθη εξέταση ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά. Τα στελέχη που απομονώθηκαν, εν συνεχεία, υποβλήθηκαν στις ακόλουθες δοκιμές:

- Ανάπτυξη στους 10 ^{o}C και 45 ^{o}C. Δοκιμαστικοί σωλήνες με Brain Heart Infusion Broth (Biolife, 37g/L, αποστείρωση στους 121 ^{o}C για 15 λεπτά) εμβολιάζονται εις διπλούν με μικρό όγκο από τις υγρές καλλιέργειες σε M17. Ακολουθεί επώαση στους 10 ^{o}C για 7-10 μέρες και στους 45 ^{o}C για 2 μέρες. Ως ένδειξη ανάπτυξης θεωρείται το θόλωμα των σωλήνων μετά την επώαση (Mundt,1986). Οι εντερόκοκκοι αναπτύσσονται τόσο στους 45 ^{o}C, όσο και στους 10 ^{o}C.
- Ανάπτυξη των στελεχών σε θρεπτικό με 6,5% NaCl, που καταδεικνύει ανθεκτικότητα στα άλατα. Οι εντερόκοκκοι διαφοροποιούνται από τους άλλους στρεπτόκοκκους με την ικανότητά τους να αναπτύσσονται σε θρεπτικό το οποίο εμπεριέχει 6,5% NaCl. Δοκιμαστικοί σωλήνες, λοιπόν, με Brain Heart Infusion Broth, περιέχοντες 6,5% NaCl, εμβολιάζονται όπως προηγουμένως και επωάζονται στους 37 ^{o}C για 24-48 ώρες. Θόλωμα στους σωλήνες μετά την επώαση δηλώνει και ανάπτυξη των μικροοργανισμών (Standing Committee of Analysts, 2002b).
- Υδρόλυση του esculin. Κάποια βακτήρια μπορούν να υδρολύσουν το esculin, με απελευθέρωση της 6,7-δι-υδροξυ-κουμαρίνης, κάτι που ανιχνεύεται με το σχηματισμό καφέ χρώματος. Κατά το πρακτικό σκέλος, ο οργανισμός αναπτύσσεται σε κατάλληλο θρεπτικό που περιέχει esculin (0,1%) και χλωριούχο σίδηρο (0,05%). Η παρουσία καφέ χρώματος υποδηλώνει θετικό αποτέλεσμα. Οργανισμοί που υδρολύουν το aesculin περιλαμβάνουν στελέχη των *Bacteroides*, *Enterococcus*, *Streptococcus* και *Listeria monocytogenes* (Singleton, 2001). Βέβαια, ο Ross (1996) υποστηρίζει πως οι εντερόκοκκοι θα δώσουν μαύρο χρώμα, πιστοποιώντας θετική αντίδραση. Γίνεται, όπως και προηγούμενα, εμβολιασμός σε δοκιμαστικούς σωλήνες με κεκλιμένο Esculin Bile agar (Merck, 64 g/L, αποστείρωση στους 121 ^{o}C για 15 λεπτά) και ακολουθεί επώαση στους 44 ^{o}C για χρονικό διάστημα μέχρι και 18 ωρών. Οι εντερόκοκκοι αναμένεται να παράγουν αποικίες με καφέ ή μαύρη περιφέρεια εξαιτίας της υδρόλυσης του esculin. Η ανάπτυξη αυτού του χρώματος πραγματοποιείται συνήθως σε μερικές ώρες, παρέχοντας άμεση επιβεβαίωση. Τα είδη του γένους *Bacillus* είναι πιθανό να προκαλέσουν αλλαγή του χρώματος τριγύρω από το σημείο εμβολιασμού,

δίχως, όμως, να σχηματίζουν διακριτές αποικίες (Standing Committee of Analysts, 2002b).

Το επόμενο βήμα, έχοντας πλέον να κάνουμε μόνο με στελέχη του γένους *Enterococcus,* αναφέρεται στον έλεγχο της ανθεκτικότητάς τους στα αντιβιοτικά. Για το σκοπό αυτό, υιοθετήθηκε η μέθοδος που προτείνεται από την National Committee for Clinical Laboratory Standards (NCCLS, 2003a; NCCLS, 2003b). Τα υπό εξέταση στελέχη μεταφέρονται από τις γλυκερόλες, με γραμμική διασπορά, σε τρυβλία Petri (90mm) με Mueller-Hinton agar (OXOID, 38 g/L, αποστείρωση στους 121^{o}C για 15 λεπτά) και επωάζονται αερόβια στους 37 ^{o}C για 24 ώρες. Ακολουθεί επιβεβαίωση της καθαρότητας με χρώση Gram. Στο επόμενο βήμα, με τη βοήθεια ενός βακτηριολογικού κρίκου, λαμβάνονται μερικές, ίδιας μορφολογίας, αποικίες ώστε να δημιουργηθεί εναιώρημα κυττάρων, με θολερότητα ίση με τη μονάδα στην κλίμακα McFarland, σε 4 mL αποστειρωμένου φυσιολογικού ορού. Τέτοια πρότυπα διαλύματα εισήγαγε ο McFarland, ήδη, από το 1907. Πληροφοριακά, τα διαλύματα αυτά δημιουργούνται σύμφωνα με τον πίνακα 14 του παραρτήματος.

Κατόπιν, αποστειρωμένος βαμβακοφόρος στειλεός εμβαπτίζεται στο μικροβιακό εναιώρημα. Η περίσσειά του απομακρύνεται με πίεση και σταθερή περιστροφή του στυλεού στα εσωτερικά τοιχώματα του δοκιμαστικού σωλήνα, επάνω από το εναιώρημα. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια του στειλεού, το βακτηριακό εναιώρημα επιστρώνεται στην επιφάνεια του Mueller-Hinton άγαρ, εντός τρυβλίου Petri (150 mm με διάμετρο βάσης 145 mm), το οποίο και περιέχει 65 mL (ώστε να επιτευχθούν τα απαραίτητα από τη μέθοδο 4 mm πάχος θρεπτικού) υλικού. Η επίστρωση πραγματοποιείται τρεις φορές για έκαστο τρυβλίο, περιστρέφοντάς το κατά 60^{o} μετά από κάθε επίστρωση, έτσι, ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή των βακτηριακών κυττάρων. Η διαδικασία ολοκληρώνεται μετά από μια κυκλική κίνηση του στυλεού στην περιφέρεια του υλικού. Τέλος, για κάθε στέλεχος πραγματοποιούνται τρεις επαναλήψεις, ήτοι επιστρώνονται τρία τρυβλία.

Κάθε τρυβλίο, τώρα, παραμένει για μικρό διάστημα ανοιχτό, προκειμένου να απορροφηθεί η υπερκείμενη υγρασία και κατόπιν, τοποθετούνται οι δίσκοι των αντιβιοτικών (εμποτισμένοι με συγκεκριμένη ποσότητα κατάλληλου -κάθε φορά- πρότυπου διαλύματος αντιβιοτικού) σε προσημειωμένες θέσεις επάνω στο άγαρ, προκειμένου να έχουμε τη μέγιστη δυνατή απόσταση μεταξύ τους (BD BBL^{TM} Sensi-Disc^{TM}, Antimicrobial Susceptibility Test Discs, Becton, Dickinson and Co., USA).

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί πως οι δίσκοι δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να μετακινούνται μετά την τοποθέτησή τους. Και αυτό διότι η διάχυση του αντιβιοτικού, από το δίσκο στο άγαρ, αρχίζει πάραυτα. Κατόπιν υπάρχει η υποχρέωση μεταφοράς των τρυβλίων στον επωαστικό θάλαμο εντός 15 λεπτών μετά την τοποθέτηση των δίσκων. Επωάζονται υπό αερόβιες συνθήκες στους 37 ^{o}C, για 24 ώρες και τελικά, μετράται η διάμετρος της σχηματισθείσας ζώνης παρεμπόδισης γύρω από κάθε δίσκο αντιβιοτικού, με ακρίβεια χιλιοστού. Σύμφωνα με την Lalitha (2005), η εν λόγω μέτρηση πρέπει να γίνεται ως εξής:

- το τρυβλίο Petri κρατείται σε μικρή απόσταση από μια μαύρη επιφάνεια, η οποία στοχεύεται με φως.
- το περιθώριο της ζώνης θα πρέπει να καθορίζεται από την περιοχή που δε δείχνει καμιά ανάπτυξη αποικιών (με γυμνό μάτι). Έτσι, η αχνή ανάπτυξη αποικιών, που μπορούν να γίνουν ορατές με χρήση μεγεθυντικού φακού στα όρια της ζώνης αναστολής, αγνοείται. Εντούτοις, αν αναπτυχθούν αποικίες στο μέσο της καθαρής ζώνης αναστολής, αυτές θα πρέπει να ανακαλλιεργηθούν, ταυτοποιηθούν και ελεγχθούν.

Η διάμετρος του δίσκου (6 mm) συμπεριλαμβάνεται στη μέτρηση. Τα αποτελέσματα της τελευταίας συγκρίνονται με ερμηνευτικούς πίνακες από την προαναφερθήσα Εθνική Επιτροπή των ΗΠΑ για τα Κλινικοεργαστηριακά Πρότυπα (NCCLS). Ανάλογα με το εύρος της ζώνης αυτής, τα στελέχη κατατάχθηκαν είτε ως ευαίσθητα (Sensitive), είτε ως ενδιάμεσης ευαισθησίας (Intermediate) ή τέλος, ως ανθεκτικά (Resistant). Τα πρότυπα όρια των ζωνών παρεμπόδισης παρουσιάζονται αναλυτικά κάτωθι.

<u>Πίνακας 27</u>: Ερμηνεία ζωνών παρεμπόδισης για τα στελέχη του γένους *Enterococcus* (προσαρμοσμένος από NCCLS, 2003b)

Αντιμικροβιακός παράγοντας	Κωδικός	Ισχύς δισκίου	Ερμηνευτικά πρότυπα διαμέτρου ζώνης παρεμπόδισης (mm)		
			Ανθεκτικό στέλεχος (R)	Ενδιάμεσης ανθεκτικότητας στέλεχος (I)	Ευαίσθητο στέλεχος (S)
Ampicillin	AM-10	10 μg	≤ 16	-	≥ 17
Bacitracin	B-10	10 U	≤ 8	9-12	≥ 13
Ciprofloxacin	CIP-5	5 μg	≤ 15	16-20	≥ 21
Erythromycin	E-15	15 μg	≤ 13	14-22	≥ 23
Gentamycin	GM-120	120 μg	6	7-9	≥ 10
Nitrofurantoin	F/M-300	300 μg	≤ 14	15-16	≥ 17
Norfloxacin	NOR-10	10 μg	≤ 12	13-16	≥ 17
Ofloxacin	OFX-5	5 μg	≤ 12	13-15	≥ 16
Rifampicin	RA-5	5 μg	≤ 16	17-19	≥ 20
Streptomycin	S-300	300 μg	6	7-9	≥ 10
Tetracycline	Te-30	30 μg	≤ 14	15-18	≥ 19
Vancomycin	Va-30	30 μg	≤ 14	15-16	≥ 17

U: units, R: resistant, I: intermediate, S: sensitive

Στον παρακάτω πίνακα, τώρα, γίνεται η κατηγοριοποίηση των αντιμικροβιακών που χρησιμοποιήθηκαν.

<u>Πίνακας 28:</u> Κατηγοριοποίηση αντιβιοτικών που χρησιμοποιήθηκαν
(Προσαρμοσμένος από Forbes *et al*., 2002; Koneman *et al*., 1992)

Κατηγορία αντιμικροβιακών	**Αντιβιοτικά**
Αμινογλυκοσίδες	Γενταμυκίνη
	Στρεπτομυκίνη
β-λακτάμες	Αμπικιλλίνη
Φλουοροκινολόνες	Σιπροφλοξασίνη
	Οφλοξασίνη
	Νορφλοξακίνη
Γλυκοπεπτίδια	Βανκομυκίνη
Μακρολίδια	Ερυθρομυκίνη
Τετρακυκλίνες	Τετρακυκλίνη
-	Βακιτρακίνη
-	Ριφαμπικίνη
-	Νιτροφουραντοΐνη

7. Αποτελέσματα - Σχολιασμός

7.1 Εισαγωγή

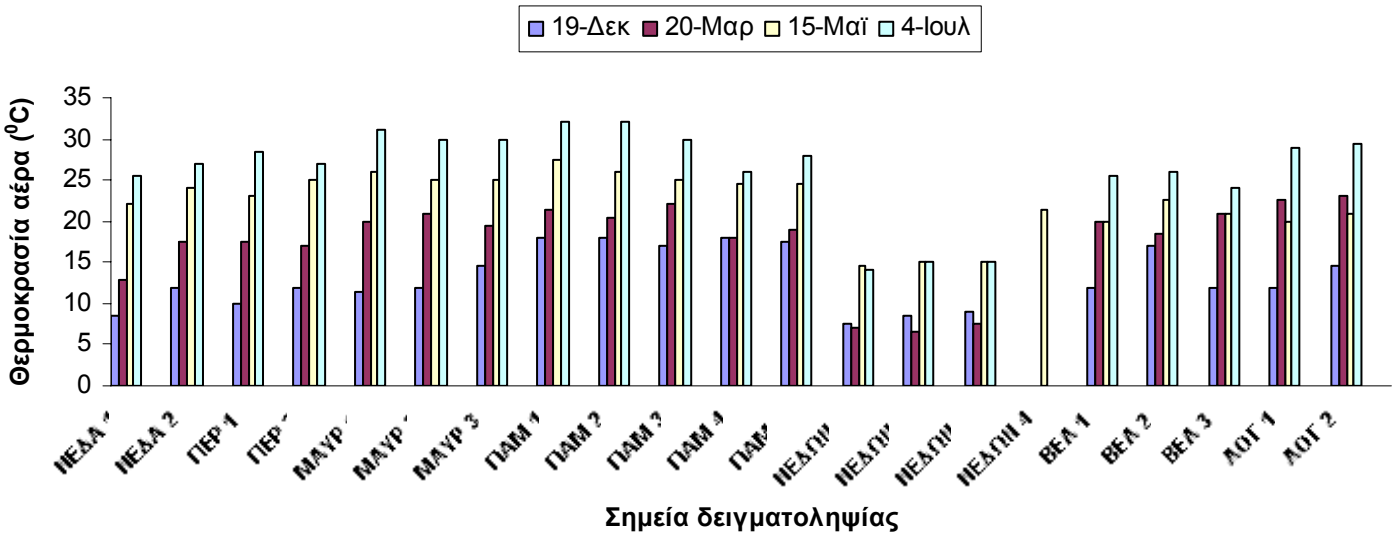
Αισίως, στην τελική ευθεία, εκεί όπου καταγράφεται το απόσταγμα της όλης εργασίας. Μακριά ακόμα, ωστόσο, από τον τερματισμό. Κι αν οι εργαστηριακές αναλύσεις απαιτούσαν το μέγιστο της προσοχής μας και το λεπτεπίλεπτο και μεθοδικό των κινήσεών μας, εδώ, είναι απολύτως αναγκαίο να συνθέσουμε ό,τι προηγήθηκε, ό,τι κάναμε, ό,τι μάθαμε, ό,τι είδαμε.

Η καταγραφή των αποτελεσμάτων είναι κάτι το διαδικαστικό, μιας και τα δύσκολα πέρασαν, εργαστηριακά. Όλη, λοιπόν, η βαρύτητα δίδεται στο ‘πώς’ και το ‘γιατί’. Γνωρίζοντας τα αιτιατά, μέσω των πειραμάτων που προηγήθηκαν, καλούμαστε να αναζητήσουμε και να τεκμηριώσουμε τα αίτια, όπου είναι αυτό δυνατό. Είναι σα να έχουμε γεμίσει το καμίνι με ξύλα, να έχουμε παράξει τον άσβεστο και να καλούμαστε να οικοδομήσουμε, καλή μας δουλειά…

7.2 Φυσικοχημικές παράμετροι

7.2.1 Θερμοκρασία

Στο ακόλουθο διάγραμμα διαφαίνονται οι μετρήσεις της θερμοκρασίας για τον αέρα (βλέπε και πίνακες 15, 16, 17, 18 - Παράρτημα).



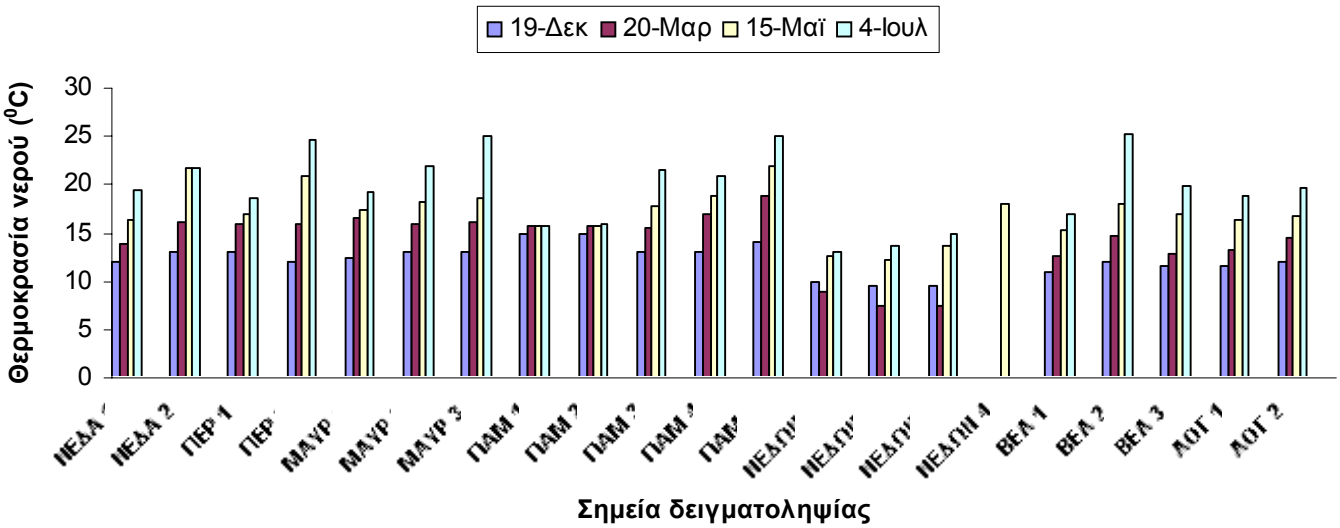
<u>Διάγραμμα 5:</u> Αποτελέσματα θερμοκρασίας αέρα

Οι θερμοκρασίες αέρα παρουσίασαν έναν πολύ χαρακτηριστικό ετήσιο κύκλο, με τη συντριπτική πλειοψηφία των σημείων να επιδεικνύει μια αύξηση, προοδευτική με την πάροδο του χρόνου, καθώς και με τον αύξοντα αριθμό της δειγματοληψίας (βλέπε και πίνακες 15, 16, 17, 18 - Παράρτημα). Πιο συγκεκριμένα, η θερμοκρασία αέρα παρουσίασε διακύμανση μεταξύ των σταθμών 9,5 °C κατά την πρώτη

δειγματοληψία (8,5-18 °C), 16 °C κατά τη δεύτερη (6,5-22,5 °C), 13 °C κατά την τρίτη (14,5-27,5 °C) και 18 °C κατά την τέταρτη (14-32 °C). Παρατηρείται, ως εκ τούτου, απουσία ακραίων θερμοκρασιών, κάτι συνακόλουθο του ήπιου κλίματος της περιοχής μελέτης.

Μπορούμε να ισχυριστούμε πως οι θερμοκρασίες του αέρα αντανακλούν τις μεταβολές που αντιστοιχούν στο υψόμετρο των σημείων, αλλά και την εποχή της δειγματοληψίας. Παρόλα αυτά, οι διαφορές που παρουσιάζονται μεταξύ των σημείων στα πλαίσια κάθε δειγματοληψίας, πέραν των δύο παραπάνω λόγων, έχουν να κάνουν σε μεγάλο βαθμό και με την ώρα που λήφθηκε το κάθε δείγμα.

Συνολικά, τα αποτελέσματα της θερμοκρασίας του νερού εμφανίζονται στο παρακάτω διάγραμμα (βλέπε και πίνακες 15, 16, 17, 18 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 6:</u> Αποτελέσματα θερμοκρασίας νερού

Η θερμοκρασία, λοιπόν, του νερού των ποταμιών παρουσίασε διακύμανση, μεταξύ των σταθμών, 5,5 °C κατά την πρώτη δειγματοληψία (9,5-15 °C), 11,4 °C κατά τη δεύτερη (7,4-18,9 °C), 9,7 °C κατά την τρίτη (12,2 -21,9 °C) και 12,1 °C κατά την τέταρτη (13,1-25,2 °C). Είναι εμφανής, έτσι, η μικρότερη διακύμανση των θερμοκρασιών του νερού σε σχέσή με αυτές του αέρα. Κάτι απόλυτα λογικό και αναμενόμενο σαν αποτέλεσμα της μεγάλης θερμοχωρητικότητας του πρώτου.

Σε καθένα από τα ποτάμια της μελέτης παρατηρείται άλλοτε μικρότερη και άλλοτε μεγαλύτερη αυξητική τάση της θερμοκρασίας, κατά τη διαδρομή από τα

ανάντη σημεία προς τις εκβολές, με μία εξαίρεση, αυτή του χείμαρρου Βελίκα. Επίσης, ακόμη μεγαλύτερη μεγέθυνση παρατηρείται ανά σημείο, σχεδόν αξιακά, κατά την πορεία εξέλιξης των δειγματοληψιών.

Στο χείμαρρο Βελίκα, πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται το φαινόμενο μείωσης της θερμοκρασίας στις εκβολές, σε σχέση με το προηγούμενο δειγματοληπτικό σημείο. Μάλιστα, αυτή η μείωση γίνεται προοδευτικά μεγαλύτερη, κινούμενοι προς τη ζεστή περίοδο. Η πιθανή εξήγηση στηρίζεται σε τρεις συνιστώσες. Η πρώτη έχει να κάνει με το βάθος του νερού, το οποίο αυξάνει σημαντικά από το σημείο ΒΕΛ 2 στο ΒΕΛ 3. Έτσι, το μεγαλύτερο ύψος της στήλης του ύδατος αντιστέκεται περισσότερο στις θερμοκρασιακές μεταβολές του περιβάλλοντος. Η δεύτερη συνιστώσα σχετίζεται με την ώρα της δειγματοληψίας, μιας και η μέτρηση στις εκβολές γίνεται σε λιγότερο θερμή ώρα της ημέρας. Η τρίτη συνιστώσα αναφέρεται στην εκτενή παρόχθια φυσική βλάστηση, που προκαλεί τις χαμηλότερες τιμές στη θερμοκρασία ύδατος στο σημείο ΒΕΛ 3. Μια τελευταία συνιστώσα σχετίζεται με ενδεχόμενες απορρίψεις οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων στο σημείο ΒΕΛ 2, όπου το τμήμα του ποταμιού διέρχεται μέσα από το ομώνυμο χωριό Βελίκα. Η τάση μας να αποφεύγουμε την έντονη ‘ανάμιξη’ του τελευταίου στο αποτέλεσμα, σχετίζεται με τα υπόλοιπα ευρήματα της μελέτης, τα οποία δεν κατέδειξαν εμφανώς μεγαλύτερη παροχέτευση αποβλήτων στο εν λόγω σημείο, σε σχέση με τα υπόλοιπα που ελέχθησαν. Πάντως, η θερμοκρασιακή μεταβολή που παρατηρήθηκε σχετίζεται με σχετική βεβαιότητα σε κάποια ή κάποιες από τις προαναφερθείσες αιτίες.

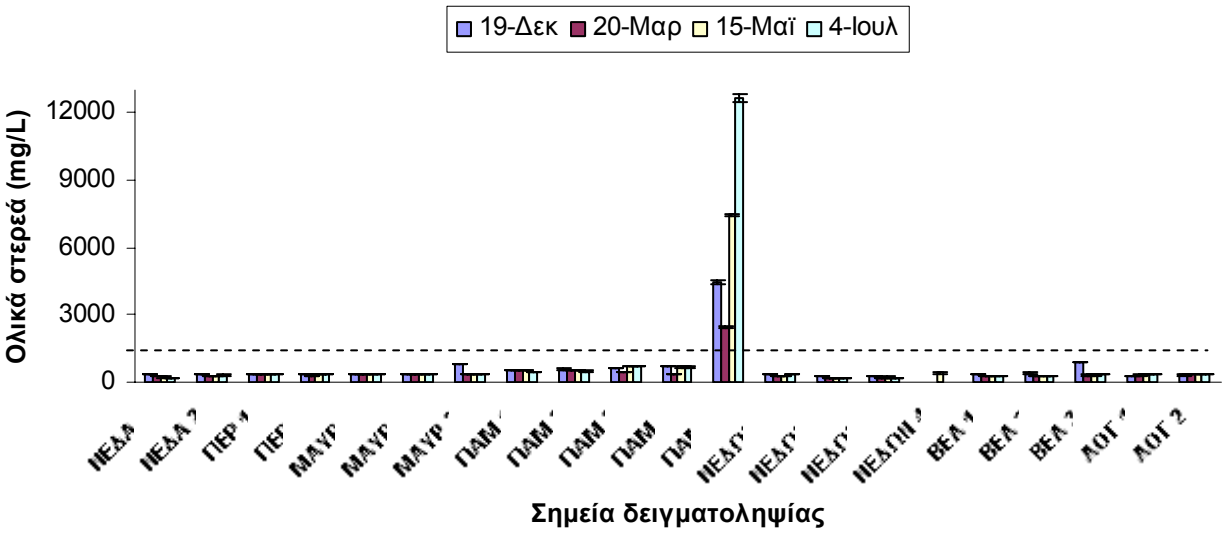
Συνεχίζοντας περί σημείων, είναι χαρακτηριστική η σχεδόν αμετάβλητη θερμοκρασία του νερού για τα σημεία ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 2, ανεξαρτήτως εποχής. Και αυτό, διότι έχουμε να κάνουμε με ύδατα πηγών, που εκ των πραγμάτων διατηρούν μια σχετικά σταθερή θερμοκρασία όλο το έτος. Από την άλλη, είναι εμφανής η χαμηλότερη θερμοκρασία που επιδεικνύεται στα τρία πρώτα σημεία δειγματοληψίας του Νέδωνα, σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα, ανεξαρτήτως ποταμού. Αποτέλεσμα που ανταποκρίνεται στο μεγάλο υψόμετρο χωροθέτησης των εν λόγω θέσεων.

Η συνολική γεύση από τη διερεύνηση της θερμοκρασίας, σε γενικές γραμμές, κινείται εντός των φυσιολογικών και αναμενόμενων, μάλλον γλυκανάλατη για κάποιον που θέλγεται από τις ‘ιδιοτυπίες’.

7.2.2 Ολικά στερεά

Προτού ξεκινήσουμε την ανάλυση των αποτελεσμάτων, αξίζει να υπενθυμίσουμε πως ο προσδιορισμός των ολικών στερεών είναι μάλλον μικρής σημασίας στην ανάλυση των επιβαρημένων υδάτων κι αυτό, διότι τα αποτελέσματα του προσδιορισμού τους είναι δύσκολο να ερμηνευτούν με ακρίβεια (Sawyer *et al*., 2003). Έτσι κι εμείς, συνεπείς με το προηγούμενο, δε θα επιμείνουμε, κατά το δυνατό, σε λεπτομερή ανάλυση των μετρήσεών μας.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το σύνολο των καταγραφόμενων αποτελεσμάτων (βλέπε και πίνακες 19, 20 21, 22 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 7:</u> Αποτελέσματα ολικών στερεών

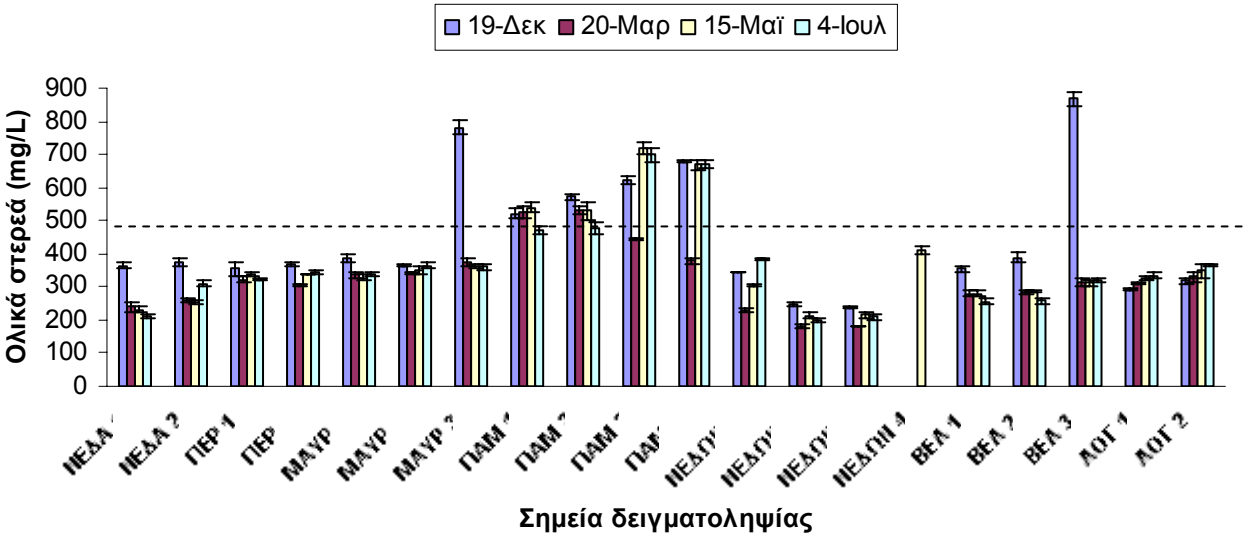
Σχολιάζοντας το παραπάνω διάγραμμα, οι συντριπτικά μεγαλύτερες τιμές που καταγράφονται στις εκβολές του Παμίσου (ΠΑΜ 5) μας ωθούν στην απόπειρα διαλεύκανσης της 'ανισότητας' αυτής. Ξεκινώντας από συγκέντρωση ολικών στερεών 4436 mg/L στις 19/12, πηγαίνουμε στα 2428 mg/L στις 20/3, συνεχίζουμε στα 7472 mg/L στις 15/5 και καταλήγουμε στη μέγιστη τιμή των 12627 mg/L στις 4/7.

Πρόκειται, λοιπόν, για υπερβολικά αποτελέσματα, αν δε συνυπολογίσουμε τη φύση των υδάτων του εν λόγω σημείου, καθώς αυτά είναι νερά εκβολών. Η επίδραση

της θάλασσας εμπλουτίζει αυτό το τμήμα του ποταμού με μεγάλες ποσότητες χλωρίου και νατρίου, έχοντας ως αποτέλεσμα την αυξημένη συγκέντρωση ιόντων και κατ'επέκταση, την άνοδο στην τιμή των ολικών στερεών. Αν προσθέσουμε στα παραπάνω το γεγονός πως το ποτάμι ρέει κάθετα προς την ακτογραμμή πριν εκβάλλει, τότε γίνονται ακόμη πιο αποδεκτές οι παραπάνω τιμές. Κι αυτό, διότι η περιοχή λήψης του δείγματος είναι εκτεθειμένη στο θαλάσσιο κυματισμό. Η αυξημένη αλατότητα έχει ως αποτέλεσμα την αντίστοιχη υψηλή τιμή των διαλυμένων στερεών. Τα τελευταία, με τη σειρά τους, 'προικίζουν' - ως συνιστούν μέρος τους - την τιμή των ολικών στερεών. Επιγραμματικά, τα ολικά στερεά 'επηρεάζονται' σχεδόν αποκλειστικά από τα διαλυμένα στερεά, σε σχέση με την αμελητέα συνεισφορά των αιωρούμενων στερεών, αναφορικά πάντα για το εν λόγω σημείο.

Επισημαίνεται, εδώ, πως και η μεταβολή των τιμών μεταξύ των δειγματοληψιών οφείλεται στη δυνατότητα επηρεασμού των εκβολικών νερών από τη θάλασσα, η οποία και εξαρτάται, τόσο από την εποχή, όσο και από τα καιρικά φαινόμενα (ένταση και κατεύθυνση ανέμου) κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας.

Στο ακόλουθο διάγραμμα, τώρα, μεγενθύνουμε τις προηγούμενες τιμές και εστιάζουμε την προσοχή μας στα υπόλοιπα σημεία, πλην του ΠΑΜ 5.



<u>Διάγραμμα 8:</u> Αποτελέσματα ολικών στερεών πλην ΠΑΜ 5

Το εύρος των τιμών κυμαίνεται μεταξύ 181 mg/L (ΝΕΔΩΝ 3, 20/3) και 867 mg/L (ΒΕΛ 3, 19/12). Πιο συγκεκριμένα και ανάμεσα στις δειγματοληψίες, οι τιμές κινούνται από 238 mg/L (ΝΕΔΩΝ 3) έως 867 mg/L (ΒΕΛ 3) στην πρώτη, από 181 mg/L (ΝΕΔΩΝ 3) ως 532 mg/L (ΠΑΜ 2) στη δεύτερη, από 214 mg/L (ΝΕΔΩΝ 2) ως 717 mg/L (ΠΑΜ 3) στην τρίτη και τέλος, από 201 mg/L (ΝΕΔΩΝ 2) έως 699 mg/L (ΠΑΜ 3) για την τελευταία δειγματοληψία.

Γενικά, δεν παρουσιάζονται αξιοσημείωτες μεταβολές των τιμών των ολικών στερεών ανάμεσα στις δειγματοληψίες. Οι μόνες αξιοπρόσεχτες διαφοροποιήσεις σε επίπεδο σημείων εμφανίζονται στα ΜΑΥΡ 3 και ΒΕΛ 3. Στην πρώτη περίπτωση, η αυξημένη, συγκριτικά, τιμή της πρώτης δειγματοληψίας οφείλεται, κατά πάσα πιθανότητα, στα απόβλητα ελαιοτριβείου, ελάχιστα ανάντη από το σημείο λήψης του δείγματος. Όσον αφορά το σημείο ΒΕΛ 3, η αυξημένη τιμή που παρατηρείται και πάλι στην πρώτη δειγματοληψία οφείλεται - όπως θα διαφανεί και παρακάτω - στις έντονες βροχοπτώσεις, κατά τις οποίες επηρεάζονται έντονα και αυξητικά τα αιωρούμενα στερεά (συνιστούν μέρος των ολικών στερεών). Πάντως, οι αποκαλυφθείσες τιμές των ολικών στερεών δεν υποδηλώνουν κάποια συγκεκριμένη τάση κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

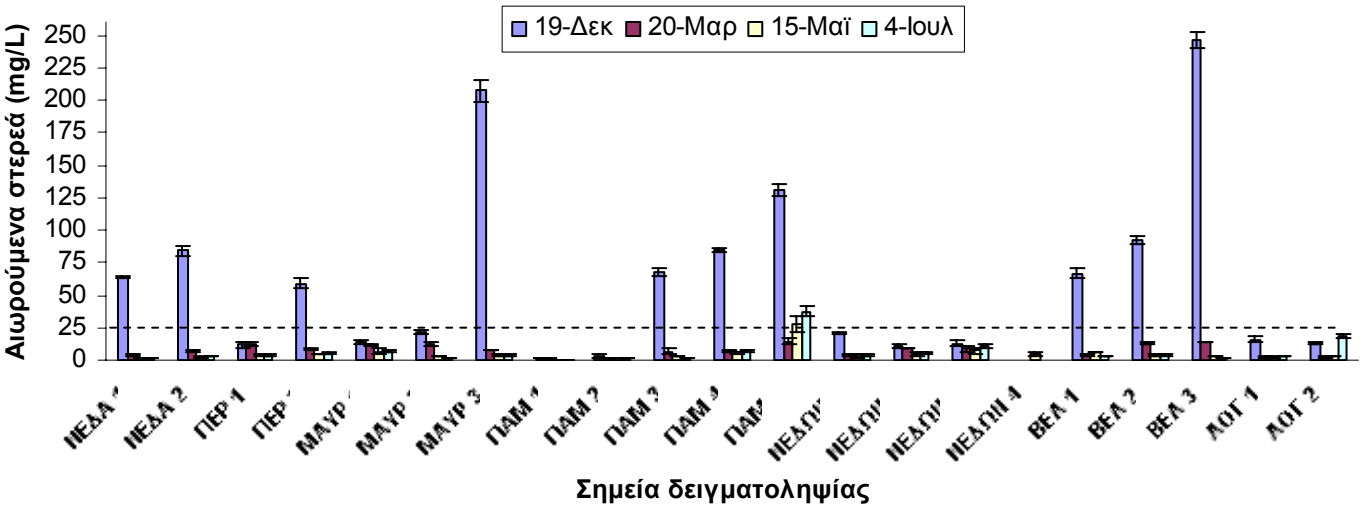
Η περίπτωση που αξίζει να σταθούμε για λίγο, κοιτάζοντας τα αποτελέσματα, δεν είναι άλλη από το σημείο ΒΕΛ 3. Θα ανέμενε κάποιος πολύ μεγαλύτερες τιμές ολικών στερεών, μιας και αναφερόμαστε σε εκβολές ποταμού. Και σε αυτό το ερώτημα, όμως, υπάρχει μια λογικοφανής απάντηση. Κατά πρώτον, το δείγμα συλλέχθηκε σε υψηλότερο σημείο συγκριτικά με αυτό των εκβολών του Παμίσου. Η κύρια αιτία, όμως, του ‘αναπάντεχου’ αποτελέσματος σχετίζεται με την εκτροπή της ευθείας πορείας του ποταμού, λίγο πριν εκρεύσει στη θάλασσα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ποταμός να τέμνει στο στόμιό του την ακτογραμμή, με πολύ μικρότερη ή με πολύ μεγαλύτερη γωνία (ανάλογα με την οπτική γωνία του καθενός) από την ορθή. Συνεπώς, η επίδραση της θάλασσας είναι σχετικά μικρή, μιας και ο κυματισμός δε δύναται να εισβάλλει αρκετά στο εσωτερικό του ποταμού, πόσο μάλλον, περί τα 100 μέτρα, όπου εμείς λάβαμε το δείγμα.

Σύμφωνα με τους Sawyer *et al.* (2003), το νερό με περιεκτικότητα σε ολικά στερεά μικρότερη των 500 mg/L είναι κατάλληλο για όλες τις εν δυνάμει χρήσεις του. Αυτό το κριτήριο φαίνεται να το πληρούν τα περισσότερα εκ των σημείων που ελέγχθηκαν, με εξαιρέσεις - πέραν του ΠΑΜ 5 - τα ΜΑΥΡ 3, ΠΑΜ 1, ΠΑΜ 2, ΠΑΜ 3, ΠΑΜ 4 και ΒΕΛ 3. Οι υπερβάσεις αυτές, εξαιρώντας και πάλι το σημείο ΠΑΜ 5,

δεν είναι κοινές και για τις τέσσερις δειγματοληψίες στα προαναφερθέντα σημεία. Αυτό φαίνεται και στο διάγραμμα 8, μέσω της διακεκομμένης γραμμής, αν και οι σχεδιαστικές ικανότητες του WORD δε μας επέτρεψαν να την ξεκινήσουμε από την ακριβή τιμή (500 mg/L). Στο σύνολο των μετρήσεων, το ποσοστό των δειγμάτων που υπερβαίνει το παραπάνω όριο ανέρχεται στο 22,2 %. Αναφορικά, τέλος, με την Κοινοτική νομοθεσία, αλλά και το όριο των 1500 mg/L (περί νερού ανθρώπινης κατανάλωσης), φαίνεται πως το πληροί το σύνολο των σημείων, πλην αυτό του ΠΑΜ 5, όπως άλλωστε φαίνεται και με τη διακεκομμένη γραμμή στο διάγραμμα 7.

7.2.3 Αιωρούμενα στερεά

Στο ακόλουθο διάγραμμα, εμφανίζεται το σύνολο των αποτελεσμάτων που αφορά τη συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στα ύδατα που ερευνήθηκαν (βλέπε και πίνακες 19, 20, 21, 22 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 9:</u> Αποτελέσματα αιωρούμενων στερεών

Οι τιμές κυμαίνονται από 0,5 mg/L (ΠΑΜ 1, 4/7) μέχρι 246,5 mg/L (ΒΕΛ 3, 19/12). Πιο ενδιαφέρον, όμως, είναι το εύρος και το απόλυτο των τιμών που παρατηρείται κατά την πρώτη δειγματοληψία. Σ' αυτήν, ολικά στερεά της τάξεως των

2 mg/L (ΠΑΜ 1) μεγενθύνονται σε 246,5 (ΒΕΛ 3). Κατά τη δεύτερη δειγματοληψία, τώρα, το εύρος, δραματικά συμπιεσμένο, ξεκινά από 1 mg/L (ΠΑΜ 1) και μετά βίας καταλήγει στα 14,5 mg/L (ΠΑΜ 5). Στο ίδιο μοτίβο και η τρίτη μας δειγματοληψία, όπου καταγράφονται τιμές από 0,6 mg/L (ΠΑΜ 1) έως 7,4 mg/L (ΠΑΜ 5). Τέλος, στην τέταρτη δειγματοληψία οι τιμές εμπεριέχονται στο κλειστό διάστημα 0,5 mg/L (ΠΑΜ 1) - 37,6 mg/L (ΠΑΜ 5). Σημειώνεται πως για το σύνολο της έρευνας το 67,9 % των δειγμάτων φανέρωσε συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών μικρότερη από 10 mg/L, το 19,8 % μεταξύ 10 mg/L και 50 mg/L και τέλος, το 12,3 % συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 50 mg/L. Οι τελευταίες, ακριβώς, στην ολότητα τους προέρχονται αποκλειστικά από την πρώτη δειγματοληψία.

Είναι χαρακτηριστικά τα υπερμεγέθη αποτελέσματα της πρώτης δειγματοληψίας, που, βεβαίως, συνδέονται με τις έντονες βροχοπτώσεις που προηγήθηκαν στο σύνολο του νομού. Είναι δεδομένο ότι τα ολικά αιωρούμενα στερεά αυξάνουν κατά την εποχή των βροχοπτώσεων. Αυτή η πραγματικότητα επιτείνεται για τους ελληνικούς ποταμούς και χείμαρρους, λόγω μειωμένης βλάστησης, που συνήθως επικρατεί (Bobori and Mourelatos, 1999). Οι έντονες βροχοπτώσεις βοηθούν στην αύξηση των αιωρούμενων στερεών στα ποτάμια, ενισχύοντας πρωτύτερα την αποσάθρωση και τη διάβρωση των εδαφών.

Σχολιάζοντας, τώρα, κάποιες ακραίες τιμές, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι αυτή στο σημείο ΜΑΥΡ 3 είναι αποτέλεσμα, κυρίως, της εισροής υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου, παρά συνεπεία των βροχοπτώσεων. Αφαιρώντας το προηγούμενο σημείο, δεν είναι τυχαίο πως οι μεγαλύτερες τιμές κατά την πρώτη δειγματοληψία παρουσιάζονται στις εκβολές των ποταμών (ΠΑΜ 5 και ΒΕΛ 3). Σε αυτήν την αύξηση, συμβάλλει σημαντικά η επαναιώρηση του λεπτόκοκκου ιζήματος, που συνήθως υπάρχει στον κάτω ρου των ποταμών. Σε σύνδεση με το τελευταίο, είναι χαρακτηριστικές οι μικρές τιμές αιωρούμενων στερεών, κυρίως, στον άνω ρου των ποταμών, όπου οι κοίτες είναι πετρώδεις ή βοτσαλώδεις. Τέτοια σημεία είναι τα ΝΕΔΑ 1, ΠΕΡ 1, ΜΑΥΡ 1, ΝΕΔΩΝ 1, ΝΕΔΩΝ 2, ΝΕΔΩΝ 3, ΒΕΛ 1 και ΒΕΛ2, όπου πέραν της επίδρασης των βροχοπτώσεων, η έντονη ροή που παρατηρείται εκεί, δε βρίσκει το κατάλληλο υπόβαθρο πυθμένα (απουσία ιλύος) για την αύξηση στην τιμή των αιωρούμενων στερεών.

Εμμένοντας, ακόμη λίγο, στο ακραίο των τιμών, δεν μπορούμε να μη σχολιάσουμε αυτές των ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 2, όπου έχουμε να κάνουμε με σχεδόν μηδενικές τιμές αιωρούμενων στερεών στα σημεία αυτά. Αυτό, βέβαια, είναι

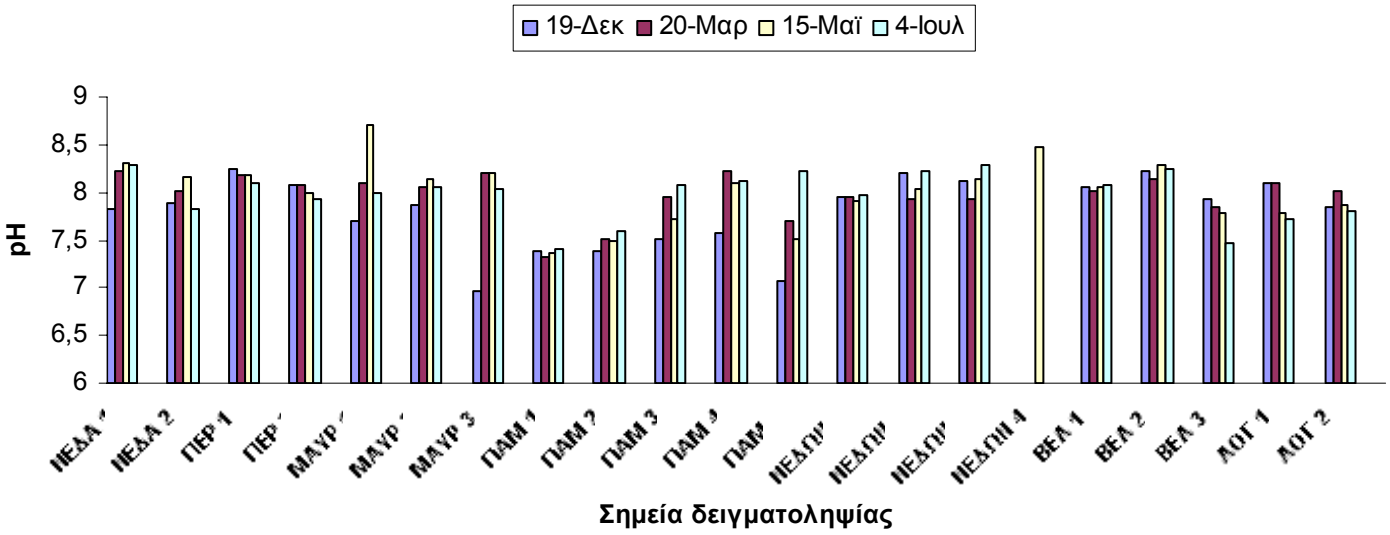
απολύτως λογικό, αλλά και αναμενόμενο, μιας και βρισκόμαστε ακόμη στις πηγές του ποταμού Πάμισου, όπου το νερό, προφανώς, φιλτράρεται πριν εμφανιστεί στην επιφάνεια του εδάφους.

Από την άλλη, συνεχίζοντας σε περιπτώσεις υψηλών μετρήσεων, εξαιρουμένης της πρώτης δειγματοληψίας, επικεντρώνουμε το ενδιαφέρον μας στο σημείο ΠΑΜ 5. Η συνεχής αύξηση των αιωρούμενων στερεών, κατά τις τρεις τελευταίες δειγματοληψίες, στο σημείο αυτό δύναται να συνδέεται με την προοδευτική αύξηση των φυκών και του πλαγκτόν. Τα υπόλοιπα σημεία δεν παρουσιάζουν άξιες λόγου απόλυτες τιμές, αλλά ούτε και έντονες διαφοροποιήσεις μεταξύ των τιμών για κάθε σημείο.

Ολοκληρώνοντας μετά της νομοθεσίας, η τελευταία έχει θεσμοθετήσει το όριο των 25 mg/L, τόσο για την επιβίωση των ιχθύων, όσο και για τα νερά που προορίζονται για πόσιμα, αφού επεξεργαστούν. Εξαιρώντας στις περισσότερες περιπτώσεις την πρώτη δειγματοληψία, αλλά και το ΠΑΜ 5 για τις τρεις εκ των τεσσάρων δειγματοληψιών, τα νερά φαίνεται να ικανοποιούν τις άνωθεν νομοθετικές επιταγές, κάτι που φαίνεται και στο διάγραμμα 9. Σημειώνεται ότι το όριο αυτό, κατά την πρώτη δειγματοληψία, υπερβαίνεται στο 50 % των μετρήσεων, ενώ στο σύνολο των υπόλοιπων τριών, βρισκόμαστε εκτός ορίων μόνο σε δύο περιπτώσεις, οι οποίες και σχετίζονται με το σημείο ΠΑΜ 5.

7.2.4 Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου (pH)

Οι τιμές του pH κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου παρουσιάζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί (βλέπε και πίνακες 15, 16, 17, 18 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 10</u>: Αποτελέσματα μέτρησης pH

Είναι εύκολο, με μια πρώτη ανάγνωση, να αποκομίσουμε το ελαφρώς βασικό των τιμών του pH, κάτι το οποίο, όχι απλά δεν προκαλεί εντύπωση, αλλά ήταν μάλλον αναμενόμενο, αν όχι επιτακτικό. Κι αυτό, διότι ποταμοί που ρέουν σε υδρολογικές λεκάνες, όπου επικρατούν τα ασβεστολιθικά πετρώματα, έχουν μια υψηλότερη τιμή pH.

Στο σύνολο των δειγματοληψιών παρατηρήθηκε μεταξύ των σημείων ένα εύρος τιμών pH που κυμαίνεται από 6,97 (ΜΑΥΡ 3, 19/12) μέχρι 8,70 (ΜΑΥΡ 1, 15/5), με τις περισσότερες τιμές να κινούνται γύρω από το 8,00. Είναι χαρακτηριστικό το εύρος τιμών που αποκαλύφθηκε, κατά τη μελέτη των νερών του Πηνειού (Θεσσαλία), το διάστημα 1996-1998. Εκεί, γίνεται λόγος για pH που κυμαίνεται μεταξύ 7,01 και 8,57 και μάλιστα, όπως και στη δική μας περίπτωση, με τις περισσότερες τιμές να βρίσκονται πολύ κοντά στο 8,00 (Bellos and Sawidis, 2005).

Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωσή μας, το pH ποικίλει από 6,97 (ΜΑΥΡ 3) έως 8,25 (ΠΕΡ 1) κατά την έρευνα του Δεκεμβρίου, από 7,33 (ΠΑΜ 1) έως 8,23 (ΠΑΜ 4) κατά τη δειγματοληψία του Μαρτίου, από 7,37 (ΠΑΜ 1) έως 8,70 (ΜΑΥΡ 1) σε

αυτήν του Μαΐου και τέλος, κατά την τελευταία δειγματοληψία (Ιούλιος), η τιμή του pH ανάμεσα στα διαφορετικά σημεία κινείται μεταξύ 7,41 (ΠΑΜ 1) και 8,29 (ΝΕΔΑ 1).

Είναι αξιοσημείωτο ότι τα περισσότερα σημεία από τα οποία συλλέχθησαν δείγματα παρουσιάζουν μια σχετική σταθερότητα στην τιμή του pH ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις. Κάτι τέτοιο, δηλαδή, εύρος τιμών pH χωρίς αξιοσημείωτες μεταβολές, έδειξε και η μελέτη των Voutsa *et al.* (2001) που πραγματοποιήθηκε το διάστημα 1997-1998 για τα κυριότερα ποτάμια συστήματα της Μακεδονίας. Αντίστοιχα, στην προαναφερθείσα μελέτη των υδάτων του Πηνειού, το pH βρέθηκε σχετικά σταθερό, τόσο μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας, όσο και εντός του ίδιου σταθμού κατά τις διαφορετικές δειγματοληψίες (Bellos and Sawidis, 2005). Πιο χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις των ΠΑΜ 1, ΝΕΔΩΝ 1 και ΒΕΛ1, όπου το pH παραμένει σχεδόν αμετάβλητο. Εδώ, δεν είναι τυχαίο ότι πρόκειται για σημεία πηγών ή κοντά σε αυτές, όπου τα χαρακτηριστικά του ύδατος είναι δυσμετάβλητα.

Αναφορικά, τώρα, με κάποιες ακραίες τιμές που παρατηρήθηκαν, τόσο μεταξύ του συνόλου των μετρήσεων, όσο και ανάμεσα στις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις για κάθε συγκεκριμένη θέση, απαιτείται ο σχολιασμός μας.

Μιλώντας ‘πρακτικά’, η χαμηλή τιμή του pH στο σημείο ΜΑΥΡ 3, κατά την πρώτη δειγματοληψία και σε σχέση με τις επόμενες που πραγματοποιήθηκαν εκεί, μπορεί να θεωρηθεί, πρωτίστως, αποτέλεσμα της απόρριψης υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου. Πιο συγκεκριμένα, ο όξινος χαρακτήρας των φαινολικών ενώσεων, που περιέχουν τα τελευταία, έχει τη δυνατότητα να συμπιέσει την τιμή του pH, έστω και σε μικρό βαθμό.

Εν συνεχεία και όσον αφορά τη χαμηλή τιμή του pH κατά την πρώτη δειγματοληψία, στο σημείο ΠΑΜ 5, σε σχέση με τις επόμενες, αυτή μπορεί να εξηγηθεί - μεταξύ άλλων - από τις ακόλουθες δύο γενεσιουργές αιτίες. Αρχικά, ίσως αυτό να είναι αποτέλεσμα της επίδρασης των χουμικών οξέων από τα παρακείμενα εδάφη. Οι έντονες βροχοπτώσεις που προηγήθηκαν της εν λόγω δειγματοληψίας οδήγησαν, προφανώς, σε απορροή μεγάλων ποσοτήτων χούμου σε μια περιοχή εντατικών γεωργικών εκμεταλλεύσεων. Το δεύτερο πιθανό αίτιο σχετίζεται με τις ανοξικές συνθήκες που επικρατούσαν την ίδια στιγμή στο σημείο. Όπως αναφέρει ο Vega (1998), οι αναερόβιες ζυμώσεις της οργανικής ύλης (σημειώνεται πως το COD κατά την εν λόγω δειγματοληψία ήταν 85,9 mg O_2/L ύδατος) οδηγούν στην

παραγωγή αμμωνίας και οργανικών οξέων. Αυτές, οι όξινες ενώσεις υδρολύονται, γεγονός που συνεπάγεται μια μείωση στην τιμή του pH για το νερό.

Σε επίπεδο ποταμού, τώρα, οι τάσεις των τιμών του pH στα σημεία δειγματοληψίας, κινούμενοι προς τα κατάντη σημεία και από τη δειγματοληψία του Δεκέμβρη προς αυτήν του Ιουλίου, διαφαίνονται ως ακολούθως. Πιο αναλυτικά, στη ΝΕΔΑ έχουμε μια τάση ελαφράς μείωσης των τιμών σε τουλάχιστον τρεις από τις τέσσερις δειγματοληψίες, ενώ στο χείμαρρο Περιστέρι παρατηρείται μια σταθερή μικρή μείωση του pH στο σύνολο των δειγματοληψιών. Όσον αφορά τον παραπόταμο Μαυροζούμαινα, οι τιμές παρουσιάζουν ακανόνιστο χαρακτήρα, με τον ποταμό Πάμισο να παρουσιάζει τάσεις αύξησης του pH, οι οποίες και διακόπτονται στις εκβολές του. Συνεχίζοντας με τον ποταμό Νέδωνα, εκεί υπάρχει μια μικρή αυξητική τάση, ενώ στο χείμαρρο Βελίκα έχουμε, αρχικά, μια μικρή αύξηση των τιμών και κατόπιν, μια αρκετά μεγαλύτερη πτώση. Τέλος, οι τιμές του χείμαρρου Λογιώτη δεν παρουσιάζουν κάποια συγκεκριμένη τάση.

Γενικά, μπορούμε να ισχυριστούμε πως οι αποκαλυφθείσες τιμές pH ικανοποιούν την κείμενη νομοθεσία, η οποία προβλέπει τιμές 6-9 για τη διατήρηση των ιχθύων, αλλά και τις δραστηριότητες αναψυχής (κολύμβηση), 6,5-9,5 για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης και εύρος τιμών 6,5-8,5 ή 5,5-9 για το νερό που προορίζεται ως πόσιμο (ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας). Η μόνη υπέρβαση αφορά στη δειγματοληψία του Μαΐου και στο σημείο ΜΑΥΡ 1 (τιμή pH ίση με 8,7). Παρόλα αυτά, αυτή θεωρείται ουσιαστικά ανύπαρκτη, μιας και δεν προβλέπεται πρόθεση μετατροπής του νερού του ποταμού στο σημείο αυτό σε πόσιμο, πόσο μάλλον, με τη μέθοδο επεξεργασίας κατά την οποία υπερβαίνονται τα κριτήρια.

Προσπαθώντας να ανατρέξουμε σε παλαιότερες μετρήσεις, που ενδεχομένως να είχαν γίνει σε ίδια με τη δική μας έρευνα σημεία δειγματοληψίας, καταφέραμε να βρούμε αρκετά στοιχεία για το σημείο ΝΕΔΑ 2, καθώς και κάποιες, λίγες, σποραδικές μετρήσεις στα σημεία ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 3, το σύνολο των οποίων και παρατίθεται στον ακόλουθο πίνακα. Σημειώνεται πως επιλέχθηκαν εκείνα τα αποτελέσματα, που συνδέονται χρονικά εντός του έτους με τις δικές μας δειγματοληψίες, προκειμένου να υπάρξει δυνατότητα σύγκρισης. Για αυτό και η κατηγοριοποίηση των μετρήσεων εντός του πίνακα.

<u>Πίνακας 29:</u> Διαχρονικές μετρήσεις του pH για τα σημεία ΝΕΔΑ 2, ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 3 (προσαρμοσμένος από το Υπουργείο Γεωργίας)

Έτος	pH-Ημερομηνία				
	ΝΕΔΑ 2				
1986	7,6 - 10/1	7,7 - 10/3	7,7 - 13/5	7,5 - 9/7	
1988	7,6 -11/1	7,6 - 8/3	7,3 - 10/5	7,4 - 7/7	
1989	7,90 - 11/1	8,10 - 8/3	7,80 - 9/5	7,80 - 18/7	7,80 - 7/12
1991	7,96 - 8/1	7,99 - 26/3	7,97 - 2/5	8,35 - 4/7	8,05 - 4/12
1992	8,00 - 8/1	7,97 - 3/3	7,92 - 4/5	7,67 - 16/7	7,45 - 14/12
1993	7,60 - 12/1	7,95 - 17/3	7,68 - 17/5	7,59 - 6/7	7,63 - 15/12
1994	7,95 - 16/1	7,75 - 16/3		7,88 - 28/6	
1995		7,67 - 22/3	7,63 - 22/5		
1996	8,15 - 17/1				
1997		8,02 - 11/3		7,87 - 11/7	
1998		8,00 - 1/4			
1999		7,98 - 9/3			
2000		7,90 - 20/3	7,91 - 29/5		
2001				7,80 - 18/7	
	ΠΑΜ 1				
1994		7,20 - 13/4			
1995		7,33 - 22/3		7,70 - 28/6	
1998				7,73 - 29/7	
	ΠΑΜ 3				
1994	7,43 - 27/1		7,50 - 31/5		
1995		7,36 - 22/3		7,94 - 31/8	
1998				7,93 - 30/7	

*** Οι τιμές προσδιορίστηκαν από το Εδαφοϋδρολογικό Εργαστήριο του Υπουργείου Γεωργίας**

Για το σημείο ΝΕΔΑ 2, όπου έχουμε ικανοποιητικό αριθμό δεδομένων, δε διακρίνεται κάποια συγκεκριμένη τάση για την τιμή του pH, σύμφωνα με τον πίνακα που προηγείται. Συγκρίνοντας, τώρα, την τιμή της πρώτης δειγματοληψίας μας με το μέσο όρο των μετρήσεων προηγούμενων ετών, οι οποίες και αναφέρονταν σε αντίστοιχες ημερομηνίες, έχουμε 7,88 και 7,81, αντίστοιχα. Επεξηγηματικά, η δεύτερη τιμή προήλθε από το μέσο όρο των μετρήσεων για τις ημερομηνίες μεταξύ 4/12 και 17/1. Για τη δεύτερη δειγματοληψία, οι τιμές αυτές μετατρέπονται σε 8,02 και 7,89, για την τρίτη 8,16 και 7,74 και για την τελευταία, 7,82 και 7,76. Η μόνη σημαντική διαφοροποίηση γίνεται κατά την τρίτη δειγματοληψία, όπου η μέτρησή μας (8,16) είναι μεγαλύτερη και των οκτώ προηγουμένων που έχουν

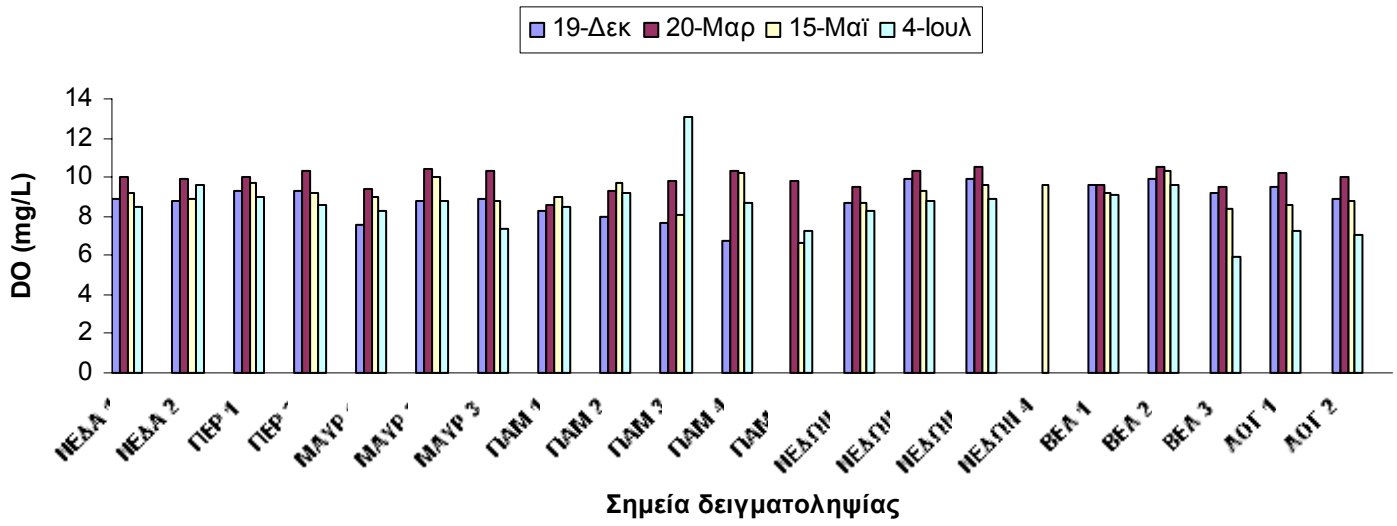
πραγματοποιηθεί στο εν λόγω σημείο. Η αμέσως μικρότερη δεν υπερβαίνει το 8 (για την ακρίβεια είναι 7,97).

Οι ελάχιστες προηγούμενες μετρήσεις για τα σημεία ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 3 δε μας αφήνουν περιθώρια για βαρυσήμαντες συγκρίσεις. Ακόμη και έτσι, οι τιμές μας δεν παρουσιάζουν κάποια άξια λόγου διαφοροποίηση.

7.2.5 Διαλυμένο οξυγόνο

Οι βιολογικές, χημικές, και φυσικές διαδικασίες που περιλαμβάνονται στη μεταβολή της συγκέντρωσης του οξυγόνου στους ποταμούς είναι τόσο πολυάριθμες και σύνθετες, που δεν υπάρχει κανένα πρότυπο που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί, χωρίς μια προσεκτική ανάλυση των τοπικών χαρακτηριστικών (Da Silva and Sacomani, 2001).

Στο παρακάτω διάγραμμα παρουσιάζονται οι μετρήσεις του διαλυμένου οξυγόνου κατά τις τέσσερις δειγματοληψίες (βλέπε και πίνακες 19, 20, 21, 22 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 11:</u> Αποτελέσματα συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου

Αν εξαιρέσουμε μια 'αποκαλυφθείσα' μηδενική τιμή (ΠΑΜ 5, 19/12) στη συγκέντρωση του οξυγόνου, οι υπόλοιπες κυμαίνονται μεταξύ 5,9 mg/L (ΒΕΛ 3, 4/7) και 13,1 mg/L (ΠΑΜ 3, 4/7). Σε γενικές γραμμές, δεν υπάρχει έντονη χωρική και

χρονική μεταβλητότητα, με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στην πλειονότητα των σημείων να εμφανίζονται στη δεύτερη δειγματοληψία. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 86,4 % των δειγμάτων έφεραν συγκέντρωση οξυγόνου μεγαλύτερη από 8 mg/L, ενώ το 56,8 % φανέρωσε συγκέντρωση μεγαλύτερη ή ίση προς 9 mg/L.

Οι περιπτώσεις που αξίζουν σχολιασμό είναι αυτές των ΠΑΜ 3 (4/7) και ΠΑΜ 5 (19/12). Στην πρώτη περίπτωση, καταγράψαμε συγκέντρωση οξυγόνου 13,1 mg/L. Μια τόσο αυξημένη τιμή, όμως, δε θα πρέπει να μας εκπλήσσει, εξαιτίας της έντονης ανάπτυξης φυκών που παρατηρήθηκαν κατά τη λήψη του δείγματος. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι δυνατό - κατά τη διάρκεια της ημέρας και μέσω της έντονης φωτοσύνθεσης - το διαλυμένο οξυγόνο να αυξηθεί πολύ πάνω από το σημείο κορεσμού (όπως και εδώ). Τη νύχτα, βέβαια, κατά την οποία η αναπνοή 'παίζει' χωρίς αντίπαλο (δηλαδή, τη φωτοσύνθεση) ενδέχεται στο ίδιο σημείο, λίγο πριν το ξημέρωμα, να εμφανιστούν ανοξικές συνθήκες. Για αυτό και μια μοναδική μέτρηση κατά τη διάρκεια της ημέρας δεν μπορεί να διαλευκάνει την ποιότητα του ύδατος.

Όσον αφορά, τώρα, την εκ διαμέτρου αντίθετη μέτρηση, αυτήν των 0 mg/L στο σημείο ΠΑΜ 5 (19/12), αποτελεί πραγματικά κάτι το αναπάντεχο. Κι αυτό, γιατί δεν εμφανίζονται, συχνά, ανοξικές συνθήκες κατά τη χειμερινή περίοδο. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κάποιες ενδείξεις που οδηγούν, αν όχι σε μηδενική, σε μειωμένο διαλυμένο οξυγόνο στο εν λόγω σημείο. Πρώτον, υπάρχει μια σταθερή μείωση της συγκέντρωσης του από τις πηγές έως το προηγούμενο σημείο δειγματοληψίας, ανάντη του ΠΑΜ 5. Μια τιμή που ξεκινά από το 8,3 mg/L και 8,0 mg/L από τις πηγές, μειώνεται στο 7,7 mg/L στο ΠΑΜ 3 και κατρακυλά στο 6,7 mg/L στο ΠΑΜ 4. Τώρα, βέβαια, τι μεσολάβησε στα 3-3,5 km, μέχρι να φτάσουμε από το σημείο ΠΑΜ 4 σε αυτό του ΠΑΜ 5, ώστε η συγκέντρωση να μειωθεί επιπλέον 6,7 μονάδες, παραμένει δύσκολα προσδιορίσιμο. Ένας πρώτος λόγος για να αναμένουμε μικρότερη συγκέντρωση οξυγόνου στις εκβολές είναι η αυξημένη αλατότητα των εκεί νερών. Η μικρότερη τιμή, βέβαια, σε σχέση με τη μηδενική, απέχει ακόμη πολύ. Από την άλλη, μετρήθηκε μια σχετικά μεγάλη τιμή COD (85,9 mg/L), καθώς και μια μεγάλη τιμή συγκέντρωσης αμμωνίας, της τάξεως των 0,31 mg/L (κατά την ίδια δειγματοληψία, μόνο ένα από τα υπόλοιπα σημεία κατέγραψε αμμωνία της τάξεως των 0,01 mg/L). Επιπρόσθετα, οι αναερόβιες συνθήκες δύνανται να οδηγήσουν, σύμφωνα με τον WHO (2004), στη δημιουργία, αλλά και 'εμμονή' των νιτρωδών. Η μέτρηση, ακριβώς, των νιτρωδών βρέθηκε σημαντικά υψηλή (3,29 mg/L).

Σημειώνεται πως η τελευταία συγκέντρωση είναι η δεύτερη μεγαλύτερη που καταγράφηκε στο σύνολο τη έρευνας.

Κατά πρώτον, η αυξημένη τιμή του COD που δίνει τροφή στους μικροοργανισμούς (και σε μας, επίσης, να σχολιάσουμε) και κατά δεύτερον, η μειωμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα, λόγω εποχής (που θα εμπλούτιζε τα ύδατα με οξυγόνο), ωθούν προς την κατεύθυνση της μείωσης του οξυγόνου. Αν σε αυτά προσθέσουμε και τις υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας και νιτρωδών, θεωρώντας αυτές - κατά ένα ποσοστό - προϊόν μεταβολισμού αναερόβιων βακτηρίων, μπορούμε στην ακραία των περιπτώσεων να καταδείξουμε ανοξικές συνθήκες. Αξίζει να σημειωθεί στο σημείο αυτό πως η συγκέντρωση των νιτρωδών στην εν λόγω θέση, είναι τόσο αυξημένη, που προσεγγίζει αριθμητικά αυτή των νιτρικών. Παρόλα αυτά, ακόμη και τώρα, το αποτέλεσμα της μηδενικής συγκέντρωσης οξυγόνου, το προσεγγίζουμε με το μέγιστο της δυσπιστίας μας.

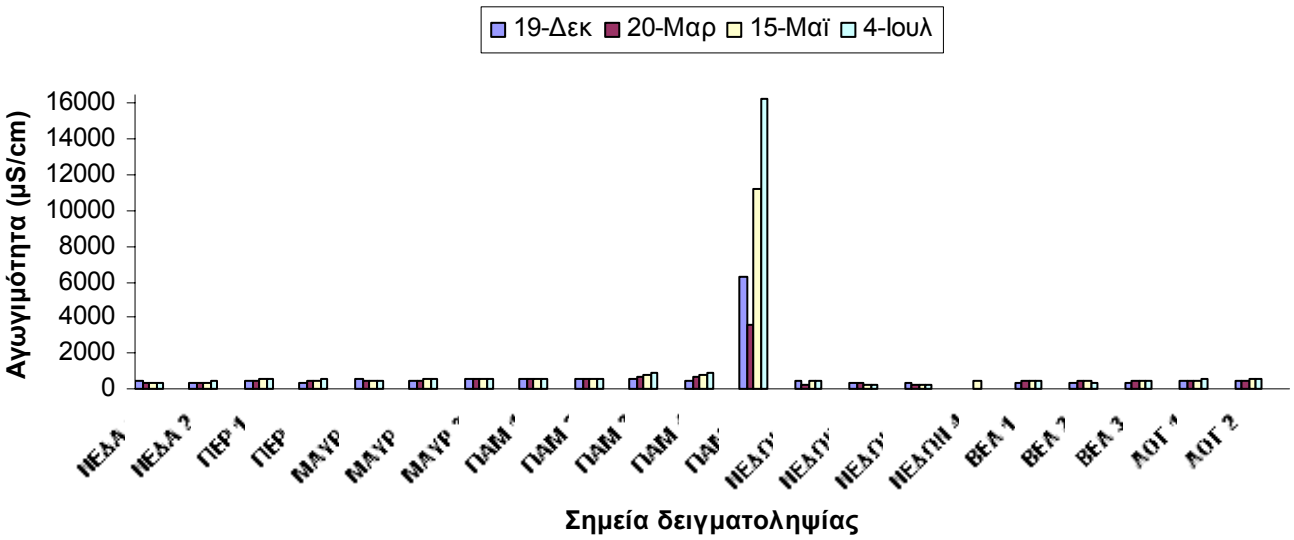
Τι, άραγε, μπορεί να συνέβη; Το μόνο, στο οποίο μπορεί να πάει η σκέψη, σχετίζεται με μια πιθανή μαζική απόρριψη οργανικών αποβλήτων περίπου στο ύψος του ΠΑΜ 4, που ταυτίζεται με την πόλη της Μεσσήνης, τη δεύτερη πολυπληθέστερη περιοχή σε επίπεδο νομού. Κατόπιν αυτού, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το κατώτατο σημείο της καμπύλης του οξυγόνου ταυτίζεται με τις εκβολές του Παμίσου και μάλιστα, τέμνει τον άξονα των x′x. Πιθανόν, να μοιάζει με σενάριο συνομωσίας, αλλά είναι η μόνη λογικοφανής εξήγηση που μπορεί να δοθεί.

Πέραν αυτού, όμως, τα επιφανειακά νερά του νομού Μεσσηνίας, φέρουν ικανοποιητικές συγκεντρώσεις οξυγόνου, με το όποιο ρίσκο εμπεριέχει αυτή μας η κατάφαση. Η εξαγωγή πιο αξιόπιστων συμπερασμάτων χρειάζεται - κυρίως, κατά τη θερμή περίοδο - αποτελέσματα περισσότερα του ενός κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Μία ικανοποιητική συγκέντρωση οξυγόνου κάποιο απόγευμα του Ιουλίου, κατά το οποίο πραγματοποιήθηκε μια μέτρηση, μπορεί να μην έχει καμία χρηστική αξία. Οι μεταβολές του οξυγόνου μπορεί να είναι τόσο έντονες, σε σημείο, που λίγες ώρες αργότερα να μιλάμε για ανοξικές συνθήκες. Μόνο που στην απτή πραγματικότητα δεν ισχύει το ΄σε σκοτώνω και σε ανασταίνω’.

7.2.6 Αγωγιμότητα

Προτού καν καταφύγουμε στην ανάγνωση των αποτελεσμάτων, είμαστε σε γενικές γραμμές υποψιασμένοι για το τι θα αντικρίσουμε. Η αυξημένη παρουσία ασβεστολιθικών πετρωμάτων - πλούσια σε βασικά ιόντα Ca^{++} - στο νομό Μεσσηνίας, όπως άλλωστε συμβαίνει και σε επίπεδο χώρας, μοιάζει σχεδόν βέβαιο πως θα συνοδεύεται από αυξημένες τιμές αγωγιμότητας των επιφανειακών, υπό εξέταση, υδάτων. Επιπλέον το παραθαλάσσιο της περιοχής και η γειτνίαση των υπό εξέταση ποταμών με τη θάλασσα, 'μυρίζει' υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου και νατρίου, άρα και υψηλότερη αγωγιμότητα.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το σύνολο των αποτελεσμάτων, αναφορικά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα των υδάτων που μελετήθηκαν(βλέπε και πίνακες 19, 20, 21, 22 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 12:</u> Αποτελέσματα αγωγιμότητας

Το ύψος των στηλών δεν αφήνει περιθώρια στο να μην επικεντρώσουμε καταρχάς την προσοχή μας στο σημείο ΠΑΜ 5 (στόμιο Παμίσου), όπου γίνεται, σαφώς, λόγος για αποτελέσματα 'εκτός συναγωνισμού'. Πριν ξεκινήσουμε την ανάλυση των αποτελεσμάτων για το εν λόγω σημείο, είναι σημαντικό να επισημάνουμε την πανομοιότυπη μεταβολή, μεταξύ των δειγματοληψιών, της αγωγιμότητας και των ολικών στερεών. Είναι εμφανές, λοιπόν, πως οι αποκαλυφθείσες τιμές της

αγωγιμότητας - όπως και των ολικών στερεών, προηγούμενα - στο σημείο ΠΑΜ 5 αντικατοπτρίζουν, σε συντριπτικό βαθμό, την αυξημένη συγκέντρωση ιόντων χλωρίου, αλλά και νατρίου από την επίδραση της θάλασσας. Όπως αναφέρει και ο Lim (1998), οι εκβολές είναι μερικώς κλειστά υδάτινα σώματα που διαχωρίζουν τα θαλάσσια ύδατα από της πηγές γλυκών υδάτων της ενδοχώρας. Ως αποτέλεσμα αυτής της γεωγραφικής τοποθεσίας, οι εκβολές χαρακτηρίζονται από επίπεδα αλατότητας που κυμαίνονται από 0,5 g έως 2,5 g διαλυμένων αλάτων ανά 100g νερό στα στόμιά τους, όπου και το ποτάμι εκρέει στο θαλάσσιο περιβάλλον.

Εδώ, η τιμή της αγωγιμότητας ξεκινά από τα 6.270 μS/cm στη δειγματοληψία του Δεκέμβρη, συνεχίζει μειωμένη στα 3.590 μS/cm σε αυτήν του Μάρτη, ενώ κινείται 'ασυγκράτητη' στα 11.200 μS/cm, περίπου δύο μήνες μετά (δειγματοληψία Μαΐου), καταλήγοντας στο μέγιστο των 16.300 μS/cm στις αρχές του Ιουλίου.

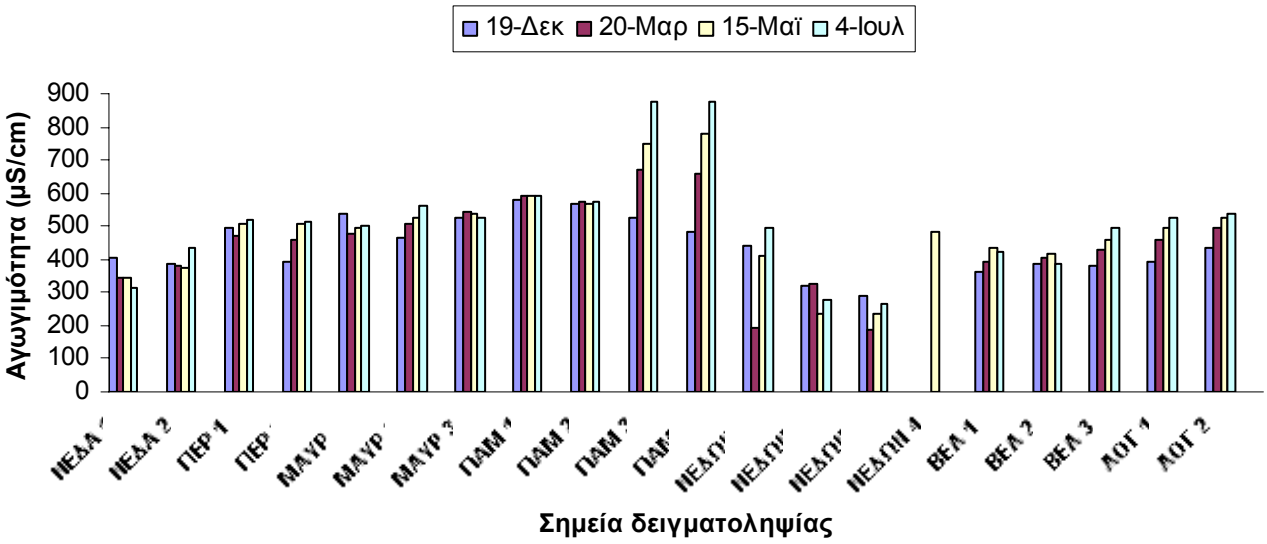
Πάντως, τιμές αγωγιμότητας ανάλογες των παραπάνω έχουν εξαχθεί και σε άλλες μελέτες, με το κοινό χαρακτηριστικό, όμως, ότι προέρχονταν, είτε από σημεία όπου παροχετεύονταν υγρά απόβλητα, είτε από σημεία του στομίου του ποταμού. Για του λόγου το αληθές, έρευνα των Voutsa *et al*. (2001) σε ποτάμια της Μακεδονίας, κατέδειξε μέγιστη αγωγιμότητα 14.000 μS/cm κατάντη της απόρριψης αποβλήτων από θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας. Επίσης, στην ίδια μελέτη μετρήθηκαν ανώτατες τιμές αγωγιμότητας της τάξεως των 13.000 μS/cm, 17.500 μS/cm και 20.000 μS/cm κατάντη σημείων εισαγωγής αποβλήτων από τοπικά, διαφορετικής παραγωγικής βάσης, εργοστάσια. Τέλος, στις εκβολές του Λουδία ποταμού, πάντα κατά την ίδια έρευνα, μετρήθηκε μέγιστη μέτρηση αγωγιμότητας ίση με 5.090 μS/cm.

Σχολιάζοντας, λίγο, τις τιμές, είναι δεδομένο ότι όσο κατευθυνόμαστε προς τη θερμή περίοδο, όπου η ροή του ποταμού μειώνεται, τόσο θα βρισκόμαστε, αναφορικά με τις εκβολές, μπροστά σε μεγαλύτερες τιμές αγωγιμότητας. Αυτό, ακριβώς, συμβαίνει, γιατί σε συνθήκες μικρής ροής, η επίδραση της θάλασσας είναι εντονότερη. Ενημερωτικά, σημειώνεται πως η αγωγιμότητα του θαλασσινού νερού κινείται περί την τιμή των 40.000 μS/cm.

Αναφορικά, τώρα, με τη μείωση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, κινούμενοι από την πρώτη στη δεύτερη δειγματοληψία, αυτή σχετίζεται κατά πάσα πιθανότητα με τα γεγονότα καιρού και συγκεκριμένα, την κατεύθυνση και την ένταση του ανέμου, κατά τη διάρκεια λήψης των δειγμάτων. Θα μπορούσε κάποιος, βέβαια, να ισχυριστεί ότι η τιμή της είναι μεγαλύτερη στην πρώτη δειγματοληψία, σε σχέση με

τη δεύτερη, εξαιτίας των έντονων βροχοπτώσεων που είχαν προηγηθεί της 19ης του Δεκέμβρη. Παρόλη, όμως, την επίδραση των βροχοπτώσεων στην αύξηση της αγωγιμότητας, η διαφορά στην τιμή των δύο πρώτων δειγματοληψιών δε δικαιολογείται μέσω αυτών. Θα διαφαινόταν κάτι τέτοιο, εξάλλου, αν καταγραφόταν αξιοσημείωτη αύξηση αγωγιμότητας κατά την πρώτη δειγματοληψία και στα υπόλοιπα σημεία, κάτι το οποίο δε συνέβη στην πράξη.

Αφού ολοκληρώσαμε με τον ουρανοξύστη δίπλα στην παραγκούπολη, ας προσγειωθούμε σε τριψήφιες τιμές αγωγιμότητας. Στο διάγραμμα που ακολουθεί, καταγράφονται οι τιμές όλων - πλην του ΠΑΜ 5 - των σημείων δειγματοληψίας.



<u>Διάγραμμα 13:</u> Αποτελέσματα αγωγιμότητας πλην ΠΑΜ 5

Αντιπαρερχόμενοι τη θέση ΠΑΜ 5 και συγκεντρώνοντας το σύνολο των υπόλοιπων αποτελεσμάτων, παρατηρούμε διακύμανση τιμών αγωγιμότητας μεταξύ 190 μS/cm (ΝΕΔΩΝ 3, 20/3) και 878 μS/cm (ΠΑΜ 4, 4/7). Στην προαναφερθείσα μελέτη του Πηνειού ποταμού, από την άλλη, μετρήθηκαν τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας μεταξύ 138 μS/cm και 697 μS/cm. Σημειώνεται, ακόμη, πως οι μεγαλύτερες μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κυρίως κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου, καθώς επίσης και κατά την υγρή περίοδο (Bellos and Sawidis, 2005). Σύμφωνα με τους Skoulikidis *et al*. (1998), η αγωγιμότητα αυξάνεται έντονα κατά την εποχή της ξηρασίας. Γενικά, κατά τις άνυδρες περιόδους, η χαμηλή ροή, η

εξατμισοδιαπνοή, η βιολογική αναπνοή και οι εκροές ρυπαντών εμπλουτίζουν τα νερά με διαλυμένα συστατικά. Από την άλλη, οι Welch *et al.* (1998) αναφέρουν πως η αυξημένη αστικοποίηση προκαλεί αύξηση της αγωγιμότητας, όχι, όμως, σε συνθήκες βροχοπτώσεων, εξαιτίας του φαινομένου της αραίωσης. Συμφωνώντας στο τελευταίο, μπορούμε να προσθέσουμε ότι δεν ισχύει το ίδιο για τις αγροτικές περιοχές, όπου οι επιφανειακές απορροές φαίνεται πως εμπλουτίζουν τον ποταμό με διαλυμένα στερεά. Και πάλι, κατά τους Skoulikidis *et al*. (1998), οι έντονες βροχοπτώσεις ενισχύουν τις διαδικασίες απόπλυσης και εμπλουτίζουν τα νερά των ποταμών με κύρια ιόντα. Κατά τη διάρκεια υψηλών απορροών, έτσι, τα φαινόμενα διάλυσης είναι αυτά που κυριαρχούν.

Για καθεμιά ξεχωριστή δειγματοληψία, το εύρος αυτό ήταν από το 288 μS/cm (ΝΕΔΩΝ 3) ως 577 μS/cm (ΠΑΜ 1) για την πρώτη, από 190 μS/cm (ΝΕΔΩΝ 3) έως 668 μS/cm (ΠΑΜ 3) για τη δεύτερη, από 234 μS/cm (ΝΕΔΩΝ 3) έως 777 μS/cm (ΠΑΜ 4) για την τρίτη και τέλος, από 263 μS/cm (ΝΕΔΩΝ 3) έως 878 μS/cm (ΠΑΜ 4) για την τελευταία δειγματοληψία. Από το παραπάνω διάγραμμα είναι φανερό ότι τα περισσότερα σημεία δειγματοληψίας χαρακτηρίζονται από μια σχετική σταθερότητα στην τιμή της αγωγιμότητάς τους. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα ΠΕΡ 1, ΜΑΥΡ 3, ΠΑΜ 1, ΠΑΜ 2 και ΒΕΛ 2. Όσον αφορά, τουλάχιστον, τα σημεία ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 2, το αποτέλεσμα είναι αναμενόμενο, μιας και αναφερόμαστε σε νερά πηγών. Εν συνεχεία, σημειώνεται μια αξιοπρόσεχτη αύξηση της αγωγιμότητας, κινούμενοι από τη δειγματοληψία του Δεκέμβρη προς αυτήν του Ιουλίου, στα σημεία ΠΑΜ 3 και ΠΑΜ 4. Από την άλλη, εμφανίζεται μια μικρή αύξηση των τιμών στα σημεία ΒΕΛ 3, ΛΟΓ 1, ΛΟΓ 2, ΠΕΡ 2 και ΜΑΥΡ 2. Ολοκληρώνοντας, παρουσιάζεται μια μικρή χρονικά μείωση της αγωγιμότητας στη θέση ΝΕΔΩΝ 1.

Η περίπτωση που αξίζει να σταθούμε - όπως, στα ολικά στερεά - κοιτάζοντας τα αποτελέσματα, δεν είναι άλλη από το σημείο ΒΕΛ 3. Θα ανέμενε κάποιος πολύ μεγαλύτερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας, ιδιαίτερα κατά τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες, μιας και αναφερόμαστε σε εκβολές ποταμού (την ξηρά περίοδο, όπου η ροή του ποταμού μειώνεται, είναι προφανής η αύξηση της επίδρασης του θαλασσινού νερού στα εκβολικά συστήματα). Και σε αυτό το ερώτημα, όμως, υπάρχει μια λογικοφανής εξήγηση. Κατά πρώτον, το δείγμα συλλέχθηκε σε υψηλότερο σημείο συγκριτικά με αυτό των εκβολών του Παμίσου. Η κύρια αιτία, όμως, του ‘αναπάντεχου’ αποτελέσματος σχετίζεται με την εκτροπή της ευθείας

πορείας του ποταμού, λίγο πριν εκρεύσει στη θάλασσα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο ποταμός να τέμνει στο στόμιό του την ακτογραμμή με πολύ μικρότερη ή με πολύ μεγαλύτερη γωνία (ανάλογα με την οπτική γωνία του καθενός) από την ορθή. Συνεπώς, η επίδραση της θάλασσας είναι σχετικά μικρή, μιας και ο κυματισμός δε δύναται να εισβάλλει αρκετά στο εσωτερικό του ποταμού, πόσο μάλλον, περί τα 100 μέτρα, όπου εμείς λάβαμε το δείγμα.

Αξίζει στο σημείο αυτό να επικεντρωθούμε στο κατά πόσο τα ύδατα που μελετήθηκαν είναι κατάλληλα για αρδευτικούς σκοπούς και αυτό, διότι - λίγο ή πολύ - τα περισσότερα επιφανειακά νερά της Μεσσηνίας χρησιμοποιούνται για το συγκεκριμένο σκοπό. Είναι σχεδόν ανάξιο λόγου να ειπωθεί πως το νερό από το σημείο ΠΑΜ 5 εμπίπτει στην κατηγορία ‘ακατάλληλο’ αναφορικά με την άρδευση. Σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση, το εργαστήριο εδαφοϋδρολογίας και γεωλογίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων θεωρεί ακατάλληλο προς άρδευση το νερό με αγωγιμότητα μεγαλύτερη των 3000 μS/cm. Στον αντίποδα, τα νερά των σημείων ΝΕΔΩΝ 1, ΝΕΔΩΝ 2 και ΝΕΔΩΝ 3 εμπίπτουν στην κατηγορία ‘εξαιρετικό’ (αγωγιμότητα < 250 μS/cm) για κάποιες από τις δειγματοληψίες, ενώ για άλλες, κατατάσσονται στην κατηγορία ‘καλό’ (αγωγιμότητα 250-750 μS/cm). Το τραγικό, βέβαια, της υπόθεσης είναι πως με τις παραπάνω θέσεις, αναφερόμαστε στα ύδατα που χρησιμοποιούνται λιγότερο για άρδευση (ορεινές περιοχές). Το νερό των υπόλοιπων σημείων, τώρα, κατά κανόνα κατατάσσεται στην κατηγορία ‘καλό’. Εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα αποτελούν οι δύο τελευταίες δειγματοληψίες στα σημεία ΠΑΜ 3 και ΠΑΜ 4, όπου το νερό τους ταξινομείται στην κατηγορία ‘ανεκτό’. Σε γενικές γραμμές, μπορούμε να ισχυριστούμε την καλή ποιότητα του νερού στη Μεσσηνία για άρδευση, σε σχέση πάντα με την αγωγιμότητά του.

Σχετικά, τώρα, με την ευρωπαϊκή νομοθεσία και την αγωγιμότητα των υδάτων, με εξαίρεση τις εκβολές του Παμίσου, όλο το υπόλοιπο υδρογραφικό δίκτυο πληροί τα κριτήρια για μετατροπή του νερού σε πόσιμο (τιμές < 1000 μS/cm). Το ίδιο ισχύει και για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, όπου το ανώτερο όριο είναι 2500 μS/cm.

Όπως και για τα προηγούμενα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, έτσι και για την αγωγιμότητά του υπάρχουν προηγούμενες μετρήσεις από τα ίδια σημεία δειγματοληψίας (ΝΕΔΑ 2, ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 3), όπως παρουσιάζονται παρακάτω.

Σύμφωνα με το Σκουληκίδη (1997), τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια προοδευτική αύξηση της αγωγιμότητας για τους ποταμούς, τουλάχιστον, για αυτούς που υπάρχουν στοιχεία, κυρίως, τους μεγαλύτερους εξ αυτών. Η αύξηση αυτή,

μάλιστα, ανάλογα την περίπτωση, κυμαίνεται μεταξύ 9% και 40%. Κάτι τέτοιο, δεν προκύπτει για τα στοιχεία που έχουμε αναφορικά με το σημείο ΝΕΔΑ 2. Βέβαια, ένα τέτοιο συμπέρασμα είναι παρακινδυνευμένο να εκληφθεί, μιας και τα δεδομένα δεν αντικατοπτρίζουν μια μακρά χρονική περίοδο.

Συγκρίνοντας, τώρα, την τιμή αγωγιμότητας της πρώτης μας δειγματοληψίας για το ΝΕΔΑ 2, με το μέσο όρο των μετρήσεων του πίνακα, που έγιναν σε κοντινές με τη δική μας ημερομηνίες εντός του έτους, έχουμε αντίστοιχα 387 μS/cm και 383 μS/cm. Ανάλογα, για τη δεύτερη δειγματοληψία, καταγράφονται αντίστοιχα τιμές 382 μS/cm και 368 μS/cm, ενώ για την τρίτη, 375 μS/cm και 373 μS/cm. Τέλος, για την τέταρτη, έχουμε 434 μS/cm και 401 μS/cm.

<u>Πίνακας 30:</u> Διαχρονικές μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας για τα σημεία ΝΕΔΑ 2, ΠΑΜ 1 και ΠΑΜ 3 (προσαρμοσμένος από το Υπουργείο Γεωργίας)

Έτος	**Ηλ. Αγωγιμότητα (μS/cm) -Ημερομηνία**				
	ΝΕΔΑ 2				
1986	350 - 10/1	360 - 10/3	375 - 13/5	400 - 9/7	
1988	360 - 11/1	340 - 8/3	355 - 10/5	375 - 7/7	
1989	400 - 11/1	390 - 8/3	365 - 9/5	380 - 18/7	415 - 7/12
1991	430 - 8/1	415 - 26/3	370 - 2/5	405 - 4/7	360 - 4/12
1992	365 - 8/1	340 - 3/3	365 - 4/5	405 - 16/7	385 - 14/12
1993	370 - 12/1	365 - 17/3	385 - 17/5	410 - 6/7	390 - 15/12
1994	375 - 16/1	365 - 16/3		420 - 28/6	
1995		370 - 22/3	400 - 22/5		
1996	395 - 17/1				
1997		390 - 11/3		405 - 11/7	
1998		370 - 1/4			
1999		370 - 9/3			
2000		345 - 20/3	365 - 29/5		
2001				410 - 18/7	
	ΠΑΜ 1				
1994		1230 - 13/4			
1995		1265 - 22/3		1240 - 28/6	
1998				1280 - 29/7	
	ΠΑΜ 3				
1994	710 - 27/1		810 - 31/5		
1995		715 - 22/3		810 - 31/8	
1998				805 - 30/7	

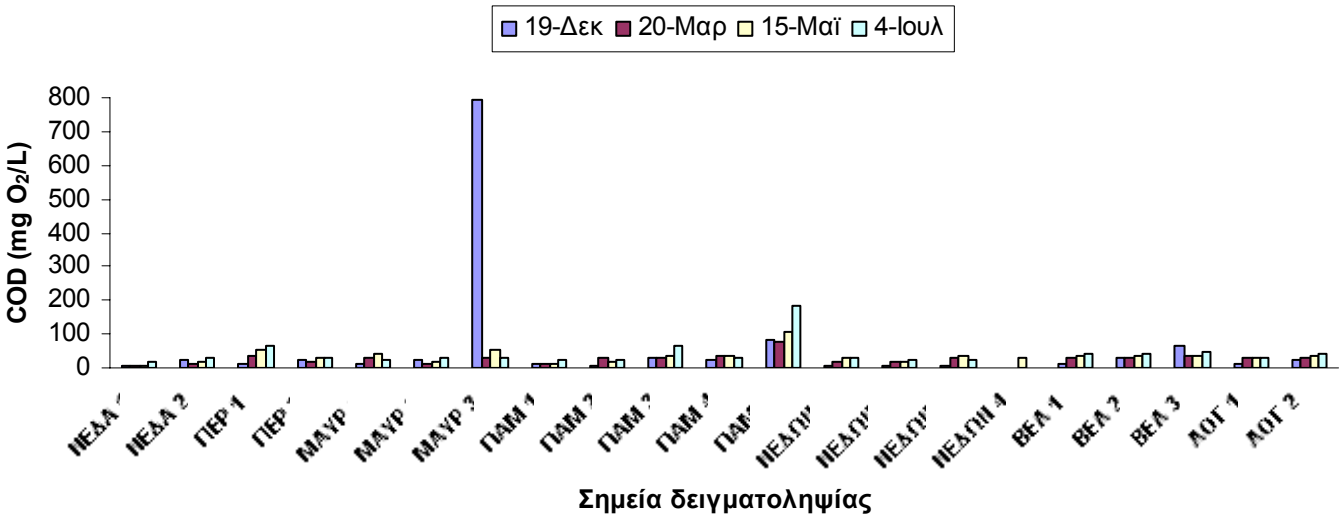
*** Οι τιμές προσδιορίστηκαν από το Εδαφοϋδρολογικό Εργαστήριο του Υπουργείου Γεωργίας**

Παρατηρείται, λοιπόν, μια σχετική ‘ταύτιση απόψεων’ μεταξύ των αποτελεσμάτων των τεσσάρων δειγματοληψιών μας για το σημείο ΝΕΔΑ 2 και στους μέσους όρους - αντίστοιχων εποχιακά - μετρήσεων προηγούμενων ετών. Αντίθετα, στις λίγες, προσβάσιμες, προηγούμενες μετρήσεις για το σημείο ΠΑΜ 1 παρατηρούνται υπερδιπλάσιες τιμές από τις δικές μας. Αυτό το τελευταίο σκηνικό αλλάζει άρδην και πάλι, στο σημείο ΠΑΜ 3, όπου οι υπάρχουσες προηγούμενες μετρήσεις ‘αποκαλύπτουν’ παρεμφερείς με τις δικές μας τιμές.

7.3 Παράμετροι θρεπτικών συστατικών - Ευτροφισμός

7.3.1 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

Αναφορικά με τις μετρήσεις του COD που πραγματοποιήθηκαν στα υπό μελέτη δείγματα, το σύνολό τους εμφανίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα (βλέπε και πίνακα 27 - Παράρτημα).



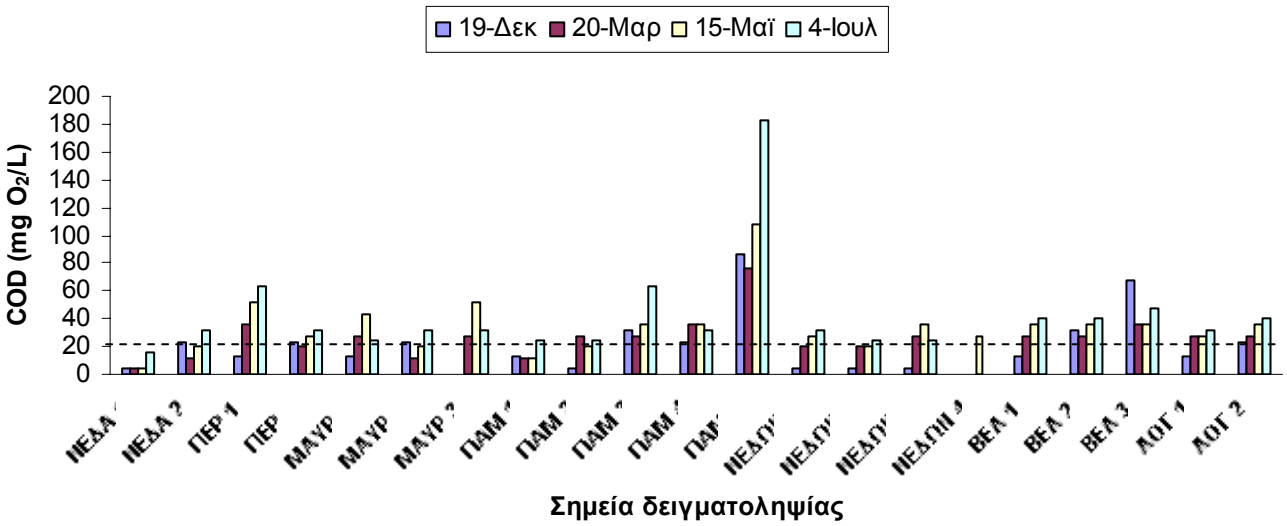
<u>Διάγραμμα 14:</u> Αποτελέσματα COD

Οι τιμές που συγκεντρώθηκαν καλύπτουν - θα λέγαμε - και τις πιο εξεζητημένες ‘επιθυμίες’, ακόμα και τις αποκαλούμενες αυτοκαταστροφικές. Έτσι, το εύρος αυτών καλύπτει την περιοχή μεταξύ 4 mg/L και 791,9 mg/L. Αυτή η πληροφορία από μόνη της είναι λίγο παραπλανητική, μιας και η αμέσως μικρότερη μέτρηση από την

τελευταία είναι μόλις 182,5 mg/L. Μιλώντας με ποσοστά, το 29,6 % των συνολικών μετρήσεων για το COD είχαν ως οροφή τα 20 mg/L, το 55,6 % κινείται ανάμεσα στα 20 mg/L και 40 mg/L, ενώ το 14,8% αφορά μετρήσεις μεγαλύτερες των 40 mg/L.

Επικεντρωνόμενοι, τώρα, στο παραπάνω διάγραμμα, το βλέμμα αποσπάται από τη θέση ΜΑΥΡ 3 και πιο συγκεκριμένα, κατά την πρώτη δειγματοληψία. Το ύψος της στήλης στο σημείο αυτό είναι, προφανώς, το αποτέλεσμα της εκροής υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείου. Επισημαίνεται πως είναι δραματική η επιβάρυνση που μπορεί να αποφέρουν τα απόβλητα αυτά στο COD ενός ποταμού, έστω και σε τοπικό επίπεδο. Το μόνο που μας βοηθά είναι το γεγονός πως τα ελαιοτριβεία λειτουργούν κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου η αραιωτική ικανότητα του νερού (περισσότερο σε σχέση με άλλες εποχές) μετριάζει τα δυσμενή αποτελέσματα. Αν η ίδια ποσότητα υγρών αποβλήτων του τριψήφιου αριθμού ελαιοτριβείων (περί τα 350) αποβαλλόταν στους επιφανειακούς υγρούς αποδέκτες τους καλοκαιρινούς μήνες, οι επιπτώσεις θα ήταν τουλάχιστον αφόρητες.

Απομονώνοντας την εν λόγω, εκτός ορίων, τιμή COD (791,9 mg/L), προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα.



<u>Διάγραμμα 15:</u> Αποτελέσματα COD πλην ΜΑΥΡ 3 κατά την πρώτη δειγματοληψία

Οι μεγαλύτερες τιμές COD βρίσκονται στη θέση ΠΑΜ 5. Εκεί, η μεταβολή των τιμών, συναρτήσει των δειγματοληψιών, είναι αντίστοιχες με τη διακύμανση της

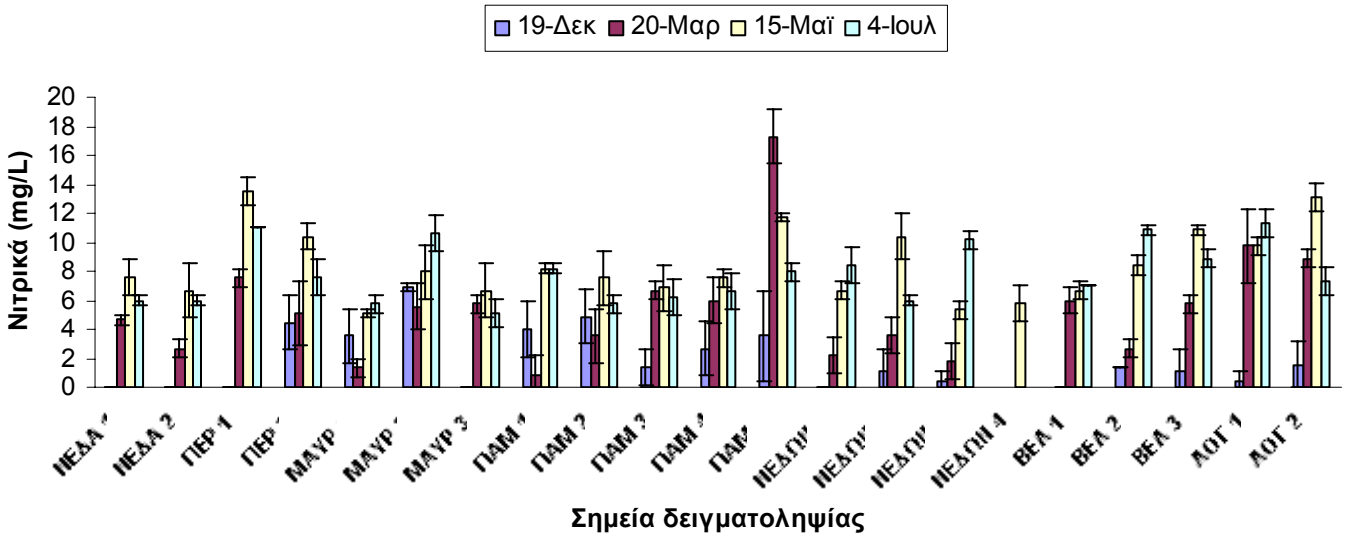
αγωγιμότητας για το ίδιο σημείο. Καταρχάς, η μέτρηση του COD στο εν λόγω σημείο εμπεριέχει σημαντικά σφάλματα, με τις προϋποθέσεις της μέτρησής του να θέλουν τις συνοξειδούμενες ανόργανες ενώσεις να βρίσκονται σε χαμηλα επίπεδα. Έτσι, η αυξημένη ποσότητα χλωριούχων ιόντων στις εκβολές του ποταμού οξειδώνεται προς στοιχειακό χλώριο, αυξάνοντας την τιμή του COD. Με βάση τα παραπάνω, το χάσμα μεταξύ του σημείου ΠΑΜ 5 και των υπολοίπων δεν είναι τόσο, όσο απεικονίζεται στο παραπάνω διάγραμμα. Παρόλα αυτά δεν μπορούμε να ισχυριστούμε με βεβαιότητα ότι η αγωγιμότητα είναι αυτή που 'κατευθύνει' το COD. Από την άλλη το έντονο γεωργικό της περιοχής καθώς το εκβολικό της θέσης δικαιολογούν αυξημένες μετρήσεις στην εν λόγω παράμετρο.

Όσον αφορά, γενικά, τα σημεία, υπάρχει μια σχετική τάση αύξησης του COD, καθώς κινούμαστε από το Δεκέμβρη προς τον Ιούλιο. Κάτι, μάλλον, αναμενόμενο, αν συλλογιστούμε τη συσχέτιση του COD με αυτό που αποκαλούμε 'συμπύκνωση'. Πιο αναλυτικά και μιλώντας ιδανικά, αν θεωρήσουμε σταθερή την εκροή των ρυπαντών σε ένα ποτάμι, μειώνοντας παράλληλα τη ροή του εν λόγω ποταμού, τότε παρατηρείται το φαινόμενο της συμπύκνωσης, το οποίο και θα οδηγεί στην αύξηση του COD.

Ολοκληρώνοντας, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θέσει ως ανώτατη τιμή του COD για ύδατα που προορίζονται για πόσιμα, κατόπιν επεξεργασίας, εκείνη των 30 mg/L. Το όριο αυτό το υπερβαίνει το 41,98 % των δειγμάτων μας. Μάλιστα, εξ'αυτών, το 73,53 % προέρχεται από τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες. Από την άλλη, το Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης (2003) έχει θέσει την τιμή του COD μικρότερη από 20 mg/L ως συμβατή με την πρόληψη του ευτροφισμού, ενώ μετρήσεις μεγαλύτερες της παραπάνω τιμής, θεωρούνται ασύμβατες (βλέπε διακεκομμένη γραμμή στο παραπάνω διάγραμμα) . Σημειώνεται ότι το 29,6 % των συνολικών αποτελεσμάτων μας κατέδειξε COD μικρότερο των 20 mg/L. Μεταξύ των δειγματοληψιών, όμως, το ποσοστό αυτό γίνεται 50 % για την πρώτη, 35 % για τη δεύτερη, 28,6 % για την τρίτη και μόλις 5 % για την τελευταία. Τα παραπάνω στοιχεία κρίνονται, μάλλον, επιβαρυντικά σε σχέση με τον ευτροφισμό για τα επιφανειακά νερά της Μεσσηνίας, με την επιβάρυνση να γίνεται εντονότερη, καθώς προχωράμε προς τη θερμή και ξηρή περίοδο (κάτι αναμενόμενο ως προς το δεύτερο σκέλος).

7.3.2 Νιτρικά ιόντα

Στο διάγραμμα που ακολουθεί έχει συγκεντρωθεί το σύνολο των αποτελεσμάτων που αφορά στα νιτρικά ιόντα (βλέπε και πίνακες 23, 24, 25, 26 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 16:</u> Αποτελέσματα νιτρικών

Στο σύνολο των μετρήσεων αποκαλύφθηκαν τιμές νιτρικών που ποικίλουν από μηδενικές (σε αρκετά σημεία κατά την πρώτη δειγματοληψία) μέχρι 17,3 mg/L (ΠΑΜ 5, 20/3). Αυτή η αναφορά και μόνο είναι αρκετή για να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η περιοχή μελέτης δεν υποφέρει από αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών. Αυτό γίνεται ακόμα πιο εμφανές, αν επικαλεστούμε το όριο για τα νιτρικά που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης και το οποίο θεωρεί 'αποδεκτή' μέχρι και τη συγκέντρωση των 50 mg/L.

Η μικρή, σχετικά, συγκέντρωση των εν λόγω ιόντων στα επιφανειακά ύδατα της Μεσσηνίας είναι εξηγήσιμη. Η συντριπτική αγροτική έκταση του νομού, ως γνωστόν, 'ασχολείται' με την ελιά. Καλλιέργεια εκτατικής μορφής, με σχετικά μικρές ανάγκες λίπανσης, που πολλές φορές ολοκληρώνονται με μια και μόνο λιπαντική επέμβαση ετησίως.

Σε γενικές γραμμές, επισημαίνεται πως οι θρεπτικές συγκεντρώσεις που αφορούν τα νιτρικά δεν παρουσιάζουν υψηλό βαθμό χωρικής μεταβλητότητας για τους

ποταμούς. Η όποια διακύμανση παρουσιάζεται, μάλλον είναι περισσότερο χρονική. Συγκεκριμένα, οι χαμηλότερες μετρήσεις έγιναν κατά την πρώτη δειγματοληψία. Μάλιστα, το 30 % εξ' αυτών είναι μηδενικές. Από εκεί και πέρα, παρατηρείται μια αύξηση, η οποία - στις περισσότερες περιπτώσεις - φτάνει στο μέγιστό της κατά τις τελευταίες δύο δειγματοληψίες, χωρίς να υπάρχουν πάντα σημαντικές διαφορές μεταξύ των τιμών.

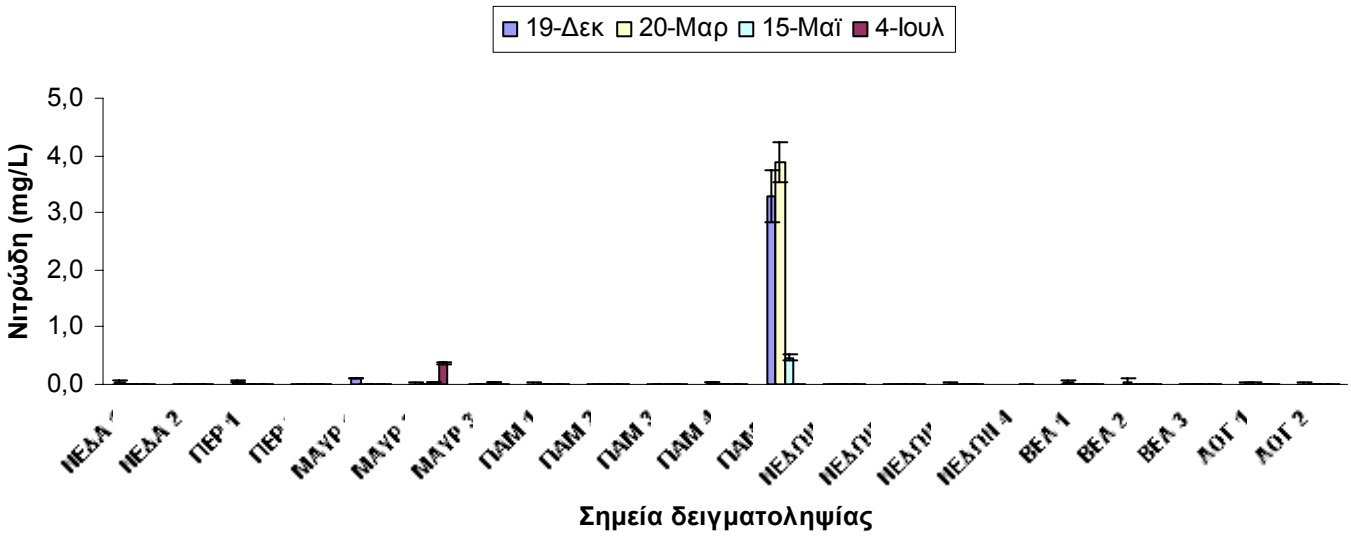
Το μόνο ιδιότυπο, κατά κάποιο τρόπο, αποτέλεσμα εντοπίζεται στο σημείο ΠΑΜ 5. Γίνεται, λοιπόν, λόγος για περιοχή έντονης αγροτικής δραστηριότητας και πιο συγκεκριμένα, εντατικής μορφής αροτρέες καλλιέργειες. Αυτό από μόνο του θα έπρεπε να οδηγεί σε σημαντική αύξηση των νιτρικών, κατά τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες. Η μόνη εξήγηση, που μπορεί να δοθεί για το γεγονός πως δε συμβαίνει αυτό, σχετίζεται με τη προοδευτική αύξηση της υδρόβιας χλωρίδας και της ιδιότητάς της να καταναλώνει ποσά θρεπτικών.

Κάποιες, λίγες, μετρήσεις από το Υπουργείο Γεωργίας για το σημείο ΝΕΔΑ 2 και για τα έτη 1986 και 1988, δείχνουν τιμές νιτρικών μεταξύ 0 mg/L και 3,32 mg/L. Οι δικές μας τέσσερις μετρήσεις στο εν λόγω σημείο εμφάνισαν τιμές από 0 mg/L μέχρι 6,6 mg/L. Όλα αυτά, βέβαια, παρουσιάζονται ενδεικτικά, μιας και με τόσα λίγα δεδομένα είναι παρακινδυνευμένη η όποια σύγκριση.

Ως γνωστόν, τα νιτρικά θεωρούνται ως ένας από τους βασικούς παράγοντες ανάπτυξης ευτροφισμού στα ύδατα. Πάνω σε αυτό, το Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης (2003) θεωρεί πως η συγκέντρωση των νιτρικών, που δεν υπερβαίνει τα 25 mg/L, είναι πλήρως συμβατό με τη μάχη κατά του ευτροφισμού. Είναι χαρακτηριστικό πως οι μετρήσεις μας, όχι μόνο δεν υπερβαίνουν το όριο αυτό, αλλά οι περισσότερες είναι κατά πολύ μικρότερες αυτού.

7.3.3 Νιτρώδη ιόντα

Στο επόμενο διάγραμμα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τα νιτρώδη ιόντα και κατά τις τέσσερις δειγματοληψίες (βλέπε και πίνακες 23, 24, 25, 26 - Παράρτημα).

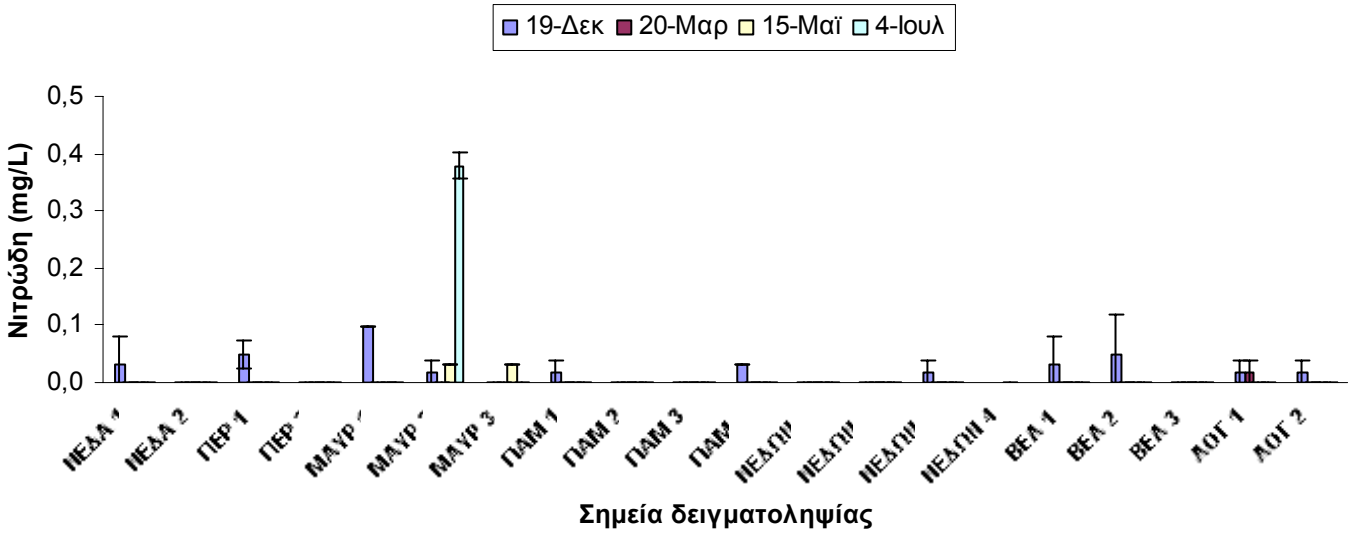


<u>Διάγραμμα 17:</u> Αποτελέσματα νιτρωδών

Οι συγκεντρώσεις προσδιορίστηκαν μεταξύ 0 mg/L (στο πλείστον των περιπτώσεων) και 3,87 mg/L (ΠΑΜ 5, 20/3). Είναι χαρακτηριστικό ότι το 77,8 % των μετρήσεων 'αποκάλυψε' μηδενικές τιμές. Στο παραπάνω διάγραμμα, η προσοχή αποσπάται από τις δύο πρώτες μετρήσεις, που πραγματοποιήθηκαν στις εκβολές του Παμίσου, μιας και όλες οι λοιπές μετρήσεις υπολείπονται χασματωδώς. Η πρώτη, λοιπόν, είναι της τάξης των 3,29 mg/L και η δεύτερη ίση με 3,87 mg/L, όπως αναφέρεται και προηγούμενα. Αξίζει να σημειωθεί πως κατά την πρώτη μέτρηση η συγκέντρωση των νιτρωδών ήταν περίπου ταυτόσημη με αυτή των νιτρικών (σχετίζεται πιθανόν με τις ανοξικές συνθήκες που εντοπίστηκαν στην εν λόγω θέση), ενώ κατά τη δεύτερη, τα νιτρώδη είναι σχεδόν υποπενταπλάσια των νιτρικών. Βέβαια, τα πρώτα θεωρούνται ενδιάμεσες ενώσεις στον κύκλο του αζώτου και τείνουν να είναι ασταθή. Έτσι, δεν μπορούν να εξαχθούν κάποια απόλυτα συμπεράσματα. Πάντως, η συνεχής και μάλλον, εκθετική μείωσή τους κατά τις δύο

τελευταίες δειγματοληψίες σχετίζεται - κατά πάσα πιθανότητα - με τη δέσμευση των νιτρωδών από τα εκρηκτικά σε ανάπτυξη φύκη την ίδια περίοδο.

Θέλοντας, τώρα, να επικεντρώσουμε την προσοχή μας στα υπόλοιπα σημεία, προέκυψε το κάτωθι διάγραμμα.



<u>Διάγραμμα 18:</u> Αποτελέσματα νιτρωδών πλην του ΠΑΜ 5

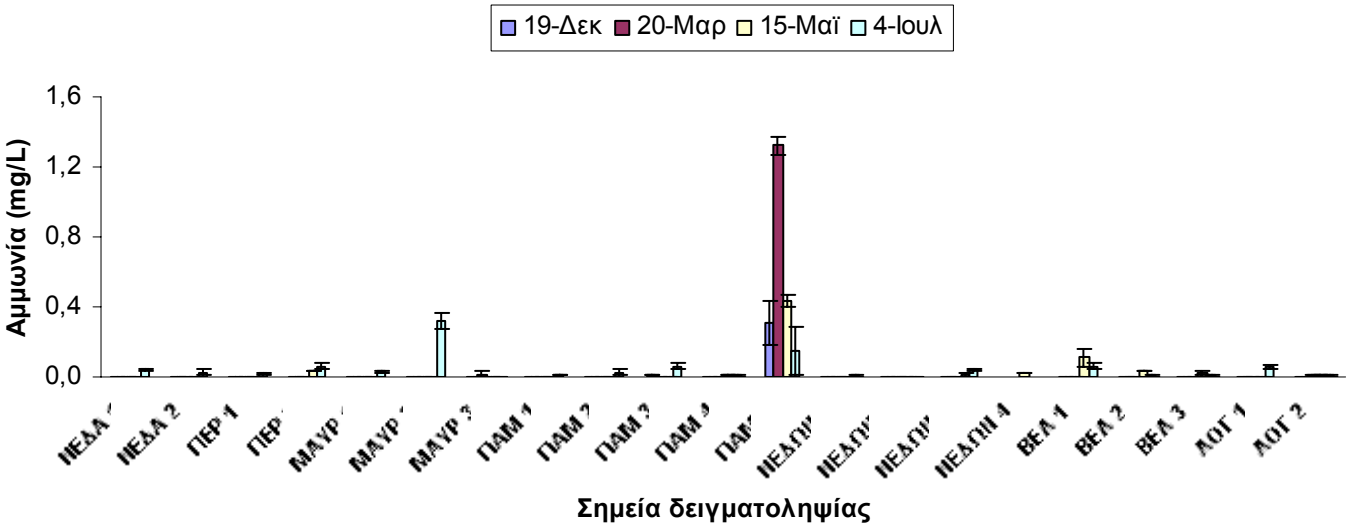
Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι οι περισσότερες μη μηδενικές τιμές νιτρωδών παρουσιάζονται κατά την πρώτη δειγματοληψία (πιθανότατα σαν αποτέλεσμα απόπλυσης των εδαφών έπειτα από τις έντονες βροχοπτώσεις που προηγήθηκαν), με οροφή ως προς την τιμή τους τα 0,1 mg/L. Η μέγιστη τιμή συνολικά των νιτρωδών (αφαιρώντας το σημείο ΠΑΜ 5) είναι αυτή του ΜΑΥΡ 2 (4/7), ίση με 0,38 mg/L. Η μέτρηση αυτή είναι και η μοναδική, μη μηδενική, μεταξύ όλων των σημείων κατά την τέταρτη δειγματοληψία.

Ολοκληρώνοντας με τη νομοθεσία, αυτή θέτει ασυμπτωτικά όρια για τη διαβίωση των σαλμονιδών και των κυπρινιδών, αυτά των 0,01 mg/L και 0,03 mg/L. Εξαιρώντας τα σημεία ΠΑΜ 5 και ΜΑΥΡ 2, τα περισσότερα σημεία δειγματοληψίας πληρούν το κριτήριο για το μεγαλύτερο του χρόνου. Μάλιστα, οχτώ από αυτά εμφανίζουν απουσία ή μάλλον μη ανιχνεύσιμη ποσότητα νιτρωδών και για τις τέσσερις δειγματοληψίες. Τέλος, αναφορικά με το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, έχει δοθεί το ανώτερο όριο των 0,50 mg/L (συγκέντρωση νιτρωδών). Όπως

παρατηρείται, με εξαίρεση τις δύο πρώτες δειγματοληψίες για το ΠΑΜ 5, όλες οι υπόλοιπες μετρήσεις είναι συμβατές με την επιταγή αυτή.

7.3.4 Αμμωνία

Στο διάγραμμα που ακολουθεί είναι συγκεντρωμένο το σύνολο των μετρήσεων αμμωνίας, μετρήσεις με φανερή την έντονη διαφοροποίηση τιμών για ένα τουλάχιστον σημείο (βλέπε και πίνακες 23, 24, 25, 26 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 19:</u> Αποτελέσματα αμμωνίας

Αρχικά, επισημαίνεται ότι το 60,5 % των δειγμάτων εμφάνισαν μηδενικές συγκεντρώσεις αμμωνίας. Από την άλλη, η ανάγνωση του ύψους των στηλών μας ωθεί, καταρχάς, να ασχοληθούμε με τη δεύτερη πραγματοποιηθείσα δειγματοληψία στο σημείο ΠΑΜ 5. Η αποκαλυφθείσα τιμή είναι της τάξης των 1,33 mg/L, όταν οι υπόλοιπες μετρήσεις στο ίδιο σημείο δεν ξεπερνούν τα 0,44 mg/L. Φαινόμενο παράξενο, κατόπιν μιας πρώτης ανάγνωσης. Αν, όμως, αναλογιστούμε τα γεγονότα ή μάλλον τις συνθήκες που επικρατούσαν 2-3 μέρες πριν και κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, τα πράγματα γίνονται μάλλον ξεκάθαρα.

Στην περιοχή είχε προηγηθεί μια οικολογική καταστροφή. Το σκηνικό ήταν άθλιο. Η πλειονότητα των ψαριών του καναλιού, κατά τη διάρκεια λήψης του

δείγματος, είχε ήδη θανατωθεί. Φωτογραφίες που αποδεικνύουν το γεγονός παρατίθενται στο παράρτημα (Εικόνες 1 και 2). Όπως μάθαμε αργότερα, το φαινόμενο διήρκεσε από τις 17 έως τις 21 Μαρτίου και οδήγησε στο θάνατο το σύνολο των ψαριών που υπήρχαν σε κάποια ακτίνα από το σημείο της δειγματοληψίας. Έγινε λόγος από τους τοπικούς παράγοντες για τόνους απολεσθέντων χελιών, κεφάλων και άλλων ψαριών. Έχει σημασία εδώ να θυμίσουμε πως η δειγματοληψία στο σημείο πραγματοποιήθηκε στις 20 Μαρτίου, προς τα τελειώματα, δηλαδή, του φαινομένου. Αυτή η παρατήρηση, συναρτήσει αυτού που περιγράφηκε παραπάνω, οδηγεί στη λύση του μυστηρίου, της ασυνήθιστα μεγάλης συγκέντρωσης αμμωνίας στο νερό.

Όπως αναφέρουν οι Shugar *et al*., (2001) και είναι γενικότερα αποδεκτό, η εν λόγω ένωση μπορεί να προκύψει - μεταξύ άλλων - και σαν αποτέλεσμα της μικροβιακής αποικοδόμησης ζωικών, αλλά και φυτικών πρωτεϊνών. Είναι προφανής, λοιπόν, η απάντηση στο ερώτημα που τέθηκε εξαρχής, για την αιτία της - συγκριτικά με τις υπόλοιπες μετρήσεις - αυξημένης συγκέντρωσης αμμωνίας. Είχε είδη αρχίσει, τρεις μέρες πριν την παρουσία μας εκεί, η διαδικασία αποικοδόμησης σε κάποια από τα νεκρά ψάρια. Το μόνο θετικό στην όλη κατάσταση είναι πως η θανάτωση των ιχθύων συνέβη κατά την ψυχρή περίοδο του έτους. Αν κάτι αντίστοιχο γινόταν εν μέσω καλοκαιριού, αυξανόμενου του μικροβιακού μεταβολισμού, η μέτρηση της αμμωνίας θα βρισκόταν πιθανότατα σε πολύ υψηλότερα επίπεδα. Κατά τη διάρκεια, μάλιστα, της λήψης του υδάτινου δείγματος ήταν ‘ανιχνεύσιμη’ η χαρακτηριστική ανεπιθύμητη μυρωδιά της αμμωνίας. Υπήρχε, δηλαδή, μια πρώτη αξιόπιστη μαρτυρία, χρησιμοποιώντας δύο από τις αισθήσεις μας, προτού καταλήξουμε στο εργαστήριο. Από τη μία η όραση (νεκρά ψάρια) και από την άλλη η όσφρηση (μυρωδιά αμμωνίας) συνεργάσθηκαν, μάλλον άψογα, για την απαγγελία ‘κατηγοριών’. Το εργαστήριο, στη συνέχεια, απλά στοιχειοθέτησε το ύψος της ‘ποινής’.

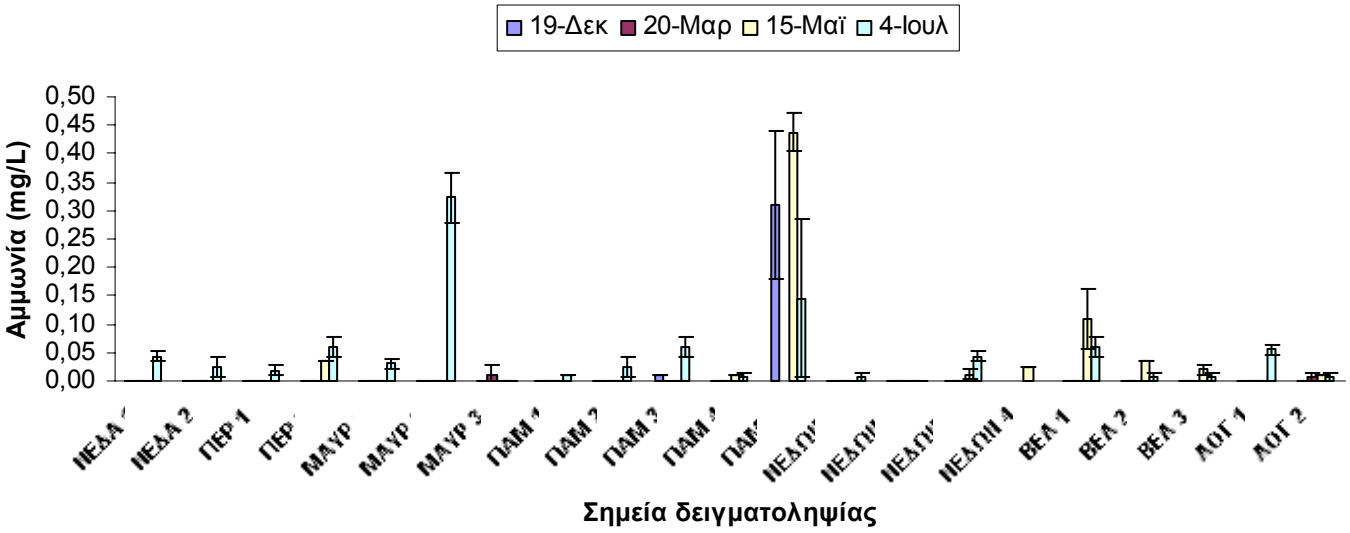
Πριν προχωρήσουμε στο σχολιασμό και των υπόλοιπων μετρήσεων αμμωνίας, θεωρείται επιβεβλημένο να επιμείνουμε λίγο ακόμη στα της θανάτωσης της ιχθυοπανίδας. Εξάλλου, ένας από τους στόχους της παρούσας μελέτης αναφέρεται στην επισήμανση των υποβαθμισμένων ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού, καθώς και στις επιπτώσεις τους στο οικοσύστημα, αλλά και τον άνθρωπο. Σύμφωνα εξάλλου με τους Lennox *et al.* (1998), ο θάνατος των ιχθύων αποτελεί μέτρο οξείας ρύπανσης. Στη δική μας έρευνα, τώρα, αυτά τα δεδομένα θανάτωσης ιχθύων δεν

οδήγησαν σε κάποιο συμπέρασμα, αναφορικά με το σύνολο των πληροφοριών που διαθέτουμε. Ακριβώς αυτή μας την αδυναμία προσπαθήσαμε να την ‘εξευμενίσουμε’ αναζητώντας τη λύση του μυστηρίου από κάποιους ειδικότερους στο θέμα.

Επανερχόμενοι, το εν λόγω γεγονός έγινε γνωστό στις αρχές του νομού στις 20/3, την ίδια μέρα με την πραγματοποιηθείσα δειγματοληψία από μέρους μας. Αμέσως, σήμανε συναγερμός στις αρμόδιες υπηρεσίες, οι οποίες προέβησαν σε λήψη δειγμάτων νερού και ψαριών. Σημειώνεται πως, παρά το ότι η περιοχή περιλαμβάνει γη υψηλής παραγωγικότητας (πατάτες κ.λ.π.), δεν είχε σημειωθεί στο παρελθόν παρόμοιο περιστατικό, όπως μαρτυρούν οι εκεί γηραιότεροι.

Οι πρώτες αναλύσεις νερού δεν έδειξαν κάτι επιλήψιμο και τα ψάρια εστάλησαν στην Αθήνα, προκείμενου να πραγματοποιηθεί τοξικολογική εξέταση. Οι απαντήσεις αυτής, στις 3/6 μέσα από άρθρο της ημερήσιας εφημερίδας της Μεσσηνίας ‘Ελευθερία’. Κανένα φως στο τούνελ, η αιτία της θανάτωσης παραμένει άγνωστη, τουλάχιστον, από εργαστηριακής και επιστημονικής πλευράς. Η έκθεση της τοξικολογικής εξέτασης που έγινε από το Εργαστήριο Ιατροδικαστικής και Τοξικολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, υπό την επίκουρη καθηγήτρια Αρτεμησία Ντονά, απέβη αρνητική. Η απάντηση στη γενική τοξικολογική εξέταση αναφέρει κατά γράμμα: ‘στα αποσταλθέντα ψάρια ουδέν δηλητήριο ανιχνεύτηκε’. Όσο, δε, αφορά την ειδική τοξικολογική ανάλυση, αρνητικές είναι οι απαντήσεις για οργανικά δηλητήρια, καυστικά-διαβρωτικά, πτητικά και αέρια, καθώς και για εξαρτησιογόνες ουσίες και οινόπνευμα. Έτσι, παραμένουν οι εκδοχές που είχαν εκφράσει οι τοπικοί παράγοντες, τα ψάρια να ψόφησαν, είτε από έλλειψη οξυγόνου, είτε από ‘φλόμο’. Πάντως, η επιτόπια παρουσία μας συνηγορεί στο έντονα ευτροφικό του νερού όπως καταδεικνύουν και πάλι οι εικόνες 1 και 2 του παραρτήματος. Έτσι, δε θεωρείται διόλου απίθανο τις βραδινές ώρες, λόγω ανυπαρξίας φωτοσύνθεσης, να είχαμε οδηγηθεί σε ανοξικές συνθήκες.

Μετά την εκτενή παρένθεση και έχοντας αποβάλλει από τη σκέψη μας τη δεύτερη δειγματοληψία στο σημείο ΠΑΜ 5, επιχειρούμε να σχολιάσουμε όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις, όπως αυτές απεικονίζονται στο διάγραμμα που ακολουθεί.



<u>Διάγραμμα 20:</u> Αποτελέσματα αμμωνίας πλην του ΠΑΜ 5 κατά τη δεύτερη δειγματοληψία

Και κατά τις υπόλοιπες μετρήσεις, οι εκβολές του Παμίσου ‘πρωτοστατούν’ με τιμές αμμωνίας που εντοπίζονται στα 0,15 mg/L, 0,31 mg/L και 0,44 mg/L, τιμές φυσιολογικές -κατά κάποιο τρόπο - για το ίδιον της περιοχής. Εκβολές ποταμού, δηλαδή, με έντονη την αγροτική δραστηριότητα γύρω από τις όχθες και σε αρκετή απόσταση από αυτές.

Μια άλλη μέτρηση που προκαλεί εντύπωση στη σύγκρισή της με τις υπόλοιπες, είναι αυτή της 4/7 στο σημείο ΜΑΥΡ 2, ίση με 0,32 mg/L. Και σε αυτό, υπάρχει μια έτοιμη πιθανή εξήγηση. Καταρχάς, σύμφωνα με τον Balance (1996), υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας εντοπίζονται σε περιοχές, όπου εισρέουν βιομηχανικά απόβλητα, πλούσια σε οργανικό άζωτο, ελεύθερη αμμωνία ή και αμμωνιακά άλατα.

Αυτό, έρχεται σε σύνδεση με άρθρο και πάλι, της Μεσσηνιακής εφημερίδας ‘Ελευθερία’ στις 7/4/2005 υπό τον τίτλο, ‘‘Σφράγισμα’ για ρύπανση στη Μαυροζούμενα’ (τελικά, η εν λόγω εφημερίδα υπήρξε πολύ καλός πληροφοριοδότης). Εκεί, η δήμαρχος Μελιγαλά (ο δήμος περιβάλλει το σημείο δειγματοληψίας) απειλεί με λουκέτο όποια επιχείρηση στα όρια του δήμου αποδειχθεί, τεκμηριωμένα, πως είναι υπεύθυνη για ρύπανση στη Μαυροζούμαινα. Σημειώνεται πως η δημοτική αρχή προέβη στην κίνηση αυτή, λόγω της αφόρητης κατάστασης που αντιμετωπίζει η περιοχή της από τα λύματα, που διατίθενται ανεξέλεγκτα στη Μαυροζούμαινα. Βέβαια, η ίδια σημειώνει ότι τον τελευταίο καιρό υπήρξε σχετική ύφεση στο φαινόμενο της ρύπανσης, προφανώς, μετά τον έντονο

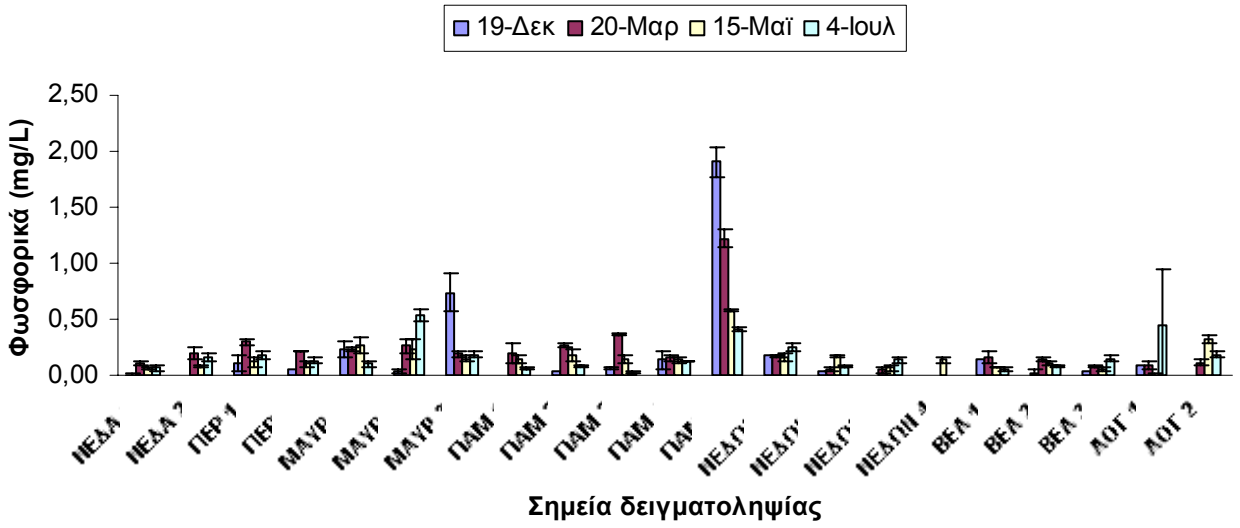
θόρυβο που προκάλεσε η δημοτική αρχή, καλώντας τις αρμόδιες υπηρεσίες για ελέγχους, αλλά και μετά από τη διάσταση που δόθηκε από τα μέσα ενημέρωσης.

Δύο μήνες μετά, έχοντας καταλαγιάσει το θέμα, ενδεχομένως, η παράνομη εκροή λυμάτων να πήρε και πάλι το δρόμο της. Κατά αυτόν τον τρόπο, η τιμή της αμμωνίας είναι μάλλον αναμενόμενη. Παράλληλα, σημειώνεται ότι το σημείο - κατά την ίδια δειγματοληψία - εμφανίζει και σχετικά μεγάλη συγκέντρωση νιτρωδών.

Όσον αφορά τις εναπομείναντες μετρήσεις, αυτές δε χρήζουν κάποιου ιδιαίτερου σχολιασμού, αν και κάποιες από αυτές υπερβαίνουν την υποχρεωτική τιμή των 0,025 mg/L, που έχει θέσει η ευρωπαϊκή ένωση, αναφορικά με την υποστήριξη της επιβίωσης των ιχθύων. Σημειώνεται ότι το 18,5 % του συνόλου των δειγμάτων υπερβαίνει το παραπάνω όριο.

7.3.5 Φωσφορικά ιόντα

Στο παρακάτω διάγραμμα συνοψίζεται το σύνολο των πληροφοριών αναφορικά με τις μετρήσεις των φωσφορικών ιόντων (βλέπε και πίνακες 23, 24, 25, 26 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 21:</u> Αποτελέσματα φωσφορικών

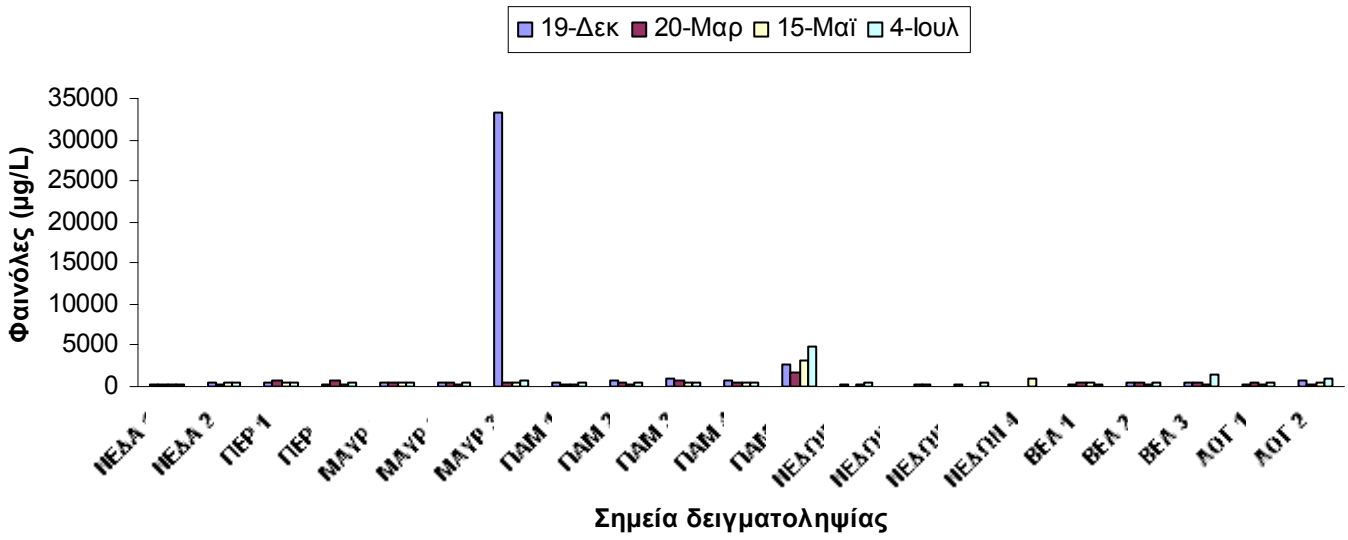
Οι τιμές της συγκέντρωσης των φωσφορικών διανύει την απόσταση μεταξύ 0 mg/L (ΝΕΔΑ 2, ΠΑΜ 1, ΝΕΔΩΝ 3, ΛΟΓ 2, 19/12) και 1,91 mg/L (ΠΑΜ 5, 19/12). Παρόλα αυτά, μόλις το 6,2 % των μετρήσεων υπερβαίνει την τιμή του 0,5 mg/L. Το σημείο που ξεχωρίζει και πάλι, είναι αυτό του ΠΑΜ 5. Εκεί, παρατηρείται μια συνεχής μείωση της συγκέντρωσης των φωσφορικών, καθώς κινούμαστε από την πρώτη προς την τέταρτη δειγματοληψία. Αυτό έχει πιθανότατα να κάνει με το γεγονός πως σε αγροτικά περιβάλλοντα ο φωσφόρος μεταφέρεται, κυρίως, στους υδάτινους αποδέκτες, μέσω επιφανειακών απορροών. Ειδικότερα, αν έχει γίνει εφαρμογή οργανικής λίπανσης κατά την υγρή περίοδο, η επιβάρυνση θα είναι ακόμη μεγαλύτερη. Τα παραπάνω, βέβαια, δικαιολογούν τις αυξημένες τιμές φωσφορικών κατά τις δύο πρώτες δειγματοληψίες και κυρίως, την πρώτη. Σαφώς, αν τα αποτελέσματα για τον ΠΑΜ 5 ήταν αποτέλεσμα εκροών αστικών αποβλήτων, η μεταβολή των συγκεντρώσεων πρέπει να έχει αντίστροφη πορεία, εξαιτίας του φαινομένου της συμπύκνωσης. Πάνω στο τελευταίο και σε σύνδεση με τα προηγούμενα, η αύξηση που παρατηρείται στην τελευταία δειγματοληψία στο ΜΑΥΡ 2 συνδέεται - κατά πάσα πιθανότητα - με αποδεσμεύσεις υγρών αποβλήτων. Από την άλλη, η σχετικά υψηλή τιμή του σημείου ΜΑΥΡ 3 (πρώτη δειγματοληψία) είναι πιθανό να σχετίζεται με την απόρριψη αποβλήτων από ελαιοτριβεία. Κατά τα άλλα, δεν υπάρχουν έντονες διακυμάνσεις ή υψηλές τιμές, που να χρήζουν το σχολιασμό μας για τα υπόλοιπα σημεία. Το μόνο που μπορούμε να διακρίνουμε είναι πως οι μικρότερες συγκεντρώσεις εμφανίζονται σε σημεία του άνω ρου των ποταμών (ΝΕΔΑ 1, ΝΕΔΩΝ 2, ΝΕΔΩΝ 3), όπου και η αγροτική δραστηριότητα είναι περιορισμένη, αλλά και η απόρριψη υγρών αποβλήτων με δυσκολία μπορεί να γίνει αποδεκτή.

Μελέτη των Iliopoulou-Georgudaki *et.al.* (2003) για τους ποταμούς Αλφειό και Πηνειό της Πελοποννήσου (διάστημα 1998-2000) αποκάλυψε τιμές μεταξύ 0,05 mg/L και 1,2 mg/L, με την πλειοψηφία των τιμών να είναι ίση με 0,1 mg/L. Επίσης, μελέτη των Skoulikidis *et al*. (2002) για το άνω τμήμα του ποταμού Αλιάκμονα (διάστημα Ιούλιος 1996-Μάρτιος 1997) φανέρωσαν τιμές από 0,06 mg/L μέχρι 0,985 mg/L, με τις περισσότερες από αυτές περί τα 0,1 mg/L. Στην άτυπη αυτή σύγκριση, υπάρχει μια δική μας, μικρή προς τα πάνω, απόκλιση. Εντούτοις, βρισκόμαστε αρκετά κάτω του ορίου που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, συγκέντρωσης φωσφορικών ίση με 6,70 mg/L για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης.

Στα του ευτροφισμού, το Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης (2003) θεωρεί πλήρως συμβατές τις συγκεντρώσεις που δεν ξεπερνούν το όριο των 0,125 mg/L, μερικώς συμβατές αυτές μεταξύ 0,125 mg/L και 0,5 mg/L και τέλος, ασύμβατες τις συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν το όριο των 0,5 mg/L. Το 45,7 % των μετρήσεων μας ανήκει στην πρώτη κατηγορία, το 48,1 % στη δεύτερη και τέλος, το 6,2 % στην τρίτη. Από την άλλη, σύμφωνα με τον Kiely (1997), ακόμη και ελάχιστη συγκέντρωση υδατοδιαλυτού φωσφόρου, όπως αυτή των 0,01 mg/L (αντίστοιχα, περίπου 0,03 mg/L φωσφορικών), αρκεί για την άνθιση των φυκών, αν συνυπάρχουν και οι απαιτούμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Όλα αυτά συνηγορούν πως τα νερά της Μεσσηνίας επηρεάζονται σε σχέση με τον ευτροφισμό, εξαιτίας της συγκέντρωσης των φωσφορικών, καθώς αυτή των νιτρικών κρίθηκε ως ικανοποιητική. Παρόλα αυτά, σε γενικές γραμμές μπορούμε να ισχυριστούμε πως κι εδώ η κατάσταση μοιάζει να βρίσκεται μάλλον υπό ‘έλεγχο’.

7.4 Φαινόλες

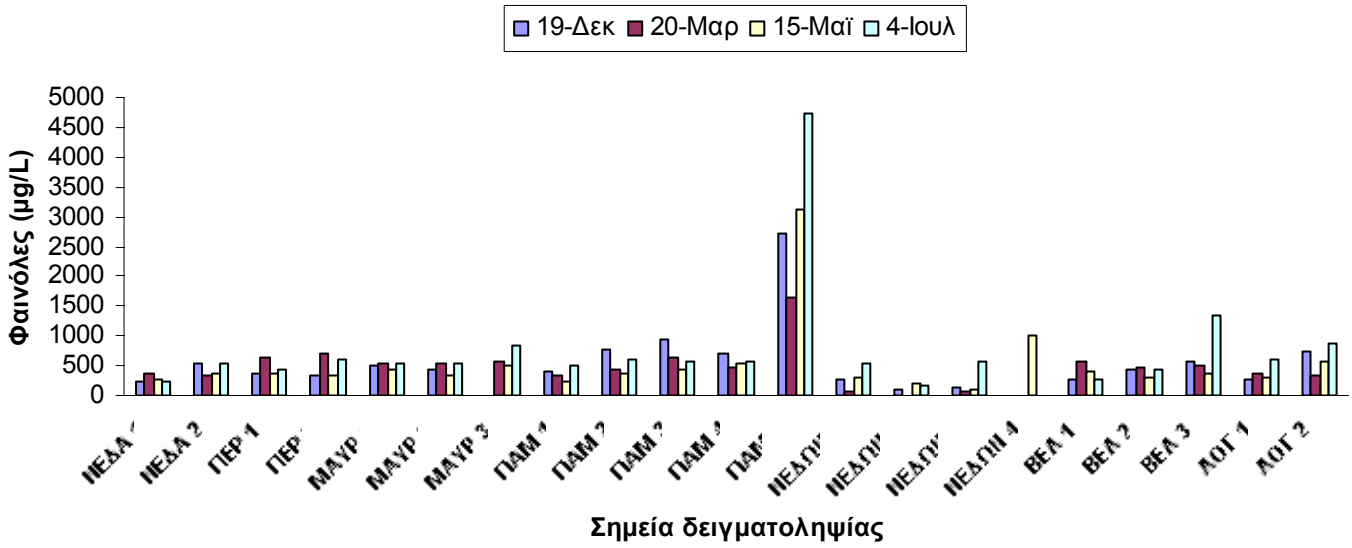
Στο ακόλουθο διάγραμμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φαινολών, όπως αυτά καταγράφηκαν κατά το σύνολο των δειγματοληψιών (βλέπε και πίνακες 28, 29 30, 31 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 22:</u> Αποτελέσματα φαινολών

Αυτό που μπορούμε να ξεχωρίσουμε αβίαστα από το παραπάνω διάγραμμα είναι η ‘εξωπραγματική’ συγκέντρωση της πρώτης δειγματοληψίας από τη θέση ΜΑΥΡ 3, η οποία και ισούται με 33.317 μg/L. Κι, όμως, η μέτρηση αυτή γίνεται ‘γήινη’, αν συνυπολογίσουμε τα ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα ελαιοτριβείου που αποδεσμεύονται ελάχιστα ανάντη του σημείου της δειγματοληψίας. Πόσο, μάλλον, όταν το είδος αυτών των αποβλήτων είναι υπερπλούσιο σε φαινόλες. Αποκαλύπτεται μετά από αυτό, ξεκάθαρα, το πόσο ‘αποφασιστικά’ μπορεί να επιβαρυνθεί ο υδάτινος αποδέκτης, κατόπιν των διαδικασιών παραγωγής λαδιού και ειδικότερα, όταν δε λαμβάνεται καμία μέριμνα για την επεξεργασία τους, πριν τη μετάβασή τους σε κάποιο χείμαρρο ή ποτάμι.

Ύστερα από τα παραπάνω, είμαστε έτοιμοι για το σχολιασμό των υπόλοιπων σημείων, βοηθούμενοι από το παρακάτω διάγραμμα, όπου και λείπει η προαναφερθείσα τιμή.



<u>Διάγραμμα 23:</u> Αποτελέσματα φαινολών πλην του ΜΑΥΡ 3 κατά την πρώτη δειγματοληψία

Οι τιμές, εδώ, ποικίλουν μεταξύ 4 μg/L (ΝΕΔΩΝ 2, 20/3) και 4745 μg/L (ΠΑΜ 5, 4/7). Παρόλα αυτά, το 79 % των μετρήσεων καταδεικνύουν συγκεντρώσεις φαινολών μικρότερες από 600 μg/L. Το σημείο δειγματοληψίας που κι εδώ ξεχωρίζει είναι το ΠΑΜ 5, αφού από τα 2724 μg/L της πρώτης δειγματοληψίας, πάμε στα 1639 μg/L στη δεύτερη, συνεχίζουμε στα 3120 μg/L στην τρίτη και καταλήγουμε στα 4745 μg/L

στην τέταρτη. Αποτελέσματα, ενδεχομένως, της έντονης αγροτικής δραστηριότητας που ασκείται στην περιοχή. Σύμφωνα με τους Bruzzoniti *et al.* (2000), οι φαινόλες μπορούν να βρεθούν στο υδρόβιο περιβάλλοντος ως προϊόντα βιοδιάσπασης των χουμικών ουσιών, όπως και από την αποικοδόμηση φυτοφαρμάκων και ζιζανιοκτόνων. Τα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας δεν παρουσιάζουν έντονη χωρική και χρονική μεταβλητότητα. Τέλος, οι μικρότερες μετρήσεις που παρατηρήθηκαν σχετίζονται με τον άνω ρου του ποταμού Νέδωνα.

Σύμφωνα με την Κοινοτική Νομοθεσία, τα ύδατα που προορίζονται για τη μετατροπή τους σε πόσιμα δεν πρέπει να φέρουν συγκέντρωση φαινολικών ενώσεων μεγαλύτερη των 100 μg/L, χρησιμοποιώντας την αποδοτικότερη μέθοδο επεξεργασίας. Το όριο αυτό φαίνεται να το ξεπερνά το 93,8 %. Επίσης, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης 'οφείλει' να έχει συγκέντρωση σε φαινόλες μικρότερη των 0,50 μg/L. Βεβαίως και δε γενάται θέμα για το αν οι μετρήσεις μας ξεπερνούν αυτό το απειροελάχιστο, συγκριτικά, όριο.

Παρουσιάζει ενδιαφέρον να γίνει μια σύγκριση των διαγραμμάτων για τις φαινόλες με τα αντίστοιχα για το COD. Αν αφαιρούσαμε τις ετικέτες και τις τιμές από τα διαγράμματα αυτά, πιθανότατα δε θα μπορούσαμε να ξεχωρίσουμε αν πρόκειται για αποτελέσματα φαινολών ή COD. Αυτό μας οδηγεί στην υποψία ότι σημαντικό ποσοστό της μέτρησης του COD οφείλεται στις φαινόλες. Γενικά, κλείνοντας την ενότητα, μπορούμε να ισχυριστούμε αβίαστα ότι τα επιφανειακά νερά στο νομό Μεσσηνίας 'υποφέρουν' από την επίδραση των φαινολών.

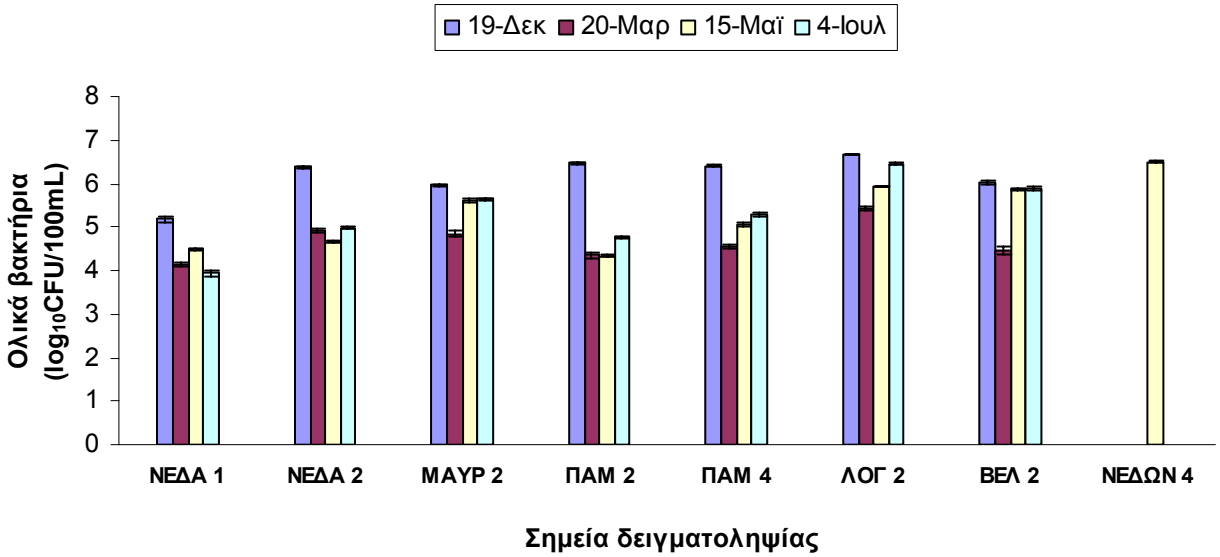
7.5 Μικροβιολογικές παράμετροι

7.5.1 Ολικά ετερότροφα βακτήρια

Πριν προχωρήσουμε με το σχολιασμό των αποτελεσμάτων, θα ήταν καλό να επαναλάβουμε κάποια σημαντικά σημεία της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Έτσι, η καταμέτρηση της συγκέντρωσης των ολικών βακτηρίων στο νερό αποτελεί μια πρώτη εκτίμηση των επιπέδων μόλυνσής του. Παρόλα αυτά, αυτή δεν επιτρέπει τη διάκριση, ούτε της προέλευσης, ούτε της φύσης των μικροοργανισμών. Η κύρια, όμως, αξία της μέτρησης των αποικιών έγκειται στη σύγκριση των αποτελεσμάτων των

επαναλαμβανόμενων δειγμάτων από την ίδια πηγή. Αν τα επίπεδα αυξάνουν σημαντικά, σε σχέση με τις συνήθεις τιμές, τότε είναι που η κατάσταση χρήζει προσοχής.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί καταγράφεται το σύνολο των αποτελεσμάτων, αναφορικά με τη συγκέντρωση των ολικών ετερότροφων βακτηρίων στα σημεία της δειγματοληψίας (βλέπε και πίνακες 32, 33, 34, 35 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 24:</u> Αποτελέσματα ολικών βακτηρίων

Τα αποτελέσματα ποικίλουν από $8{,}67 \times 10^3$ CFU/100 mL (ΝΕΔΑ 1, 4/7) έως $4{,}67 \times 10^6$ CFU/100 mL (ΛΟΓ 2, 19/12). Αυτό, όμως, που είναι το πιο αποκαλυπτικό κοιτάζοντας τα αποτελέσματα, έχει να κάνει με τις σημαντικά υψηλότερες τιμές της πρώτης δειγματοληψίας, σε σχέση με τις υπόλοιπες. Αυτή η διαφοροποίηση φτάνει μέχρι και τις δύο τάξεις μεγέθους (ΠΑΜ 2). Όλο αυτό, ωστόσο, είναι αναμενόμενο και συνδέεται άμεσα με τις βροχοπτώσεις, που είχαν προηγηθεί της πρώτης δειγματοληψίας. Οι επιφανειακές απορροές είχαν, προφανώς, ως αποτέλεσμα τη μεταφορά μεγάλου αριθμού εδαφικών βακτηρίων στο νερό.

Από εκεί και πέρα, στις περισσότερες των περιπτώσεων εμφανίζεται αύξηση της συγκέντρωσης των ολικών βακτηρίων, καθώς κινούμαστε από το Μάρτη προς τον Ιούλιο. Κι αυτό, όμως, μοιάζει συμβατό με την πραγματικότητα, καθώς η θερμοκρασία γίνεται όλο και πιο ‘συνεργάσιμη’ με τα ολικά μεσόφιλα βακτήρια, τα οποία καταμετρήθηκαν μετά από επώαση στους 30 ^{o}C. Επίσης, καθώς οι

θερμοκρασίες αυξάνουν, επιταχύνεται ο μεταβολισμός των βακτηρίων, ενώ τα ύδατα γίνονται περισσότερο ευτροφικά. Πάνω στο τελευταίο, σύμφωνα με τους Amblard *et al.* (1998)**,** υπάρχει μια σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στον πληθυσμό των εν λόγω μικροοργανισμών και την πρωτογενή παραγωγή, τόσο στα γλυκά ύδατα, όσο και στα θαλάσσια, γεγονός που υποδεικνύει ότι οι οργανικές ενώσεις που εκκρίνονται (exudation) από τα φύκη ρυθμίζουν τις βακτηριακές κοινωνίες. Σύμφωνα εξάλλου και με τους Billen *et al.* (1990), η βακτηριακή βιομάζα αντικατοπτρίζει το τροφικό επίπεδο ενός υδάτινου συστήματος. Επίσης, τα μικρόβια τρέφονται με διαλυμένη οργανική ύλη που απελευθερώνεται από το ζωντανό και νεκρό φυτοπλαγκτόν, ενσωματώνοντας 10-50% από την 1ογενή παραγωγή (DeBruyn *et al.,* 2004).

Έτσι, η συγκριτικά περισσότερη διαθέσιμη τροφή, αλλά και ο ρυθμός των βιοχημικών αντιδράσεων που αυξάνει, συνηγορούν στη μεγέθυνση του βακτηριακού πληθυσμού. Επιπρόσθετα, θετικά ως προς την παραπάνω πορεία θεωρούνται και τα φαινόμενα συμπύκνωσης, αφού είναι λογικό η ποσότητα του νερού να μειώνεται προοδευτικά, καθώς πλησιάζει η θερμή περίοδος. Στη γενική θεώρηση των αποτελεσμάτων που προηγήθηκαν, έρχονται να συμφωνήσουν και οι Lin *et al*. (2004), οι οποίοι - κατόπιν έρευνάς τους σε ποταμό της Νότιας Αφρικής - παρατήρησαν πως υπάρχει μια ισχυρή συσχέτιση ανάμεσα στο μικροβιακό φορτίο και τις βροχοπτώσεις, αλλά και την επιφανειακή θερμοκρασία του νερού.

Σε έρευνα των White *et al.* (2004), για τον ποταμό LaPlatte των ΗΠΑ, η υψηλότερη καταγραφόμενη αφθονία βακτηρίων παρουσιάστηκε το Δεκέμβρη (19/12/2000) και ήταν ίση με $1,9x10^7$ CFU/100 mL, ύστερα από την έντονη απορροή κατά το λιώσιμο του χιονιού. Επίσης, η βακτηριακή βιομάζα έδειξε μια πτώση, με τις μετρήσεις να μειώνονται από $4x10^6$ CFU/100 mL σε $1,5x10^6$ CFU/100 mL, κινούμενοι από το Δεκέμβρη προς το Φλεβάρη, για το ίδιο ποτάμι, το οποίο πρέπει να οφείλεται, κατά τους συγγραφείς, στις χαμηλές θερμοκρασίες. Πάνω σε αυτό, ακριβώς, το μοτίβο συμβαδίζουν απόλυτα και τα αποτελέσματά μας, καθώς κι εδώ έχουμε ύπαρξη απορροών προς το ποτάμι και επίσης, παρατηρείται μια σημαντική μείωση του μικροβιακού φορτίου από την πρώτη στη δεύτερη δειγματοληψία.

Προχωρώντας στο σχολιασμό ανά δειγματοληπτικό σημείο, πρώτο στη διαγραμματική σειρά έρχεται το ΝΕΔΑ 1. Πρόκειται για το δείγμα με τα πιο ‘χαρμόσυνα’ αποτελέσματα. Η ευχαρίστησή μας, όμως, δεν υπήρξε τόσο έκδηλη, μιας και περιμέναμε το ‘δώρο’ μας και ακόμη περισσότερο, γνωρίζαμε και την ταυτότητά του. Ένα τμήμα από τον άνω ρου του ποταμού, εντοπισμένο σε βαθιά

χαράδρα, μακριά από την άμεση παρουσία του ανθρώπου, είναι λογικό να εμφανίζεται απαλλαγμένο μεγάλων συγκριτικά μικροβιακών φορτίων.

Ολοκληρώνοντας περισσότερα από 15 km ροής, ο ποταμός έχει καταφέρει στο σημείο ΝΕΔΑ 2 να πολλαπλασιάσει το μικροβιακό του φορτίο με ένα συντελεστή, που ποικίλει μεταξύ 1,5 και 11, ανάλογα με τη δειγματοληψία. Σημειώνεται, υποστηριχτικά αυτής της διαφοροποίησης, η ύπαρξη δύο χωριών χωροθετημένα σε απόσταση αναπνοής από το ποτάμι. Αυτό, συναρτήσει της κτηνοτροφικής δραστηριότητας (έστω και σε μικρό βαθμό) και της εφαρμογής κόπρου στα αγροτεμάχια , δικαιολογεί την επισημασθείσα μεταβολή στη μικροβιακή μέτρηση. Υποστηρικτικά του παραπάνω, η Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων (2001) αναφέρει κατά γράμμα πως οι πιέσεις στο ποτάμι της Νέδας αναφέρονται σε υγρά απόβλητα οικισμών, βιοτεχνιών και σε γεωργική ρύπανση, 'μη σημειακής' μορφής.

Συνεχίζοντας με τον παραπόταμο του Πάμισου (τη Μαυροζούμαινα) και πιο συγκεκριμένα το σημείο ΜΑΥΡ 2, το μικροβιακό φορτίο παρουσιάζει τις μικρότερες μεταβολές σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα σημεία. Οι υψηλότερες τιμές του, εδώ, συνδέονται με τις βροχοπτώσεις και την αύξηση της θερμοκρασίας. Επισημαίνεται πως στο τμήμα αυτό του ποταμού, αποδεδειγμένα, αποβάλλονται βιομηχανικά και οικιακά απόβλητα. Αυτή, ακριβώς, η επισήμανση λειαίνει την έντονη διαφοροποίηση, που υπήρξε μεταξύ $1^{ης}$ και υπολοίπων δειγματοληψιών σε κάποια από τα υπόλοιπα σημεία. Αυτό που μπορεί να σχολιαστεί περαιτέρω, κοιτάζοντας τα αποτελέσματα, είναι η εμφανώς μικρή συγκριτικά μέτρηση κατά τη $2^{η}$ δειγματοληψία. Το μικρό μικροβιακό φορτίο, εδώ, 'έχει το λόγο του'. Σημειώνεται πως οι στήλες του διαγράμματος που αντιστοιχούν στη συγκεκριμένη δειγματοληψία, στην πλειονότητά τους, είναι μικρότερου ύψους, κάτι που μπορεί να αποτελεί γενικό χαρακτηριστικό της εποχής.

Περίπου 4 km δυτικότερα, εντοπίζονται οι πηγές του Παμίσου και πιο συγκεκριμένα, το σημείο δειγματοληψίας ΠΑΜ 2. Το δείγμα συλλέχτηκε περίπου 200 m κατάντη πολυάριθμων πηγών, οι οποίες σχηματίζουν τον ένα από τους δύο υδάτινους κλάδους που δημιουργούν το ποτάμι. Για λόγους προσανατολισμού, ο άλλος κλάδος σχετίζεται με τις κύριες πηγές, όπου και τοποθετήθηκε και το σημείο ΠΑΜ 1. Επανερχόμενοι, αξίζει να σημειωθεί πως το υδάτινο τμήμα από τις πηγές μέχρι το σημείο που λήφθηκε το δείγμα περνά μέσα από το χωριό Άγιος Φλώρος. Λόγω αυτού, η αναμενόμενη μικρή ποσότητα μικροβιακής βιομάζας που - εκ των

πραγμάτων - εξέρχεται από τις πηγές, μέχρι το σημείο που εμείς την περιμένουμε, μάλλον πολλαπλασιάζεται. Είναι πραγματικό γεγονός ότι εξαιτίας της διήθησης του νερού μέσα από το χώμα αποδεσμεύεται μεγάλο ποσοστό της μικροβιακής του συγκέντρωσης, μέχρι αυτό να εμφανιστεί και πάλι στην επιφάνεια.

Στα των αποτελεσμάτων για το σημείο ΠΑΜ 2, ο βακτηριακός πληθυσμός μετά από μια εξαιρετικά μεγάλη μέτρησή του κατά την πρώτη δειγματοληψία, προσγειώνεται - σχετικά και συγκριτικά - ευχάριστα κατά τις τρεις επόμενες. Οι έντονες βροχοπτώσεις που προηγήθηκαν πριν την πρώτη δειγματοληψία, έκαναν κι εδώ το 'θαύμα' τους, πόσο μάλλον, βρίσκοντας το πρόσφορο έδαφος - και κυριολεκτικά και μεταφορικά - του κατοικημένου εφαπτόμενου στο ποτάμι χώρου. Τα επόμενα τρία αποτελέσματα, αν και 'ευνοϊκότερα', φωτογραφίζουν την επιβάρυνση από οικιακά απόβλητα. Μάλιστα, υποστηρικτικά αυτού θα επικαλεστούμε και την προσωπική μας μαρτυρία. Σε μία από τη δειγματοληψία μας και αφού ελάχιστα λεπτά πριν την είχαμε ολοκληρώσει, κάποιος απαθής με περίσσεια θράσους, 'προσέθεσε' στο νερό περί τα 100 kg εντόσθια, που προφανώς του περίσσευαν. Εδώ, εγείρονται δύο ζητήματα. Το πρώτο έχει να κάνει με την αντιμετώπιση του νερού σαν όχημα, που μπορεί να πάει μια άσχημη μυρωδιά ή κάτι άχρηστο παρακάτω. Το δεύτερο σχετίζεται με τους αστάθμητους παράγοντες που έχει να αντιμετωπίσει ένα πρόγραμμα δειγματοληψίας. Πόσο θα αλλάζανε, άραγε, τα αποτελέσματα και ενδεχομένως, τα συμπεράσματα για ένα φανάρι που άναψε κατά τη νοητή επανάληψη; Βέβαια, εκείνο που θέλαμε να διερευνήσουμε ήταν η επίδρασή του ιχθυοτροφείου που χωροθετείται περί τα 100 m ανάντη από το σημείο δειγματοληψίας μας. Προς μεγάλη μας απογοήτευση, όμως, σε καμία από τις παρουσίες μας εκεί, δε λειτουργούσε.

Παραμένοντας στον Πάμισο, κατευθυνόμαστε στο σημείο ΠΑΜ 4, δυτικά της Μεσσήνης. Εδώ, συγκριτικά με το προηγούμενο δειγματοληπτικό σημείο, εξαιρώντας την πρώτη δειγματοληψία, παρατηρείται μεγέθυνση του μικροβιακού φορτίου που φτάνει έως και το πενταπλάσιο. Παρόλα αυτά, στο σύνολο των δειγμάτων οι αριθμοί μας κατατάσσουν λίγο πάνω από το μέσο όρο. Η πιθανή εξήγηση αυτού σχετίζεται με τη χωροθέτηση της πόλης της Μεσσήνης σε μια σχετική απόσταση 'ασφαλείας' από το ποτάμι. Επίσης, σε μεγάλη απόσταση ανάντη, δεν υπάρχει επίδραση από κατοικημένες περιοχές.

Αλλάζοντας υδάτινο σώμα, κάνουμε στάση στο χείμαρρο Λογιώτη και στο σημείο ΛΟΓ 2 εντός του χωριού Στέρνα. Εδώ, γίνεται λόγος για τη μεγαλύτερη

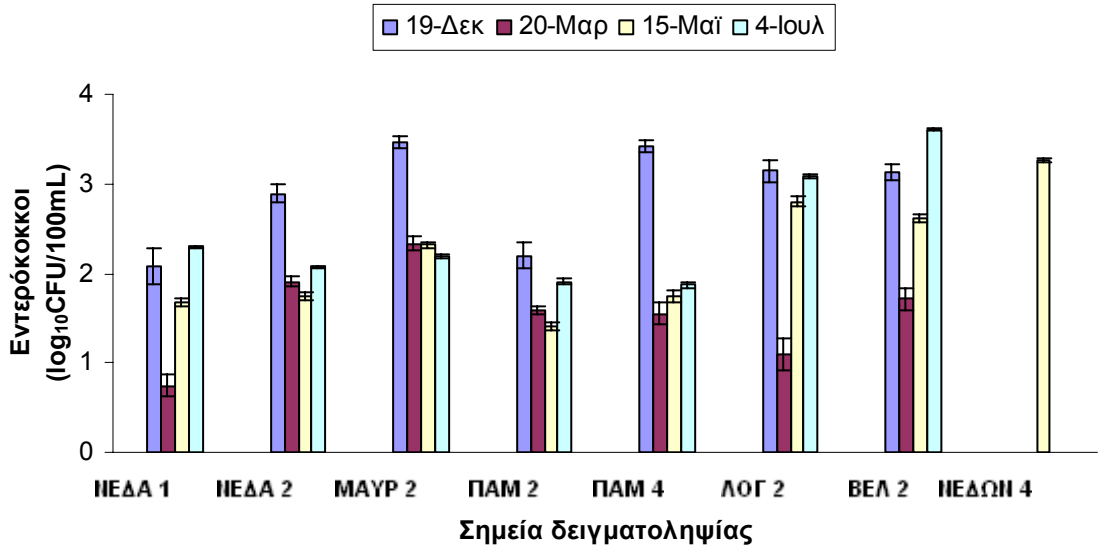
επιβάρυνση στο σύνολο της έρευνας, αναφορικά με το μικροβιακό φορτίο. Ακόμη, δεν παρατηρείται έντονη διαφοροποίηση μεταξύ της πρώτης και των υπολοίπων δειγματοληψιών στο βαθμό που εμφανίζεται αλλού. Αυτό έχει κατά πάσα πιθανότητα να κάνει με τη σταθερή αποχέτευση οικιακών αποβλήτων από οικίες, όπου με λίγη δόση υπερβολής, οι όχθες του χειμάρρου εμπεριέχονται στην αυλή τους. Συμβαδίζουσα με αυτή τη λογική είναι και η σταθερή αύξηση των βακτηρίων κατά τις τρεις τελευταίες δειγματοληψίες, όπου πέραν των ιδανικών καιρικών συνθηκών, η ποσότητα και η ροή του νερού μειώνονται προοδευτικά και ουσιαστικά.

Αρκετά νοτιότερα, ακολουθώντας τη ροή, καταλήγουμε στο χωριό Βελίκα και στη θέση ΒΕΛ 2. Μετρήσεις βακτηρίων μικρότερες - από ελαφρώς μικρότερες έως και υποπενταπλάσιες - σε σχέση με αυτές του Λογιώτη, που δικαιολογούνται από το διάβα του χειμάρρου μακριά από κατοικημένες περιοχές για αρκετή απόσταση ανάντη, καθώς και από το ότι ο κύριος όγκος του χωριού χωροθετείται νοτιότερα από το σημείο λήψης του δείγματος.

Κατά την ολοκλήρωση της περιήγησής μας, βρισκόμαστε στις εκβολές του ποταμού Νέδωνα, εντός της πόλης της Καλαμάτας. Τα δεδομένα μας ή μάλλον το μόνο δεδομένο που έχουμε δεν είναι αρκετά για να εξάγουμε συμπεράσματα, είναι, όμως, ενδεικτικό. Αξίζει να σημειωθεί πως κατά τη μοναδική - τρίτη δειγματοληψία - στο σημείο ΝΕΔΩΝ 4, το μικροβιακό φορτίο βρέθηκε πολλαπλάσιο από ότι στα υπόλοιπα σημεία από τα οποία ελήφθησαν δείγματα την ίδια μέρα. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται λόγος για τετραπλάσιο αριθμό βακτηρίων σε σχέση με το αμέσως επόμενο πιο επιβαρημένο δείγμα. Αν συνέβαινε κάτι διαφορετικό από αυτό που περιγράφηκε μέχρι τώρα, θα μπαίναμε σε σκέψεις ότι κάτι δεν πήγε καλά. Έχουμε να κάνουμε με νερό αρκετά χαμηλής ροής, που διασχίζει και χωρίζει την πρωτεύουσα του νομού, σχεδόν, στη μέση. Μια βόλτα παράλληλα με την κοίτη, είναι ικανή για να περισυλλέξει το μάτι ποικιλία απορριμμάτων, αναφερόμενοι σε ό,τι μπορεί να βρεθεί σε μια χωματερή, με λίγη δόση υπερβολής και πάλι, το παραδεχόμαστε.

7.5.2 Εντερόκοκκοι

Στο διάγραμμα που ακολουθεί συγκεντρώνεται το σύνολο των αποτελεσμάτων που αφορούν την καταμέτρηση των εντερόκοκκων (βλέπε και πίνακες 32, 33, 34, 35 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 25</u>: Αποτελέσματα εντερόκοκκων

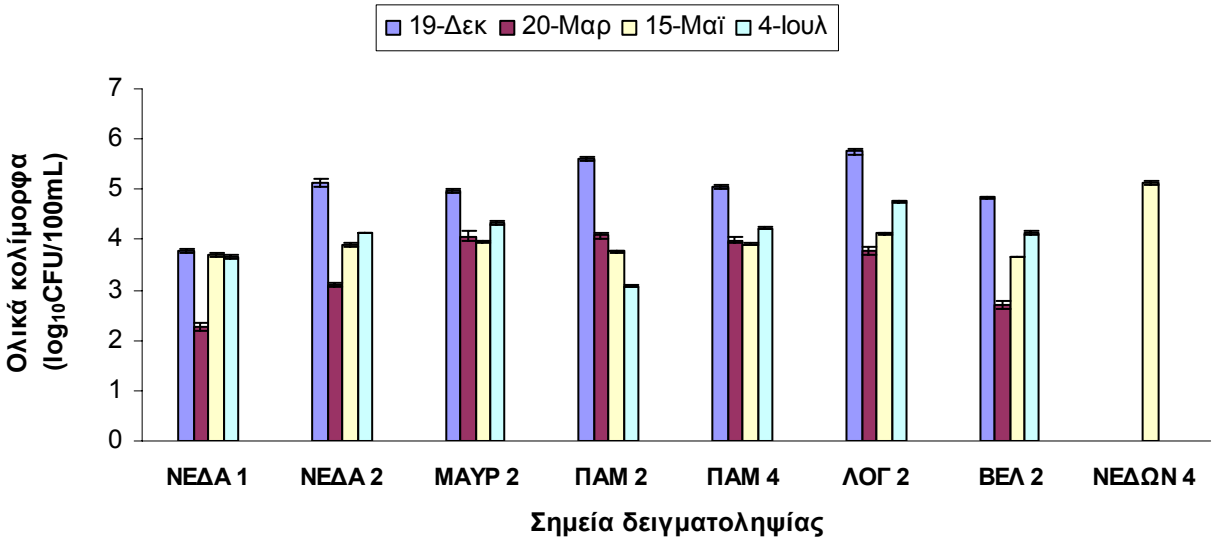
Αυτό που ξεχωρίζει, αρχικά, κοιτάζοντας το σύνολο των αποτελεσμάτων σχετίζεται με το μεγάλο εύρος και τη διακύμανση αυτών. Πιο συγκεκριμένα, από μια καταμέτρηση 6 CFU/100 mL (ΝΕΔΑ 1, 20/3), καταλήγουμε σε αυτή των 4060 CFU/100 mL (ΒΕΛ 2, 4/7). Παρόλα αυτά, δεν μπορούμε να στηριχτούμε στο απόλυτο των τιμών, μιας και δεν έγινε ταυτοποίηση των στελεχών που θεωρήθηκαν ότι ανήκουν στους εντερόκοκκους. Μάλιστα, στην περίπτωση που επιχειρήσαμε κάτι τέτοιο, προκειμένου να κάνουμε τεστ ευαισθησίας στα αντιβιοτικά, αποδείχτηκε πως περίπου το 80% των απομονώσεων άνηκαν, τελικά, στο γένος των εντερόκοκκων.

Αυτό που επίσης είναι χαρακτηριστικό, αναφέρεται στην αριθμητική υπεροχή κατά την πρώτη δειγματοληψία σαν απότοκο των βροχοπτώσεων. Επιπλέον, συμβατή με την πραγματικότητα κρίνεται και η σχετική αύξηση της παρουσίας των εντερόκοκκων, καθώς κινούμαστε από το Μάρτη προς τον Ιούλιο, αφού η εξέλιξη των καιρικών συνθηκών και της υδρολογικής δυναμικής των δειγματοληπτικών σημείων συνηγορούν σε κάτι τέτοιο.

Μεταξύ των σημείων, τώρα, επιβεβαιώνεται το ‘καθαρότερο’ των θέσεων ΝΕΔΑ1 και ΠΑΜ 2 για τους λόγους, που ήδη εκτέθηκαν παραπάνω. Ακόμη, παρατηρούνται, εξαιρουμένης της πρώτης δειγματοληψίας, συγκριτικά χαμηλές συγκεντρώσεις εντερόκοκκων στο σημείο ΠΑΜ 4. Το τελευταίο φαίνεται να μην ισχύει, κατά πρώτον για τα σημεία ΒΕΛ 2 και ΛΟΓ 2 και κατά δεύτερον, για τα σημεία ΜΑΥΡ 2 και ΝΕΔΑ 2. Εδώ, η επίδραση του κατοικημένου της περιοχής είναι άλλοτε καθοριστική και άλλοτε σημαντική για τη μικροβιολογική ποιότητα του επιφανειακού νερού. Τέλος, απόλυτα δικαιολογημένο κρίνεται και το μέγιστο της απαρίθμησης των εντερόκοκκων κατά την τρίτη δειγματοληψία στο σημείο ΝΕΔΩΝ 4, αφού η ‘επιρροή’ της αστικοποίησης ήταν εκ των προτέρων ασφυκτική.

7.5.3 Ολικά κολίμορφα - *Escherichia coli*

Προτού καταπιαστούμε με το σχολιασμό των αποτελεσμάτων, αξίζει να υπενθυμίσουμε πως τα ολικά βακτήρια δεν αποτελούν δείκτη, αποκλειστικά, κοπρανώδους μόλυνσης και έτσι, δεν μπορούν να εξαχθούν ξεκάθαρα αποτελέσματα. Παρόλα αυτά μετρήσεις σαν αυτές που ακολουθούν είναι μάλλον αποκαλυπτικές. Στο διάγραμμα που ακολουθεί συμπεριλαμβάνεται το σύνολο των μετρήσεων, αναφορικά με τα κολίμορφα (βλέπε και πίνακες 32, 33, 34, 35 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 26:</u> Αποτελέσματα ολικών κολίμορφων

Καταρχάς, για άλλη μια φορά επιβεβαιώνεται η συσχέτιση των βροχοπτώσεων με την αυξημένη καταμέτρηση μικροοργανισμών. Από την άλλη, τα αποτελέσματά μας έδειξαν μετρήσεις κολίμορφων βακτηρίων μεταξύ 187 CFU/100 mL (ΝΕΔΑ 1, 20/3) και 573.000 CFU/100 mL (ΛΟΓ 2, 19/12), διαφορά τουλάχιστον χασματώδης. Σε έρευνα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου, το 1996, για τον ποταμό Στρυμόνα, τα ολικά κολίμορφα βρίσκονταν μεταξύ 1.200 CFU/100 mL και 28.000 CFU/100 mL, με μέσο όρο τα 11.050 CFU/100 mL. Στην ίδια μελέτη και την ίδια περίοδο, οι αντίστοιχες μετρήσεις για τον Πηνειό και τον Αλιάκμονα ήταν ακόμη μικρότερες (ΕΣΥΕ, 1999). Βέβαια, αν στην εδώ έρευνα αφαιρέσουμε την πρώτη δειγματοληψία, η οποία ήταν 'ειδικών συνθηκών' λόγω των βροχοπτώσεων, το μέγιστο των μετρήσεών μας είναι 134.000 CFU/100 mL (ΝΕΔΩΝ 4), με μέσο όρο αυτών, τα 16.358 CFU/100 mL. Και πάλι, όμως, τα αποτελέσματα κρίνονται υψηλά στη σύγκριση και όχι μόνο. Η πιθανή εξήγηση θέλει τα ποτάμια μας να δυσκολεύονται, λόγω μεγέθους, να αραιώσουν τους μικροοργανισμούς που δέχονται. Από την άλλη, μεγάλα ποτάμια, όπως αυτά που παρατέθηκαν πριν λίγο, με την απειλή των πλημμύρων, κρατάνε την κατοίκηση σχετικά μακριά από τις όχθες τους. Με αυτό τον τρόπο, δημιουργείται μια ασπίδα αναχαίτισης στην έντονη ανθρώπινη επιρροή επί της μικροβιολογικής κατάστασης των εν λόγω ποταμών.

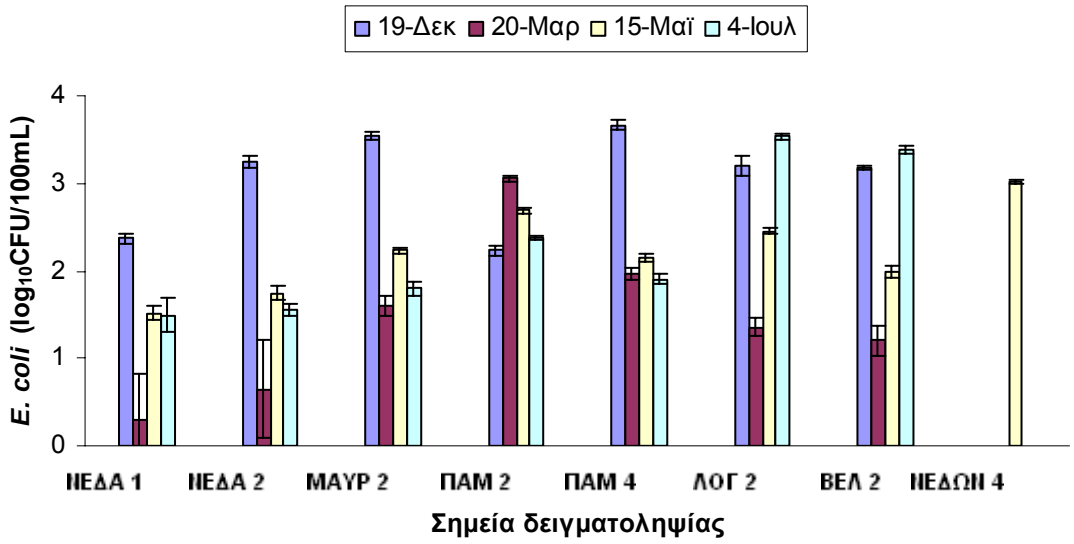
Παρόλα αυτά, παρόμοιες ζοφερές καταστάσεις εμφανίζονται και αλλού ανά την Ευρώπη. Σε έρευνα των Rolland και Block, (1980) στον ποταμό Meurthe της Γαλλίας, το Γενάρη του 1979 (εβδομαδιαίες δειγματοληψίες), τα αποτελέσματα δεν ήταν καθόλου ενθαρρυντικά. Πως, άλλωστε, να συνέβαινε κάτι τέτοιο, όταν τα ολικά κολίμορφα ήταν στο εύρος 49.300-228.000 CFU /100 mL, με μέσο όρο 102.500 CFU /100mL);

Το σημείο που φαίνεται να πρωτοστατεί κι εδώ, με τις συγκριτικά μικρότερες συγκεντρώσεις, δεν είναι άλλο από το ΝΕΔΑ 1. Από τα 6200 CFU/100 mL κατά την πρώτη δειγματοληψία, προσγειωνόμαστε στα 187 CFU/100 mL κατά τη δεύτερη, για να επανέρθουμε και πάλι, στα γνώριμα μας κατά τις δύο επόμενες, ήτοι 4930 και 4670 CFU/100 mL, αντίστοιχα. Με βάση τις δύο τελευταίες μετρήσεις και σύμφωνα με τον Κουϊμτζή (1997), τα νερά στο εν λόγω σημείο κρίνονται ως μέτρια μολυσμένα. Αρκετά χιλιόμετρα πιο κάτω, στο σημείο ΝΕΔΑ 2, τα νερά έχουν είδη καταφέρει, σύμφωνα με την ίδια κατάταξη, να μεταπηδήσουν στην κατηγορία μεταξύ των μέτρια και έντονα μολυσμένων.

Στην κατηγορία των έντονα μολυσμένων κατηγοριοποιούνται και τα ύδατα της Μαυροζούμενας στο σημείο ΜΑΥΡ 2, ενώ αυτά του ΠΑΜ 2 κινούνται μεταξύ των μέτρια μολυσμένων έως αυτής των αυτούσιων λυμάτων. Κινούμενοι νοτιότερα και πιο συγκεκριμένα στο σημείο ΠΑΜ 4, βρισκόμαστε μπροστά σε ακόμα πιο βεβαρημένα ύδατα. Η ίδια, περίπου, κατάσταση επικρατεί και στα υπόλοιπα σημεία.

Το γενικό συμπέρασμα που συνάγεται από τα παραπάνω κάνει λόγο για κάκιστη μικροβιολογική ποιότητα νερού. Ως εκ τούτου, βρισκόμαστε αρκετά μακριά από την απρόσκοπτη, ξέγνοιαστη εφαρμογή του νερού στις βασικές χρήσεις του. Ενδεικτικά, η σχετική νομοθεσία με την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης, θέτει ως επιτακτική τη συγκέντρωση που δεν υπερβαίνει τις 10000 αποικίες ανά 100 mL. Βέβαια, για να μη γινόμαστε ισοπεδωτικοί, προς κολύμβηση χρησιμοποιούνται μόνο τα σημεία ΝΕΔΑ 1 και ΠΑΜ 2 κι εδώ, για τις δύο τελευταίες δειγματοληψίες (τότε που παρατηρείται η εν λόγω δραστηριότητα) το παραπάνω κριτήριο τηρείται. Από την άλλη, όμως, η πλειοψηφία των υδάτων κρίνεται ασύμβατη με τη χρήση τους ως αρδευτικά. Αρκεί, μόνο, να αναφέρουμε πως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας προτείνει για την άρδευση προϊόντων που τρώγονται ωμά, συγκέντρωση ολικών κολίμορφων μικρότερη των 100 CFU/100 mL. Επιπλέον, ο Okafo (2003) κατακρίνει αυτούς που χρησιμοποιούν νερό για άρδευση με συγκέντρωση των εν λόγω μικροοργανισμών μεγαλύτερη των 2500 CFU/100 mL.

Επικεντρώνοντας, τώρα, το ενδιαφέρον μας στον κύριο εκφραστή της ομάδας των κοπρανωδών κολίμορφων, το *Escherichia coli*, θα μπορέσουμε να προσδιορίσουμε ασφαλέστερα τη μόλυνση ανθρώπινης ή ζωικής προέλευσης. Προς αυτή την κατεύθυνση, πολύτιμο εργαλείο αποτελεί το διάγραμμα που ακολουθεί (βλέπε και πίνακες 32, 33, 34, 35 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 27:</u> Αποτελέσματα *Escherichia coli*

Η συγκέντρωση των εν λόγω μικροοργανισμών παρουσιάζει έντονες διαφοροποιήσεις, τόσο μεταξύ των σημείων, όσο και μεταξύ των δειγματοληψιών. Στο σύνολο των τελευταίων, τα *E. coli* κινούνται μεταξύ 3 CFU/100 mL (ΝΕΔΑ 1, 20/3) και 4630 CFU/100 mL (ΠΑΜ 4, 19/12).

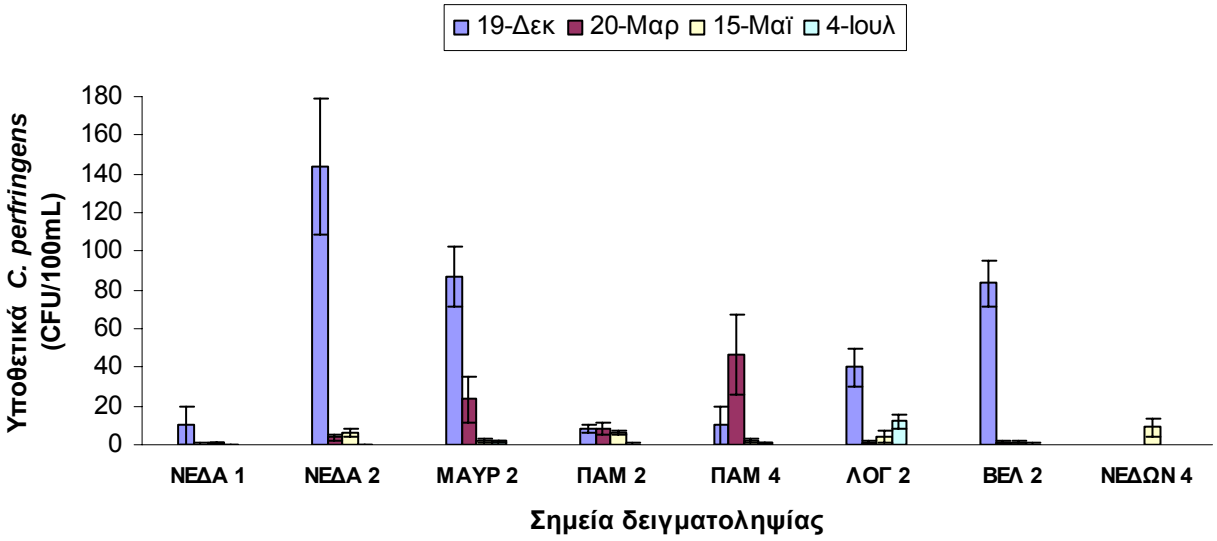
Αυτό που καταρχάς σημειώνεται, σχετίζεται με τις αυξημένες συγκεντρώσεις του εν λόγω βακτηρίου κατά την πρώτη δειγματοληψία. Πέραν της επίδρασης των βροχοπτώσεων, μέσω των επιφανειακών απορροών, οι οποίες και καταλήγουν στο υδατόρεμα, υπάρχει και μια δεύτερη εξήγηση, παρεπόμενη των πρώτων. Σύμφωνα με τον WHO (2004), το *E. coli* συσσωρεύεται στα ιζήματα και κινητοποιείται, όταν αυξάνεται η ροή του νερού. Η μόνη διαφοροποίηση σε αυτό, παρατηρείται στο σημείο ΠΑΜ 2. Κι όμως, αν συνυπολογίσουμε πως πρόκειται για ύδατα πηγών, όπου η ροή δεν επηρεάζεται από τις βροχοπτώσεις, το αποτέλεσμα μοιάζει συμβατό με την πραγματικότητα.

Ενδοσημειακά, αυτό που προκαλεί το μέγιστο της προσοχής, έχει να κάνει με τις υψηλές και συγκριτικά λιγότερο ευμετάβλητες χρονικά συγκεντρώσεις στο σημείο ΠΑΜ 2. Αυτό καταδεικνύει, με σχετική βεβαιότητα, τη σταθερή κοπρανώδη επιβάρυνση, ανθρώπινη ή μη, από την παράπλευρη κατοικημένη περιοχή. Παράλληλα, επιβεβαιώνεται για άλλη μια φορά η έντονη υποβάθμιση στην ποιότητα του νερού στα σημεία ΛΟΓ 2 και ΒΕΛ 2 και βεβαίως στο ΝΕΔΩΝ 4, το οποίο αποτελεί το κύριο παράδειγμα προς αποφυγή.

Στον αντίποδα, το νερό από το σημείο ΝΕΔΑ 1 διατηρεί τον τίτλο του λιγότερο μικροβιολογικά αλλοιωμένου, ενώ τα ΝΕΔΑ 2, ΜΑΥΡ 2 και ΠΑΜ 4, αυτόν του μονόφθαλμου μεταξύ των τυφλών.

7.5.4 *Clostridium perfringens*

Συνεχίζοντας με τους δείκτες της κοπρανώδους μόλυνσης, καταπιανόμαστε με το *Clostridium perfringens*. Τα αποτελέσματα, μετά από την πρώτη επώαση και πριν προχωρήσουμε στις δοκιμασίες ταυτοποίησης, καταγράφονται στο ακόλουθο διάγραμμα (βλέπε και πίνακες 32, 33, 34, 35 - Παράρτημα).



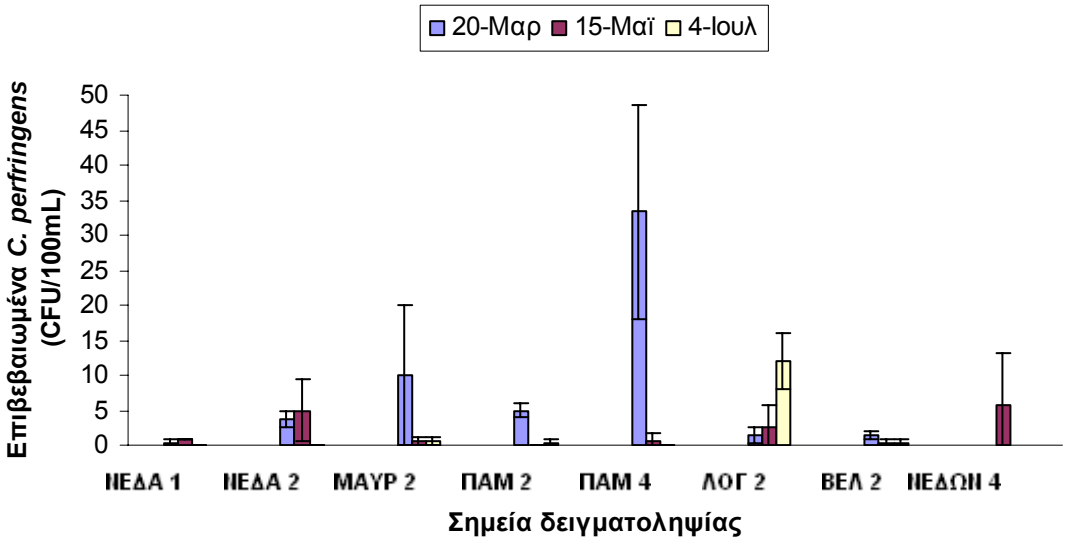
<u>Διάγραμμα 28:</u> Αποτελέσματα υποθετικών *Clostridium perfringens*

Η συγκέντρωση των εν λόγω μικροβίων φτάνει στο ανώτατο σημείο των 143 CFU/100 mL (ΝΕΔΑ 2, 19/12). Παρόλα αυτά, υπήρξαν και δείγματα με απουσία *C. perfringens* (ΝΕΔΑ 1, ΝΕΔΑ 2, 4/7). Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται να συμφωνήσουν με το καταγραφόμενο βιβλιογραφικά, ότι τα άνωθεν βακτήρια εντοπίζονται στα κόπρανα σε πολύ μικρότερους αριθμούς συγκριτικά με το *E. coli*.

Αυτό, που για μια φορά ακόμα αποδεικνύεται κοιτάζοντας τα αποτελέσματα, είναι η μεγάλη συσχέτιση των βροχοπτώσεων με την αύξηση του εν λόγω μικροβιακού φορτίου. Η μόνη διαφοροποίηση στον κανόνα αυτό, εδώ, αναφέρεται στο σημείο ΠΑΜ 4, απλά για να τον επιβεβαιώσει.

Σύμφωνα με τους Collee *et al.* (1996a), ο εν λόγω μικροοργανισμός είναι ιδιαίτερα συνδεδεμένος με το καλλιεργημένο έδαφος, όπου έχει γίνει εφαρμογή κόπρου. Πιθανότατα, σε αυτό να οφείλεται και η αυξημένη καταμέτρηση κατά την πρώτη δειγματοληψία στο σημείο ΝΕΔΑ 2, περιοχή με έντονη τη γεωργική δραστηριότητα. Επίσης, αξιοσημείωτοι αριθμοί *C. perfringens*, για κάποιες από τις δειγματοληψίες, καταγράφονται και στα σημεία ΜΑΥΡ 2, ΠΑΜ 4, ΛΟΓ 2 και ΒΕΛ 2.

Για πιο 'πραγματικά' αποτελέσματα, όμως, είναι καλύτερο να αναφερόμαστε σε επιβεβαιωμένα *C. perfringens* (βλέπε και πίνακες 32, 33, 34, 35 - Παράρτημα). Η καταγραφή αυτή γίνεται στο παρακάτω διάγραμμα, με το μόνο επιλήψιμο της απουσίας από αυτό, της πρώτης δειγματοληψίας κατά την οποία δεν πραγματοποιήθηκαν οι δοκιμασίες ταυτοποίησης.



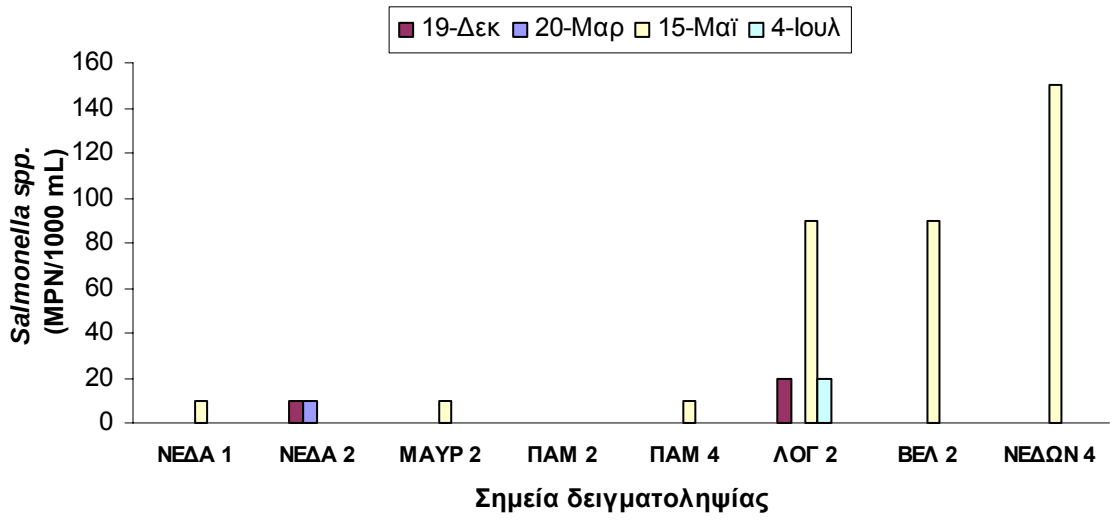
<u>Διάγραμμα 29:</u> Αποτελέσματα επιβεβαιωμένων *Clostridium perfringens*

Στα πλαίσια, λοιπόν, των τριών τελευταίων δειγματοληψιών, παρατηρείται μια συγκριτικά υψηλή μέτρηση στο ΠΑΜ 4. Εντούτοις, η τυπική απόκλιση αυτής είναι μεγάλη. Στα υπόλοιπα σημεία, άξιες λόγου συγκεντρώσεις αναφέρονται στις θέσεις ΜΑΥΡ 2 και ΛΟΓ 2 κατά κύριο λόγο, αλλά και στις ΝΕΔΩΝ 4, ΝΕΔΑ 2 και ΠΑΜ 2.

Σε μελέτη του Sartory (1986), σε βεβαρημένα ποτάμια της Νότιας Αφρικής, μετρήθηκαν τα υποθετικά και επιβεβαιωμένα *C. perfringens* και υπολογίστηκε το ποσοστό των πρώτων που ανήκουν στα δεύτερα. Βέβαια, βασικός σκοπός της εν λόγω έρευνας ήταν να βρεθεί ο βαθμός στον οποίο η ανάπτυξη των βακτηρίων αυτών επηρεάζεται από το θρεπτικό υλικό που χρησιμοποιείται. Αυτό που τελικά αποδείχθηκε, ήταν πως οι αριθμοί μεταβάλλονται ανάλογα με το άγαρ**.** Τα αποτελέσματα είναι αποκαλυπτικά, αφού ο πληθυσμός των βακτηρίων *C. Perfringens* κυμάνθηκε μεταξύ 110-4200 CFU/100 mL, 500-6900 CFU/100 mL και 100-2200 CFU/100 mL, ανάλογα με το θρεπτικό που χρησιμοποιήθηκε. Οι επιβεβαιωτικές δοκιμασίες, τώρα, είχαν επιτυχία ως προς την εύρεση του παραπάνω μικροοργανισμού, σε ποσοστό περίπου 90 %. Το τελευταίο ποσοστό συμβαδίζει με τα δικά μας αποτελέσματα, μιας και στα περισσότερα δείγματά η συντριπτική πλειοψηφία των υποθετικών *C. perfringens* επιβεβαιώθηκε. Από την άλλη, όμως, οι καταμετρήσεις, εδώ, υπολείπονται κατά πολύ των παραπάνω αποτελεσμάτων, αφήνοντάς μας το συμπέρασμα ότι δεν έχουμε πιάσει ακόμη οροφή, ως προς αυτόν, τουλάχιστον, τον περιττωματικό δείκτη.

7.5.5 *Salmonella* spp.

Η μικροβιολογική μας περιπλάνηση, αναφορικά με την ανίχνευση και καταμέτρηση μικροοργανισμών, ολοκληρώνεται με τα κατεξοχήν παθογόνα στελέχη σαλμονέλλας. Η ειδοποιός διαφορά με τα παραπάνω αναφέρεται στο ότι οι εν λόγω μικροοργανισμοί έχουν ταυτοποιηθεί με τη χρήση API και έτσι, είμαστε σίγουροι με το τι έχουμε να κάνουμε, ως προς το γένος τουλάχιστον. Τα αποτελέσματα παρατίθενται ακολούθως (βλέπε και πίνακες 32, 33, 34, 35 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 30</u>: Αποτελέσματα *Salmonella* spp.

Μια πρώτη παρατήρηση που έχει ενδιαφέρον είναι το ότι οι περισσότερες ‘εμφανίσεις’ του εν λόγω μικροβίου γίνονται κατά την τρίτη δειγματοληψία. Στα περισσότερα, βέβαια, δείγματα, ως ήταν μάλλον αναμενόμενο, δεν ανιχνεύτηκαν στελέχη του γένους *Salmonella.* Αυτό, όμως, δε μας διασφαλίζει για την απουσία τους, μιας και υπάρχει η πιθανότητα, απλά, να μην τα ΄πιάσαμε’. Από την άλλη, η μέγιστη συγκέντρωση καταγράφηκε κατά την τρίτη δειγματοληψία στο σημείο ΝΕΔΩΝ 4 και είναι ίση με 150 CFU/1000 mL. Αυτό, συναρτήσει και όλων των παραπάνω αποτελεσμάτων, παρότι όλα προέρχονται από μία και μοναδική δειγματοληψία, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για το πλέον υποβαθμισμένο μικροβιολογικά νερό από αυτά που ερευνήθηκαν. Επιπρόσθετα, υψηλές συγκεντρώσεις σαλμονέλλας, της τάξεως των 90 CFU/1000 mL, βρέθηκαν και στα σημεία ΛΟΓ 2 και ΒΕΛ 2. Κι εδώ, επιβεβαιώνονται οι προηγούμενες σκέψεις, που κατέτασσαν τα συγκεκριμένα ύδατα στα πλέον υποβαθμισμένα.

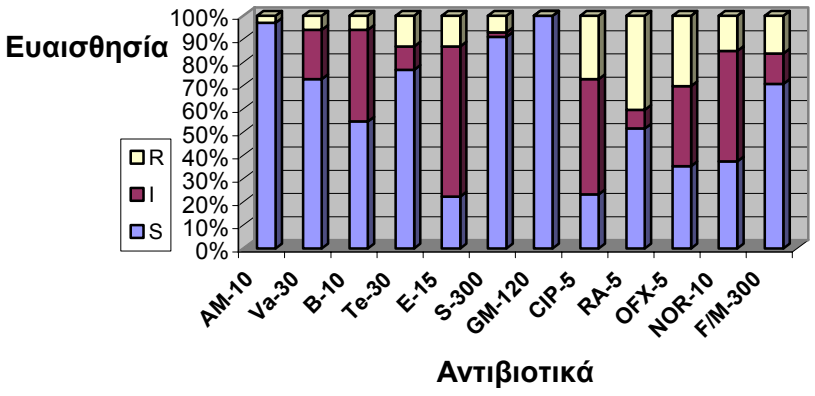
Στις υπόλοιπες θέσεις δειγματοληψίας εμφανίστηκε μέγιστη συγκέντρωση σαλμονέλλας της τάξης των 10 CFU/1000 mL, ενώ το σημείο ΠΑΜ 2 βρέθηκε ‘καθαρό’ στο σύνολο της έρευνας. Σε αυτό που αξίζει να επιμείνουμε όμως, δεν είναι άλλο από το σημείο ΝΕΔΑ 1. Για ένα τμήμα του ποταμού μακριά από την ανθρώπινη επίδραση, θα περιμέναμε την απουσία σαλμονέλλας. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν ισχύει στην πράξη, μιας και όπως σημειώνεται βιβλιογραφικά, τα άγρια ζώα και πτηνά αποτελούν σημαντικές πηγές παθογόνων.

7.6 Ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά

Πριν προχωρήσουμε στο σχολιασμό των αποτελεσμάτων, είναι καλό να αποσαφηνιστεί κάτι. Σημειώνεται, λοιπόν, πως η συγκέντρωση του αντιβιοτικού ενάντια στο οποίο εξετάζεται η ανθεκτικότητα/ευαισθησία ενός εντερόκοκκου είναι καθοριστική για το αποτέλεσμα της δοκιμασίας, καθώς μια αύξηση της συγκέντρωσης αυτής δύναται να βελτιώσει την ισχύ του αντιβιοτικού. Ένας εντερόκοκκος, λοιπόν, είναι ανθεκτικός ή ευαίσθητος σε μια συγκεκριμένη συγκέντρωση καθορισμένου αντιβιοτικού και υπό συγκεκριμένες συνθήκες (Choi *et al.*, 2003). Έτσι, αναφέροντας παρακάτω ότι οι εντερόκοκκοι είναι ανθεκτικοί σε ένα αντιβιοτικό, θα εννοούμε στο παρασκήνιο πως αυτό συμβαίνει για μια συγκεκριμένη και προκαθορισμένη συγκέντρωση αυτού.

Κατά το σύνολο και των τεσσάρων δειγματοληψιών απομονώθηκαν 99 στελέχη εντερόκοκκων, τα οποία και ταυτοποιήθηκαν βάσει των φαινοτυπικών χαρακτηριστικών τους, την αντίδραση καταλάσης, αλλά και των δοκιμασιών ανάπτυξής τους. Ο επιμερισμός των απομονώσεων μεταξύ των δειγματοληψιών έγινε ως εξής: 24 και 16 απομονώσεις, κατόπιν της $1^{ης}$ και $2^{ης}$ δειγματοληψίας (αντίστοιχα), με 29 και 30 απομονώσεις, ύστερα από την $3^{η}$ και $4^{η}$ δειγματοληψία (αντίστοιχα και πάλι).

Στο διάγραμμα που ακολουθεί, συνοψίζονται τα αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των 99 απομονώσεων εντερόκοκκων στα 12 αντιβιοτικά που χρησιμοποιήθηκαν (βλέπε και πίνακες 38, 39 - Παράρτημα).



<u>Διάγραμμα 31</u>: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σύνολο των 99 στελεχών εντερόκοκκων

Για το σύνολο των εξεταζόμενων στελεχών, κατόπιν και των τεσσάρων δειγματοληψιών, 40 στελέχη βρέθηκαν ανθεκτικά στη ριφαμπικίνη (RA-5), 30 στην οφλοξασίνη (OFX-5), 27 στη σιπροφλοξασίνη (CIP-5), 16 στη νιτροφουραντοϊνη (F/M-300), 15 στη νορφλοξακίνη (NOR-10), 13 στην τετρακυκλίνη (Te-30) και την ερυθρομυκίνη (E-15), 7 στη στρεπτομυκίνη (S-300), 6 στη βανκομυκίνη (Va-30) και τη βακιτρακίνη (B-10), 3 στην αμπικιλλίνη (AM-10), ενώ κανένα στέλεχος δεν ήταν ανθεκτικό στη γενταμυκίνη (GM-120). Από την άλλη, ενδιαφέρον παρουσιάζει και ο αυξημένος αριθμός με ενδιάμεσης ευαισθησίας στελέχη. Έτσι, 64 στελέχη εμφανίστηκαν ως τέτοια στην ερυθρομυκίνη, 49 στη σιπροφλοξασίνη, 47 στη νορφλοξακίνη, 39 στη βακιτρακίνη, 34 στην οφλοξασίνη και 21 στη βανκομυκίνη.

Επιμένοντας στα της ανθεκτικότητας στο σύνολο των απομονώσεων, 'αποκαλύφθηκαν' 71 ανθεκτικά στελέχη σε 1 ή περισσότερους αντιμικροβιακούς παράγοντες. Πιο συγκεκριμένα, 1 στέλεχος εμφάνισε ανθεκτικότητα σε 9 αντιβιοτικά, 3 στελέχη παρουσίασαν ανθεκτικότητα σε 6 αντιβιοτικά, 8 στελέχη σε 5 αντιβιοτικά και 6 στελέχη βρέθηκαν ανθεκτικά σε 4 αντιβιοτικά. Αντίστοιχα, 9 στελέχη παρουσίασαν ανθεκτικότητα σε 3 αντιβιοτικά, 14 στελέχη σε 2 αντιβιοτικά και 30 στελέχη σε 1 αντιμικροβιακό παράγοντα. Τα υπόλοιπα 28 στελέχη εντερόκοκκων δεν εμφάνισαν ανθεκτικότητα σε κανένα αντιβιοτικό. Είναι αυτονόητο πως οι απομονώσεις που παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε μεγάλο αριθμό αντιβιοτικών χρήζουν και της μεγαλύτερης προσοχής μιας και τα διαθέσιμα όπλα καταπολέμησής τους λιγοστεύουν.

Θέλοντας να 'κατανείμουμε' την ανθεκτικότητα, σε σχέση με την κάθε κατηγορία αντιβιοτικών, προκύπτει ο πίνακας 31, παρακάτω. Εμφανίζεται, λοιπόν, σημαντικός αριθμός ανθεκτικών στελεχών στις φλουοροκινολόνες. Αξιοσημείωτος, επίσης, κρίνεται και ο αριθμός των στελεχών που ανθίστανται έναντι της ερυθρομυκίνης και της τετρακυκλίνης. Παρόλα αυτά, για όλα αυτά τα αντιβιοτικά, είναι καταγεγραμμένη βιβλιογραφικά η αυξημένη εμφάνιση ανθεκτικότητας. Αυτό που κάνει εντύπωση, όμως, σχετικά με τα αποτελέσματα, αφορά - πρωτίστως - τη ριφαμπικίνη και κατά δεύτερο λόγο, τη νιτροφουραντοϊνη. Πουθενά, όπου και αν ανατρέξαμε, δε αναφέρεται κάτι για τη δράση των δύο παραπάνω αντιβιοτικών έναντι των εντερόκοκκων. Αυτό, βέβαια, ενδέχεται να μη σημαίνει και τίποτα. Από την άλλη, το αποτέλεσμα είναι και απότοκο της συγκέντρωσης του αντιβιοτικού, όπου για τη ριφαμπικίνη είναι μάλλον μικρή. Τέλος, εκείνο που πρέπει να επισημανθεί είναι η ανθεκτικότητα 6 στελεχών έναντι της βανκομυκίνης. Και αυτό, διότι πρόκειται για

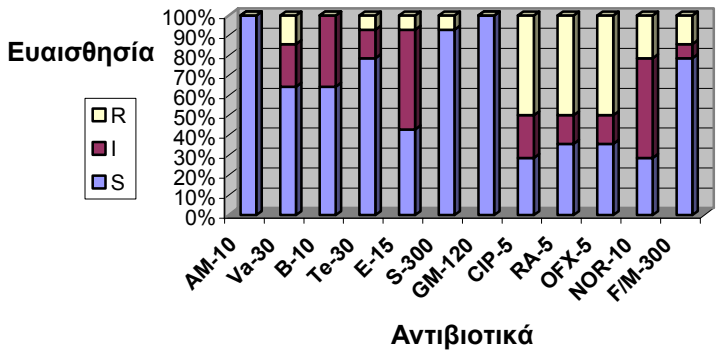
ένα ισχυρό αντιβιοτικό, που συνήθως αποτελεί την έσχατη λύση αναφορικά με τις εντεροκοκκικές λοιμώξεις.

<u>Πίνακας 31:</u> Αποτελέσματα ανθεκτικότητας των στελεχών εντερόκοκκων, ανά κατηγορία αντιμικροβιακών και ανά αντιβιοτικό

Κατηγορία αντιμικροβιακών	**Αντιβιοτικά**	**Ανθεκτικά στελέχη**
Αμινογλυκοσίδες	Γενταμυκίνη	0
	Στρεπτομυκίνη	7
β-λακτάμες	Αμπικιλλίνη	3
Φλουοροκινολόνες	Σιπροφλοξασίνη	27
	Οφλοξασίνη	30
	Νορφλοξακίνη	15
Γλυκοπεπτίδια	Βανκομυκίνη	6
Μακρολίδια	Ερυθρομυκίνη	13
Τετρακυκλίνες	Τετρακυκλίνη	13
-	Βακιτρακίνη	6
-	Ριφαμπικίνη	40
-	Νιτροφουραντοϊνη	16

Όσον αφορά, τώρα, την πολυανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά, οι Mathur *et al*. (2005) την ορίζουν ως την ανθεκτικότητα έναντι δύο ή περισσότερων διαφορετικών κατηγοριών αντιμικροβιακών. Παρόλα αυτά, οι Johnston and Jaykus (2004) θεωρούν πολυανθεκτικά τα στελέχη εκείνα που ανθίστανται σε δύο ή περισσότερα αντιβιοτικά, ανεξαρτήτως εάν αυτά ανήκουν στην ίδια ή διαφορετική κατηγορία. Βάσει της πρώτης θεώρησης, λοιπόν, καταμετρώνται 37 πολυανθεκτικά στελέχη (37,4 %) εντερόκοκκων. Με την τελευταία, όμως, προσέγγιση ως οδηγό, έχουμε να κάνουμε με 41 πολυανθεκτικά στελέχη (41,4 %). Παρόλα αυτά, στην παρούσα μελέτη θα υιοθετήσουμε την πρώτη άποψη και με βάση αυτή θα γίνουν οι όποιες συγκρίσεις.

Θέλοντας, τώρα, να επιμερίσουμε τα της ανθεκτικότητας μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας, προκύπτει αρχικά το ακόλουθο διάγραμμα (βλέπε και πίνακες 41, 42, 43, 44, 45 - Παράρτημα).

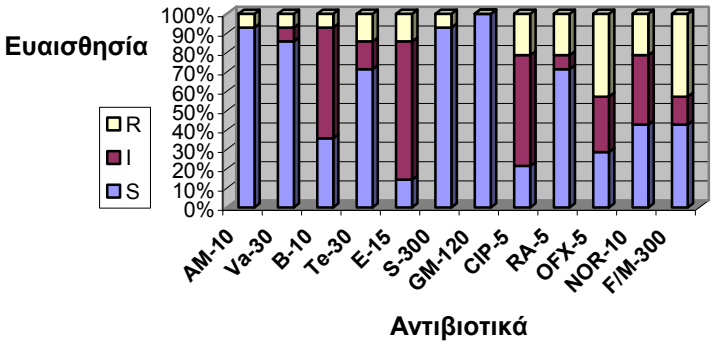


<u>Διάγραμμα 32</u>: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΝΕΔΑ 1

Όπως φαίνεται, σε σύνολο 14 ταυτοποιημένων στελεχών εντερόκοκκων από τη θέση ΝΕΔΑ 1, 3 στελέχη εμφανίστηκαν ανθεκτικά σε 5 αντιβιοτικά, 1 στέλεχος σε 4 αντιβιοτικά, 1 στέλεχος σε 3 αντιβιοτικά, 2 στελέχη σε 2 αντιβιοτικά, 5 στελέχη σε 1 αντιβιοτικό, ενώ 2 στελέχη δεν εμφάνισαν ανθεκτικότητα σε κανένα αντιβιοτικό. Έτσι, με βάση την παραπάνω πρώτη θεώρηση περί πολυανθεκτικότητας, έχουμε 5 (35,7 %) πολυανθεκτικά στελέχη.

Συγκρίνοντας, τώρα, τα αποτελέσματα του παραπάνω διαγράμματος, με αυτά για το σύνολο της έρευνας, παρατηρείται - στην περίπτωση του σημείου ΝΕΔΑ 1 - σημαντική αύξηση των ανθεκτικών στελεχών στα αντιβιοτικά σιπροφλοξασίνη και νορφλοξακίνη. Κατά τα λοιπά, δεν παρατηρούνται αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις.

Η συνέχεια δίδεται με τη θέση ΝΕΔΑ 2, όπως μαρτυρά και το διάγραμμα που ακολουθεί.

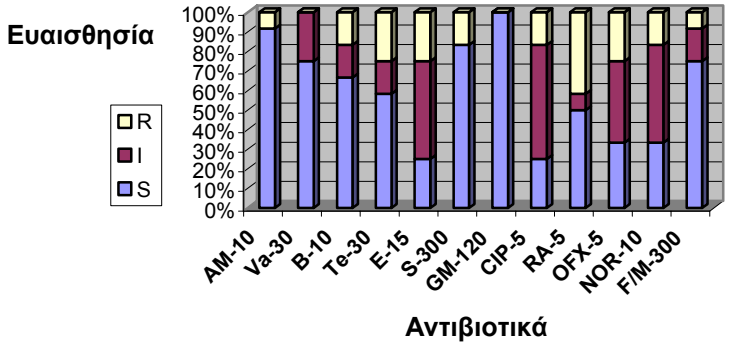


<u>Διάγραμμα 33</u>: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΝΕΔΑ 2

Εδώ, σε σύνολο και πάλι 14 απομονώσεων, 1 στέλεχος βρέθηκε ανθεκτικό σε 5 αντιβιοτικά, 3 στελέχη σε 4 αντιβιοτικά, 1 στέλεχος σε 3 αντιβιοτικά, 3 στελέχη σε 2 αντιβιοτικά, 3 στελέχη σε 1 αντιβιοτικό, ενώ 3 στελέχη δεν εμφάνισαν ανθεκτικότητα σε κανένα αντιβιοτικό. Στη θέση ΝΕΔΑ 2, επισημαίνεται πως καταμετρήθηκαν 8 (57,1 %) πολυανθεκτικά στελέχη.

Αυτό, τώρα, που αξίζει καταγραφής, παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα, είναι η σημαντική μείωση της ανθεκτικότητας στο αντιβιοτικό ριφαμπικίνη και η παράλληλη αξιοπρόσεκτη αύξηση στη νιτροφουραντοΐνη, σε σχέση πάντα με τα συνολικά αποτελέσματα της έρευνας. Κατά την πορεία, μάλιστα, από τις πηγές προς τις εκβολές της Νέδας παρατηρείται μείωση της ανθεκτικότητας έναντι των αντιβιοτικών σιπροφλοξασίνη και ριφαμπικίνη, με παράλληλη την αύξησή της στη νιτροφουραντοΐνη. Για τα υπόλοιπα αντιβιοτικά, αναφέρεται πως οι διαφοροποιήσεις βρίσκονται μέσα στα όρια του στατιστικού σφάλματος.

Αλλάζοντας στη συνέχεια υδάτινο σύστημα, οδηγούμαστε στη θέση ΜΑΥΡ 2.

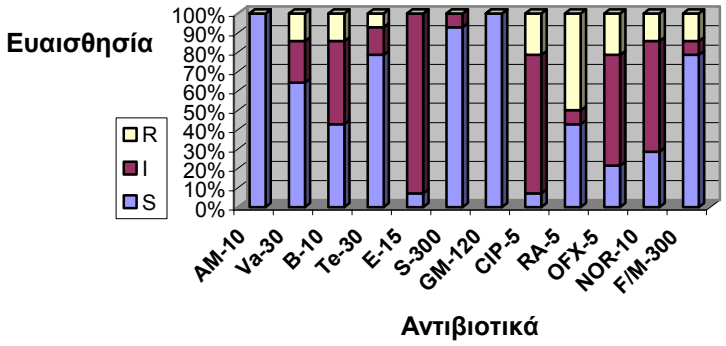


<u>Διάγραμμα 34</u>: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΜΑΥΡ 2

Εδώ, σε σύνολο 12 απομονώσεων, 1 στέλεχος βρέθηκε ανθεκτικό σε 9 αντιβιοτικά, 1 στέλεχος σε 5 αντιβιοτικά, 2 στελέχη σε 2 αντιβιοτικά, 6 στελέχη σε 1 αντιβιοτικό, με 2 στελέχη να μην εμφανίζουν ανθεκτικότητα σε κανένα αντιβιοτικό. Αναφερόμενοι στα πολυανθεκτικά στελέχη, στη θέση ΜΑΥΡ 2 καταμετρήθηκαν 4 (33,3 %) τέτοια.

Στη σύγκριση της ανθεκτικότητας έναντι κάθε αντιβιοτικού, δεν παρατηρούνται έντονες διαφοροποιήσεις των αποτελεσμάτων μας, εδώ, συγκριτικά με αυτά του συνόλου της έρευνας. Παρόλα αυτά, τα στελέχη στη Μαυροζούμαινα, σε γενικές γραμμές, εμφανίζονται περισσότερο ανθεκτικά.

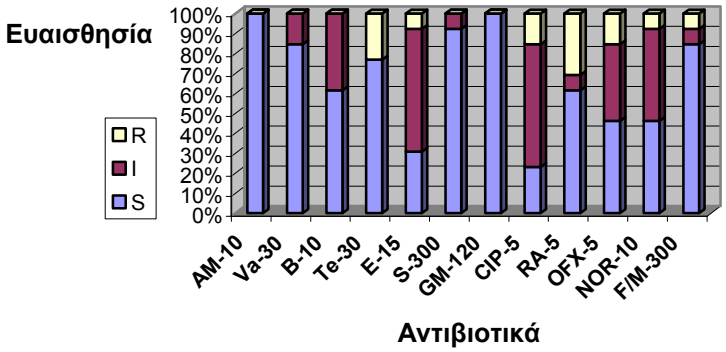
Η διαδρομή μας επεκτείνεται, στο σημείο αυτό, κατάντη των πηγών του Παμίσου και πιο συγκεκριμένα, στη θέση ΠΑΜ 2.



<u>Διάγραμμα 35</u>: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΠΑΜ 2

Εδώ, κατά τον έλεγχο της ευαισθησίας 14 στελεχών εντερόκοκκων, 1 στέλεχος παρουσιάστηκε ανθεκτικό σε 5 αντιβιοτικά, 1 στέλεχος σε 4 αντιβιοτικά, 2 στελέχη σε 3 αντιβιοτικά, 6 στελέχη σε 1 αντιβιοτικό, ενώ 4 στελέχη δεν εμφανίστηκαν ανθεκτικά σε κανένα αντιβιοτικό. Στη θέση ΠΑΜ 2, πάντως, βρέθηκαν 4 (28,6 %) πολυανθεκτικά στελέχη. Στην ανά αντιβιοτικό συνήθη σύγκριση, τώρα, δεν παρατηρούνται έντονες διαφοροποιήσεις στο εν λόγω σημείο, σε σχέση με το σύνολο αυτών.

Παραμένοντας στο ίδιο ποτάμι, κατηφορίζουμε αρκετά κατάντη για να βρεθούμε στη θέση ΠΑΜ 4.

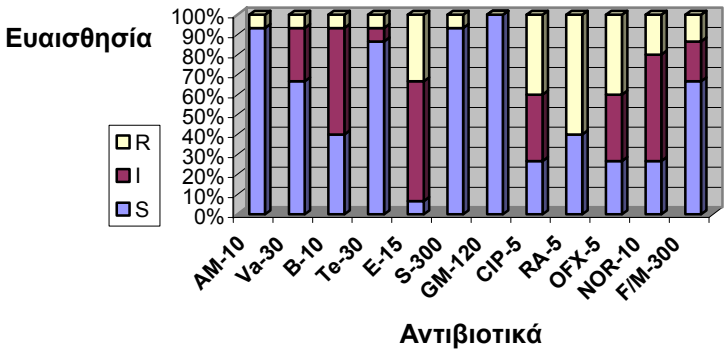


<u>Διάγραμμα 36</u>: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΠΑΜ 4

Σε σύνολο 13 απομονώσεων από αυτό το σημείο, 3 στελέχη καταγράφηκαν ως ανθεκτικά σε 3 αντιβιοτικά, 1 στέλεχος σε 2 αντιβιοτικά, 3 στελέχη σε 1 αντιβιοτικό και 6 στελέχη δεν υπήρξαν ανθεκτικά σε κανένα αντιβιοτικό. Επίσης, στη θέση ΠΑΜ 4 καταμετρήθηκαν 3 (23,1 %) πολυανθεκτικά στελέχη.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα ανά αντιβιοτικό, αυτά κρίνονται, λόγο αυξημένης ευαισθησίας, πιο ευχάριστα, τόσο σε σχέση με την προηγούμενη θέση, όσο και στο σύνολο αυτών.

Η περιπλάνηση ανά τη Μεσσηνία συνεχίζεται με μία ακόμη στάση, αυτή τη φορά στη θέση ΛΟΓ 2.



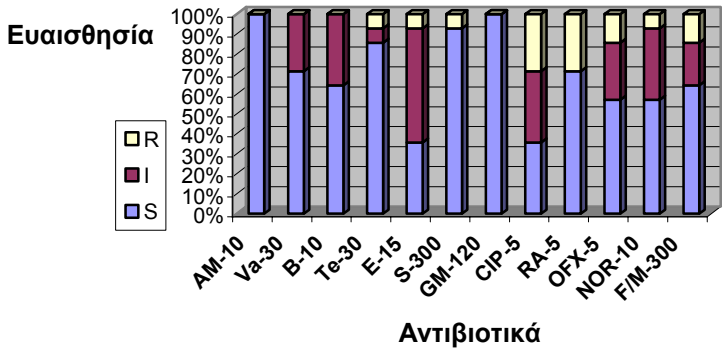
<u>Διάγραμμα 37</u>: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΛΟΓ 2

Μεταξύ των 15 στελεχών, εδώ, 3 υπήρξαν ανθεκτικά σε 6 αντιβιοτικά, 1 σε 4 τέτοια, 2 στελέχη σε 3 αντιβιοτικά, 3 στελέχη σε 2, 2 στελέχη σε 1 αντιβιοτικό, ενώ 4

στελέχη δε γνώριζαν καν την έννοια της ανθεκτικότητας. Στο σύνολο, επίσης των απομονώσεων, 8 εντερόκοκκοι εμφανίστηκαν πολυανθεκτικοί (53,3 %).

Η σύγκριση των διαγραμμάτων καταδεικνύει, σε γενικές γραμμές, την ύπαρξη μεγαλύτερου ποσοστού ανθεκτικότητας στο εν λόγω σημείο και ανά αντιβιοτικό, σε σχέση με τα συνολικά αποτελέσματα.

Ακολουθεί, αισίως, ο χείμαρρος Βελίκας και πιο συγκεκριμένα, το σημείο ΒΕΛ 2.



<u>Διάγραμμα 38</u>: Αποτελέσματα ελέγχου ευαισθησίας για το σημείο ΒΕΛ 2

Στην περίπτωση αυτή και σε σύνολο 14 απομονώσεων, 2 στελέχη βρέθηκαν ανθεκτικά σε 5 αντιβιοτικά, 1 στέλεχος σε 1 αντιβιοτικό, 2 στελέχη σε 2 αντιβιοτικά και 9 στελέχη δεν έδειξαν ανθεκτικότητα σε κανένα αντιβιοτικό. Τέλος, στη θέση ΒΕΛ 2 καταμετρήθηκαν 4 (28,6 %) πολυανθεκτικά στελέχη.

Είναι χαρακτηριστικό ότι στην εν λόγω θέση η ανθεκτικότητα σε καθένα από τα αντιβιοτικά παρουσιάζεται μικρότερη, σε σχέση με τα αποτελέσματα του συνόλου της έρευνας.

Η έρευνα περί αντιβιοτικών ολοκληρώνεται στις εκβολές του Νέδωνα. Παρόλα αυτά, από τη θέση αυτή οι απομονώσεις των 3 στελεχών εντερόκοκκων δε μας επιτρέπουν να καταγράψουμε συγκεκριμένες τάσεις. Για την ιστορία, περισσότερο, 1 στέλεχος βρέθηκε ανθεκτικό σε 2 αντιβιοτικά και 2 στελέχη έδειξαν ανθεκτικότητα έναντι 1 αντιβιοτικού, ενώ το 1 χαρακτηρίζεται ως πολυανθεκτικό.

Στον πίνακα που ακολουθεί γίνεται μια συστηματική καταγραφή των ανθεκτικών στελεχών ανά θέση δειγματοληψίας και αντιβιοτικό.

<u>Πίνακας 32:</u> Αποτελέσματα ανθεκτικότητας των στελεχών εντερόκοκκων, ανά αντιβιοτικό και θέση δειγματοληψίας

	Ποσοστά εμφάνισης ανθεκτικών στελεχών						
Αντιβιοτικα	**ΝΕΔΑ 1**	**ΝΕΔΑ 2**	**ΜΑΥΡ 2**	**ΠΑΜ 2**	**ΠΑΜ 4**	**ΛΟΓ 2**	**ΒΕΛ 2**
AM-10	0	7,14	8,33	0	0	6,67	0
Va-30	14,29	7,14	0	14,29	0	6,67	0
B-10	0	7,14	16,67	14,29	0	6,67	0
Te-30	7,14	14,29	25,00	7,14	23,08	6,67	7,14
E-15	7,14	14,29	25,00	0	7,69	33,33	7,14
S-300	7,14	7,14	16,67	0	0	6,67	7,14
GM-120	0	0	0	0	0	0	0
CIP-5	50,00	21,43	16,67	21,43	15,38	40,00	28,57
RA-5	50,00	21,43	41,67	50,00	30,77	60,00	28,57
OFX-5	50,00	42,86	25,00	21,43	15,38	40,00	14,29
NOR-10	21,43	21,43	16,67	14,29	7,69	20,00	7,14
F/M-300	14,29	42,86	8,33	14,29	7,69	13,33	14,29

Με κόκκινο χρωματισμό σημειώνονται τα μέγιστα ποσοστά ανά αντιβιοτικό

Αυτό, που αβίαστα μπορεί να εξαχθεί από τον παραπάνω πίνακα, είναι πως η ανθεκτικότητα ‘πάει παντού’, ακόμη κι εκεί που δεν την περιμέναμε εξ’αρχής. Αναμέναμε, για παράδειγμα, η θέση ΝΕΔΑ 1 να φέρει τα πιο ευαίσθητα στελέχη εντερόκοκκων, ενώ στην πραγματικότητα συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Και αυτό, διότι φαίνεται πως υπάρχει μια συσχέτιση ανάμεσα στα ανθεκτικά μικρόβια των ποταμών και την εκροή αστικών υγρών αποβλήτων (Kümmerer, 2004). Εξαιτίας, λοιπόν, της χωροθέτησης του κομματιού αυτού της Νέδας μακριά από το κατοικημένο, εκ πρώτης απόψεως τα αποτελέσματα είναι μάλλον απρόβλεπτα. Θα μπορούσε στο σημείο αυτό κάποιος να ισχυριστεί πως η ανθεκτικότητα έχει να κάνει με την άγρια πανίδα. Και σε αυτό, όμως, υπάρχει ‘ανασταλτική’ απάντηση. Σύμφωνα με τους Choi *et al*. (2003), υπάρχει μια διαφοροποίηση ανάμεσα στα ζώα (κυρίως, τα πτηνά) που συναντώνται στις αστικές περιοχές και εκείνα στο φυσικό τους περιβάλλον, αφού τα πρώτα έχουν διαφορετική τροφή και εκτίθενται σε διαφορετικά αντιβιοτικά σε σχέση με τα δεύτερα.

Η τελευταία μας ελπίδα αφορά σε κάποια χωριά, που αν και σε πολύ μεγάλη απόσταση ανάντη, τοποθετούνται ουσιαστικά πάνω στην κοίτη του ποταμού. Είναι περισσότερο από βέβαιο τα ύδατα στο σημείο αυτό να επιβαρύνονται από κοπρανώδη μόλυνση ανθρώπινης ή ζωικής προέλευσης. Κάνοντας μία παρένθεση, αυτή ακριβώς η μεγάλη απόσταση που μεσολαβεί, μέσω αραίωσης, μας ‘αποκάλυψε’ και μικρούς

αριθμούς μικροβιολογικών παραμέτρων στο εν λόγω σημείο. Αν πάρουμε αντίστροφα την παραπάνω σκέψη του Kümmerer, η ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά μπορεί να λειτουργήσει και σα δείκτης κοπρανώδους μόλυνσης.

Άκρως απαισιόδοξα κρίνονται και τα επίπεδα ανθεκτικότητας στο σημείο ΜΑΥΡ 2. Το αναπάντεχο δεν έχει την ίδια επιτυχία, εδώ, αφού πρόκειται για μια θέση σημαντικά βεβαρημένη από την παρουσία του ανθρώπου, όπως αποδείχτηκε και από το σύνολο των παραμέτρων ποιότητας που εξετάστηκαν. 'Ανθεκτικοί' κρίνονται - αν και στην τρίτη θέση - και οι εντερόκοκκοι από τις θέσεις ΝΕΔΑ 2 και ΛΟΓ 2. Ακολουθούν σχετικά από κοντά και τα υπόλοιπα σημεία, με τη διαφορά ότι σε αυτά εμφανίζονται κάποια αντιβιοτικά 'ακαταμάχητα'.

Στο σημείο αυτό, ο αναγνώστης θα ανέμενε την αντιπαράσταση των αποτελεσμάτων μας με αυτά άλλων αντίστοιχων μελετών. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν κατέστη δυνατό, τουλάχιστο, στο βαθμό που θα θέλαμε. Η παγκόσμια βιβλιογραφία φείδεται, σε γενικές γραμμές, ερευνών ανθεκτικότητας εντερόκοκκων απομονωμένων από επιφανειακά νερά. Αντίθετα, το βάρος έχει πέσει σχεδόν καθολικά - και λογικά - στην απομόνωση εντερόκοκκων, για το σκοπό αυτό, σε νοσοκομειακό επίπεδο.

Το να γίνει μια τέτοια σύγκριση ανθεκτικότητας, τώρα, μεταξύ εντερόκοκκων που έχουν απομονωθεί από ασθενείς και εντερόκοκκων 'αλιευμένων' από ποτάμια, είναι μάλλον παρακινδυνευμένο, αν όχι ανώφελο. Είναι λογικό τα αποτελέσματα να επηρεάζονται από τη συγκέντρωση των αντιβιοτικών, όπως είναι επίσης αναμενόμενο αυτή να είναι ιδιαίτερα αυξημένη στα νοσοκομεία, σε σχέση με τα ποτάμια. Σύμφωνα εξάλλου με τον Kümmerer (2004), οι συγκεντρώσεις των αντιμικροβιακών παραγόντων στα επιφανειακά ύδατα (ποτάμια και λίμνες) βρίσκονται στην χαμηλή κλίμακα των μg/L.

Παρόλα τα παραπάνω, εντοπίστηκαν κάποιες βιβλιογραφικές αναφορές, οι οποίες αναφέρονται σε ανθεκτικούς εντερόκοκκους υδάτων με τη γενικότερη έννοια, όπως θα διαφανεί παρακάτω.

Η πρώτη πραγματοποιείται στην Ιταλία από τους Messi *et al.* (2005) και διερευνά τους ανθεκτικούς στη βανκομυκίνη εντερόκοκκους, που εντοπίζονται σε 88 δείγματα από επιφανειακά ύδατα, ακολουθώντας για το σκοπό αυτό τις οδηγίες της NCCLS. Σε σύνολο 387 ταυτοποιημένων στελεχών εντερόκοκκων, βρέθηκε πως το 26,5 % αυτών παρουσίαζαν ανθεκτικότητα στον εν λόγω αντιμικροβιακό παράγοντα. Ένα τέτοιο αποτέλεσμα, βεβαίως, είναι κατά πολύ μεγαλύτερο στη σύγκριση με τα εδώ καθέκαστα.

Συνεχίζοντας, μια ερευνητική προσπάθεια με το αυτό αντικείμενο έγινε και στο Huntington Beach, 60 μίλια νοτίως του Los Angeles το διάστημα 2000-2001, όπου εξετάστηκαν, μεταξύ άλλων, δείγματα από αστικές απορροές, αλλά και από το αποχετευτικό σύστημα της περιοχής, καθώς και δείγματα θαλασσινού νερού. Η μόνη διαφορά έγκειται στη μέθοδο που ακολουθήθηκε, προκειμένου να ανιχνευτεί η ανθεκτικότητα των στελεχών εντερόκοκκων. Σύμφωνα με αυτήν, το αντιβιοτικό εμπεριέχεται στο άγαρ υπό συγκεκριμένη κάθε φορά περιεκτικότητα. Ανθεκτικό, σε αυτή την περίπτωση, θεωρείτο το στέλεχος που επιδείκνυε ανάπτυξη επί του τρυβλίου, ενώ ευαίσθητο εκείνο που δεν εμφάνιζε ανάπτυξη δια γυμνού οφθαλμού. Αναφορικά, λοιπόν, με τις αστικές απορροές, σε συγκέντρωση 10 μg/mL αμπικιλλίνης, το 18 % των εντερόκοκκων παρουσίασε ανθεκτικότητα, ενώ σε συγκέντρωση 15 μg/mL ερυθρομυκίνης, ανθεκτικό βρέθηκε το 28 % των στελεχών. Το 20% των εντερόκοκκων από την ίδια πηγή ήταν ανθεκτικό σε 30 μg/mL τετρακυκλίνης. Από την άλλη, όταν έγινε χρήση στρεπτομυκίνης (80 μg/mL), οι μικροοργανισμοί ήταν ανθεκτικοί σε ποσοστό 70 %. Με την ίδια σειρά, τα ποσοστά για τα δείγματα υπονόμων γίνονται 44 %, 45 %, 26 % και 45 %, ενώ για αυτά από θαλασσινό παράκτιο νερό, 78 %, 38 %, 10% και 61 %, αντίστοιχα. Τα αποτελέσματα αυτά καταδεικνύουν υψηλή ανθεκτικότητα των εντερόκοκκων, παρόλα αυτά, τα εν λόγω αποτελέσματα δεν μπορούν να γίνουν συγκρίσιμα με τα δικά μας, αφού δε δύναται να γίνει αντιστοίχηση της ποσότητας του αντιμικροβιακού παράγοντα που χρησιμοποιήθηκε κάθε φορά (Choi *et al.*, 2003). Επιπλέον, οι μετρήσεις στην εν λόγω έρευνα δεν αντικατοπτρίζουν την ανθεκτικότητα που παρατηρείται σε γλυκά επιφανειακά ύδατα.

Η συνέχεια γίνεται με τους Vilanova *et al.* (2003) σε δείγματα από 5 σταθμούς επεξεργασίας αποβλήτων ανά την Ισπανία. Εδώ, τα ανθεκτικά στελέχη στη βανκομυκίνη και την ερυθρομυκίνη αφορούν το 0,05 % και 10 % των εντερόκοκκων, αντίστοιχα. Και στις δύο περιπτώσεις, χρησιμοποιήθηκαν συγκεντρώσεις 8 μg/mL αντιβιοτικού. Για τον προσδιορισμό της ανθεκτικότητας, οι μικροοργανισμοί καλλιεργήθηκαν σε MEA (m-Enterococcus agar) τρυβλία, που περιείχαν τις προαναφερθείσες συγκεντρώσεις αντιβιοτικών. Και πάλι, η συγκρισιμότητα βρίσκεται εν αμφίβολο για τους ίδιους με παραπάνω λόγους.

Στην περίπτωση που ακολουθεί σταθήκαμε πιο τυχεροί, μιας και η διαδικασία ανίχνευσης της ανθεκτικότητας ακολουθεί τις οδηγίες της NCCLS, όπως ακριβώς και στην περίπτωσή μας. Σε έρευνα, λοιπόν, των Tejedor Junco *et al.* (2001) στοις

Κανάριες Νήσους (Ισπανία), πραγματοποιήθηκαν απομονώσεις στελεχών εντερόκοκκων από παράκτια κολυμβητικά ύδατα (24 στελέχη), καθώς και από σταθμούς επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (22 στελέχη). Κατόπιν, έγινε έλεγχος ευαισθησίας των εν λόγω στελεχών σε 12 επιλεγμένα - για αυτό το σκοπό - αντιβιοτικά, 8 εκ των οποίων χρησιμοποιήθηκαν και στην παρούσα εργασία. Αναφορικά με τα υγρά απόβλητα εν πρώτοις, 22,7 % των στελεχών εμφάνισαν ανθεκτικότητα έναντι της ερυθρομυκίνης, 9,1 % έναντι της νορφλοξακίνης, 4,5 % έναντι της ριφαμπικίνης και της τετρακυκλίνης, ενώ κανένα στέλεχος δεν εμφανίστηκε ανθεκτικό στην αμπικιλλίνη, τη σιπροφλοξακίνη, τη νιτροφουραντοΐνη και τη βανκομυκίνη. Αντίστοιχα, στην περίπτωση του θαλάσσιου ύδατος, 48 % των στελεχών βρέθηκαν ανθεκτικά στην ερυθρομυκίνη, 40 % στην τετρακυκλίνη, 36 % στη σιπροφλοξακίνη, 24 % στη νορφλοξακίνη, 8 % στην αμπικιλλίνη και τη ριφαμπικίνη, ενώ κανένα στέλεχος δεν εμφανίστηκε ανθεκτικό στην βανκομυκίνη. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με τα εν Μεσσηνία αποκαλυφθέντα, παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις μας έδειξαν συγκριτικά πολύ πιο αυξημένη ανθεκτικότητα στη ριφαμπικίνη. Το ίδιο, αλλά σε μικρότερο βαθμό, ισχύει και για την νιτροφουραντοΐνη. Στην ίδια κατηγορία και η βανκομυκίνη. Από μηδενική ανθεκτικότητα στην έρευνα των Ισπανών, στο 6 % περίπου στην παρούσα. Στον αντίποδα η ερυθρομυκίνη, όπου τα αποτελέσματά μας εμφανίζονται σαφώς λιγότερο ‘ανθεκτικά’. Παρόλα αυτά, τα 22 και 24 στελέχη που μελετήθηκαν στη βιβλιογραφική αναφορά κρίνονται μάλλον λίγα για την εξαγωγή συμπερασμάτων και την ικανοποιητική χρήση τους για σύγκριση με τα δικά μας.

Μια τελευταία απόπειρα αντιπαράθεσης των αποτελεσμάτων μας γίνεται με αυτά της Κουτσομήτρου (2004), που προέρχονται από δείγματα νερού του Ληθαίου ποταμού (Τρίκαλα). Σε σύνολο 92 στελεχών εντερόκοκκων, το 33,6 % εμφανίστηκε ανθεκτικό στην τετρακυκλίνη, το 20,7 % στην ερυθρομυκίνη, το 9,8 % στη σιπροφλοξακίνη, το 8,7 % στην οφλοξακίνη, 2.2 % στη βανκομυκίνη, ενώ κανένα στέλεχος δε βρέθηκε ανθεκτικό στη γενταμυκίνη, τη στρεπτομυκίνη και τη βακιτρακίνη. Στη σύγκριση των ποσοστών αυτών, με τα αντίστοιχα της παρούσας μελέτης, η ανθεκτικότητα είναι ‘διπρόσωπη’. Στην παρούσα έρευνα, αυτή παρουσιάζεται αρκετά αναπτυγμένη στη σιπροφλοξακίνη, την οφλοξακίνη και τη βανκομυκίνη, σε σχέση με την προαναφερθείσα, ενώ ακριβώς το αντίστροφο συμβαίνει για την τετρακυκλίνη -κυρίως - και την ερυθρομυκίνη. Επίσης, η ανύπαρκτη ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά στρεπτομυκίνη και βακιτρακίνη της

περίπτωσης του Ληθαίου ποταμού, εδώ γίνεται 7,1 % και 6,1 %, αντίστοιχα. Η μόνη ταύτιση και μάλιστα πλήρης αφορά στη γενταμυκίνη, όπου κανένα στέλεχος δεν κατάφερε να της αντισταθεί.

Επαγωγικά σκεπτόμενοι και με βάση τα λίγα συγκριτικά δεδομένα που διαθέτουμε, καταλήγουμε στο συμπέρασμα της σημαντικής παρουσίας ανθεκτικών στελεχών εντερόκοκκων στα επιφανειακά νερά της Μεσσηνίας. Στην υποβαθμισμένη μικροβιολογικά κατάσταση των νερών έρχεται να προστεθεί και αυτή της αυξημένης - σε γενικές γραμμές - ανθεκτικότητας των εντερόκοκκων σε αξιοσημείωτο αριθμό αντιβιοτικών. Αυτό που μπορούμε να πούμε με σιγουριά στο σημείο αυτό είναι πως το δεύτερο πρόβλημα δεν μπορεί να ληφθεί, ούτε ως παρανυχίδα σε σχέση με το πρώτο, ούτε σαν επιπρόσθετο αγκάθι. Θέματα, εξάλλου, που άπτονται της υγείας οφείλουν να βρίσκονται πάντα μπροστά στην ημερήσια διάταξη.

7.7 Στατιστική ανάλυση

7.7.1 Εισαγωγή

Για τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιήθηκε η έκδοση 10 του SPSS για το λογισμικό των Windows. Τόσο οι φυσικοχημικές, όσο και οι μικροβιολογικές παράμετροι, εξετάστηκαν ως προς τη συσχέτιση τους, και για το σύνολο των αποτελεσμάτων, μέσω μη παραμετρικής στατιστικής ανάλυσης. Αυτό θα επιτευχθεί με τη χρήση του συντελεστή ρ του Spearman.

Η αξιολόγηση του μεγέθους της όποιας συσχέτισης θα γίνει με βάση την κατηγοριοποίηση που προτείνει ο Μακράκης (1997). Σύμφωνα με αυτήν, συσχετίσεις (απόλυτες τιμές) της τάξης από 0,00 μέχρι 0,20 χαρακτηρίζονται ως ασήμαντες, από 0,20 μέχρι 0,40 ως μέτριες, από 0,40 μέχρι 0,70 ως σημαντικές και από 0,70 μέχρι 1,00 ως υψηλές ή ισχυρές. Βέβαια, τέλειες συσχετίσεις του +1,00 ή – 1,00 είναι αδύνατο να βρεθούν, αλλά ακόμα κι αν συμβεί κάτι τέτοιο, δε θα αντανακλούν την πραγματικότητα.

7.7.2 Συσχετίσεις φυσικοχημικών παραμέτρων

Για το σύνολο της έρευνας και των θέσεων δειγματοληψίας παρατηρούνται μεταξύ των παραμέτρων οι ακόλουθες συσχετίσεις:

- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του νερού και της αγωγιμότητας αυτού (ρ=0,507, p<0,001). Αποδεικνύεται, με αυτό, η αναμενόμενη αύξηση της αγωγιμότητας, καθώς προχωρούμε προς την ξηροθερμική περίοδο.
- Σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του νερού και των αιωρούμενων σωματιδίων αυτού (ρ=0,403, p<0,001). Αποδεικνύεται, έτσι, η σημαντική επιρροή των βροχοπτώσεων, που εμφανίζονται την ψυχρή περίοδο, με την αύξηση της συγκέντρωσης της αιωρούμενης ύλης.
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του νερού και των νιτρικών αυτού (ρ=0,588, p<0,001), επιβεβαιώνοντας την αναμενόμενη αύξηση της συγκέντρωσης των εν λόγω ιόντων, καθώς κινούμαστε προς το καλοκαίρι.
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του νερού και της αμμωνίας αυτού (ρ=0,575, p<0,001).
- Μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του νερού και των φωσφορικών (ρ=0,335, p=0,002).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας του νερού και του COD (ρ=0,449, p<0,001).
- Μέτρια αρνητική συσχέτιση μεταξύ του διαλυμένου οξυγόνου και της αμμωνίας (ρ=0,239, p=0,032), κάτι που έχει να κάνει πιθανότατα με το ότι η αμμωνία συνδέεται και με ανοξικές συνθήκες.
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του διαλυμένου οξυγόνου και του pH. (ρ=0,472, p<0,001). Υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου, εξαιτίας της φωτοσύνθεσης, οδηγούν έμμεσα στην αύξηση του pH, μέσω της αφαίρεσης CO_2 από το υδάτινο σύστημα.
- Ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ της αγωγιμότητας και των ολικών στερεών (ρ=0,811, p<0,001). Είναι προφανής η σχέση της αγωγιμότητας με τα διαλυμένα στερεά και λόγω του ότι τα τελευταία αποτελούν κλάσμα των

ολικών στερεών - στην περίπτωσή μας, το μεγαλύτερο - η συσχέτιση ‘μεταβιβάζεται’.

- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών στερεών του νερού και των φαινολών (ρ=0,591, p<0,001).
- Σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ των νιτρικών και των αιωρούμενων στερεών (ρ=0,495, p<0,001). Αυτό δηλώνει πως η συγκέντρωση των νιτρικών σχετίζεται, κυρίως, με την εποχή και όχι, με τις βροχοπτώσεις.
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των νιτρικών και της αμμωνίας (ρ=0,498, p<0,001).
- Μέτρια θετική συσχέτιση μεταξύ νιτρικών και φωσφορικών (ρ=0,246, p=0,027). Αυτό, πιθανότατα, να οδηγεί στο συμπέρασμα ότι τα νερά δέχονται πιέσεις θρεπτικών από διάσπαρτες και περιστασιακές πηγές, με τυχαία χρονική και τοπική κατανομή.

7.7.3 Συσχετίσεις μικροβιολογικών παραμέτρων

Η έρευνα περί συσχετίσεων στις μικροβιολογικές παραμέτρους αποκάλυψε τα ακόλουθα:

- Ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών βακτηρίων και των ολικών κολίμορφων βακτηρίων (ρ=0,808, p<0,001).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών βακτηρίων και του *E. coli* (ρ=0,652, p<0,001).
- Ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών βακτηρίων και των εντερόκοκκων (ρ=0,779, p<0,001).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών βακτηρίων και του *C. perfringens* (ρ=0,500, p=0,007).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών βακτηρίων και της σαλμονέλλας (ρ=0,444, p=0,016).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών κολίμορφων και του *E. coli* (ρ=0,690, p<0,001).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών κολίμορφων και των εντερόκοκκων (ρ=0,662, p<0,001).

- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των ολικών κολίμορφων και του *C. perfringens* (ρ=0,599, p=0,001).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του *E. coli* και των εντερόκοκκων (ρ=0,689, p<0,001).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ του *E. coli* και του *C. perfringens* (ρ=0,600, p=0,001).
- Σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των εντερόκοκκων και του *C. perfringens* (ρ=0,406, p=0,032).

Είναι χαρακτηριστικό πως όλες, σχεδόν, οι παράμετροι σχετίζονται - λίγο ή πολύ - μεταξύ τους, κάτι μάλλον αναμενόμενο. Η μόνη διαφοροποίηση έχει να κάνει με τη σαλμονέλλα, η οποία σχετίζεται μόνο με τα ολικά βακτήρια. Αυτό, οφείλεται κατά πάσα πιθανότητα στο ότι ο εν λόγω μικροοργανισμός δεν εμφανίζεται συστηματικά στα δείγματα, αλλά μάλλον τυχαία. Η σαλμονέλλα φαίνεται πως σχετίζεται περισσότερο με την ποιότητα της κοπρανώδους μόλυνσης και λιγότερο με την ποσότητα αυτής. Από την άλλη, σύμφωνα με τους Galès και Baleux (1992), η απουσία σαλμονέλλας από δείγματα με υψηλές συγκεντρώσεις δεικτών μπορεί να εξηγηθεί από τις παρεμβολές που σχετίζονται με το βιόκοσμο των ποταμών. Με αυτό τον τρόπο, πιθανά, παρουσιάζεται έλλειψη συσχέτισης μεταξύ της χρήσης οργανισμών δεικτών και του εν λόγω μικροοργανισμού (Polo et al., (1998).

8. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να σκιαγραφήσει την ποιότητα των επιφανειακών νερών του νομού Μεσσηνίας. Για να επιτευχθεί, όμως, κάτι τέτοιο και να μπορούν να βγουν αξιόπιστα συμπεράσματα για μια ευρεία περιοχή, απαράβατος κανόνας ήταν να διασπαρθούμε κατά το δυνατό στο χώρο. Μάρτυρας της καταφατικής απάντησης οι 21 θέσεις δειγματοληψίας, κατανεμημένες σε 7 ποταμούς, παραπόταμους και χείμαρρους. Λαμπαδηφόρος του αγώνα που θα επίκειτο και μάλιστα κατ' επανάληψη, μια διαδρομή 350 km μεταξύ των επιλεγμένων σημείων. Μια διαδρομή επικεντρωμένη στο νερό, όχι όμως και μονότονη. Κατάφυτα βουνά, χαράδρες, γραφικά κεφαλοχώρια, αγροτικά τοπία, εναλλαγές παραστάσεων, άκρως τονωτικές στην επίτευξη του χρονοδιαγράμματος, της συλλογής δηλαδή του συνόλου των δειγμάτων μέσα σε λίγες ώρες.

Κι αν όλα τα παραπάνω, λόγω και του ρομαντικού το θέματος, μοιάζουν με υγιεινό περίπατο στη φύση υπολειπόμενο δυσκολιών, η διάψευση καταγράφεται δριμεία. Τι να πρωτοσκεφτούμε και τι από αυτά να παραθέσουμε. Μήπως, το ότι έπρεπε να επικαλεστούμε τις ικανότητες κάποιου επαγγελματία οδηγού για να πολεμήσουμε το χρόνο μέσα από την ταχύτητα; Το ότι έπρεπε να επικαλεστούμε τις καταρριχητικές και αναρριχητικές ικανότητές μας μέσα από τη γονιδιακή μνήμη, προκειμένου να προσεγγίσουμε και να απομακρυνθούμε από κάποια - ευτυχώς ελάχιστα - 'δύσκολα' σημεία δειγματοληψίας; Το ότι ισορροπήσαμε σε ένα μεγάλο βότσαλο και προεκτείναμε το σώμα μας, σχεδόν παράλληλα με το έδαφος, προκειμένου να φτάσουμε κατά το δυνατό στο κέντρο της ροής και να πάρουμε το 'ιδανικό' δείγμα; Το ότι σε κάποια από τις εξορμήσεις βρεθήκαμε μπροστά σε μια δύστροπη αγελάδα, που έφραζε το μοναδικό μονοπάτι που οδηγούσε στη θέση της δειγματοληψίας; Κάτι σαν κυνήγι θησαυρού προσομοιάζει όλο αυτό και μάλλον, σε πρώτο επίπεδο βρήκαμε το σεντούκι που τον περιείχε, μιας και όλα πήγαν κατ' ευχή στο πεδίο. Αν, τελικά, με τα μέσα που είχαμε καταφέρναμε να το ανοίξουμε, έμενε να αποδειχθεί εργαστηριακά.

Μέσα από όλα αυτά που προηγήθηκαν, έχουμε στα χέρια μας 4 δείγματα από κάθε μία επιλεγμένη θέση, με μια εξαίρεση, που έχει περιγραφή επαρκώς προηγουμένως. Σημεία δειγματοληψίας για όλα τα γούστα, από πηγές, μακριά από

τον άνθρωπο, δίπλα σε αυτόν, σε υψόμετρο, σε εκβολές, παραπλεύρως, παραπλεύρως γεωργικών και μη εκτάσεων.

Σύμφωνα με τους Skoulikidis *et al*. (1998), η πλειονότητα των ελληνικών ποταμών είναι μέτρια ρυπασμένη και μόνο λίγα από αυτά επιδεικνύουν σημαντική ανθρώπινη επίδραση, καθώς και αύξηση της συγκέντρωσης των ρυπαντών με το χρόνο. Σε φυσικοχημικό επίπεδο και σε γενικές γραμμές, κάτι τέτοιο συμβαίνει και στη Μεσσηνία. Δεν ισχύει το ίδιο, όμως, στο μικροβιολογικό κομμάτι όπου οι 'μικροί άσπονδοι φίλοι μας' είναι αυτοί που κινούν τα νήματα.

Ομολογούμε πως η 'προσωπικότητα' των δειγματοληπτικών σημείων, ούσα έντονη και μοναδιαία, μας 'στιγμάτισε'… Από την πρώτη συνάντηση, αυτήν που τα κατέστησε κομμάτι της εν λόγω εργασίας, υπήρξε έντονο το συναίσθημα της διερεύνησης, της διαλεύκανσης… Αντικρίζοντας την ομορφιά του κάθε σημείου ανά εποχή, δε θα μπορούσαμε να μην αναζητήσουμε την αλήθεια: ο άνθρωπος είναι φίλος του υδάτινου σώματος και φυσικά, ευγνώμων ή μήπως αδίστακτος και αχάριστος εκμεταλλευτής του; Και ασφαλώς, ακολουθεί το πάντα εύστοχο 'γιατί'.

Η παρούσα εργασία μας παραθέτει τα ακόλουθα κομμάτια του παζλ και μας ωθεί να προσδιορίσουμε, εν τέλει, την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων του νομού Μεσσηνίας.

Ξεκινώντας από τα ευρήματα που αφορούν στις φυσικοχημικές παραμέτρους, αυτά φαίνεται πως διαφέρουν ανά περίπτωση. Πιο συγκεκριμένα, οι θερμοκρασίες αέρα και ύδατος για το σύνολο των σημείων κινούνται εντός των φυσιολογικών ορίων, ενώ μιλώντας για τα ολικά στερεά, συμπεραίνεται πως πληρείται το όριο των 1500 mg/L (περί νερού ανθρώπινης κατανάλωσης) για όλες τις θέσεις, πλην αυτής του ΠΑΜ 5. Τα αιωρούμενα στερεά, τώρα, είναι πιο 'εκκεντρικά', με την πρώτη δειγματοληψία (στις περισσότερες περιπτώσεις), αλλά και το ΠΑΜ 5 (τρεις από τις τέσσερις δειγματοληψίες) να υπερβαίνουν το θεσμοθετημένο όριο των 25 mg/L, τόσο για την επιβίωση των ιχθύων, όσο και για τα νερά που προορίζονται για πόσιμα, αφού επεξεργαστούν. Το pH, από την άλλη, δρα 'καθησυχαστικά', αφού οι αποκαλυφθείσες τιμές pH ικανοποιούν την κείμενη νομοθεσία για τη διατήρηση των ιχθύων, αλλά και τις δραστηριότητες αναψυχής (κολύμβηση), για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης και τέλος, για το νερό που προορίζεται ως πόσιμο (ανάλογα με τη μέθοδο επεξεργασίας). Ακόμη και η υπέρβαση του ΜΑΥΡ 1 (τιμή pH ίση με 8,7),

όπως προείπαμε, μπορεί να αγνοηθεί (δεν προβλέπεται πρόθεση μετατροπής του νερού του ποταμού στο σημείο αυτό σε πόσιμο).

Πάντως, τα επιφανειακά νερά του νομού Μεσσηνίας, φέρουν ικανοποιητικές συγκεντρώσεις οξυγόνου (εάν αφαιρέσουμε εκείνη την πολυθρύλητη δειγματοληψία στις εκβολές του Πάμισου), με το όποιο ρίσκο εμπεριέχει αυτή μας η κατάφαση, αφού η εξαγωγή πιο αξιόπιστων συμπερασμάτων χρειάζεται - κυρίως, κατά τη θερμή περίοδο - αποτελέσματα περισσότερα του ενός κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου. Εν συνεχεία, η αγωγιμότητα 'μεταμφιέζεται' ανάλογα το δειγματοληπτικό σημείο για το οποίο γίνεται λόγος, αν και σε γενικές γραμμές, μπορούμε να ισχυριστούμε την καλή ποιότητα του νερού στη Μεσσηνία για άρδευση, σε σχέση πάντα με την αγωγιμότητά του, ενώ με εξαίρεση τις εκβολές του Πάμισου, όλο το υπόλοιπο υδρογραφικό δίκτυο πληροί τα κριτήρια για μετατροπή του νερού σε πόσιμο (τιμές < 1000 μS/cm). Το ίδιο ισχύει και για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης, όπου το ανώτερο όριο είναι 2500 μS/cm. Ευχάριστες είναι οι 'ειδήσεις' και στην περίπτωση των νιτρικών, μιας και οι μετρήσεις μας, όχι μόνο δεν υπερβαίνουν τα θεσμοθετημένα όρια, αλλά οι περισσότερες είναι κατά πολύ μικρότερες αυτών. Κάτι τέτοιο φάνηκε και για τα νιτρώδη ιόντα, τα οποία και συμμορφώνονται με τις Κοινοτικές επιταγές, με εξαίρεση τις θέσεις ΠΑΜ 5 και ΜΑΥΡ 3. Αναφορικά με τον τελευταίο εκφραστή του αζώτου, την αμμωνία, ο ΠΑΜ 5 σηκώνει και πάλι απειλητικά το ανάστημά του, ενώ η ΜΑΥΡ 3 απλά το κεφάλι για να συμμαχήσει νοερά.

Τα μηνύματα, ωστόσο, είναι δυσοίωνα, συγκριτικά, για το COD των υπό μελέτη υδάτων, καθώς οι μετρήσεις μας καταδεικνύουν μια επιβάρυνση σε σχέση με τον ευτροφισμό για τα επιφανειακά νερά της Μεσσηνίας, η οποία και γίνεται εντονότερη καθώς προχωράμε προς τη θερμή και ξηρή περίοδο (κάτι αναμενόμενο ως προς το δεύτερο σκέλος). Τα στοιχεία μας, μάλιστα, ενοχοποιούν τα φωσφορικά ιόντα, καθώς η συγκέντρωση των νιτρικών κρίθηκε ικανοποιητική. Παρόλα αυτά, σε γενικές γραμμές μπορούμε να ισχυριστούμε πως κι εδώ η κατάσταση μοιάζει να βρίσκεται μάλλον υπό 'έλεγχο'. Αν τα αποτελέσματα του COD ήταν ανησυχητικά, τι μπορούμε να σχολιάσουμε για αυτά των φαινολών, όταν μπορούμε να ισχυριστούμε αβίαστα ότι τα επιφανειακά νερά στο νομό Μεσσηνίας 'υποφέρουν' από την επίδραση των τελευταίων;

Συγκεντρώνοντας, στο σημείο αυτό, όλα τα παραπάνω, παρομοιάζουμε αυτοδικαίως τη θέση ΠΑΜ 5 σαν το καλύτερο γκέτο εκπαίδευσης ανθυγιεινών στοιχείων. Και ακριβώς δίπλα στις εκβολές απολαμβάνει αμέριμνος το μπάνιο του ντόπιος και ξένος πληθυσμός στην κατά τα άλλα όμορφα στολισμένη παραλία της Μπούκας. Την ίδια στιγμή που ένας γονιός καθησύχαζε το γιο του μόλις πριν λίγο είχε καταπιεί νερό: 'συμβαίνουν αυτά, εξάλλου πως αλλιώς θα μάθεις να βουτάς;'

Κατόπιν των παραπάνω, έφτασε η στιγμή των μικροβιολογικών παραμέτρων. Ολικά ετερότροφα βακτήρια, ολικά κολίμορφα, *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens* και εντερόκοκκοι ήταν οι συνήθεις ύποπτοι. Αυτοί εντοπίστηκαν, 'ανακρίθηκαν' και 'ομολόγησαν' τη συμμετοχή τους - λίγο ή περισσότερο - στην υποβάθμιση των υδάτων της Μεσσηνίας. Ασφαλώς, δεν ισχυριζόμαστε πως όλα τα σημεία που ελέγχθηκαν υπήρξαν 'θύματα', αλλά αναφερόμαστε πιο πολύ στη γενική εικόνα που αντικρίσαμε. Παρόλα αυτά, δε γεννάται η ανάγκη να επιμερίσουμε την κριτική μας μεταξύ των διαφορετικών μικροοργανισμών, αφού η υποβάθμιση στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν κάνει διακρίσεις και τους έχει όλους στο πλευρό της. Και βγαίνει τόσο 'ενισχυμένη' αυτή η υποβάθμιση που μας στερεί τη δυνατότητα να την αμφισβητήσουμε. Εδώ, σημειώνεται, είτε ως απότοκο των παραπάνω είτε ως χαριστική βολή, πως παρατηρήσαμε και ένα μεγάλο βαθμό ανθεκτικότητας των στελεχών εντερόκοκκων που απομονώσαμε. Γενικά και επιγραμματικά, το μικροβιολογικό συνιστούν μέρος της ποιότητας νοσεί, εμείς προκαλέσαμε την αρρώστια και σε εμάς τελικά θα αποδοθεί.

Αμέσως μετά την ανάγνωση των προαναφερθέντων, ο προβληματισμός είναι έντονος, με το άτομο να δρα ανθρωποκεντρικά, ρυπαίνοντας και πολύ περισσότερο, μολύνοντας ό,τι 'μπορεί'. Μήπως, δε μιμούμαστε έτσι τον Οιδίποδα, αφαιρώντας οι ίδιοι τους οφθαλμούς μας; Είναι πασίδηλο, πλέον, πως η ανθρώπινη υγεία είναι εξαρτώμενη και μάλιστα, σε σημαντικό βαθμό από το περιβάλλον. Από την παρατήρηση του Αριστοτέλη, στην πειραματική επιβεβαίωση της σύγχρονης εποχής: μολυσματικές νόσοι, καρκίνος. Η αγωνία μεγαλώνει στη σκέψη πως το ίδιο το άτομο αποτελεί ένα 'υδατοδιαλυτό διάλυμα' στη βάση του.

Αυτό που προτείνεται σχεδόν αυτόματα είναι η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση του ατόμου. Ο καθένας πρέπει να συνειδητοποιήσει πως το περιβάλλον χρήζει προστασίας, καθώς δεν εξασφαλίζει μόνο το βαρυσήμαντο αγαθό της υγείας για τον

ίδιο και τους απογόνους του, αλλά υποστηρίζει και πλήθος άλλων οικοσυστημάτων. Ειδικότερα, το νερό που αποτελεί και το μεγαλύτερο τμήμα του πλανήτη μας. Ένα ποτάμι, λοιπόν, δεν είναι κάδος απορριμμάτων, χώρος εναπόθεσης πτωμάτων ή μέσο απομάκρυνσης υγρών αποβλήτων. Σαφώς, η ροή του θα τα απομακρύνει από εμάς, από την κατοικία, την πόλη ή το χωριό μας. Ωστόσο, ο υδροφόρος ορίζοντας μας αφορά όλους. Με το νερό αυτό θα ποτίσουμε τις καλλιέργειές μας και τα ζώα μας, σε αυτό θα κολυμπήσουμε και τελικά, αυτό θα πιούμε. Η περιβαλλοντική εκπαίδευση, λοιπόν, απαιτείται να ξεκινήσει από την οικογένεια και να συνεχίσει στο σχολείο και το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον.

Από την πλευρά των αρχών, τώρα, ευχόμαστε την αυστηρότητα. Ειδικά για το νομό Μεσσηνίας, είναι σαφές πως η κυριότερη μορφή ρύπανσης αφορά τα ελαιοτριβεία. Αυτά που για να αποκτήσουν την άδεια λειτουργίας τους πρέπει να διαθέτουν κατάλληλο σύστημα επεξεργασίας των αποβλήτων τους. Κι όμως, η ίδια η Νομαρχία εκφράζει την ανησυχία της για την τήρηση του νόμου. Δεν ήταν λίγες οι φορές που η παρουσία κάποιου σωλήνα στις όχθες του ποταμού ανέδιδε τη χαρακτηριστική οσμή. Επιπλέον, ο βιολογικός καθαρισμός τω λυμάτων θεωρείται αναγκαίος, με υποχρεωτική τη λύση των στεγανών βόθρων, αφού οι μικροβιολογικές παράμετροι σχετίζονται σε μεγάλο βαθμό με την κοπρανώδη μόλυνση. Από τη στιγμή που μεγάλο μέρος της Αττικής, ακόμα και σήμερα, στερείται αποχετευτικού δικτύου, φαντασθείτε πόσο υπερφίαλη ή έστω χρονοβόρα θα ήταν μια τέτοια απαίτηση για το σύνολο του νομού Μεσσηνίας. Αλλά και η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων ή κόπρου, καθώς και αντιβιοτικών απαιτείται να παύσει, σε κάθε περίπτωση για διαφορετικούς και συνάμα, πασιφανείς λόγους. Μάλιστα, τα αντιβιοτικά αναφέρονται τόσο στους ανθρώπους, όσο και στα ζώα ή τις σοδειές. Ο κίνδυνος από την ανάπτυξη ανθεκτικών στα αντιβιοτικά μικροοργανισμών καραδοκεί και δυστυχώς, η απειλή δεν εξουδετερώνεται εύκολα.

Για να μη φτάσουμε στο σημείο η ‘συναναστροφή’ μας με το νερό να ισοδυναμεί με χορό στα κάρβουνα. Εξάλλου δεν υπάρχει κανένας προφανής λόγος τα φέρουμε τα δύο αυτά στοιχεία της φύσης τόσο κοντά.

Βιβλιογραφία

Addiscott, T.M., (1999), '*Nitrate and health'*. In: Wilson, W.S., Ball, A.S. and Hinton R.H., [Eds.], *'Managing Risks of Nitrates to Humans and the Environment'*, Royal Society of Chemistry, Cambridge

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), (1989), '*Toxicological Profile for Phenol'*. US Public Health Service, US Department of Health and Human Services, Atlanta, GA

Alabaster, J.S. and Lloyd, R., (1980), '*Water Quality Criteria for Freshwater Fish*' Butterworth and CO. Ltd, London

Allan, D.J., (1995), '*Stream Ecology: Structure and function of running waters*', Chapman and Hall, London

Alley, R.E., (2000), '*Water Quality Control Handbook*', The McGraw-Hill Companies, New York

Amblard, C., Boisson, J.C., Bourdier, G., Fontvieille, D., Gayte, X. and Simengando, T., (1998), 'Microbial ecology in aquatic systems : a review from viruses to protozoa', *Rev. Sci. Eau*, 11 : 145-162

American Academy of Microbiology, (1999), *'Antimicrobial Resistance-An ecological perspective'*, ASM Press, Washington D.C.

Amyes, S.G., Tait, S, Thomson, C.J., Nandivada, L.S., Jesudason, M.V., Mukundan, U.D. and Young, H.K., (1992), 'The incidence of antibiotic resistance in aerobic faecal flora in South India', *Journal of Antimicrobial Chemother*apy, 29(4): 415-425

Andrews, W.H. and Hammack, T.S., (2003), '*Salmonella*'. In: '*Bacteriological Analytical Manual Online*', FDA

Anonymous, (1997), '*Αναπτυξιακή Μελέτη Μεσσηνίας'*, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Μεσσηνίας.

Anonymous, (2000), '*Low dissolved oxygen concentration and oxygen-depleting substances*', Water Quality Programme Plan, Calfed Bay-Delta Programme

Anonymous, (2004), '*Operational Guide, version 3.1*' (3rd edition revised). Global Environment Monitoring System (GEMS)/Water Programme

Anonymous, (2005), ' *Οι νομοί της Ελλάδας'*, Εκδόσεις all media

APHA, (1992), *'Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater'*, 18th ed., APHA, AWWA, WEF, Washington, DC.

Apsite, E. and Klavins, M., (1998), 'Assessment of the changes of cod and color in rivers of Latvia during the last twenty years', *Environment International*, 24 (5/6): 637-643

Ashbolt, N.J., (1996), '*Human health risk from microorganisms in the Australian marine environment*', Technical Annex 2 of the State of the 'Marine Environment Report for Australia'

Atherholt, T.B, LeChevallier, M.W. and Rossen, J.S., (1998), *'Variation of Giardia Cyst and Cryptosporidium Oocyst Concentrations in a River Used for Potable Water'*, New Jersey Department of Environmental Protection Division of Science and Research

Atlas, R.M. and Bartha, R., (1998), '*Physiological Ecology of Microorganisms: Adaptations to Environmental Conditions*'. In: '*Microbial Ecology-Fundamentals and Applications*', 4th ed., Benjamin/Cummings Publishing Company Inc, USA

Balance, R., (1996a), '*Physical and Chemical Analysis'*, In: Bartram, J. and Balance R. [Eds.], '*Water Quality Monitoring - A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*', UNEP/WHO

Balance, R., (1996b), '*Field Testing Methods'*, In: Bartram, J. and Balance R. [Eds.], '*Water Quality Monitoring - A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*', UNEP/WHO

Bartram, J., Mäkelä, A and Mälkki, E., (1996), '*Field work and sampling*', In: Bartram, J. and Balance R. [Eds.], '*Water Quality Monitoring – A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*', UNEP/WHO

Bartram, J. and Helmer, R., (1996), 'Introduction', In: Bartram, J. and Balance R. [Eds.], '*Water Quality Monitoring - A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*', UNEP/WHO

Bartram, J. and Pedley, S., (1996), 'Microbiological Analyses', In: Bartram, J. and Balance R. [Eds.], '*Water Quality Monitoring - A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*', UNEP/WHO

Bellos, D. and Sawidis, T., (2005), 'Chemical pollution monitoring of the River Pinios (Thessalia - Greece), *Journal of Environmental Management*, 76: 282-292

Benefield, L.D., Judikins, J.F. and Weand, B.L., (1982), '*Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment*', Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey

Berner, E.K. and Berner, A., (1996), '*Global Environment; Water, Air and Geochemical Cycles. Upper Saddle River'*, Prentice Hall

Billen, G., Servais, P. and Becquevort, S., (1990), 'Dynamics of bacterioplankton in oligotrofic and eutrophic aquatic environments: bottom-up or top-down control?', *Hydrobiologia*, 207: 37-42

Bobori, D. and Mourelatos, S., (1999), Physicochemical parameters and nutrients content of surface waters of the Aliakmon river (Greece), *Freshenius Environmental Bullet*in, 8: 718-723

Boink, A. and Speijers, G., (2001), 'Health effects of nitrate, a review', *Acta Horticulturae*, 563: 29-36

Borja R., Alba, J. and Banks, C.J., (1997), 'Impact of the main phenolic compounds of olive mill wastewater (OMW) on the kinetics of acetoclastic methanogenesis', *Process Biochemistry*., 32 (2): 121-133

Box, J.D., (1983), 'Investigation of the Folin-Ciocalteau phenol reagent for the determination of polyphenolic substances in natural waters', *Water Research*, 17(5): 511-525

Brooks,G.F., Butel, J.S. and Morse, S.A. (1998), '*Jawetz, Melnick & Adelberg's Medical Microbiology'*, 21st ed., A Simon & Schuster Company

Brown, G.W. and Brazier, R.J., (1972), *'Controlling thermal pollution in small streams'*, USEPA, EPA-R2-72-083, Washington, D.C., USA

Brown, R. and Poxton, I.R., (1996), '*Centrifuges, colorimeters and bacterial counts'*. In: Collee, J.G., Fraser, A.G., Marmion, B.P. and Simmons, A., [Eds.] *'Mackie & McCartney Practical Medical Microbiology'*, 14th ed., Churchill Livingstone, USA.

Bruzzoniti, M.C., Sarzanini, C. and Mentasti, E., (2000), 'Preconcentration of contaminants in water analysis', *Journal of Chromatography A*, 902: 289-309

Burwell, R.E., Schuman, G.G., Heinemann, H.G. and Spomer, R.G., (1977), 'Nitrogen and phosphorus movement from agricultural watersheds', *J. Soil and Water Conserv.*, 32: 266-230

Calabrese, E.J. and Kenyon, E.M., (1991), '*Air Toxics and Risk Assessment'*, Lewis Publishers, Chelsea, MI.

Campbell, K.L. and Dwayne, R.E., (2001), '*Phosphorus and Water Quality Impacts'*, In: Ritter, W.F. and Shirmohammadi, A. [Eds.] '*Agricultural Nonpoint Source Pollution – Watershed Management and Hydrology'*, CRC Press LLC, USA

Carpenter, S.R, Caraco, N.F., Correl, D.L., Howarth, R.W., Sharpley, A.N. and Smith, V.H., (1998), 'Nonpoint Pollution of Surface Waters with Phosphorus and Nitrogen', *Issues in Ecology*, 3:1-12

Cermola, F., DellaGreca, M., Iesce, M.R., Montela, S., Polio, A. and Temussi, F., (2004), 'A mild photochemical approach to the degradation of phenols from olive oil mill wastewater', *Chemosphere*, 55: 1035-1041

Chambers, P. *et al.*, (1992), 'Temporal and spatial dynamics in riverbed chemistry: the influence of flow and sediment composition', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49: 2128-2140

Chapman, A.S., Foster, I.D.L., Lees, J.A., Hodgkinson, R.A and Lackson, R.H., (2001), 'Particulate phosphorus transport by sub-surface drainage from agricultural land in the UK. Environmental significance at the catchment and national scale', *The science of the total environment*, 266: 95-102

Chapman, D.V., (1997), '*Water Quality Monitoring*' In: Biswas, A.K. [Ed.] '*Water Resources - Environmental Planning, Management and Development*', The McGraw-Hill Companies, New York.

Chapra, S.C., (1997), *'Surface Water-Quality Modeling'*, WCB/McGraw-Hill Companies, USA

Chiras, D.D. and Reganold, J.P., (2005) '*Natural Resource Conservation - Management for a sustainable future'*, 9th ed., Pearson Prentice Hall, New Jersey

Choi, S., Chu, W., Brown, J., Becker, S.J., Harwood, V.J. and Jiang, S.C., (2003), 'Application of enterococci antibiotic resistance patterns for contamination source identification at Huntington Beach, California', *Marine Pollution Bulletin*, 46: 748-755

Cohn, P.D., Cox, M. and Berger, P.S., (1999), '*Health and Aesthetic Aspects of Water Quality*', In: *Water Quality & Treatment-A handbook of Community Water Supplies*, 5th edition, AWWA, The McGraw-Hill Companies, USA

Collee, J.G., Brown, R. and Poxton, I.R. (1996a), '*Clostridia of wound infection'*. In: Collee, J.G., Fraser, A.G., Marmion, B.P. and Simmons, A., [Eds.] *'Mackie & McCartney Practical Medical Microbiology'*, 14th ed., Churchill Livingstone, USA.

Collee, J.G., Miles, R.S. and Watt, B., (1996b), *'Tests for the identification of bacteria'*, In: Collee, J.G., Fraser, A.G., Marmion, B.P. and Simmons, A., [Eds.] *'Mackie & McCartney Practical Medical Microbiology'*, 14th ed., Churchill Livingstone, USA.

Conley, D.J., (2000), 'Biogeochemical nutrient cycles and nutrient management strategies', *Hydrobiologia*, 410: 87-96

Cook, H.F., (1998), '*The Protection and Conservation of Water Resources – A British perspective'*, John Wiley&Sons, England

Cooper, B., (1984), 'Activities of benthic nitrifiers in streams and their role in oxygen consumption', *Microbiological Ecology*, 10: 317-334

Costello, M.J., McCarthy, T.K. and O' Farrell, M.M., (1984), ' The stoneflies (Plecoptera) of the Corrib catchment area, Ireland', *Annalles Limnologie* 20 (1-2): 25-34

Cox, B.A., (2003), 'A review of dissolved oxygen modelling techniques for lowland rivers', *The Science of the Total Environment*, 314-316: 303-334

Crichton, P.B., (1996), *'Enterobacteriaceae: Escherichia, Klebsiella, Proteus and other genera*', In: Collee, J.G., Fraser, A.G., Marmion, B.P. and Simmons, A., [Eds.] *'Mackie & McCartney Practical Medical Microbiology'*, 14th ed., Churchill Livingstone, USA.

Crouzet, P. *et al.*, (1999), '*Nutrients in European Ecosystems'*, Thyssen, N. (ed.), Environmental Assessment Report, European Standing Committee of Analysts, No 4, Luxembourg

Cupáková, Š. and Lukášová, J., (2003), 'Agricultural and municipal waste water as a source of antibiotic-resistant enterococci', *Acta Vet. Brno*, 72:123-129

Currie, J.C., (1997), 'Pollution prevention on the River Tweed: past, present and future', *The Science of the Total Environment*, 194/195: 147-154

Da Silva, A.M.M. and Sacomani, L.B., (2001), 'Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo river water (Botucatu-SP-Brazil)', *Water Research*, 35(6):1609-1616

Davie,T., (2002), *'Fundamentals of hydrology - Routledge fundamentals of physical geography*', Routledge, London

Davis, M.L. and Cornwell, D.A., (1998), *'Introduction to Environmental Enginnering*', 3rd ed., WCB/McGraw-Hill, Singapore.

Davis, E.M., Casserly, D.M. and Moore, J., (1977), 'Bacterial relationships in stormwaters', *Wat. Resourc. Bull*., 13: 895-905

DeBruyn, J.M., Leigh-Bell, J.A., McKay, R.M.L., Bourbonniere, R.A. and Wilhelm, S.W., (2004), 'Microbial distributions and the impact of phosphorus on bacterial activity in Lake Erie', *J. Great Lakes Research*, 30 (1): 166-183

DellaGreca, M., Monaco, P., Pinto, G., Pollio, A. Previtera, L. and Temussi, F., (2001), 'Phytotoxicity of low-molecular weight phenols from olive mill waste waters', *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 67: 352-359

Department of Primary Industries Water & Environment (Tasmania) and Action Salinity & Water (Australia), (2004), '*Community Water Quality Sampling Protocols & Standards'* Water Assessment and Planning Branch

Dessery, S., Dulac, C., Laurenceau, J. M., and Meybeck, M., (1984), 'Evolution du carbone organique particulaire algal et détritique dans trois rivières du Bassin Parisien' *Arch. Hydrobiol*., 100(2): 235-260

Devriese, L.A., Pot, B. and Collins, M.D., (1993), 'Phenotypic identification of the genus *Enterococcus* and differentiation of phylogenetically distinct enterococcal species and species groups. *Journal of Applied Bacteriology*, 75: 399-408

Dixon, W. and Chiswell, B., (1996), 'Review of aquatic monitoring program design', *Water Research*, 30(9): 1935-1948

Dixon, W., Smyth, G.K. and Chiswell, B., (1999), 'Optimised selection of river sampling sites' *Water Research*, 33(4): 971-978

Dojlido, J.R. and Best, J.A., (1993), '*Chemistry of Water and Water Pollution'*, Ellis Horwood/Prentice-Hall, Chichester/Englewood Cliffs, New Jersey

Droste, R.L., (1997), '*Theory and practise of water and wastewater treatment*', John Wiley&Sons, Inc, Canada

Donabedian, S.M., Thal, L.A., Hershberger, E., Perri, M.B., Chow, J.W., Bartlett, P., Jones, R., Joyce, K., Rossiter, S., Gay, K., Johnson, J., Mackinson, C., Debess, E., Madden, J., Angulo, F. and Zervos, M.J., (2003), 'Molecular characterisation of gentamycin-resistant enterococci in the United States: evidence of spread from animals to humans through food', *Journal of Clinical Microbiology*, 41: 1109-1113

Dufour, A. P., (1984), '*Health effects criteria for fresh recreational waters'*, Environmental Protection Agency Report 600/1-84-004, EPA, Washington D.C.

Duguid, J.P., Anderson, E.S. and Campbell, I., (1966), 'Fimbriae and adhesive properties in salmonellae', *Journal of Pathology and Bacteriology*, 92: 107-138

Edberg, S.C., Rice, E.W., Karlin, R.J. and Allen, M.J., (2000), 'Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection', *Symposium Series - Society for Applied Microbiology*, 29: 106S-116S.

Edwards, D.R., Coyne, M.S., Vendrell, P.F., Daniel, T.C., Moore Jr., P.A and Murdoch, J.F., (1997), 'Fecal coliform and streptococcus concentrations in runoff from grazed pastures in northwest Arkansas', *Water Resources Bulletin*, 33(2): 413-422

European Environment Agency, (1995), *'Europe's Environment - The Dobris Assessment'*, D.Stanners & P.Bourdeau, Copenhagen

EPA, (2000), '*Pertaining to water sampling*', Draft (1). EPA Guidelines

Facklam, R.R., Sahm, D.S. and Teixeira, L.M., (1999), '*Enterococci*', In: Murray, P.R., Baron, E.J., Pfaller, M.A., Tenover, F.C. and Yolken, R.H., [Eds.] '*Manual of Clinical Microbiology'*, 7th ed., ASM Press, Washington D.C.

Feng, P., Weagant, S.D. and Grant, M.A., (2002), '*Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria*'. In: '*Bacteriological Analytical Manual Online'*, FDA

Forbes, B.A., Sahm, D.F. and Weissfeld, A.S., (2002), '*Bailey & Scott's Diagnostic Microbiology*', 11th ed, Mosby, USA

Franz, C.H.M.A.P., Holzapfel, W.H. and Stiles, M.E., (1999), 'Enterococci at the crossroads of food safety?', *International Journal of Food Microbiology*, 47: 1-24

Galès, P. and Baleux, B., (1992), 'Influence of the drainage basin input on a pathogenic bacteria (Salmonella) contamination of a Mediterranean lagoon (the Thau lagoon-France) and the survival of this bacteria in brackish water', *Water Science and Technology*, 25: 105-114

Gburek, W.J. and Folmar, G.J., (1999), 'Flow and chemical contribution to streamflow in an upland watershed: a baseflow survey', *Journal of Hydrology*, 217:1-18

Geldreich,E.E. and LeChavelier, M., (1999), '*Microbiological Quality Control in Distribution Systems'*. In: American Water Works Association [Ed.], '*Water Quality & Treatment - A Handbook of Community Water Supplies'*, 5th ed., The Mc-Graw Hill Companies, USA

Geldreich, E.E., (1974), 'Microbiological criteria concepts for coastal bathing waters', *Ocean Manage*, 3: 225-248

Gerdes, P. and Kunst, S., (1998), 'Bioavailability of phosphorus as a tool for efficient P reduction schemes', *Water Science Technology*, 37 (3): 241-247

GESAMP, (1988), '*Report of the Eighteenth Session'*, Paris 11-15 April 1988. GESAMP Reports and Studies No.33, United Nations Educational , Scientific and Cultural Organization, Paris

Gianfreda, L., Sannino, F., Rao, M.A. and Bollag, J.M., (2003), 'Oxidative transformation of phenols in aqueous mixtures', *Water Research*, 37: 3205-3215

Global Environmental Monitoring System, (2001), '*Nutrients in Surface Waters'*

Golden, M. and Leifert, C., (1999), '*Potential risks and benefits of dietary nit*rate'. In: Wilson, W.S., Ball, A.S. and Hinton, R.H., [Eds], *'Managing Risks of Nitrates to Humans and the Environment'*, Royal Society of Chemistry, Cambridge

Golterman, H.I. *et al.,* (1978), '*Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*' IBP Handbook, No 8. Blackwell Scientific Publishers

Gordon, N.D.*,* McMahon, T.A and Finlayson, B.L., (1992), '*Stream Hydrology - An introduction for ecologists'* John Wiley&Sons, England.

Hamdi, M., (1992), 'Toxicity and biodegradability of olive mill wastewaters in batch anaerobic digestion', *Appl. Biochem. Biotechnol.*,37: 155-163

Hardie, J.M., (1986), '*Section 12. gram-positive cocci: Genus Streptococcus Rosenbach 1884, 22AL'* In: Sneath, P.H.A., Mair, N.S., Sharpe, M.E. and Holt, J.G.

[Eds.] '*Bergey's Manual of Systematic Bacteriology'*, Vol.2, Williams & Wilkins, Baltimore,USA

Harmancioglu, N.B., Fistikoglou, O., Ozkul, S.D., Singh, V.P. and Alpaslan, M.N., (1999), '*Water Quality Monitoring Network Design*', Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Harmon, S.M. and Kautter, D.A., (1978), 'Media for confirming *Clostridium perfringens* from food and faeces', *Journal of Food Protection*, 41: 626-630.

Hatch, D., Goulding, K. and Murphy, D., (2002), '*Nitrogen*'. In: Haygarth, P.M. and Jarvis, S.C. [Eds.], '*Agriculture, Hydrology and Water Quality'*, CABI Publishing, New York

Hauschild, A.H.W. and Hillsheimer, R., (1974), 'Enumeration of food-borne Clostridium perfringens in egg yolk free tryptose-sulphite-cycloserine agar', *Applied Microbiology*, 27:521-526

Heinke, G.W., (1996), '*Microbiology and Epidemiology'* In: Glynn Henry, J. and Heinke, G.W. [Eds.], '*Environmental Science and Engineering'*, 2nd ed., Prentice-Hall, Inc., USA

Hem, J.D., (1989), '*Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water*', 2nd ed., United States Geological Survey Water Supply Paper 1473, US Government Printing Office, Washington, DC, USA

Herman, D.J. and Gerding, D.N., (1991), ' Screening and treatment of ifections caused by resistant enterococci', *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 35:215-219

Ho, B.S.W. and Tam, T.Y., (2000), 'Rapid enumeration of *Salmonella* in environmental waters and wastewater', *Water Research*, 34(8): 2397-2399

Hodges, L., (1977), '*Environmental Pollution'*, 2nd ed., Holt, Rinehart and Winston, USA

Horan, N.J., (1989), '*Analytical Chemistry - Methods Manual'*, Department of Civil Engineering, Leeds University

House, W.A., (2003), 'Geochemical cycling of phosphorus in rivers', *Applied Geochemistry*, 18: 739-748

Howart, R., Anderson, D., Cloem, J., Elfring, C., Hopkinson, C., Lapointe, B., Malone, T., Marcus, N., McGlathery, K., Sharpley, A. and Walker, D., (2000), 'Nutrient Pollution of Coastal Rivers, Bays and Seas', *Issues in Ecology*, 7:1-16

Hroncich, J.A., (1999), '*Surface Water*'. In: American Water Works Association [Ed.], '*Water Quality & Treatment – A Handbook of Community Water Supplies'*, 5th ed., The Mc-Graw Hill Companies, USA

Huycke, M.M., Sahm, D.F. and Gilmore, M.S., (1998), 'Multiple-Drug Resistant Enterococci: The Nature of the Problem and an Agenda for the Future', *Emerging Infectious Diseases,* 4 (2): 239-249

Iliopoulou-Georgudaki, J., Kantzaris, V., Katharios, P., Kaspiris, P., Georgiadis, Th. And 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

Jamieson, R., Gordon, R., Joy, D. and Lee, H., (2004), 'Assessing microbial pollution of rural surface waters. A review of current watershed scale modelling approaches', *Agricultural Water Management*, 70: 1-17

Jawetz, E., Melnick, J.L. and Adelberg, E.A., (1984), '*Review of Medical Microbiology*' 16th ed., Lange Medical Publicatios, Los Altos, California

Jett, B.D., Huycke, M.M. and Gilmore, M.S., (1994), 'Virulence of enterococci', *Clin. Microbiol. Rev*., 7: 462-478

Joklik, W.K., Willett, H.P., Amos, D.B. and Wilfert, C.M., (1992), '*Zinsser Microbiology*' 20th ed., Appleton & Lange, USA

Johnston, L.M. and Jaykus, L.A., (2004), 'Antimicrobial resistance of *Enterococcus* species isolated from produce', *Applied and Environmental Microbiology*, 70 (5): 3133-3137

Kiely, G., (1997), '*Environmental Engineering*', McGraw-Hill International Editions, UK

Kirk, J.T.O., (1994), *'Light and photosynthesis in aquatic environments'*, 2nd ed., Cambridge University Press

Knight, P., (1993), 'Hemorrhagic *E. coli*: The danger increases', *ASM News*, 59(5): 247-250

Koneman, E.W., Allen, S.D., Janda, W.M., Schreckenberger, P.C. and Winn Jr, W.C.., (1992), '*Color Atlas and Textbook of Diagnostic Microbiology'*, 4th ed., J.B. Lippincott Company

Kristensen, P., (1996), '*Water quality of large rivers', European Topic Centre on Inland waters*, Topic Report 4/1996, Denmark

Kümmerer, K., (2004), 'Resistance in the environment', *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 54: 311-320

Lalitha, M.K. (2005), '*Manual on antimicrobial susceptibility testing'*, Indian Association of Medical Microbiologists

Lancefield, R.C., (1933), 'A serological differentiation of human and other groups of haemolytic streptococci', *Journal of Experimental Medicine* , 57:571-595

LeBlanc, R.T., Brown, R.D. and FitzGibbon, J.E., (1997), 'Modeling the effects of land use change on the water temperature in unregulated urban streams', *Journal of Environmental Management*, 49:445-469

Lennox, S.D., Foy, R.H., Smith, R.V., Unsworth, E.F. and Smyth, D.R., (1998), 'A comparison of agricultural water pollution incidents in Northern Ireland with those in England and Wales', *Water Research*, 32(3): 649-656

Lim, D., (1998), '*Microbiology*', 2nd ed, WCB/McGraw-Hill, USA

Lin, J., Biyela, P.T., Puckree, T. and Bezuidenhout, C.C., (2004), 'A study of the water quality of the Mhlathuze River, KwaZulu-Natal (RSA): Microbial and physicochemical factors', *Water SA*, 30 (1): 17-22

Lowe, R.H. and Hamilton, J.L., (1967), 'Rapid method for determination of nitrate in plant and soil extracts', *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 1592: 359-362

MacDonald, A.M., Edwards, A.C., Pugh, K.B. and Balls, P.W., (1994), 'Soluble nitrogen and phosphorus in the river Ythan system, UK: Annual and seasonal trends', *Water research*, 29(3):837-846

Mainstone, C.P. and Parr, W., (2002), 'Phosphorus in rivers – ecology and management', *The science of the total environment*, 282-283: 25-47

Magee, P.N., (1983), '*Nitrate*', In: Wynder, E.L., Leveille, G.A., Weisburger, J.H. and Livinston, G.E. [Eds.], '*Environmental aspects of cancer: The role of macro and micro compounds of foods*', Food Nutrition Press, Westport, CT

Mäkelä, A. and Meybeck, M., (1996), '*Designing a monitoring programme*'. In: Bartram, J. and Balance R. [Eds.], '*Water Quality Monitoring - A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes'*, UNEP/WHO

Mason, C.F., (2002), *'Biology of Freshwater Pollution'*, 4th ed., Prentice Hall

Mathur, P., Kapil, A. and Das, B., (2005), 'Nosocomial bacteraemia in intensive care unit patients of a tertiary care centre', *Indian Journal of Medical Research*, 122: 305-308

Mayhall, C.G., (1996), 'Prevention and control of vancomycin resistance in gram-positive coccal microorganisms: fire prevention and fire fighting', *Infect. Control Hosp. Epidemiol*., 17: 353-355

McFarland, J., (1907), 'Nephelometer: an instrument for estimating the number of bacteria in suspensions used for calculating the opsonic index and for vaccines', *Journal of American Medical Association*, 14: 1176-1178

Messi, P., Guerrieri, E., de Niederhäusern, S., Sabia, C. and Bondi, M., (2005), 'Vancomycin-resistant enterococci (VRE) in meat and environmental samples', *International Journal of Food Microbiology*, *In Press*

Meybeck, M., Kuusisto, E., Mäkelä, A. and Mälkki, E., (1996a), '*Water Quality'*, In: Bartram, J. and Balance R. [Eds.], '*Water Quality Monitoring – A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes'*, UNEP/WHO

Meybeck, M., Friedrich, G., Thomas, R. and Chapman, D., (1996b), '*Rivers*' In: Chapman, D. [Ed.] '*Water quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring'*, 2nd ed., Chapman & Hall, London

Meybeck, M. and Helmer, R., (1996), '*Introduction*' In: Chapman, D. [Ed.] '*Water quality assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*', 2nd ed., Chapman & Hall, London

Mills, W.B., Procella, D.B., Ungs, M.J., Gherins, S.A., Summers, K.V., Mok, L., Rupp, G.L. and Bowie, G.L., (1985), '*Water quality assessment: a screening procedure for toxic and conventional pollutants in surface and groundwater*', EPA/600/685/002a, USEPA, Washington, DC

Moore, J.A., Grismer, M.E., Crane, S.R. and Miner, J.R., (1983), 'Modeling dairy waste management systems influence on coliform concentration in runoff', *Transactions of the American Society Agricultural Engineers*, 26(4): 1194-1200

Mundt, J.O., (1986), '*Enterococci*'. In: Sneath, P.H.A., Mair, N.S., Sharpe, M.E. and Holt, J.G. [Eds.] '*Bergey's Manual of Systematic Bacteriology'*, Vol.2, Williams & Wilkins, USA

Murray, B.E., (1990), 'The life and times of the enterococcus', *Clinical Microbiology Reviews*, 3:45-65

Murray, B.E., (1997), 'Vancomycin-resistant enterococci', *The American Journal of Medicine*, 102(3):284-293

Nathanson, J.A., (2000), '*Basic Environmental Technology - Water Supply, Waste Management and Pollution Control*', 3rd ed., Pearson Education, New Jersey

NCCLS, (2003a), '*Approved standard M2-A8. Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests'*, 8th ed., NCCLS, Wayne, Pa.

NCCLS, (2003b), '*M100-S13(M2). Disk Diffussion Suplemental Tables'*, 8th ed., NCCLS, Wayne, Pa.

Neil, M.A., Tarr, M.A., Taylor, D.N. and Trofa, A.F., (1994), '*Escherichia coli*'. In: Hui, Y.H., Gorham, K.D., Murell, K.D. and Cliver, D.O., [Eds.] '*Foodborne Disease Handbook*', Marcel Decker Inc., New York

Novotny, V. and Olem, H., (1994), '*Water quality: Prevention, identification, and management of diffuse pollution*', Van Nostrand Reinhold, New York,USA

Ocafo, C.N., Undo, V.J. and Galadima, M., (2003), 'Occurrence of pathogens on vegetables harvested from soils irrigated with contaminated streams', *The Science of the Total Environment*, 311: 49-56

Odum, E.P., (1997), '*Ecology - A bridge between Science and Society*', Sinauer Associates, Inc., USA

Oenema, O., Van Liere, L. and Schoumans, O., (2005), 'Effects of lowering nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture on the quality of groundwater and surface water in the Netherlands', *Journal of Hydrology*, 304: 289-301

Old, D.C., (1996), *'Salmonella'*. In: Collee, J.G., Fraser, A.G., Marmion, B.P. and Simmons, A., [Eds.] *'Mackie & McCartney Practical Medical Microbiology'*, 14th ed., Churchill Livingstone, USA.

Office of Environment Canada, (2005), *'Canadian Water Quality Guideline-Nitrate'*, Canadian Environmental Quality Guidelines

Petersen, A. and Bogo Jensen, L. (2003), 'Analysis of gyrA and parC mutations in enterococci from environmental samples with reduced susceptibility to ciprofloxacin', *FEMS Microbiology Letters*, 231: 73-76

Petrak, T., Kalodera, Z., Novakovic, P., Gumhalter Karolyi, L., (1999), 'Bacteriological comparison of parallel and counter flow water chilling of poultry meat', *Meat Science*, 53: 269-271

Platts, W.S., (1979), 'Relationships among stream order, fish populations, and aquatic geomorphology in an Idaho river drainage', *Fisheries*,4: 5-9

Poeta, P., Costa, D., Rodrigues, J. And Torres, C., (2006), 'Antimicrobial resistance and the mechanisms implicated in faecal enterococci from healthy humans, poultry and pets in Portugal', *International Journal of Antimicrobial Agents*, 27: 131-137

Polo, F., Figueras, M.J., Inza, I., Sala, J., Fleisher, J.M. and Quarro, J., (1998), 'Relationship between presence of *Salmonella* and indicators of faecal pollution in aquatic habitats', *FEMS Microbiology Letters*, 160: 253-256

Prescott, L.M., Harley, J.P. and Klein, D.A., (1999),.'*Microbiology*', 4th ed., WCB/ McGraw-Hill Companies, USA

Ramos-Cormenzana, A., Juárez-Jiménez, B. and Garcia-Pareja, M.P., (1997), 'Antimicrobial activity of olive mill waste-waters (Alpechin) and biotransformed olive oil mill wastewater', *International Biodeterioration & Biodegradation*, 283-290

Rhodehamel, E.J. and Harmon, S.M., (2001), '*Clostridium perfringens*'. In: '*Bacteriological Analytical Manual Online'*, FDA

Rice, E.W., Messer, J.W., Johnson, C.H. and Reasoner, D.J., (1995), 'Occurrence of high-level aminoglycoside resistance in environmental isolates of enterococci', *Applied Environmental Microbiology*, 61(1) 374-376

Rice, L.B., (2001), 'Emergence of vancomycin-resistant enterococci', *Emerging Infectious Diseases*, 61: 374-376

Robbins, R.W., Glicker, J.L. and Bloem, R.M., (1991), *'Effective Watershed Management for Source Water Supplies',* American Water Works Association Research Foundation

Rompré, A., Servais, P., Baudart, J., de-Roubin, M-R. and Laurent, P., (2002), 'Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches', *Journal of Microbiological Methods*, 49: 31-54

Rolland, D. and Block, J.C., (1980), 'Simultaneous concentration of Salmonella and Enterovirus from surface waters by using micro-fiber glass filters', *Applied and Environmental Microbiology*, 39 (3): 659-661

Ross, P.W., (1996), *'Streptococcus and Enterococcus'*, In: Collee, J.G., Fraser, A.G., Marmion, B.P. and Simmons, A., [Eds.] *'Mackie & McCartney Practical Medical Microbiology'*, 14th ed., Churchill Livingstone, USA.

Sanders, T.G., Ward, R.C., Loftis, J.C., Steele, T.D., Adrian, D.D. and Yevjenich, V., (1983), '*Design of Networks for Monitoring Water Quality*', Water Resources Publications, Littleton, CO

Sartory, D.P., (1986), 'Membrane filtration enumeration of faecal clostridia and *Clostridium perfringens* in water', *Water Research*, 10: 1255-1260

Sava, R., (1994), '*Guide to Sampling Air, Water, Soil, and Vegetation for Chemical Analysis*', Environmental Hazards Assessment Program, EPA, Sacramento, California

Sawyer, C.N., McCarty, P.L. and Parkin,G.F., (2003), *'Chemistry for environmental and engineering science*', 5th ed., The McGraw-Hill Companies, New York.

Sayler, G.S., Nelson, J.D., Justice, A. and Colwell, R.R., (1975), 'Distribution and significance of faecal indicator organisms in the upper Chesapeake Bay', *Appl. Microbiol*., 30: 625-638

Schöller, F., Piller, P. and Neudorfer, W., (1997), 'The suitability of the water from the Marchfeld Canal System for agriculture irrigation', *Österr. Wasser-und Abfallwirtschaft*, 49: 45-56

Schroder, J.J., Scholefield, D., Cabral, F. and Hofman, G., (2004), 'The effects of nutrient losses from agriculture on ground and surface water quality: the position of science in developing indicators for regulations', *Environmental Policy*, 7: 15-23

Sharma, M.L., (1996), *'Impact of agriculture on nutrient contamination of water resources'*. In: '*Water-Quality Hydrology'*. Proceedings of the international conference on hydrology and water resources, Vol. 3., Kluwer Academic Publishers, The Netherlands

Shelton, L.R., (1994), '*Field guide for collecting and processing stream water samples for the national water quality assessment programme*', United States Geological Survey, Open File Report 94-455, Sacramento, California

Shrimali, M. and Singh, K.P., (2001), 'New methods of nitrate removal from water', *Environmental Pollution*, 112: 351-359

Shugar, G.J., Bauman, S.L., Drum, D.A. and Lauber, J., (2001), *'Environmental Field Testing and Analysis Ready Reference Handbook',* The McGraw-Hill Companies, USA

Singleton, P., (1999), 'Bacteria in Biology, Biotechnology and Medicine', 5th ed., John Wiley&Sons Ltd., London

Skoog, D.A., West, D.M. and Holler, F.J., (1996), '*Fundamentals of Analytical Chemistry*', 7th edition, Saunders College Publishing, USA

Skoulikidis, N.T., Bertahas, I. and Koussouris, T., (1998), 'The environmental state of freshwater resources in Greece (rivers and lakes), *Environmental Geology*, 36 (1-2): 1-17

Skoulikidis, N.T., Gritzalis, K. and Kouvarda, T., (2002), 'Hydrochemical and ecological quality assessment of a Mediterranean river system', *Global Nest: the Int. J.*, 4 (1): 29-40

Standing Committee of Analysts, (2002a), *'The Microbiology of Drinking Water - Part I - Water Quality and Public Health',* Methods for the Examination of Waters and Associated Materials, in the series, Environment Agency

Standing Committee of Analysts, (2002b), *'The Microbiology of Drinking Water - Part 5 - A method for the isolation and enumeration of enterococci by membrane filtration',* Methods for the Examination of Waters and Associated Materials, in the series, Environment Agency

Standing Committee of Analysts, (2002c), *'The Microbiology of Drinking Water - Part 6 - Methods for the isolation and enumeration of sulphite-reducing clostridia and Clostridium perfringens by membrane filtration',* Methods for the Examination of Waters and Associated Materials, in the series, Environment Agency

Standing Committee of Analysts, (2002d), *'The Microbiology of Drinking Water - Part 9 - Methods for the isolation and enumeration of Salmonella and Shigella by selective enrichment, membrane filtration and multiple tube most probable number techniques',* Methods for the Examination of Waters and Associated Materials, in the series, Environment Agency

Sullivan, K. *et al.*, (1990), '*Evaluation of prediction models and characterization of stream temperature regimes in Washington'*. TFW-WQ3-90-006. Washington State Department of Natural Resources, Olympia, Washington, USA.

Schwartz, T., Kohnen, W., Jansen, B. and Obst, U., (2003), 'Detection of antibiotic resistant bacteria and their resistance genes in wastewater, surface water and drinking water biofilms', *FEMS Microbiology Ecology*, 43:325-335

Taoufik, M. and Dafir, J.E., (2005), 'A study of water quality in lower Oum Rabiaa basin, Morocco: Speciation of nitrogen and phosphorus', *Water Quality Research Journal*, 40(1): 120-129

Tchobanoglous, G. and Schroeder, E.D., (1985), '*Water Quality - Characteristics, Modelling, Modification*', Addison-Wesley Publishing Company, USA

Thomsom, R.H., (1964), In: Harborne, J.B. [Ed.], *'Biochemistry of Phenolic Compounds'*, Academic Press, London

Tejedor Junco, M-T, González Martín, M., Pita Toledo, M-L, Lupiola Gómez, P. and Martín Barrasa, J.L., (2001), 'Identification and antibiotic resistance of faecal enterococci isolated from water samples', *Int. J. Hyg. Environ. Health*, 203: 363-368

Torrell, E. (2003), '*Epidemiology of Enterococci with acquired resistance to antibiotics in Sweden - Special emphasis on ampicillin and vancomycin*', Faculty of Medicine, Dissertations, Uppsala

Tortora, G.J., Funke, B.R. and Case, C.L., (1998), '*Microbiology-An introduction*', 6th ed., The Benjamin/Cummings Publishing Company, USA

Tsuda, H., Yamashita, Y., Shibata, Y., Nakano, Y. and Koga, T., (2002), 'Genes Involved in Bacitracin Resistance in *Streptococcus* mutans', *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 46(12):3756-3764

Tyler Miller Jr., G., (1996), *'Living in the Environment : Principles, Connections and Solutions*', 9th ed., Wadsworth Publishing Company, USA

Tyler Miller Jr., G., (2003), '*Environmental Science – Working with the Earth'*, 9th ed., Thomson Learning, Inc., Canada

Tyrrel, S.F., (1999), 'The microbiological quality of water used for irrigation'. *Irrigation News*, 27:39-42

U.S. Department of Health and Human Services, (1993), '*Hazardous Substances Data Bank (HSDB, online database)*'. National Toxicology information programme. National Library of Medicine, Bethesda, MD.

U. S. Environmental Protection Agency, (2000), '*Guidance for choosing a sampling design for environmental data collection – Use in the development of a quality assurance project plan*', EPA QA/G-5S, Washington, DC 20460

Varnam, A.H. and Evans, M.G., (2000), '*Environmental Microbiology'*, Manson Publishing Ltd.,UK

Vega, M., Pardo, R., Barrado, E. and Debán, L., (1998), 'Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis', *Water Research*, 32(12): 3581-3592

Vilanova, X., Mareno, A., Cerdà-Cuéllar, M. and Blanch, A.R., (2004), 'The composition and persistence of faecal coliforms and enterococci populations in sewage treatment plants', *Journal of Applied Microbiology*, 96: 279-288

Vogel, S., (1981), '*Life in Moving Fluids'*, Princeton University Press, Princeton N.J.

Von der Wiesche, M. and Wetzel, A., (1997), 'Temporal and spatial dynamics of nitrite accumulation in the river Lahn', *Water Research*, 32(5): 1653-1661

Voutsa, D., Manoli, E., Samara, C., Sofoniou, M. and Stratis, I., (2001), 'A study of surface water quality in Macedonia, Greece: Speciation of nitrogen and phosphorus', *Water, Air and Soil Pollution*, 129: 13-32

Wegener, H.C., Aarestrup, F.M., Jensen, L.B., Hammerum, A.M. and Bager, F., (1999), 'Use of antimicrobial growth promoters in food animals and *Enterococcus faecium* resistance to therapeutic antimicrobial drugs in Europe', *Emerging Infectious Diseases*, 5:329-335

Welch, E.B., (1992), '*Ecological effects of wastewater'*, 2nd ed., Chapman & Hall, London, UK

Welch, E.B., Jacoby, J.M. and May, C.W., (1998), ' *Stream Quality'*, In: Naiman,R.J. and Bilby, R.E. [Eds.], '*River Ecology and Management- Lessons from the Pacific Coastal Ecoregion*', Springer-Verlag, New York

White, K.D., Reynolds, C.M., Ringelberg, D.B., Foley, K.L. and Perry, L.B., (2004), '*Winter community structure changes in Frazil Ice and Open Water in Riverine Systems*', Water Operations Technical Support (WOTS), ERDC WQTN-PD-16, USA

WHO, (2004), '*Guidelines for Drinking-water Quality-Vol. 1, Recommendations'* , 3rd ed., WHO, Geneva

WHO, (1975), '*Reuse of Effluent: Methods of wastewater treatment and health safeguards',* WHO Technical Report Series No.517, Geneva

Wilde, F.D. *et al.*, (1998), '*Preparations for water sampling'* In: '*National Field Manual for the Collection of Water - Quality Data*', Handbooks for water resources investigations*,* Book 9', United States Geological Survey.

Williamson, R. *et al.*, (1985), 'One or two low affinity penicillin-binding proteins may be responsible for the range of susceptibility of *Enterococcus faecium* to benzylpenicillin', *Journal of Genetic Microbiology*, 131: 1933-1940

Wilson, A.L. and Hunt, D.T.E., (1986), '*The chemical analysis of water – General principles and techniques*', 2nd ed., Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Worster, D., (1985), '*Rivers of Empire: Water, Aridity, and Growth of the American West*', Pantheon Books, New York

Wurts, W.A., (2003), 'Daily pH Cycle and Ammonia Toxicity', *World Aquaculture*, 34(2): 20-21

Yusuf, M.A., Nordin, M. and Abdullah, P., (2003), '*River Water Quality Assessment and Ecosystem Health: Langat River Basin, Selangor, Malaysia'*. In: Rapport, D.J., Lasley, W.L., Rolston, D.E., Ole Nielsen, N., Qualset, C.O. and Damania, A.B., [Eds.], '*Managing for Healthy Ecosystems'*, CRC Press LLC, USA

Zagory, D., (1999), 'Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations', *Postharvest Biology and Technology*, 15: 313-321

Zarrilli, R., Tripodi, M-F., Di Popolo, A., Fortunato, R., Bagattini, M., Crispino, M., Florio, A., Triassi, M. And Utili, R., (2005), 'Molecular epidemiology of high-level aminoglycosie-resistant enterococci isolated from patients in a university hospital in southern Italy', *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 56: 827-835

Απόφαση 77/795/ΕΟΚ, '*Περί καθιερώσεως κοινής διαδικασίας ανταλλαγής πληροφοριών για την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών υδάτων της Κοινότητας*', ΕΕ L 334/24.12.1977, σ.29

Αρβανιτίδου- Βαγιωνά, Τ., (1992), '*Υγιεινή και Περιβάλλον'*, University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Αρσένη, Α., (1994), '*Μικροβιολογία και Εργαστηριακή Διάγνωση Λοιμώξεων'*, Εκδόσεις Ζήτα, Αθήνα

Γενική Διεύθυνση Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων, (2001), '*Ποιοτικά χαρακτηριστικά υδάτων των ποταμών και λιμνών της χώρας'* Τόμος Ά, Υπουργείο Γεωργίας, Αθήνα

Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος & Αειφόρου Ανάπτυξης, (2003), '*Περιβαλλοντικά Σήματα - Σχέδιο Έκθεσης Δεικτών Αειφορίας*', Ελλάδα

ΕΟΦ, (1996), '*Εθνικό Συνταγολόγιο'*, Εκδόσεις ΕΟΦ, Αθήνα

ΕΣΥΕ, (1999), '*Στατιστικές Περιβάλλοντος Έτους 1996 (Με συγκριτικά στοιχεία του 1995)*', Αθήνα

ΕΣΥΕ, (2004), '*Στατιστική Επετηρίδα της Ελλάδος 2003*', Αθήνα

Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος, (2000), '*Η Ευρωπαϊκή Ένωση υπέρ του καθαρού νερού*', Υπηρεσία Επισήμων Εκδόσεων των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Λουξεμβούργο

Ζέρβας, Γ., Μαρτίνος, Ν., Παναγάκης, Π. και Φεγγέρος, Κ., (2001), '*Πρόγραμμα ανασυγκρότησης της ορεινής Μεσσηνίας*', Γεωπονικό Πανεπιστήμιο, Αθήνα

Καζάκης, Ε.Χ., Παπαδόπουλος, Ν.Θ., Μιμίδης, Γ.Κ. και Λεβάκος Γ.Δ., (2001), '*Η γεωγραφία της ελληνικής γεωργίας'*, Επιμ. Παπούλιας, Α.Γ., Υπουργείο Γεωργίας - Διεύθυνση Αγροτικής Πολιτικής και Τεκμηρίωσης, Τμήμα Τεκμηρίωσης, ΑΘΗΝΑ

Καποτάς, Ν.Μ., (2003), *Παθογόνα Μικρόβια και Λοιμώξεις*', Αθήνα

Καρβούνης, Σ. Κ., (1995), '*Διαχείριση του Περιβάλλοντος*', Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.

Καρύδης, Ι., (1994), '*Μεσσηνία, Ελιά, Ινστιτούτο Ελαίας Καλαμάτας'*, Στο: '*Βιολογική καλλιέργεια της ελιάς'*, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Βιολογικής Γεωργίας, Καλαμάτα, Έκδοση ΔΗΩ, Αθήνα.

Κουϊμτζής, Θ.Α., (1997), '*Χημεία Περιβάλλοντος*', Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.

Κουτσομήτρου, Θ., (2004), '*Ολοκληρωμένη διαχείριση αποβλήτων της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων του νομού Τρικάλων*' Διπλωματική μελέτη, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα

ΚΥΑ Υ2/2600/2001, ΦΕΚ 892Β/11.7.2001 (Διορθ. σφάλμ. στο ΦΕΚ 1082Β/2001 '*Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης*', σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998.

Μακράκης, Β.Γ., (1997), '*Ανάλυση Δεδομένων στην Επιστημονική Έρευνα με τη χρήση του SPSS - Από τη θεωρία στην πράξη*', GUTENBERG

Μήτρακας, Μ., (2001), '*Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία νερού*', 2η έκδοση, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, Θεσσαλονίκη

Ν. 3199, ΦΕΚ 280Α/9.12.2003 '*Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία - πλαίσιο 2000/60/ΕΚ*'

Οδηγία 75/440/ΕΟΚ '*Περί απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος*', ΕΕ L 194/25.5.1975, σ.26

Οδηγία 76/160/ΕΟΚ '*Περί της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης*', ΕΕ L 31/5.2.1976, σ.1

Οδηγία 76/464/ΕΟΚ '*Περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας*', ΕΕ L 123/18.5.1976, σ.23

Οδηγία 78/659/ΕΟΚ '*Περί της ποιότητας των γλυκών υδάτων που έχουν ανάγκη προστασίας ή βελτιώσεως για τη διατήρηση της ζωής των ιχθύων*', ΕΕ L 222/14.8.1978,σ.1

Οδηγία 79/869/ΕΟΚ '*Περί των μεθόδων μετρήσεως και περί της συχνότητας των*

δειγματοληψιών και της αναλύσεως των επιφανειακών υδάτων τα οποία προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος στα Κράτη-Μέλη', ΕΕ L 271/29.9.1979,σ.44

Οδηγία 91/271/ΕΟΚ '*Για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων*', ΕΕ L 135/30.5.1991,σ. 40

Οδηγία 91/676/ΕΟΚ '*Προστασία υδάτων από νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης'*, ΕΕ L 375/31.12.1991,σ.1

Οδηγία 98/83/ΕΚ '*Σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης'*, ΕΕ L 330/3.11.1998, σ. 32

Οδηγία 2000/60/ΕΚ '*Για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων*', ΕΕ L 327/23.10.2000, σ. 1

ΟΚΕ της Ελλάδας, (2002), '*Η Διαχείριση των Υδατικών Πόρων*', Γνώμη Πρωτοβουλίας

Παπαπετροπούλου, Μ. και Μαυρίδου, Α., (1995), '*Μικροβιολογία του Υδάτινου Περιβάλλοντος-Βασικές Αρχές*', Εκδόσεις Κωσταράκη, Αθήνα

Πρόταση της Επιτροπής για έκδοση Οδηγίας του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την ποιότητα των υδάτων κολύμβησης, 24/10/2002, COM (2002) 581

Πρόταση της Επιτροπής για έκδοση Οδηγίας του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου περί της ποιότητας των γλυκών υδάτων που έχουν ανάγκη προστασίας ή βελτιώσεως για τη διατήρηση της ζωής των ιχθύων, 19/1/2004, COM (2004) 19

Σακελλαρίδης, Π.Ο., (1997), '*Χημεία*', Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα

Σίσκος, Π.Α. και Σκούλλος, Μ.Ι., (1990), '*Περιβαλλοντική Χημεία ΙΙ* ', Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

Σκουληκίδης, Ν., (1997), '*Περιβαλλοντική κατάσταση των Ελληνικών ποταμών. Βιώσιμη ανάπτυξη με την περιβαλλοντική αγωγή.*' Νομαρχιακή αυτοδιοίκηση Αιτωλοακαρνανίας, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Μεσολόγγι.

Τσιούρης, Σ. Ε., (1999), '*Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος*', Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη

Φάττα Βισβίκη, Δ., (2004), '*Αρχές Δειγματοληψίας και Έλεγχος Νερών*' Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Χαλαβελάκης, Γ.Ε., Λεγάκης, Ν.Ι. και Περόγαμβρος, Τ.Η., (1994), '*Αντιβιοτικά & Συνήθεις Λοιμώξεις*' 2η έκδ., Εκδόσεις Χ. Χαλεβελάκη

Χριστούλας, Δ.Γ. (1991), '*Ρύπανση των υδάτων και αντιρρυπαντική τεχνολογία*' 2η έκδ., Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 1: Πηγές και σημασία των ρυπαντών/μολυντών από την ανθρώπινη δραστηριότητα (προσαρμοσμένος από τους Meybeck και Helmer, 1996)

Πηγές Βακτήρια Θρεπτικά Ιχνοστοιχεία Εντομοκτόνα Ζιζανιοκτόνα Πετρελαιοειδή Λιπαρές ουσίες Ατμοσφαιρικές μεταφορές x xxxG xxG xxG Σημειακές πηγές Αστικά λύματα **xxx xxx xxx x xxx**

Βιομηχανικά απόβλητα
x xxxG x xxxG xx

Διάχυτες πηγές

Γεωργία **xx xxx x xxxG** Αστικές απορροές **xx xx xxx xx xx x** Απόθεση βιομηχανικών αποβλήτων
x xxx x xxx x

Πλοήγηση/Λιμάνια **x x xx x xxx Εσωτερική ανακύκλωση xxx xx x x**

x: Μικρή τοπική σημασία xx: Ενδιάμεση σημασία σε επίπεδο τοπικό ή περιοχής xxx: Υψηλή σημασία σε επίπεδο τοπικό ή περιοχής G: Σημασία σε παγκόσμιο επίπεδο

Βιομηχανικοί Οργανικοί Ρυπαντές

Πίνακας 2: Ενσωμάτωση κοινοτικής νομοθεσίας αναφορικά με την προστασία και τη διαχείριση υδάτων στο Εθνικό Δίκαιο.

ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ **ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ**

ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ

75/440/ΕΟΚ (L 194 της 25/5/1975) "Περί απαιτούμενης ποιότητας των υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος"
ΚΥΑ 46399/1352/1986 (ΦΕΚ 438Β/1986)

76/160/ΕΟΚ (L 31 της 5/2/1976) "Περί της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης"
ΚΥΑ 46399/1352/1986 (ΦΕΚ 438Β/1986)

76/464/ΕΟΚ (L 123 της 18/5/1976) "Περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας"
ΠΥΣ 144/2/11/1987 (ΦΕΚ 197Α/1987)
ΚΥΑ 18186/271/1988 (ΦΕΚ 126Β/1988)
ΠΥΣ 255/13/7/1994 (ΦΕΚ 123Α/1994)
ΚΥΑ 90461/2193 (ΦΕΚ 843Β/1994)

78/659/ΕΟΚ (L 222 της 14/8/1978) "Περί της ποιότητας των γλυκών υδάτων που έχουν ανάγκη προστασίας ή βελτιώσεως για τη διατήρηση της ζωής των ιχθύων"
ΚΥΑ 46399/1352/1986 (ΦΕΚ 438Β/1986)

79/869/ΕΟΚ (L 271 της 29/9/1979) "Περί των μεθόδων μετρήσεως και περί της συχνότητας των δειγματοληψιών και της αναλύσεως των επιφανειακών υδάτων τα οποία προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος στα Κράτη- Μέλη"
ΚΥΑ 46399/1352/1986 (ΦΕΚ 438Β/1986)

91/271/ΕΟΚ (L 135 της 30/5/1991) "Για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων "
ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192Β/1997)
91/676/ΕΟΚ (L 375 της 31/12/1991) "Προστασία υδάτων από νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης "
ΚΥΑ 16190/1335 (ΦΕΚ 519Β/1997)
334

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

ΚΟΙΝΟΤΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ

ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗΣ

98/83/ΕΚ (L 330 της 3/11/1998) "Σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης"
ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892Β/2001)
Διορθ. σφάλμ. στο ΦΕΚ 1082Β/2001
2000/60/ΕΚ (L 327 της 23/10/2000) "Για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων"
Ν. 3199 (ΦΕΚ 280Α/2003)
ΠΥΣ: Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου ΚΥΑ: Κοινή Υπουργική Απόφαση
335

Πίνακας 3: Χαρακτηριστικά υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή πόσιμου ύδατος (προσαρμοσμένος από Οδηγία 75/440/ΕΟΚ).

Παράμετροι	**A1**	**A3**	**G**	**I**
pH	6,5-8,5	5,5-9	5,5-9	
Σύνολο αιωρούμενων υλών MES	mg/L 25			
θερμοκρασία ^{o}C	22	25(O)	22	25(O) 22 25(O)
Αγωγιμότητα μS/cm (ως 20^{o}C)	1000	1000	1000	
Νιτρικά mg/L NO_3^-	25	50(O)	50(O)	50(O)
Φωσφορικά (1) mg/L P_2O_5	0,4	0,7	0,7	
Φαινόλες (δείκτης φαινολών)	P-νιτροανιλίνη	4 αμινοαντιπυρίνη		

I = επιτακτική G = οδηγός O = εξαιρετικές γεωγραφικές και κλιματολογικές περιστάσεις (1) Η παράμετρος αυτή περιλαμβάνεται προκειμένου να ικανοποιηθούν οι οικολογικές απαιτήσεις ορισμένων τύπων περιβάλλοντος A1, A2, A3: κατηγορίες υδάτων επιφανείας που χρήζουν διαφορετικών πρότυπων μεθόδων, ώστε να καταστούν πόσιμα

A1 *I*

A2 G

A2 *I*

A3 G

0,001 0,001 0,005 0,01 0,1
mg/L C_6H_5OH

Χημική απαίτηση σε οξυγόνο (COD)
mg/L O_2 30

Ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο
% O_2 >70 >50 >30

Αμμώνιο NH_4^+ 0,005 1 1,5 2 4(O)

Ολικά κολίμορφα (37 ^oC) /100 mL 50 5000 50000

Σαλμονέλλες Απουσία σε 5000 mL

Απουσία σε 1000 mL

336

Πίνακας 4: Απαιτούμενη ποιότητα των υδάτων κολύμβησης (προσαρμοσμένος από Οδηγία 76/160/ΕΟΚ).

Παράμετροι	**I**	**Παρατήρηση**	***G***
Ολικά κολίμορφα (/100mL)	500	10000 (1)	
Σαλμονέλλες (/1L)	-	0 (2)	
pH	-	6-9 (0) (2)	
Φαινόλες (δείκτες φαινολών) mg/L C_6H_5OH			(1) (1) (1) (2) (2) (2)

Καμία χαρ/κή οσμή
Καμία χαρ/κή οσμή

± 0,005
± 0,005

Διαλυμένο οξυγόνο (% κορεσμού O_2)

80-120 - (2)

Αμμώνιο (3)
(mg/L NH_4^+)

Νιτρικά (mg/L
NO_3^-)

Φωσφορικά,
(PO_4^-)
(3)

I = υποχρεωτική τιμή G = κατευθυντήρια τιμή O = υπέρβαση των προβλεπομένων ορίων σε περίπτωση εξαιρετικών γεωγραφικών ή μετεωρολογικών συνθηκών

(1) Όταν εκ δειγματοληψίας, που έγινε κατά τη διάρκεια προηγουμένων ετών, προέκυψαν αισθητώς ευνοϊκότερα αποτ από αυτά που προβλέπονται στο παρόν παράρτημα και εφόσον δεν παρενεβλήθει κανένας νέος παράγων, που ενδεχομέν αλλοιώνει την ποιότητα των υδάτων, η συχνότητα δειγματοληψίας δύναται να μειωθεί από τις αρμόδιες αρχές κατά το Περιεκτικότητα που πρέπει να εξακριβωθεί από τις αρμόδιες αρχές, όταν έρευνα που πραγματοποιείται στην περιοχή κολυμβήσεως αποδεικνύει πιθανή παρουσία της ουσίας ή χειροτέρευση της ποιότητας των υδάτων. (3) Οι παράμετροι πρέπει να διαπιστώνονται από τις αρμόδιες αρχές, όταν υπάρχει

τάση ευτροφισμού των υδάτων.

337

Πίνακας 5: Παράμετροι που αποτελούν αντικείμενο ανταλλαγής πληροφοριών (τρόπος εκφράσεως και αρ για τα δεδομένα τα σχετικά προς τις παραμέτρους) (προσαρμοσμένος από Απόφαση 77/795/ΕΟΚ).

Παράμετροι

Τρόπος εκφράσεως

Αριθμοί ψηφίων Προ υποδιαστολής

Μετά την υποδιαστολή

Φυσικές θερμοκρασία ^oC xx x
pH pH xx x

Αγωγιμότητα (20 ^oC)
$\mu S/cm^{-1}$ (<100) xx

(≥100) xxx

Χημικές Νιτρικά mg/L NO_3^- xxx xx
Αμμώνιο mg/L NH_4^+ xxx xx

Διαλυμένο οξυγόνο
mg O_2 /L xx x
COD mg/L O_2 xxx x
Ολικός Φωσφόρος
mg/L P xx xx
Μικροβιολογικές Ολικά
κολίμορφα (1) /100mL xxxxxx
Σαλμονέλλες (1) /1L x
(1) **Τα αναφερόμενα στην παράμετρο αυτή δεδομένα είναι αντικείμενο ανταλλαγής πληροφοριών εφόσον πραγματοποιείται μέτρηση.**
338
Πίνακας 6: Χαρακτηριστικά των γλυκών υδάτων για την υποστήριξη της επιβίωσης των ιχθύων (προσαρμ Οδηγία 78/659/ΕΟΚ).
Παράμετροι Ύδατα Σαλμονιδών Ύδατα Κυπρινιδών
G I G I Θερμοκρασία (^oC)
Η θερμοκρασία πιο κάτω από το σημείο των θερμικών απορροών θα πρέπει να μην υπερβαίνει - εξαιτίας αυτών - τις ακόλουθες
21,5 (O) 28 (O) Τα θερμοκρασιακά όρια, όμως, μπορούν να ξεπεραστούν για το 2% του χρόνου.
Διαλυμένο οξυγόνο (mg/L O_2)
50% ≥ 9 100% ≥ 7
50% ≥ 9 Όταν η συγκέντρωση του O_2 γίνει μικρότερη των 6 mg/l, οι αρχές απαιτείται να αποδείξουν πως αυτή η κατάσταση δε βλάπ
ισορροπημένη ανάπτυξη των πληθυσμών των ιχθύων.
50% ≥ 8 100% ≥ 5
50% ≥ 7 Όταν η συγκέντρωση του O_2 γίνει μικρότερη των 4 mg/l, οι αρχές απαιτείται να αποδείξουν πως αυτή η κατάσταση δε βλάπ
ισορροπημένη ανάπτυξη των πληθυσμών των ιχθύων.
pH 6-9 (O) 6-9 (O)
Αιωρούμενα στερεά (mg/L)
≤ 25 (O) ≤ 25 (O)
Νιτρώδη (mg/L NO_2) ≤ 0,01 ≤ 0,03
Φαινολικές ενώσεις (mg/L C_6H_5OH)
(1) (1)
Αμμωνία (mg/L NH_3) ≤ 0,005 ≤ 0,025 ≤ 0,005 ≤ 0,025
Ολικό Αμμώνιο (mg/L NH_4^+)
Για να μειωθεί ο κίνδυνος τοξικότητας από την αμμωνία, την κατανάλωση οξυγόνου, λόγω αζωτοποίησης και τον ευτροφισμό,
συγκεντρώσεις του αμμωνίου θα πρέπει να μην υπερβαίνουν τις κάτωθι τιμές:
≤ 0,04 ≤ 1 (2) ≤ 0,2 ≤ 1 (2)

I = υποχρεωτική τιμή G = κατευθυντήρια τιμή O = υπέρβαση των προβλεπομένων ορίων σύμφωνα με το άρθρο 11. (1) Οι φαινό θα πρέπει να βρίσκονται σε τέτοιες συγκεντρώσεις, ώστε να μην επιδρούν αρνητικά στην οσμή των ιχθύων (2) Σε συγκεκριμένε κλιματολογικές συνθήκες και ειδικότερα, όπου η θερμοκρασία του ύδατος είναι χαμηλή και η αζωτοποίηση μειωμένη, αλλά κα στις οποίες οι αρχές αποδεικνύουν πως δεν υπάρχουν βλαβερές επιπτώσεις για την ισορροπημένη ανάπτυξη των πληθυσμών τω Κράτη-Μέλη μπορούν να ορίσουν τιμές υψηλότερες του 1mg/l.

Γενική παρατήρηση: Όπου είναι παρούσες δύο ή περισσότερες βλαβερές ουσίες, οι επιπτώσεις δύνανται να είναι (αθροιστικές, ανταγωνιστικές) σημαντικές.

339

Πίνακας 7: Πρότυπη μέθοδος μετρήσεως για τον προσδιορισμό των τιμών των παραμέτρων της 75/440/ΕΟΚ (προσαρμοσμένος από την Οδηγία 79/869/ΕΟΚ).

Παράμετρος	**Πρότυπη μέθοδος μέτρησης**
pH	Ηλεκτρομετρία: η μέτρηση πραγματοποιείται επί τόπου, συγχρόνως με τη δειγματοληψία, χωρίς προηγούμενη επεξεργασία δείγματος
Ολικά αιωρούμενα σωματίδια	αποξήρανση στους 105 ^{o}C και ζύγιση
	ηση με διηθητική μεμβράνη των 0,45 μm,
Θερμοκρασία	Θερμομετρία: Η μέτρηση πραγματοποιείται *επί τόπου*, συγχρόνως με τη δειγματοληψία, χωρίς προηγούμενη επεξεργασία δείγματος
Αγωγιμότητα στους 20 ^{o}C	Ηλεκτρομετρία
Νιτρικά ιόντα	Φασματομετρία μοριακής απορρόφησης
Φωσφορικά άλατα	Φασματομετρία μοριακής απορρόφησης
Φαινόλες (δείκτης φαινόλης)	ματομετρία μοριακής απορρόφησης, δος με 4 ανιτοαντιπυρίνη ή μέθοδος με ανιτρανιλίνη
Ποσοστό κορεσμού σε διαλυμένο οξυγόνο	Ηλεκτροχημική μέθοδος
Χημική απαίτηση σε οξυγόνο (COD)	οδος διχρωμικού καλίου

Αμμώνιο Φασματομετρία μοριακής απορρόφησης

Ολικά κολίμορφα Καλλιέργεια στους 37 ^{o}C σε ειδικό στερεό μέσο
κατάλληλο για αυτό το σκοπό (όπως, άγαρ λακτόζης με tergitol, άγαρ Endo, άγ
teepol 0,4%) με ή χωρίς διήθηση και απαρίθμηση των αποικιών. Τα δείγματα π
αραιώνονται ή κατά περίπτωση, να συμπυκνώνονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε ν
περιέχουν μεταξύ 10 και 100 αποικίες.

Σαλμονέλλες Συμπύκνωση με διήθηση (κατάλληλο φίλτρο ή
μεμβράνη) *ή* εμβολιασμός σε μέσο προεμπλουτισμού. Εμπλουτισμός, μεταφορ
ζελατίνη απομονώσεως – αναγνώριση.

340

**Πίνακας 8: Απαιτήσεις περί απορροών από κέντρα επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων (προσαρμο
91/271/ΕΟΚ)**

Παράμετροι	**Συγκέντρωση**	**Ελάχιστο ποσοστό μείωσης ***
COD	125 mg/L O_2	75
Ολικά αιωρούμενα στερεά	35 mg/L	90 **

*** Μείωση σε σχέση με το φορτίο της εισροής ** Αυτή η απαίτηση είναι προαιρετική**

Πίνακας 9: Κώδικες ορθής αγροτικής πρακτικής (προσαρμοσμένος από την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ).

**Οι κώδικες ορθής αγροτικής πρακτικής, αποσκοπώντας στη μείωση της νιτρορύπανσης και λαμβάνον
τις συνθήκες της κάθε περιοχής της Κοινότητας, αφορούν τα ακόλουθα:**

1. Τις χρονικές περιόδους κατά τις οποίες η διασπορά λιπασμάτων στο έδαφος είναι ακατάλληλη

2. Τη διασπορά λιπασμάτων σε επικλινή εδάφη

3. Τη διασπορά λιπασμάτων σε εδάφη κεκορεσμένα με νερό, πλημμυρισμένα, παγωμένα ή καλυμμένα με πάγο

4. Τις συνθήκες για τη διασπορά λιπασμάτων κοντά σε πηγές υδάτων

5. Μέτρα για την πρόληψη της ρύπανσης των υδάτων από την απορροή και τη διαρροή στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα υγρών που περιέχουν κόπρο.

6. Χρησιμοποίηση συστημάτων αμειψισποράς

7. Μέτρα για τη διασπορά χημικών λιπασμάτων, αλλά και κόπρου, συμπεριλαμβανομένων του ρυθμού και της ομοιομορφίας της διασποράς, ώστε οι απώλειες των θρεπτι συστατικών στο νερό να διατηρούνται σε θεμιτό επίπεδο

8. Την καταγραφή της χρήσης λιπασμάτων

9. Μέτρα για την πρόληψη της ρύπανσης των υδάτων, λόγω απορροών, αλλά και της καθοδικής κίνησης των υδάτων, πέραν των ριζών των καλλιεργούμενων φυτών στην περίπτωση τω αρδευτικών συστημάτων

10. Τη διατήρηση ελάχιστης φυτικής κάλυψης κατά τη διάρκεια των βροχερών περιόδων, ώστε το άζωτο να απομακρύνεται από το έδαφος

341

Πίνακας 10: Παράμετροι και παραμετρικές τιμές σχετικά με την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατ (προσαρμοσμένος από ΚΥΑ Υ2/2600/2001 σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 98/83/ΕΚ).

Παράμετροι	Μονάδα	Παραμετρική τιμή
Μικροβιολογικές	*Escherichia coli*	αριθμός/100mL 0
	Εντερόκοκκοι	αριθμός/100mL 0
Χημικές	Νιτρικά	mg/L 50[(1)]
	Νιτρώδη	mg/L 0,50[(1)]
Ενδεικτικές	Αμμώνιο	mg/L 0,50

σπορίων)

Clostridium perfringens αριθμός/100mL 0
(συμπεριλαμβανομένων των

Αγωγιμότητα μS/cm (20 ^{o}C) 2500

pH pH 6.5-9.5[(2)]

Κολίμορφα αριθμός/100mL 0

Άνευ ασυνήθους μεταβολής
Άνευ ασυνήθους μεταβολής

0,50
0,50
0,50

Συμπληρωματικές*

Αριθμός αποικιών σε
22 ^{o}C

Φωσφόρος
(P_2O_5)

ς ενώσεις (πλην
ωροφαινόλης)

mg/L 5

- μg/L

- μg/L

Σαλμονέλλες αριθμός/1 L 0

Ξηρό υπόλειμμα mg/L 1500

Οι συναρμόδιες αρχές εξασφαλίζουν ότι τηρείται ο όρος [νιτρικά]/50 + [νιτρώδη]/3 < 1 Για το στάσιμο νερό, που τοποθετεί φιάλες ή δοχεία, η κατώτατη τιμή μπορεί να μειώνεται σε 4,5 μονάδες pH. * Η συμπληρωματική παρακολούθηση είναι δυ συμπληρώνεται κατάλληλα με πρόσθετες παραμέτρους, όταν υπάρχουν λόγοι να πιστεύεται ότι οι ουσίες ή οι οργανισμοί α ενδέχεται να υπάρχουν σε ποσότητες ή αριθμούς που αποτελούν ενδεχόμενο κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία.

Πίνακας 11: Συχνότητα παρακολούθησης ποικίλων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών σε ύδατα (προσαρμοσμένος από την Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Φυσικοχημικό χαρακτηριστικό	**Συχνότητα παρακολούθησης**
Θερμικές συνθήκες	3 μήνες
Οξυγόνωση	3 μήνες
Αλατότητα	3 μήνες
Θρεπτικές ουσίες	3 μήνες
Κατάσταση οξίνισης	3 μήνες
Λοιποί ρύποι	3 μήνες
Ουσίες προτεραιότητας	1 μήνας

Πίνακας 12: Συνταγή παρασκευής του Buffered nitrate-motility medium (προσαρμοσμένος από Harmon a Kautter, 1978).

Συστατικά	**Ποσότητα**
Βόειο εκχύλισμα	3 g
Πεπτόνη	5 g
Νιτρικό κάλιο	5 g
D-Γαλακτόζη	5 g
Γλυκερόλη	5 g
Όξινο φωσφορικό νάτριο	2,5 g
Άγαρ	3 g
Απιονισμένο νερό	1 L

Πίνακας 13: Συνταγή παρασκευής του Lactose-gelatin medium (προσαρμοσμένος από Hauschild and Hillsheimer, 1974).

Συστατικά	**Ποσότητα**
Τρυπτόζη	15 g
Εκχύλισμα ζύμης	10 g
Όξινο φωσφορικό νάτριο	5 g
Ζελατίνη	120 g
Λακτόζη	10 g
Δείκτης ερυθρός της φαινόλης	12,5 g
Απιονισμένο νερό	1 L

Πίνακας 14: Προετοιμασία των προτύπων McFarland (προσαρμοσμένος από McFarland, 1907).

Πρότυπος αριθμός δοκιμαστικού σωλήνα	**H_2SO_4 1% (mL)**	**H_2SO_4 1% (mL)**	**Αντίστοιχη βακτηριακή συγκέντρωση (εκατ./ mL)**
1	0,1	9,9	300
2	0,2	9,8	600
3	0,3	9,7	900
4	0,4	9,6	1200
5	0,5	9,5	1500

Πίνακας 15: Συνολικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την 1η δειγματοληψία

19-Δεκ	Ώρα	Συντεταγμένες		Θερμοκρασία αέρα (°C)	pH	Θερμοκρασία νερού (°C)	D.O. (mg/L)	Αγωγιμότητα (μS/cm)(25 °C)	Θερμοκρασία νερού (°C)	D.O. (mg/L)	Αγωγιμότητα (μS/cm)(25 °C)
ΝΕΔΑ 1	18:15	37° 23,489' N	21° 50,987' E	8,5	12	8,9	403	7,83			
ΝΕΔΑ 2	17:15	37° 23,050' N	21° 41,353' E	12	13	8,8	387	7,88			
ΠΕΡ 1	16:37	37° 16,151' N	21° 47,113' E	10	13	9,3	498	8,25			
ΠΕΡ 2	16:55	37° 17,562' N	21° 42,145' E	12	12	9,3	391	8,07			
ΜΑΥΡ 1	16:15	37° 17,299' N	21° 51,697' E	11,5	12,5	7,6	535	7,7			
ΜΑΥΡ 2	15:50	37° 13,306' N	21° 56,941' E	12	13	8,8	463	7,86			
ΜΑΥΡ 3	15:30	37° 09,431' N	21° 58,734' E	14,5	13	8,9	525	6,97			
ΠΑΜ 1	15:00	37° 10,220' N	22° 01,455' E	18	15	8,3	577	7,39			
ΠΑΜ 2	14:45	37° 10,138' N	22° 01,491' E	18	15	8	565	7,38			
ΠΑΜ 3	14:15	37° 05,644' N	22° 00,182' E	17	13	7,7	523	7,51			
ΠΑΜ 4	13:30	37° 03,130' N	22° 01,234' E	18	13	6,7	481	7,57			
ΠΑΜ 5	12:50	37° 00,880' N	21° 59,898' E	17,5	14	0	6270	7,08			
ΝΕΔΩΝ 1	9:05	37° 05,871' N	22° 13,899' E	7,5	10	8,7	438	7,95			

Συνέχεια πίνακα...

19-Δεκ	Ώρα	Συντεταγμένες		Θερμοκρασία αέρα (°C)	pH	Θερμοκρασία νερού (°C)	D.O. (mg/L)	Αγωγιμότητα (μS/cm)(25°C)	Θερμοκρασία νερού (°C)	D.O. (mg/L)	Αγωγιμότητα (μS/cm)(25°C)
ΝΕΔΩΝ 2	7:50	37° 08,507' N	22° 13,379' E	8,5	9,5	9,9	319	8,2			
ΝΕΔΩΝ 3	8:40	37° 07,022' N	22° 13,379' E	9	9,5	9,9	288	8,12			

22^{o} 12,261’ E **ΝΕΔΩΝ 4** 37^{o} 01,528’ N 22^{o} 06,079’ E **ΒΕΛ 1** 11:05 37^{o} 04,134’ N 12

21^{o} 50,493’ E **ΒΕΛ 2** 12:20 37^{o} 00,334’ N 17 12 9,9 385 8,22

21^{o} 55,836’ E **ΒΕΛ 3** 10:30 36^{o} 59,674’ N 12 11,5 9,2 379 7,92

21^{o} 56,795’ E **ΛΟΓ 1** 11:30 37^{o} 05,389’ N 12 11,5 9,5 394 8,09

21^{o} 52,128’ E **ΛΟΓ 2** 11:45 37^{o} 04,803’ N 14,5 12 8,9 436 7,85

21^{o} 52,375’ E

346

Πίνακας 16: Συνολικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την 2^{η} δειγματοληψία

20-Μαρ Ώρα Θερμοκρασία αέρα (^{o}C) Θερμοκρασία D.O. (mg/L) Αγωγιμότητα pH νερού (^{o}C) (μS/cm) (25 ^{o}C) ΝΕΔΑ 1 18:25 13 13,9 10 344 8,22

ΝΕΔΑ 2 17:27 17,5 16,2 9,9 382 8,02

ΠΕΡ 1 16:33 17,5 16 10 474 8,18
ΠΕΡ 2 17:06 17 16 10,3 460 8,07
ΜΑΥΡ 1 16:02 20 16,6 9,4 478 8,09
ΜΑΥΡ 2 15:38 21 16 10,4 505 8,05
ΜΑΥΡ 3 15:10 19,5 16,1 10,3 543 8,2
ΠΑΜ 1 14:42 21,5 15,8 8,6 589 7,33
ΠΑΜ 2 14:31 20,5 15,8 9,3 571 7,51
ΠΑΜ 3 14:05 22 15,5 9,8 668 7,95
ΠΑΜ 4 13:30 18 16,9 10,3 657 8,23
ΠΑΜ 5 12:57 19 18,9 9,8 3590 7,7

ΝΕΔΩΝ 1 8:32 7 8,8 9,5 195 7,96

347

Συνέχεια πίνακα...

20-Μαρ Ώρα Θερμοκρασία αέρα (^{o}C)

	Θερμοκρασία νερού (^{O}C)	pH	pH	D.O. (mg/L) Αγωγιμότητα	D.O. (mg/L) Αγωγιμότητα	D.O. (mg/L) Αγωγιμότητα (μS/cm) (25 ^{O}C)	(μS/cm) (25 ^{O}C)
ΝΕΔΩΝ 2	7:33	6,5	7,4	10,3	326	7,92	
ΝΕΔΩΝ 3	8:00	7,5	7,5	10,5	190	7,94	
ΝΕΔΩΝ 4							
ΒΕΛ 1	10:43	20	12,7	9,6	395	8,01	
ΒΕΛ 2	12:31	18,5	14,6	10,5	402	8,14	
ΒΕΛ 3	9:58	21	12,8	9,5	430	7,85	
ΛΟΓ 1	11:20	22,5	13,3	10,2	459	8,09	
ΛΟΓ 2	11:54	23	14,4	10	496	8,02	

348

Πίνακας 17: Συνολικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την 3^{η} δειγματοληψία

15-Μαϊ	**Ώρα**	**Θερμοκρασία αέρα (^{O}C)**	**Θερμοκρασία D.O. (mg/L) Αγωγιμότητα**	**pH νερού(^{O}C)**	**(μS/cm) (25 ^{O}C)**
ΝΕΔΑ 1	18:40	22	16,4	9,2	343	8,31

ΝΕΔΑ 2 17:39 24 21,8 8,9 375 8,16

ΠΕΡ 1 16:47 23 17 9,7 506 8,18
ΠΕΡ 2 17:15 25 20,9 9,2 505 8
ΜΑΥΡ 1 16:20 26 17,3 9 494 8,7
ΜΑΥΡ 2 15:48 25 18,3 10 528 8,13
ΜΑΥΡ 3 15:20 25 18,6 8,8 536 8,21
ΠΑΜ 1 14:40 27,5 15,7 9 592 7,37
ΠΑΜ 2 14:29 26 15,8 9,7 568 7,5
ΠΑΜ 3 14:00 25 17,8 8,1 751 7,72
ΠΑΜ 4 13:25 24,5 18,9 10,2 777 8,09
ΠΑΜ 5 13:05 24,5 21,9 6,6 11200 7,52

ΝΕΔΩΝ 1 9:02 14,5 12,6 8,7 413 7,9

Συνέχεια πίνακα...

15-Μαϊ Ώρα Θερμοκρασία αέρα (^{O}C)

Θερμοκρασία νερού (^{O}C)

pH

pH
D.O. (mg/L) Αγωγιμότητα
D.O. (mg/L) Αγωγιμότητα
D.O. (mg/L) Αγωγιμότητα
(μS/cm) (25^{O}C)
(μS/cm) (25^{O}C)

ΝΕΔΩΝ 2 8:07 15 12,2 9,3 237 8,03

ΝΕΔΩΝ 3 8:38 15 13,7 9,6 234 8,14

ΝΕΔΩΝ 4 9:50 21,5 18,1 9,6 485 8,47

ΒΕΛ 1 11:19 20 15,3 9,2 432 8,05

ΒΕΛ 2 12:41 22,5 18,1 10,3 419 8,28

ΒΕΛ 3 10:33 21 16,9 8,4 460 7,78

ΛΟΓ 1 11:40 20 16,4 8,6 496 7,79

ΛΟΓ 2 12:05 21 16,8 8,8 524 7,87

350

Πίνακας 18: Συνολικά αποτελέσματα φυσικοχημικών παραμέτρων κατά την 4η δειγματοληψία

4-Ιουλ	Ώρα	Θερμοκρασία αέρα (°C)	Θερμοκρασία νερού (°C)	D.O. (mg/L)	Αγωγιμότητα (μS/cm) (25 °C)	pH	pH νερού(°C)
ΝΕΔΑ 1	17:50	25,5	19,4	8,5	315	8,29	
ΝΕΔΑ 2	16:50	27	21,7	9,6	434	7,82	
ΠΕΡ 1	16:05	28,5	18,6	9,0	521	8,10	
ΠΕΡ 2	16:25	27	24,6	8,6	513	7,94	
ΜΑΥΡ 1	15:40	31	19,3	8,3	502	7,99	
ΜΑΥΡ 2	15:10	30	21,9	8,8	560	8,05	
ΜΑΥΡ 3	14:45	30	25,1	7,4	528	8,04	
ΠΑΜ 1	14:30	32	15,8	8,5	590	7,41	
ΠΑΜ 2	14:20	32	15,9	9,2	572	7,59	
ΠΑΜ 3	13:30	30	21,5	13,1	874	8,07	
ΠΑΜ 4	12:45	26	21	8,7	878	8,12	
ΠΑΜ 5	12:20	28	25,1	7,3	16300	8,22	
ΝΕΔΩΝ 1	8:20	14	13,1	8,3	497	7,97	

351

Συνέχεια πίνακα...

4-Ιουλ	Ώρα	Θερμοκρασία αέρα (°C)	Θερμοκρασία νερού (°C)	D.O. (mg/L)	Αγωγιμότητα (μS/cm) (25 °C)	pH	pH
ΝΕΔΩΝ 2	7:40	15	13,7	8,8	276	8,22	
ΝΕΔΩΝ 3	8:55	15	14,9	8,9	263	8,28	
ΝΕΔΩΝ 4							
ΒΕΛ 1	10:30	25,5	16,9	9,1	424	8,07	
ΒΕΛ 2	11:50	26	25,2	9,6	388	8,24	
ΒΕΛ 3	9:40	24	19,9	5,9	494	7,46	
ΛΟΓ 1	10:50	29	18,8	7,3	526	7,71	
ΛΟΓ 2	11:15	29,5	19,7	7,1	538	7,81	

352

Πίνακας 19: Αιωρούμενα και ολικά στερεά κατά την 1η δειγματοληψία (19/12/2004)

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ

(mg/L) (mg/L) Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

SD ΝΕΔΑ 1 63 64 63,5 0,7 371 358 365 9 ΝΕΔΑ 2 87 81 84 4,2 368 382 375 10 **ΠΕΡ 1** 13,5 10,5 12 2,1 369 339 354 21

4,2 371 366 369 4 **ΜΑΥΡ 1** 13 15 14 1,4 394 377 386 12 **ΜΑΥΡ 2** 20 23 21,5 2,1 367 361 364 4 **ΜΑΥΡ 3** 201 213 207

22 **ΠΑΜ 1** 2 2 2 0,0 510 533 522 16 **ΠΑΜ 2** 4 2 3 1,4 577 565 571 8 **ΠΑΜ 3** 65 70 67,5 3,5 613 630 622 12 **ΠΑΜ 4** 86

675 679 5 **ΠΑΜ 5** 134 127 130,5 4,9 4510 4362 4436 105 **ΝΕΔΩΝ 1** 20 21 20,5 0,7 346 347 347 1 **ΝΕΔΩΝ 2** 10 12 11 1,

ΝΕΔΩΝ 3 15 11 13 2,8 240 235

ΒΕΛ 1 69 64 66,5 3,5 362 349 356 9 **ΒΕΛ 2** 94 90 92 2,8 401 378 390 16 **ΒΕΛ 3** 242 251 246,5 6,4 880 854 867 18 **ΛΟΓ 1**

293 292 293 1 **ΛΟΓ 2** 12,5 13,5 13 0,7 313 323 318 7

SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

353

Πίνακας 20: Αιωρούμενα και ολικά στερεά κατά τη 2η δειγματοληψία (20/3/2005)

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ

(mg/L) (mg/L) Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

SD ΝΕΔΑ 1 3,5 4,9 4,2 1,0 230 249 240 13 ΝΕΔΑ 2 6 8 7 1,4 263 257 260 4 **ΠΕΡ 1** 11 13 12 1,4 328 315 322 9 **ΠΕΡ 2** 7,5

309 306 5 **ΜΑΥΡ 1** 12 11,2 11,6 0,6 344 328 336 11 **ΜΑΥΡ 2** 10,5 12,9 11,7 1,7 346 342 344 3 **ΜΑΥΡ 3** 7 7 7 0,0 384 36

1 1 1 0,0 538 513 526 18 **ΠΑΜ 2** 2 2 2 0,0 523 541 532 13 **ΠΑΜ 3** 5 8 6,5 2,1 448 443 446 4 **ΠΑΜ 4** 8 7 7,5 0,7 386 37

16 13 14,5 2,1 2468 2387 2428 57 **ΝΕΔΩΝ 1** 4 3 3,5 0,7 234 226 230 6 **ΝΕΔΩΝ 2** 9 9 9 0,0 177 186 182 6 **ΝΕΔΩΝ 3** 7 10

ΒΕΛ 1 4 5 4,5 0,7 287 272 280 11 **ΒΕΛ 2** 12 13,2 12,6 0,8 282 290 286 6 **ΒΕΛ 3** 13,5 13,7 13,6 0,1 303 320 312 12 **ΛΟΓ 1**

310 312 311 1 **ΛΟΓ 2** 3 2 2,5 0,7 342 317 330 18

SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

354

Πίνακας 21: Αιωρούμενα και ολικά στερεά κατά την 3η δειγματοληψία (15/5/2005)

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ

(mg/L) (mg/L) Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

SD ΝΕΔΑ 1 1 2 1,5 0,7 224 237 231 9 ΝΕΔΑ 2 2,5 1,4 2 0,8 251 259 255 6 **ΠΕΡ 1** 4 5 4,5 0,7 342 336 339 4 **ΠΕΡ 2** 4,5 5

337 1 **ΜΑΥΡ 1** 5,5 8 6,8 1,8 320 333 327 9 **ΜΑΥΡ 2** 2,5 2,6 2,6 0,1 340 359 350 13 **ΜΑΥΡ 3** 4 3,2 3,6 0,

ΠΑΜ 1 0,5 0,6 0,6 0,1 531 550 541 13 **ΠΑΜ 2** 1,5 1,2 1,4 0,2 511 548 530 26 **ΠΑΜ 3** 2,5 2,6 2,6 0,1 729 705 717 17 **ΠΑΜ**

658 679 669 15 **ΠΑΜ 5** 31,5 23,2 27,4 5,9 7504 7440 7472 45 **ΝΕΔΩΝ 1** 2,5 4 3,3 1,1 302 305 304 2 **ΝΕΔΩΝ 2** 3,5 5,6

214 7 **ΝΕΔΩΝ 3** 5 9 7 2,8 222 209 216 9 **ΝΕΔΩΝ 4** 3,5 6 4,8 1,8

ΒΕΛ 1 6,5 5,8 6,2 0,5 285 273 279 8 **ΒΕΛ 2** 4 3 3,5 0,7 287 282 285 4 **ΒΕΛ 3** 2,5 2,6 2,6 0,1 307 320 314 9 **ΛΟΓ 1** 2,5

328 324 6 **ΛΟΓ 2** 3 3,2 3,1 0,1 361 334 348 19

SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

355

Πίνακας 22: Αιωρούμενα και ολικά στερεά κατά την 4η δειγματοληψία (4/7/2005)

ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ

(mg/L) (mg/L) Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

SD ΝΕΔΑ 1 2 1,5 1,8 0,4 214 206 210 6 ΝΕΔΑ 2 2,5 3 2,8 0,4 303 315 309 8 **ΠΕΡ 1** 3,5 4 3,8 0,4 319 326 323 5 **ΠΕΡ**

349 340 345 6 **ΜΑΥΡ 1** 6 7 6,5 0,7 334 344 339 7 **ΜΑΥΡ 2** 2 2 2 0,0 370 358 364 8 **ΜΑΥΡ 3** 2,8 4 3,4 0,
ΠΑΜ 1 0,5 0,4 0,5 0,1 481 465 473 11 **ΠΑΜ 2** 1,5 1,2 1,4 0,2 490 462 476 20 **ΠΑΜ 3** 1,5 1,6 1,6 0,1 715 683 699 23 **ΠΑΜ**
681 661 671 14 **ΠΑΜ 5** 40 35,2 37,6 3,4 12518 12736 12627 154 **ΝΕΔΩΝ 1** 4 2,8 3,4 0,8 388 382 385 4 **ΝΕΔΩΝ 2** 6 4,8
201 6 **ΝΕΔΩΝ 3** 12 10 11 1,4 215 202
ΒΕΛ 1 2,5 2,8 2,7 0,2 261 251 256 7 **ΒΕΛ 2** 3 4,8 3,9 1,3 263 252 258 8 **ΒΕΛ 3** 2 1,6 1,8 0,3 325 317 321 6 **ΛΟΓ 1** 3,5
329 335 8 **ΛΟΓ 2** 17 19,2 18,1 1,6 365 367 366 1
SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2
356

Πίνακας 23: Ιοντικές μετρήσεις κατά την 1η δειγματοληψία (19/12/2004)

ΝΙΤΡΙΚΑ (NO_3^-) ΝΙΤΡΩΔΗ (NO_2^-) (mg/L) (mg/L) Μέτρηο

SD ΝΕΔΑ 1 0 0 0,0 0,0 0,0658 0 0,03 0,05 **ΝΕΔΑ 2** 0 0 0,0 0,0 0 0 0,00 0,00 **ΠΕΡ 1** 0 0 0,0 0,0 0,0329 0,0658 0,05 0,
5,759 4,4 1,9 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 1** 4,873 2,215 3,5 1,9 0,0987 0,0987 0,10 0,00 **ΜΑΥΡ 2** 7,078 6,645 6,9 0,3 0 0,0329
3 0 0 0,0 0,0 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 1** 2,658 5,316 4,0 1,9 0,0329 0 0,02 0,02 **ΠΑΜ 2** 3,544 6,202 4,9 1,9 0 0 0,00 0,00 **ΠΑ**
1,3 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 4** 3,987 1,329 2,7 1,9 0,0329 0,0329 0,03 0,00 **ΠΑΜ 5** 1,329 5,759 3,5 3,1 2,961 3,619 3,29 0,4
0,0 0,0 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 2** 0 2,215 1,1 1,6 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 3** 0 0,886 0,4 0,6 0,0329 0 0,02
ΒΕΛ 1 0 0 0,0 0,0 0,0658 0 0,03 0,05 **ΒΕΛ 2** 1,329 1,329 1,3 0,0 0,0987 0 0,05 0,07 **ΒΕΛ 3** 2,215 0 1,1 1,6 0 0 0,00 0,00
0,4 0,6 0,0329 0 0,02 0,02 **ΛΟΓ 2** 0,443 2,658 1,6 1,6 0,0329 0 0,02 0,02
SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2
357

Συνέχεια πίνακα...
ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΑΜΜΩΝΙΑ (NH_3)
(mg/L) (mg/L) Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

SD ΝΕΔΑ 1 0,01 0 0,01 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΑ 2** 0 0,00 0 0 0,00 0,00 **ΠΕΡ 1** 0,16 0,06 0,11 0,07 0 0 0,00 0,00 **ΠΕΡ**
0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 1** 0,28 0,18 0,23 0,07 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 2** 0,05 0,03 0,04 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 3** 0,86 0,62 0,
0,00 **ΠΑΜ 1** 0 0,00 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 2** 0,04 0,04 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 3** 0,06 0,07 0,07 0,01 0,01216 0,01216 0,01 0,00 **Π**
0,14 0,08 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 5** 1,81 2 1,91 0,13 0,40128 0,21888 0,31 0,13 **ΝΕΔΩΝ 1** 0,18 0,18 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ**
0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 3** 0 0,00 0 0 0,00
ΒΕΛ 1 0,14 0,14 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 2** 0 0,05 0,03 0,04 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 3** 0,04 0,04 0 0 0,00 0,00 **ΛΟΓ 1** 0,09 0,09 0 0
0 0,00 0 0 0,00 0,00
SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2
358

Πίνακας 24: Ιοντικές μετρήσεις κατά τη 2η δειγματοληψία (20/3/2005)

ΝΙΤΡΙΚΑ (NO_3^-) ΝΙΤΡΩΔΗ (NO_2^-) (mg/L) (mg/L) Μέτρηο

SD ΝΕΔΑ 1 4,43 4,873 4,7 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΑ 2** 2,215 3,101 2,7 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΠΕΡ 1** 7,088 7,974 7,5 0,6 0 0
6,645 3,544 5,1 2,2 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 1** 1,772 0,886 1,3 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 2** 6,645 4,43 5,5 1,6 0 0 0,00 0,00
5,316 5,8 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 1** 0 1,772 0,9 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 2** 2,215 4,873 3,5 1,9 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 3** 6,202 7
0,00 0,00 **ΠΑΜ 4** 7,088 4,873 6,0 1,6 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 5** 15,948 18,606 17,3 1,9 3,619 4,112 3,87 0,35 **ΝΕΔΩΝ 1** 1,329
0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 2** 4,43 2,658 3,5 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 3** 2,658 0,886 1,8 1,3 0 0 0,00
ΒΕΛ 1 6,645 5,316 6,0 0,9 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 2** 2,215 3,101 2,7 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 3** 6,202 5,316 5,8 0,6 0 0 0,00 0,
11,518 9,7 2,5 0 0,033 0,02 0,02 **ΛΟΓ 2** 9,303 8,417 8,9 0,6 0 0 0,00 0,00
SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

359

Συνέχεια πίνακα...

ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΑΜΜΩΝΙΑ (NH_3)

(mg/L) (mg/L) Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

SD ΝΕΔΑ 1 0,12 0,1 0,11 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΑ 2** 0,23 0,16 0,20 0,05 0 0 0,00 0,00 **ΠΕΡ 1** 0,32 0,27 0,30 0,04 0 0 0

0,21 0,22 0,22 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 1** 0,22 0,25 0,24 0,02 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 2** 0,22 0,31 0,27 0,06 0 0 0,00 0,0
0,21 0,19 0,03 0,00000 0,02432 0,01 0,02 **ΠΑΜ 1** 0,14 0,26 0,20 0,08 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 2** 0,26 0,28 0,27 0,01 0 0 0,00 0

0,36 0,37 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 4** 0,14 0,17 0,16 0,02 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 5** 1,28 1,16 1,22 0,08 1,28896 1,36192 1,33

0,16 0,18 0,17 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 2** 0,04 0,06 0,05 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 3** 0,07 0,03 0,05 0,03 0 0 0,00

ΒΕΛ 1 0,2 0,12 0,16 0,06 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 2** 0,13 0,16 0,15 0,02 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 3** 0,07 0,09 0,08 0,01 0 0 0,00 0
0,11 0,09 0,03 0 0 0,00 0,00 **ΛΟΓ 2** 0,1 0,13 0,12 0,02 0 0,01216 0,01 0,01

SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

360

Πίνακας 25: Ιοντικές μετρήσεις κατά την 3η δειγματοληψία (15/5/2005)

ΝΙΤΡΙΚΑ (NO_3^-) ΝΙΤΡΩΔΗ (NO_2^-) (mg/L) (mg/L) Μέτρηο

SD ΝΕΔΑ 1 6,645 8,417 7,5 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΑ 2** 7,974 5,316 6,6 1,9 0 0 0,00 0,00 **ΠΕΡ 1** 14,176 12,847 13,5 0,9 0 0

2 11,075 9,746 10,4 0,9 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 1** 4,873 5,316 5,1 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 2** 6,645 9,303 8,0 1,9 0,0329 0
ΜΑΥΡ 3 5,316 7,974 6,6 1,9 0,0329 0,0329 0,03 0,00 **ΠΑΜ 1** 8,417 7,974 8,2 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 2** 8,86 6,202 7,5 1
ΠΑΜ 3 5,759 7,974 6,9 1,6 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 4** 7,974 7,088 7,5 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 5** 11,961 11,518 11,7 0,3 0,4

0,05 **ΝΕΔΩΝ 1** 7,088 6,202 6,6 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 2** 11,518 9,303 10,4 1,6 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 3** 5,759 4,873

0,00 **ΝΕΔΩΝ 4** 4,873 6,645 5,8 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 1** 7,088 6,202 6,6 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 2** 8,86 7,974 8,4 0,6 0 0

11,075 10,632 10,9 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΛΟΓ 1** 9,303 10,189 9,7 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΛΟΓ 2** 13,733 12,404 13,1

SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

361

Συνέχεια πίνακα...

ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΑΜΜΩΝΙΑ (NH_3)

(mg/L) (mg/L) Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

SD ΝΕΔΑ 1 0,07 0,05 0,06 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΑ 2** 0,09 0,07 0,08 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΠΕΡ 1** 0,15 0,09 0,12 0,04 0 0

0,08 0,12 0,10 0,03 0,03648 0,03648 0,04 0,00 **ΜΑΥΡ 1** 0,31 0,21 0,26 0,07 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 2** 0,29 0,17 0,23 0,
ΜΑΥΡ 3 0,13 0,17 0,15 0,03 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 1** 0,16 0,11 0,14 0,04 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 2** 0,22 0,14 0,18 0,06 0 0 0,00 0
0,12 0,15 0,04 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 4** 0,15 0,12 0,14 0,02 0,01216 0,01216 0,01 0,00 **ΠΑΜ 5** 0,59 0,57 0,58 0,01 0,413

0,03 **ΝΕΔΩΝ 1** 0,13 0,19 0,16 0,04 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 2** 0,16 0,18 0,17 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 3** 0,05 0,08 0,07

0,01 0,01 **ΝΕΔΩΝ 4** 0,15 0,12 0,14 0,02 0,02432 0,02432 0,02 0,00 **ΒΕΛ 1** 0,08 0,08 0,08 0,00 0,07296 0,14592 0,11

0,12 0,11 0,01 0,03648 0,03648 0,04 0,00 **ΒΕΛ 3** 0,04 0,07 0,06 0,02 0,02432 0,01216 0,02 0,01 **ΛΟΓ 1** 0,00 0,01 0,01 0,
ΛΟΓ 2 0,35 0,3 0,33 0,04 0,01216 0,

SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

362

Πίνακας 26: Ιοντικές μετρήσεις κατά την 4η δειγματοληψία (4/7/2005)

ΝΙΤΡΙΚΑ (NO_3^-) ΝΙΤΡΩΔΗ (NO_2^-) (mg/L) (mg/L) Μέτρηο

SD ΝΕΔΑ 1 6,202 5,759 6,0 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΑ 2** 5,759 6,202 6,0 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΠΕΡ 1** 11,075 11,075 11,1 0,0 0 0

2 6,645 8,417 7,5 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 1** 6,202 5,316 5,8 0,6 0 0 0,00 0,00 **ΜΑΥΡ 2** 9,746 11,518 10,6 1,3 0,3948 0

ΜΑΥΡ 3 4,430 5,759 5,1 0,9 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 1** 7,974 8,417 8,2 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 2** 6,202 5,316 5,8 0,6 0 0 0

5,316 7,088 6,2 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 4** 5,759 7,531 6,6 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 5** 8,417 7,531 8,0 0,6 0 0 0,00 0,00

9,303 8,4 1,3 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 2** 5,759 6,202 6,0 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 3** 9,746 10,632 10,2 0,6 0 0 0,00

ΒΕΛ 1 7,088 7,088 7,1 0,0 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 2** 10,632 11,075 10,9 0,3 0 0 0,00 0,00 **ΒΕΛ 3** 8,417 9,303 8,9 0,6 0 0 0
10,632 11,961 11,3 0,9 0 0 0,00 0,00 **ΛΟΓ 2** 6,645 7,974 7,3 0,9 0 0 0,00 0,00
SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2
363

Συνέχεια πίνακα...
ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΑΜΜΩΝΙΑ (NH_3)
(mg/L) (mg/L) Μέτρηση 1 Μέτρηση 2

SD ΝΕΔΑ 1 0,08 0,05 0,07 0,02 0,03648 0,04864 0,04 0,01 **ΝΕΔΑ 2** 0,19 0,14 0,17 0,04 0,01216 0,03648 0,02 0,02 **ΠΕΡ**

0,04 0,02432 0,01216 0,02 0,01 **ΠΕΡ 2** 0,15 0,11 0,13 0,03 0,04864 0,07296 0,06 0,02 **ΜΑΥΡ 1** 0,12 0,08 0,10 0,03 0
0,03 0,01 **ΜΑΥΡ 2** 0,50 0,57 0,54 0,05 0,35264 0,29184 0,32 0,04 **ΜΑΥΡ 3** 0,17 0,20 0,19 0,02 0 0 0,00 0,00 **ΠΑΜ 1** 0,0
0,01216 0,01216 0,01 0,00 **ΠΑΜ 2** 0,09 0,08 0,09 0,01 0,01216 0,03648 0,02 0,02 **ΠΑΜ 3** 0,03 0,02 0,03 0,01 0,04864 0,

ΠΑΜ 4 0,13 0,12 0,13 0,01 0 0,01216 0,01 0,01 **ΠΑΜ 5** 0,43 0,40 0,42 0,02 0,04864 0,2432 0,15 0,14 **ΝΕΔΩΝ 1** 0,2

0,01216 0 0,01 0,01 **ΝΕΔΩΝ 2** 0,09 0,07 0,08 0,01 0 0 0,00 0,00 **ΝΕΔΩΝ 3** 0,12 0,15 0,14 0,02 0,03648 0,04864 0,0

ΒΕΛ 1 0,06 0,04 0,05 0,01 0,04864 0,07296 0,06 0,02 **ΒΕΛ 2** 0,09 0,08 0,09 0,01 0 0,01216 0,01 0,01 **ΒΕΛ 3** 0,17
0,01216 0 0,01 0,01 **ΛΟΓ 1** 0,11 0,80 0,46 0,49 0,04864 0,06080 0,05 0,01 **ΛΟΓ 2** 0,20 0,17 0,19 0,02 0,01216 0 0,01 0,0
SD Μέτρηση 1 Μέτρηση 2
364

Πίνακας 27: Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο κατά το σύνολο των δειγματοληψιών

COD (mg O_2/L ύδατος) 19-Δεκ 20-Μαρ 15-Μαϊ 4-Ιουλ

ΝΕΔΑ 1 4,5 4 4 15,9

ΝΕΔΑ 2 22,6 12 19,9 31,7

ΠΕΡ 1 13,6 35,9 51,8 63,5

ΠΕΡ 2 22,6 19,9 27,9 31,7

ΜΑΥΡ 1 13,6 27,9 43,8 23,8

ΜΑΥΡ 2 22,6 12 19,9 31,7

ΜΑΥΡ 3 791,9 27,9 51,8 31,7

ΠΑΜ 1 13,6 12 12 23,8

ΠΑΜ 2 4,5 27,9 19,9 23,8

ΠΑΜ 3 31,7 27,9 35,9 63,5

ΠΑΜ 4 22,6 35,9 35,9 31,7

ΠΑΜ 5 85,9 75,7 107,6 182,5

ΝΕΔΩΝ 1 4,5 19,9 27,9 31,7

ΝΕΔΩΝ 2 4,5 19,9 19,9 23,8

ΝΕΔΩΝ 3 4,5 27,9 35,9 23,8

ΝΕΔΩΝ 4 27,9

ΒΕΛ 1 13,6 27,9 35,9 39,6

ΒΕΛ 2 31,7 27,9 35,9 39,6

ΒΕΛ 3 67,9 35,9 35,9 47,6

ΛΟΓ 1 13,6 27,9 27,9 31,7

ΛΟΓ 2 22,6 27,9 35,9 39,6

500ppm

Standard KHD 502,3 490,0 490,0 507,9

Πίνακας 28: Συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων κατά την 1η δειγματοληψία (19/12/2004)

OD μg μg/L ΝΕΔΑ 1 0,026 0,835 239 **ΝΕΔΑ 2** 0,054 1,937 553 **ΠΕΡ 1** 0,039 1,346 385 **ΠΕΡ 2** 0,036 1,228 35
0,05 1,78 509 **ΜΑΥΡ 2** 0,045 1,583 452 **ΜΑΥΡ 3 (1:10)**
0,301 11,661 33317
ΠΑΜ 1 0,042 1,465 419 **ΠΑΜ 2** 0,073 2,685 767 **ΠΑΜ 3** 0,089 3,315 947 **ΠΑΜ 4** 0,068 2,488 711 **ΠΑΜ 5** 0,
2724 **ΝΕΔΩΝ 1** 0,029 0,953 272 **ΝΕΔΩΝ 2** 0,013 0,323 92 **ΝΕΔΩΝ 3** 0,017 0,48 137 **ΝΕΔΩΝ 4 ΒΕΛ 1** 0,03 0
ΒΕΛ 2 0,045 1,583 452 **ΒΕΛ 3** 0,056 2,016 576 **ΛΟΓ 1** 0,028 0,913 261 **ΛΟΓ 2** 0,07 2,567 733
366

ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ - 19/12

1,6
1,4
1,2
1
0,80,6
0,4
0,2
0
0 10 20 30 40 50 60

$y = 0,0254x + 0,0048$ $R^2 = 0,9999$

ΠΟΣΟΤΗΤΑ (μg)

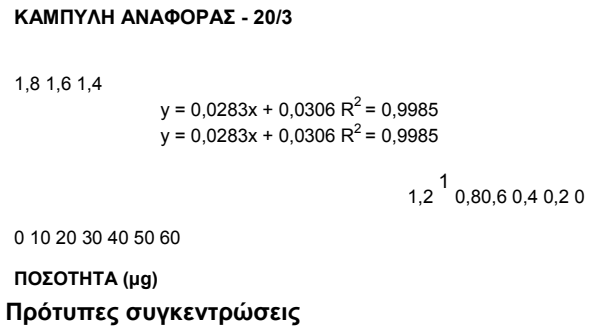
Πρότυπες συγκεντρώσεις

μg OD 1,5 0,043 3 0,08 6 0,156 9 0,231 15 0,385 30 0,779 60 1,526

Πίνακας 29: Συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων κατά τη 2η δειγματοληψία (20/3/2005)

519 **ΛΟΓ 1** 0,068 1,322 378 **ΛΟΓ 2** 0,064 1,18 337

OD µg µg/L ΝΕΔΑ 1 0,066 1,251 357 **ΝΕΔΑ 2** 0,064 1,18 337 **ΠΕΡ 1** 0,094 2,24 640 **ΠΕΡ 2** 0,1 2,452 701 **ΜΑΥΡ 1** 0,083 1,852 529 **ΜΑΥΡ 2** 0,085 1,922 549 **ΜΑΥΡ 3** 0,088 2,028 579 **ΠΑΜ 1** 0,065 1,216 347 **ΠΑΜ 2** 0,075 1,569 448 **ΠΑΜ 3** 0,095 2,276 650 **ΠΑΜ 4** 0,076 1,604 458 **ΠΑΜ 5** 0,193 5,738 1639 **ΝΕΔΩΝ 1** 0,038 0,261 75 **ΝΕΔΩΝ 2** 0,031 0,014 4 **ΝΕΔΩΝ 3** 0,036 0,191 55 **ΝΕΔΩΝ 4 ΒΕΛ 1** 0,088 2,028 579 **ΒΕΛ 2** 0,078 1,675 479 **ΒΕΛ 3** 0,082 1,816 367



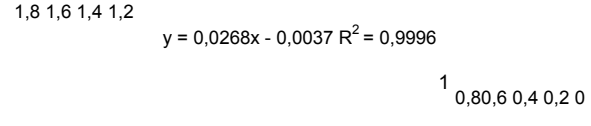
µg OD 1,5 0,052 3 0,107 6 0,182 9 0,332 15 0,467 30 0,875 60 1,726

Πίνακας 30: Συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων κατά την 3η δειγματοληψία (15/5/2005)

OD µg µg/L ΝΕΔΑ 1 0,020 0,884 253 **ΝΕΔΑ 2** 0,032 1,332 381 **ΠΕΡ 1** 0,031 1,295 370 **ΠΕΡ 2** 0,027 1,146 327 0,036 1,481 423 **ΜΑΥΡ 2** 0,028 1,183 338 **ΜΑΥΡ 3** 0,042 1,705 487 **ΠΑΜ 1** 0,019 0,847 242 **ΠΑΜ 2** 0,030 1,25 0,037 1,519 434 **ΠΑΜ 4** 0,046 1,854 530 **ΠΑΜ 5** 0,289 10,922 3120 **ΝΕΔΩΝ 1** 0,025 1,071 306 **ΝΕΔΩΝ 2** 0,014 **ΝΕΔΩΝ 3** 0,005 0,325 93 **ΝΕΔΩΝ 4** 0,092 3,571 1020 **ΒΕΛ 1** 0,035 1,444 413

368

ΒΕΛ 2 0,025 1,071 306 **ΒΕΛ 3** 0,030 1,257 359 **ΛΟΓ 1** 0,026 1,108 317 **ΛΟΓ 2** 0,050 2,004 572



ΚΑΜΠΥΛΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ - 15/5

0 10 20 30 40 50 60 70

ΠΟΣΟΤΗΤΑ (µg)

Πρότυπες συγκεντρώσεις

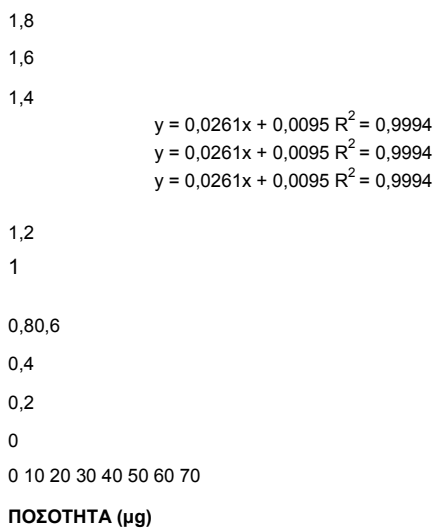
μg OD 1,5 0,035 3 0,073 6 0,159 9 0,247 15 0,38 30 0,815 60 1,597

Πίνακας 31: Συγκεντρώσεις φαινολικών ενώσεων κατά την 4η δειγματοληψία (4/7/2005)

369

OD μg μg/L ΝΕΔΑ 1 0,030 0,785 224 **ΝΕΔΑ 2** 0,058 1,858 531 **ΠΕΡ 1** 0,050 1,552 443 **ΠΕΡ 2** 0,065 2,126 607 **ΜΑΥΡ 1** 0,060 1,935 553 **ΜΑΥΡ 2** 0,058 1,858 531 **ΜΑΥΡ 3** 0,085 2,893 827 **ΠΑΜ 1** 0,057 1,820 520 **ΠΑΜ 2** 0,065 2,126 607 **ΠΑΜ 3** 0,062 2,011 575 **ΠΑΜ 4** 0,062 2,011 575 **ΠΑΜ 5** 0,443 16,609 4745 **ΝΕΔΩΝ 1** 0,060 1,935 553 **ΝΕΔΩΝ 2** 0,025 0,594 170 **ΝΕΔΩΝ 3** 0,062 2,011 575 **ΝΕΔΩΝ 4 ΒΕΛ 1** 0,034 0,937 268 **ΒΕΛ 2** 0,050 1,552 443 **ΒΕΛ 3** 0,133 4,732 1352 **ΛΟΓ 1** 0,065 2,126 607 **ΛΟΓ 2** 0,089 3,046 870

370



Πρότυπες συγκεντρώσεις

μg OD 1,5 0,036 3 0,08 6 0,164 9 0,243 15 0,42 30 0,809 60 1,563

Πίνακας 32: Μικροβιολογικά ευρήματα κατά την 1η δειγματοληψία (19/12/2004)

ανά 100 mL

SD Ολικά Βακτήρια ΝΕΔΑ 1 1,43E+05 1,32E+05 1,85E+05 1,53E+05 2,80E+04 ΝΕΔΑ 2 2,30E+06 2,40E+06 2,45E+06 2,38 ΜΑΥΡ 2 8,80E+05 9,00E+05 9,30E+05 9,03E+05 2,52E+04 ΠΑΜ 2 2,75E+06 2,90E+06 3,10E+06 2,92E+06 1,76E+05 ΠΑΜ 4 2 2,50E+06 2,70E+06 2,53E+06 1,53E+05 ΛΟΓ 2 4,50E+06 4,70E+06 4,80E+06 4,67E+06 1,53E+05 ΒΕΛ 2 9,00E+05 1,10E+06 1

1,02E+06 1,04E+05 ΝΕΔΩΝ 4 **Total coliforms** ΝΕΔΑ 1 5,60E+03 6,20E+03 6,80E+03 6,20E+03 6,00E+02 ΝΕΔΑ 2 1,35E+05
1,58E+05 1,37E+05 2,06E+04 ΜΑΥΡ 2 8,80E+04 9,50E+04 1,05E+05 9,60E+04 8,54E+03 ΠΑΜ 2 4,50E+05 3,50E+05 4,20E+0
5,13E+04 ΠΑΜ 4 1,23E+05 1,15E+05 1,05E+05 1,14E+05 9,02E+03 ΛΟΓ 2 6,50E+05 5,00E+05 5,70E+05 5,73E+05 7,51E+04
6,40E+04 6,70E+04 6,87E+04 5,69E+03 ΝΕΔΩΝ 4 ***Escherichia coli*** ΝΕΔΑ 1 2,10E+02 2,60E+02 2,30E+02 2,33E+02 2,52E+0
2,00E+03 1,80E+03 1,50E+03 1,77E+03 2,52E+02 ΜΑΥΡ 2 3,70E+03 3,80E+03 3,10E+03 3,53E+03 3,79E+02 ΠΑΜ 2 2,00E+0
1,60E+02 1,73E+02 2,31E+01 ΠΑΜ 4 5,30E+03 4,10E+03 4,50E+03 4,63E+03 6,11E+02 ΛΟΓ 2 1,30E+03 2,10E+03 1,40E+03
4,36E+02 ΒΕΛ 2 1,60E+03 1,50E+03 1,40E+03 1,50E+03 1,00E+02 ΝΕΔΩΝ 4 **Εντερόκοκκοι** ΝΕΔΑ 1 1,60E+02 7,00E+01 1,5
4,93E+01 ΝΕΔΑ 2 8,00E+02 1,00E+03 6,00E+02 8,00E+02 2,00E+02 ΜΑΥΡ 2 2,70E+03 3,50E+03 2,70E+03 2,97E+03 4,62E+0
1,80E+02 2,00E+02 1,10E+02 1,63E+02 4,73E+01 ΠΑΜ 4 3,10E+03 2,30E+03 2,60E+03 2,67E+03 4,04E+02 ΛΟΓ 2 1,60E+03
1,00E+03 1,43E+03 3,79E+02 ΒΕΛ 2 1,10E+03 1,30E+03 1,70E+03 1,37E+03 3,06E+02 ΝΕΔΩΝ 4 **Θεωρητικά *C. perfringen***
20 10 10 ΝΕΔΑ 2 180 110 140 143 35 ΜΑΥΡ 2 90 70 100 87 15 ΠΑΜ 2 8 10 6 8 2 ΠΑΜ 4 0 10 20 10 10 ΛΟΓ 2 40 50 30 40 10 Β
83 12 ΝΕΔΩΝ 4 ***Salmonella*** **MPN ανά 1000 mL** ΝΕΔΑ 2 10 ΛΟΓ 2 20

371

Πίνακας 33: Μικροβιολογικά ευρήματα κατά τη 2η δειγματοληψία (20/3/2005)
ανά 100 mL

SD Ολικά Βακτήρια ΝΕΔΑ 1 1,25E+04 1,25E+04 1,50E+04 1,33E+04 1,44E+03 ΝΕΔΑ 2 7,50E+04 8,25E+04 9,25E+04 8,3
ΜΑΥΡ 2 7,50E+04 7,75E+04 5,75E+04 7,00E+04 1,09E+04 ΠΑΜ 2 2,25E+04 2,75E+04 2,00E+04 2,33E+04 3,82E+03 ΠΑΜ 4 3
4,00E+04 3,75E+04 3,58E+04 5,20E+03 ΛΟΓ 2 3,05E+05 2,38E+05 2,78E+05 2,73E+05 3,39E+04 ΒΕΛ 2 3,25E+04 2,25E+04 3
2,83E+04 5,20E+03 ΝΕΔΩΝ 4 **Total coliforms** ΝΕΔΑ 1 2,20E+02 1,90E+02 1,50E+02 1,87E+02 3,51E+01 ΝΕΔΑ 2 1,25E+03
1,33E+03 1,24E+03 9,02E+01 ΜΑΥΡ 2 1,40E+04 1,20E+04 9,00E+03 1,17E+04 2,52E+03 ΠΑΜ 2 1,10E+04 1,20E+04 1,40E+0
1,53E+03 ΠΑΜ 4 9,00E+03 1,20E+04 9,00E+03 1,00E+04 1,73E+03 ΛΟΓ 2 5,00E+03 6,00E+03 7,00E+03 6,00E+03 1,00E+03
4,50E+02 4,60E+02 5,03E+02 8,39E+01 ΝΕΔΩΝ 4 ***Escherichia coli*** ΝΕΔΑ 1 1,00E+01 0,00E+00 0,00E+00 3,33E+00 5,77E+
0,00E+00 1,00E+01 1,00E+01 6,67E+00 5,77E+00 ΜΑΥΡ 2 3,00E+01 5,00E+01 4,00E+01 4,00E+01 1,00E+01 ΠΑΜ 2 1,11E+0
1,04E+03 1,13E+03 1,01E+02 ΠΑΜ 4 1,10E+02 8,00E+01 9,00E+01 9,33E+01 1,53E+01 ΛΟΓ 2 2,00E+01 2,00E+01 3,00E+01
5,77E+00 ΒΕΛ 2 2,00E+01 2,00E+01 1,00E+01 1,67E+01 5,77E+00 ΝΕΔΩΝ 4 **Εντερόκοκκοι** ΝΕΔΑ 1 4,00E+00 6,00E+00 7,0
5,67E+00 1,53E+00 ΝΕΔΑ 2 7,00E+01 9,00E+01 8,00E+01 8,00E+01 1,00E+01 ΜΑΥΡ 2 2,60E+02 2,10E+02 1,80E+02 2,17E+0
ΠΑΜ 2 3,40E+01 4,10E+01 4,20E+01 3,90E+01 4,36E+00 ΠΑΜ 4 3,00E+01 3,00E+01 5,00E+01 3,67E+01 1,15E+01 ΛΟΓ 2 2,0
1,00E+01 1,00E+01 1,33E+01 5,77E+00 ΒΕΛ 2 4,00E+01 5,00E+01 7,00E+01 5,33E+01 1,53E+01 ΝΕΔΩΝ 4 **Θεωρητικά *C. p***
ΝΕΔΑ 1 1 0 0 0,3 0,6 ΝΕΔΑ 2 5 3 3 4 1 ΜΑΥΡ 2 30 30 10 23 12 ΠΑΜ 2 7 6 12 8 3 ΠΑΜ 4 70 40 30 47 21 ΛΟΓ 2 2 2 0 1 1 ΒΕΛ 2
4

372

ανά 100 mL

SD Πραγματικά *C. perfringens* ΝΕΔΑ 1 1 0 0 0,3 0,6 ΝΕΔΑ 2 5 3 3 4 1 ΜΑΥΡ 2 20 10 0 10 10 ΠΑΜ 2 4 5 6 5 1 ΠΑΜ 4 50 30
2 2 0 1 1 ΒΕΛ 2 2 1 1 1 1 ΝΕΔΩΝ 4 ***Salmonella*** **MPN ανά 1000 mL** ΝΕΔΑ 2 10

373

Πίνακας 34: Μικροβιολογικά ευρήματα κατά την 3η δειγματοληψία (15/5/2005)
ανά 100 mL

SD Ολικά Βακτήρια ΝΕΔΑ 1 3,20E+04 3,00E+04 3,30E+04 3,17E+04 1,53E+03 ΝΕΔΑ 2 4,80E+04 4,20E+04 4,90E+04 4,6
ΜΑΥΡ 2 4,20E+05 3,80E+05 4,40E+05 4,13E+05 3,06E+04 ΠΑΜ 2 2,20E+04 2,00E+04 2,30E+04 2,17E+04 1,53E+03 ΠΑΜ 4 1
1,13E+05 1,04E+05 1,14E+05 1,00E+04 ΛΟΓ 2 8,10E+05 8,60E+05 8,40E+05 8,37E+05 2,52E+04 ΒΕΛ 2 7,80E+05 7,20E+05 7
7,37E+05 3,79E+04 ΝΕΔΩΝ 4 3,09E+06 3,27E+06 3,20E+06 3,19E+06 9,07E+04 **Total coliforms** ΝΕΔΑ 1 5,50E+03 4,40E+0
4,93E+03 5,51E+02 ΝΕΔΑ 2 7,20E+03 8,20E+03 7,90E+03 7,77E+03 5,13E+02 ΜΑΥΡ 2 9,80E+03 8,30E+03 9,20E+03 9,10E+0
ΠΑΜ 2 6,10E+03 5,90E+03 5,60E+03 5,87E+03 2,52E+02 ΠΑΜ 4 8,20E+03 8,10E+03 8,30E+03 8,20E+03 1,00E+02 ΛΟΓ 2 1,2
1,38E+04 1,32E+04 1,31E+04 7,55E+02 ΒΕΛ 2 4,40E+03 4,50E+03 4,60E+03 4,50E+03 1,00E+02 ΝΕΔΩΝ 4 1,45E+05 1,31E+0
1,34E+05 9,45E+03 ***Escherichia coli*** ΝΕΔΑ 1 3,00E+01 3,00E+01 4,00E+01 3,33E+01 5,77E+00 ΝΕΔΑ 2 5,00E+01 7,00E+01

5,67E+01 1,15E+01 ΜΑΥΡ 2 1,70E+02 1,80E+02 1,60E+02 1,70E+02 1,00E+01 ΠΑΜ 2 4,50E+02 5,40E+02 4,80E+02 4,90E+0
ΠΑΜ 4 1,60E+02 1,30E+02 1,40E+02 1,43E+02 1,53E+01 ΛΟΓ 2 2,60E+02 3,10E+02 2,90E+02 2,87E+02 2,52E+01 ΒΕΛ 2 8,0
1,00E+02 9,67E+01 1,53E+01 ΝΕΔΩΝ 4 1,04E+03 1,09E+03 1,01E+03 1,05E+03 4,04E+01 **Εντερόκοκκοι** ΝΕΔΑ 1 4,30E+01
5,40E+01 4,80E+01 5,57E+00 ΝΕΔΑ 2 5,10E+01 6,20E+01 5,60E+01 5,63E+01 5,51E+00 ΜΑΥΡ 2 2,10E+02 2,20E+02 1,90E+0
1,53E+01 ΠΑΜ 2 2,90E+01 2,40E+01 2,50E+01 2,60E+01 2,65E+00 ΠΑΜ 4 4,70E+01 5,30E+01 6,40E+01 5,47E+01 8,62E+00
7,10E+02 6,20E+02 5,50E+02 6,27E+02 8,02E+01 ΒΕΛ 2 4,70E+02 4,00E+02 3,80E+02 4,17E+02 4,73E+01 ΝΕΔΩΝ 4 1,92E+0
1,72E+03 1,81E+03 1,03E+02 **Θεωρητικά *C.perfringens*** ΝΕΔΑ 1 1 1 1 1 0 ΝΕΔΑ 2 7 8 4 6 2 ΜΑΥΡ 2 1 3 2 2 1 ΠΑΜ 2 5 6 7
2 2 1 ΛΟΓ 2 8 2 3 4 3 ΒΕΛ 2 0 2 1 1 1 ΝΕΔΩΝ 4 14 5 8 9 5

374

ανά 100 mL

SD Πραγματικά *C. perfringens* ΝΕΔΑ 1 1 1 1 1 0 ΝΕΔΑ 2 7 8 0 5 4 ΜΑΥΡ 2 1 0 1 1 1 ΠΑΜ 2 0 0 0 0 0 ΠΑΜ 4 0 0 2 1 1 ΛΟΓ
2 0 0 1 0,3 0,6 ΝΕΔΩΝ 4 14 0 3 6 7 ***Salmonella* MPN ανά 1000 mL MPR ανά 1000 mL** ΝΕΔΑ 1 10 ΜΑΥΡ 2 10 ΠΑΜ 4 10
100 ΒΕΛ 2 90 80-100 ΝΕΔΩΝ 4 150 130-180

375

Πίνακας 35: Μικροβιολογικά ευρήματα κατά την 4η δειγματοληψία (4/7/2005)

ανά 100 mL

SD Ολικά Βακτήρια ΝΕΔΑ 1 8,00E+03 8,00E+03 1,00E+04 8,67E+03 1,15E+03 ΝΕΔΑ 2 1,01E+05 9,00E+04 9,50E+04 9,5
ΜΑΥΡ 2 4,20E+05 4,70E+05 4,00E+05 4,30E+05 3,61E+04 ΠΑΜ 2 6,40E+04 5,30E+04 5,70E+04 5,80E+04 5,57E+03 ΠΑΜ 4 1
2,10E+05 2,20E+05 2,03E+05 2,08E+04 ΛΟΓ 2 2,76E+06 2,92E+06 2,66E+06 2,78E+06 1,31E+05 ΒΕΛ 2 7,80E+05 8,40E+05 7
7,80E+05 6,00E+04 ΝΕΔΩΝ 4 **Total coliforms** ΝΕΔΑ 1 4,60E+03 4,30E+03 5,10E+03 4,67E+03 4,04E+02 ΝΕΔΑ 2 1,40E+04
1,37E+04 1,39E+04 1,53E+02 ΜΑΥΡ 2 2,07E+04 2,15E+04 2,38E+04 2,20E+04 1,61E+03 ΠΑΜ 2 1,13E+03 1,28E+03 1,18E+0
7,64E+01 ΠΑΜ 4 1,68E+04 1,72E+04 1,59E+04 1,66E+04 6,66E+02 ΛΟΓ 2 5,98E+04 5,65E+04 5,82E+04 5,82E+04 1,65E+03
1,32E+04 1,36E+04 1,39E+04 8,89E+02 ΝΕΔΩΝ 4 ***Escherichia coli*** ΝΕΔΑ 1 5,00E+01 3,00E+01 2,00E+01 3,33E+01 1,53E+
3,00E+01 4,00E+01 4,00E+01 3,67E+01 5,77E+00 ΜΑΥΡ 2 7,00E+01 7,00E+01 5,00E+01 6,33E+01 1,15E+01 ΠΑΜ 2 2,20E+0
2,40E+02 2,33E+02 1,15E+01 ΠΑΜ 4 9,00E+01 8,00E+01 7,00E+01 8,00E+01 1,00E+01 ΛΟΓ 2 3,20E+03 3,70E+03 3,50E+03
2,52E+02 ΒΕΛ 2 2,10E+03 2,60E+03 2,50E+03 2,40E+03 2,65E+02 ΝΕΔΩΝ 4 **Εντερόκοκκοι** ΝΕΔΑ 1 1,88E+02 2,02E+02 1,9
1,96E+02 7,37E+00 ΝΕΔΑ 2 1,20E+02 1,20E+02 1,11E+02 1,17E+02 5,20E+00 ΜΑΥΡ 2 1,63E+02 1,47E+02 1,53E+02 1,54E+0
ΠΑΜ 2 8,20E+01 8,70E+01 7,40E+01 8,10E+01 6,56E+00 ΠΑΜ 4 7,80E+01 6,90E+01 7,50E+01 7,40E+01 4,58E+00 ΛΟΓ 2 1,1
1,23E+03 1,29E+03 1,23E+03 6,00E+01 ΒΕΛ 2 4,12E+03 4,01E+03 4,05E+03 4,06E+03 5,57E+01 ΝΕΔΩΝ 4 **Θεωρητικά *C.***
ΝΕΔΑ 1 0 0 0 0 0 ΝΕΔΑ 2 0 0 0 0 0 ΜΑΥΡ 2 2 2 1 2 1 ΠΑΜ 2 1 0 0 0,3 0,6 ΠΑΜ 4 1 1 0 1 1 ΛΟΓ 2 8 12 16 12 4 ΒΕΛ 2 1 0 0 0,3 0

376

ανά 100 mL

SD Πραγματικά *C. perfringens* ΝΕΔΑ 1 0 0 0 0 0 ΝΕΔΑ 2 0 0 0 0 0 ΜΑΥΡ 2 1 1 0 1 1 ΠΑΜ 2 1 0 0 0,3 0,6 ΠΑΜ 4 0 0 0 0 0
4 ΒΕΛ 2 1 0 0 0,3 0,6 ΝΕΔΩΝ 4 ***Salmonella* MPN ανά 1000 mL** ΛΟΓ 2 20

377

Πίνακας 36: Αποτελέσματα των δοκιμασιών ταυτοποίησης εντερόκοκκων

Δειγματοληψία Σημείο

Δειγματοληψίας

Απομόνωση Ανάπτυξη

Ανάπτυξη

Καταλάση Χρώση Gram 10 °C

45 °C

19/12/2004 ΝΕΔΑ 1 A1 + + + + - + A2 + + + + - + A3 + + + + - + A4 + + + -
ΝΕΔΑ 2 A1 + + + + - + A2 + + + + - + A3 + + + + - + A4 + + + + - +

ΜΑΥΡ 2 Α1 + + + + - + Α2 + + + + - - Α3 + + + + - +
ΠΑΜ 2 Α1 + + + + - + Α2 + + + + - + Α3 + + + + - + Α4 + + + + - +
ΠΑΜ 4 Α1 + + + + - +
Α2 - + + - Α3 + + + + - + Α4 + + + + - +
378
Ανάπτυξη 6,5% NaCl
Esculin Hydrolysis
Συνέχεια πίνακα...
Δειγματοληψία Σημείο
Δειγματοληψίας
Απομόνωση Ανάπτυξη
Ανάπτυξη 10 °C
45 °C
Καταλάση Χρώση Gram
19/12/2004 ΛΟΓ 2 Α1 + + + + - + Α2 + + + + - - Α3 + + + + - + Α4 + + + + - +
ΒΕΛ 2 Α1 + + + + - + Α2 + + + + - + Α3 + + + + - + Α4 + + + + - + Α5 + + + + - +
20/3/2005 ΝΕΔΑ 1 Β1 + + + + - +
Β2 + - + + Β3 + + + + - + Β4 + + + + - +
ΝΕΔΑ 2 Β1 + + + + - + Β2 + + + + - + Β3 + + + + - +
ΜΑΥΡ 2 Β1 + + + + - - Β2 + + + + - + Β3 + + + + - + Β4 + - - -
379
Ανάπτυξη 6,5% NaCl
Esculin Hydrolysis
Συνέχεια πίνακα...
Δειγματοληψία Σημείο
Δειγματοληψίας
Απομόνωση Ανάπτυξη
Ανάπτυξη 10 °C
45 °C
Καταλάση Χρώση Gram
20/3/2005 ΠΑΜ 2 Β1 + + + + - + Β2 + + + + - + Β3 + + + + - + Β4 + + + + - -
ΠΑΜ 4 Β1 + + + + - + Β2 + + + + - +
ΛΟΓ 2 Β1 + + + + - + Β2 + + + + - +
ΒΕΛ 2 Β1 + + + + - +
Β2 + + + + +
15/5/2005 ΝΕΔΑ 1 Γ1 + + + + - + Γ2 + + + + - + Γ3 + + + + - + Γ4 + + + + - - Γ5 + + + + - +
ΝΕΔΑ 2 Γ1 + + + + - + Γ2 + + + + - + Γ3 + + - - Γ4 + + + + - + Γ5 + - - -
380
Ανάπτυξη 6,5% NaCl
Esculin Hydrolysis
Συνέχεια πίνακα...
Δειγματοληψία Σημείο

Δειγματοληψίας
Απομόνωση Ανάπτυξη
Ανάπτυξη 10 °C
45 °C
Καταλάση Χρώση Gram
15/5/2005 ΜΑΥΡ 2 Γ1 + + + + - - Γ2 + + + + - + Γ3 + + + + - + Γ4 + + + + - + Γ5 + + + + - +
ΠΑΜ 2 Γ1 + + + + - - Γ2 + + + + - + Γ3 + + + + - + Γ4 + + + + - + Γ5 + + + + - -
ΠΑΜ 4 Γ1 + + + + - + Γ2 + + + + - + Γ3 + + + - Γ4 + + + + - + Γ5 + + + + - +
ΛΟΓ 2 Γ1 + + + + - + Γ2 + + + + - + Γ3 + + + + - + Γ4 + + + + - + Γ5 + + + + - +
381
Ανάπτυξη 6,5% NaCl
Esculin Hydrolysis
Συνέχεια πίνακα...
Δειγματοληψία Σημείο
Δειγματοληψίας
Απομόνωση Ανάπτυξη
Ανάπτυξη 10 °C
45 °C
Καταλάση Χρώση Gram
15/5/2005 ΒΕΛ 2 Γ1 + + + + - + Γ2 + + + + - + Γ3 + + + + - - Γ4 + + + + - - Γ5 + + + + - +
ΝΕΔΩΝ 4 Γ1 + + + + - + Γ2 + + + + - + Γ3 + + + + + + Γ4 + + + + - - Γ5 + + + + - +
4/7/2005 ΝΕΔΑ 1 Δ1 + + + + - + Δ2 + + + + - + Δ3 + + + - Δ4 + + + + - + Δ5 + + + + - +
ΝΕΔΑ 2 Δ1 + + + + - - Δ2 + + + + - + Δ3 + + + + - + Δ4 + + + + - + Δ5 + + + + - +
382
Ανάπτυξη 6,5% NaCl
Esculin Hydrolysis
Συνέχεια πίνακα...
Δειγματοληψία Σημείο
Δειγματοληψίας
Απομόνωση Ανάπτυξη
Ανάπτυξη 10 °C
45 °C
Καταλάση Χρώση Gram
4/7/2005 ΜΑΥΡ 2 Δ1 + + + + - + Δ2 + + + + - + Δ3 + + + + - + Δ4 + + + + - + Δ5 + + + + - -
ΠΑΜ 2 Δ1 + + + + - + Δ2 + + + + - + Δ3 + + - + - + Δ4 + + + + - + Δ5 + + + + - +
ΠΑΜ 4 Δ1 + + + + - +
Δ2 + + + - Δ3 + + + + - + Δ4 + + + + - + Δ5 + + + + - +
ΛΟΓ 2 Δ1 + + + + - + Δ2 + + + + - + Δ3 + + + + - + Δ4 + + + + - + Δ5 + + + + - +
383
Ανάπτυξη 6,5% NaCl
Esculin Hydrolysis
Συνέχεια πίνακα...

Δειγματοληψία Σημείο
Δειγματοληψίας
Απομόνωση Ανάπτυξη
Ανάπτυξη 10 ^{o}C
45 ^{o}C
Καταλάση Χρώση Gram
4/7/2005 ΒΕΛ 2 Δ1 + + + + - + Δ2 + + + + - + Δ3 + + + + - + Δ4 + + + + - + Δ5 + + + + - +
ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ:
• Τα τέσσερα πρώτα test έγιναν ταυτόχρονα. Ως εκ τούτου, τουλάχιστον ένα αρνητικό αποτέλεσμα για εντερόκοκκους σε αυτά μ
συνεχίσουμε και σε επόμενες δοκιμασίες. Για αυτό, ακριβώς, και τα κενά στα δεξιά του πίνακα.
• Στην τελευταία στήλη του πίνακα, το [-] δεν αναφέρεται αποκλειστικά σε Gram- βακτήρια, αλλά στο ότι το αποτέλεσμα της
έδειξε καθαρή καλλιέργεια Gram+ κόκκων.
384
Ανάπτυξη 6,5% NaCl
Esculin Hydrolysis
Πίνακας 37: Ταυτοποιήσεις με χρήση του συστήματος API 20 E
Δειγματοληψία Απομόνωση Είδος % i.d. Τ Ταυτοποίηση

19/12/2004 ΝΕΔΑ 2 50 mL
Salmonella spp. 99,9 0,97 Άριστη
ΛΟΓ 2 50 mL
Salmonella spp. 99,9 0,97 Άριστη
ΛΟΓ 2 10 mL Δοκ.σωλήνας 3
Salmonella spp. 99,9 0,97 Άριστη
20/3/2005
ΝΕΔΑ 10 mL Δοκ.σωλήνας 2
ΝΕΔΑ 2 10 mL Δοκ.σωλήνας 2
Hafnia alvei

Salmonella pullorum ή
97,6
66,3
1,00
0,88
Καλή
Χαμηλή
Hafnia alvei
ή
30,8 0,92
Escherichia coli 2,5 0,83
15/5/2005 ΝΕΔΑ 1
10 mL Δοκ.σωλήνας 4

Salmonella spp.
ή
74,6 0,83 Χαμηλή
Escherichia coli 17,1 0,70
ΜΑΥΡ 2 10 mL Δοκ.σωλήνας 4
Salmonella spp. 99,9 0,97 Άριστη
ΠΑΜ 4 10 mL Δοκ.σωλήνας 2
Salmonella spp.
ή
77,8 0,85 Άριστη
(για το γένος)
Salmonella arizonae
22,1 0,66
ΛΟΓ 2 50 mL
Salmonella arizonae
99,7 1,00 Πολύ καλή
ΛΟΓ 2 10 mL Δοκ.σωλήνας 3
Salmonella
99,5 0,92 Πολύ καλή *arizonae*
385

Δειγματοληψία Απομόνωση Είδος % i.d. Τ Ταυτοποίηση

arizonae

ΒΕΛ 2 50 mL

99,7 1,00 Πολύ καλή
99,7 1,00 Πολύ καλή

Salmonella spp.

ή

ΝΕΔΩΝ 4 10 mL Δοκ.σωλήνας 3

75,2 0,60 Αμφίβολο
75,2 0,60 Αμφίβολο

προφίλ
προφίλ

Salmonella spp.

ή

89,4 1,00 Άριστη
89,4 1,00 Άριστη

Salmonella arizonae

24,7 0,42

(για το γένος)
(για το γένος)

ΒΕΛ 2 10 mL Δοκ.σωλήνας 5

Salmonella arizonae

10,5 0,75

Salmonella

4/7/2005 ΛΟΓ 2 50 mL *Salmonella arizonae*
Salmonella 22,1 0,66
spp.

ή

77,8 0,85 Άριστη
77,8 0,85 Άριστη
(για το γένος)
(για το γένος)

Salmonella arizonae
22,1 0,66

ΛΟΓ 2 10 mL
Δοκ.σωλήνας 3
Salmonella
spp.
ή
77,8 0,85 Άριστη
77,8 0,85 Άριστη
(για το γένος)
(για το γένος)

386

Πίνακας 38: Ανθεκτικότητα εντερόκοκκων σε αντιβιοτικά ανά σημείο δειγματοληψίας και αντιβιοτικό

ΝΕΔΑ 1 Α1 Α2 Α3 Β1 Β3 Β4 Γ1 Γ2 Γ3 Γ5 Δ1 Δ2 Δ4 Δ5 **ΑΜ-10** S S S S S S S S S S S S S S **Β-10** S S S S I I S S I S S I
S R I R R R I I R R R **Ε-15** S S S S I R S I I I I I I S **GM-120** S S S S S S S S S S S S S S **F/M-300** S S S R S I S S R S S
S S S I I R I I R I S R I I **OFX-5** S S S S I R R R R I S R R R **RA-5** S S R I I S S R R R R R R S **S-300** S S S S S S R S S S S
S S S S S R S S S S S I I S **Va-30** S S S S I S S I S I S R R S

ΝΕΔΑ 2 Α1 Α2 Α3 Α4 Β1 Β2 Β3 Γ1 Γ2 Γ4 Δ2 Δ3 Δ4 Δ5 **ΑΜ-10** S S S S S S S S S S R S S S **Β-10** I S I I S I R S S I S I I I
I I R I R I I R I **Ε-15** I S I I I I R I I I R S I I **GM-120** S S S S S S S S S S S S S S **F/M-300** S I R S R S R R S R I R S S **NO**
I I I I R S I R R **OFX-5** S S I S I S I R R R I R R R **RA-5** S S S R S S S S S S I R R **S-300** S S S R S S S S S S S S S S S S
S S R I R S S S I **Va-30** S S S I S S S S S S S S S R

387

Συνέχεια πίνακα ...

ΠΑΜ 2 Α1 Α3 Β2 Β3 Γ2 Γ3 Γ4 Γ5 Δ1 Δ2 Δ3 Δ4 **AM-10** S S S S S S R S S S S S **B-10** I I S R S S R S S S S S **CIP-5** I I S
E-15 I I S R R I R I I S I S **GM-120** S S S S S S S S S S S S S **F/M-300** S S S S I S R S S S S I **NOR-10** R I S I I I R S I I S
I I R S I R S S **RA-5** R S S S I R S R R S S R **S-300** S S S R S S R S S S S S **Te-30** S R S R S I R S I S S S **Va-30** I S S S
ΠΑΜ 5 Α1 Α2 Α3 Α4 Β1 Β2 Β3 Γ2 Γ3 Γ4 Δ1 Δ2 Δ4 Δ5 **AM-10** S S S S S S S S S S S S S S S **B-10** I R I R S I S S S I S S I
S I R R I I I I **E-15** I I I I I I S I I I I I I I **GM-120** S S S S S S S S S S S S S S S **F/M-300** R S S S I R S S S S S S S S **NOR-10**
R I I S I **OFX-5** R I I R S I S I I R I I S I **RA-5** S I S R S S S S R R R R R R **S-300** S S I S S S S S S S S S S **Te-30** S S R
S S S **Va-30** S S S S S S S S S R R I I S I

388

Συνέχεια πίνακα ...

ΠΑΜ 7 Α1 Α3 Α4 Β1 Β2 Γ1 Γ2 Γ4 Γ5 Δ1 Δ3 Δ4 Δ5 **AM-10** S S S S S S S S S S S S S S **B-10** I S S I I S S S S S I I **CIP-5**
I R I I **E-15** S R S I I S I I S I I I I **GM-120** S S S S S S S S S S S S S S **F/M-300** S S S S S S S S S S I R S **NOR-10** I S S S
OFX-5 S S S S S I S I I I S R I R **RA-5** S R S S S R S S S R S R I **S-300** S S S S S S S S S S I S S **Te-30** S R S S S S S S S
S S S S I I S S S S S S S
ΛΟΓ 2 Α1 Α3 Α4 Β1 Β2 Γ1 Γ2 Γ3 Γ4 Γ5 Δ1 Δ2 Δ3 Δ4 Δ5 **AM-10** S S S S S S S S S S S S S R S **B-10** I I R I I S S I S S S
R R S S S R R I S R I R I **E-15** I I I I I S R I R I I R R R I **GM-120** S S S S S S S S S S S S S S S **F/M-300** S S S S S S I
NOR-10 R I R I S S S I I I S I I R I **OFX-5** R I R R S S S I R I S R I R I **RA-5** R R R S S S R R R R S S R R S **S-300** S S S
S R S S S **Te-30** S S S I S S S S S S S R S S S **Va-30** I I R I S S S S S I S S S S S

389

Συνέχεια πίνακα ...

ΒΕΛ 2 Α1 Α2 Α3 Α4 Α5 Β1 Γ1 Γ2 Γ5 Δ1 Δ2 Δ3 Δ4 Δ5 **AM-10** S S S S S S S S S S S S S S **B-10** S I I I I S I S S S S S S
I R R I R I S S S **E-15** S I I S S I I I I R I S I S **GM-120** S S S S S S S S S S S S S S S **F/M-300** I S S S S I R R S S I S S S N
S R I S I S S S S **OFX-5** S I I I S S R I S R S S S S **RA-5** S R S R S S R S R S S S S S **S-300** S S S S S S S S S R S S S
S S S S I S R S S S S **Va-30** S I I S S I I S S S S S S S

ΝΕΔΩΝ 4 Γ1 Γ2 Γ5 **AM-10** S S S **B-10** S S S **CIP-5** I I I **E-15** I I I **Σημείωση: Τα Α, Β, Γ και Δ αναφέρονται στις αντίστοιχε**
S

χρονολογικά δειγματοληψίες, ήτοι F/M-300 S S S **NOR-10** S I I **OFX-5** S I R **RA-5** I R I **S-300** R S S

Α: 19/12/2004 Β: 20/3/2005 Γ: 15/5/2005 Δ: 4/7/2005 Οι αριθμοί αναφέρονται στο απομονωμένο – κάθε φορά – στέλεχο

resistant, I: intermediate Te-30 R

390

Πίνακας 39: Συνολικά αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των απομονώσεων εντερόκοκκων ανά αντι
χρησιμοποιήθηκε

Δράση Αντιβιοτικών Αντιβιοτικά	**Επίπεδα Ανθεκτικότητας***

S I R Αναστολείς σύνθεσης κυτταρικού τοιχώματος
AM-10 96 0 3 Va-30 72 21 6 B-10 54 39 6 Αναστολείς σύνθεσης πρωτεϊνών
Te-30 76 10 13 E-15 22 64 13 S-300 90 2 7 GM-120 99 0 0 Αναστολείς σύνθεσης νουκλεϊκών οξέων
CIP-5 23 49 27 RA-5 51 8 40 OFX-5 35 34 30 NOR-10 37 47 15 F/M-300 70 13 16

***τα αριθμητικά δεδομένα αναφέρονται στα 99 εξεταζόμενα στελέχη S:Sensitive (ευαίσθητα), I:Intermediate (ενδιάμεσης ευαισ R:Resistant (ανθεκτικά)**

Πίνακας 40: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων ανά δειγματοληψία και αντιβιοτι χρησιμοποιήθηκε

Αντιβιοτικά	Επίπεδα Ανθεκτικότητας*
S I R	AM-10 24/16/25/28 0/0/0/1 0/0/1/1 Va-30 17/12/18/23 6/4/6/4 1/0/2/3 B-10 7/6/20/18 14/8/5/12 3/2/1/0 T 21/13/18/22 0/1/5/4 3/2/3/4 E-15 9/3/4/6 14/10/16/19 1/3/6/5 S-300 22/14/25/27 1/0/0/1 1/2/1/2 GM-120 24/16/ 0/0/0/0 CIP-5 10/4/4/5 11/9/10/16 3/3/12/9 RA-5 13/14/11/13 1/2/1/2 10/0/14/15 OFX-5 11/8/5/10 9/5/11/8 4/3/ 12/7/6/11 8/8/15/14 4/1/5/5 F/M-300 20/9/17/21 2/3/3/5 2/4/6/4

*** 1η δειγματοληψία / 2η/ 3η / 4η Έχουν αφαιρεθεί τα αποτελέσματα από την 3η δειγματοληψία για το ΝΕΔΩΝ 4 για λόγους συγκ**
391

Πίνακας 41: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για τα σημεία ΝΕΔΑ 1 και Ν

Αντιβιοτικά	Επίπεδα Ανθεκτικότητας*
S I R	AM-10 14/13 0/0 0/1 Va-30 9/12 3/1 2/1 B-10 9/5 5/8 0/1 Te-30 11/10 2/2 1/2 E-15 6/2 7/10 1/2 S-300 13/13 0/0 1/1 GM-120 14/14 0/0 0/0 CIP-5 4/3 3/8 7/3 RA-5 5/10 2/1 7/3 OFX-5 5/4 2/4 7/6 NOR-10 4/6 7/5 3/3 F/M-300 11/6 1/2 2/6 *** ΝΕΔΑ 1/ΝΕΔΑ 2**

Πίνακας 42: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για το σημείο ΜΑΥΡ 2

Αντιβιοτικά	Επίπεδα Ανθεκτικότητας
S I R	AM-10 11 0 1 Va-30 9 3 0 B-10 8 2 2 Te-30 7 2 3 E-15 3 6 3 S-300 10 0 2 GM-120 12 0 0 CIP-5 3 7 2 RA-5 6 1 5 OFX-5 4 5 3 NOR-10 4 6 2 F/M-300 9 2 1

392

Πίνακας 43: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για τα σημεία ΠΑΜ 1 και ΠΑ

Αντιβιοτικά	**Επίπεδα Ανθεκτικότητας***
S I R	AM-10 14/13 0/0 0/0 Va-30 9/11 3/2 2/0 B-10 6/8 6/5 2/0 Te-30 11/10 2/0 1/3 E-15 1/4 13/8 0/1 S-300 13/12 1/1 0/0 GM-120 14/13 0/0 0/0 CIP-5 1/3 10/8 3/2 RA-5 6/8 1/1 7/4 OFX-5 3/6 8/5 3/2 NOR-10 4/6 8/6 2/1 F/M-300 11/11 1/1 2/1

***ΠΑΜ1/ΠΑΜ2**

Πίνακας 44: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για το σημείο ΛΟΓ 2

Αντιβιοτικά	**Επίπεδα Ανθεκτικότητας**
S I R	AM-10 14 0 1 Va-30 10 4 1 B-10 6 8 1 Te-30 13 1 1 E-15 1 9 5 S-300 14 0 1 GM-120 15 0 0 CIP-5 4 5 6 RA-5 6 0 9 OFX-5 4 5 6 NOR-10 4 8 3 F/M-300 10 3 2

393

Πίνακας 45: Αποτελέσματα του ελέγχου ευαισθησίας των εντερόκοκκων για τα σημεία ΒΕΛ 2 και ΝΕ

Αντιβιοτικά	**Επίπεδα Ανθεκτικότητας***
S I R	AM-10 14/3 0/0 0/0 Va-30 10/2 4/1 0/0 B-10 9/3 5/0 0/0 Te-30 12/2 1/0 1/1 E-15 5/0 8/3 1/0 S-300 13/2 0/0 1/1 GM-120 14/3 0/0 0/0 CIP-5 5/0 5/3 4/0 RA-5 10/0 02 4/1 OFX-5 8/1 4/1 2/1 NOR-10 8/1 5/2 1/0 F/M-300 9/3 3/0 2/0

***ΒΕΛ 2/ΝΕΔΩΝ 4**

ΧΑΡΤΗΣ 2

ΧΑΡΤΗΣ 3

ΧΑΡΤΗΣ 4

ΧΑΡΤΗΣ 5 ΧΑΡΤΗΣ 6

ΠΗΓΗ: Road editions με τη συνεργασία της Αναπτυξιακής Εταιρείας Μεσσηνίας Α.Ε.

Χάρτης 1: Νομός Μεσσηνίας - Σήμανση περιοχών δειγματοληψίας

395

ΝΕΔΑ 1

ΝΕΔΑ 2

ΠΗΓΗ: Road editions με τη συνεργασία της Αναπτυξιακής Εταιρείας Μεσσηνίας Α.Ε.

Χάρτης 2: Ποταμός Νέδα - Σήμανση σημείων δειγματοληψίας

396

ΠΕΡ 2

ΠΕΡ 1

ΠΗΓΗ: Road editions με τη συνεργασία της Αναπτυξιακής Εταιρείας Μεσσηνίας Α.Ε.

Χάρτης 3: Χείμαρρος Περιστέρι - Σήμανση σημείων δειγματοληψίας

397

ΜΑΥΡ 1

ΠΑΜ 2

ΜΑΥΡ 3

ΜΑΥΡ 2

ΠΑΜ 1

ΠΑΜ 3 **ΠΑΜ 4**

ΠΑΜ 5

ΠΗΓΗ: Road editions με τη συνεργασία της Αναπτυξιακής Εταιρείας Μεσσηνίας Α.Ε.

Χάρτης 4: Σήμανση σημείων δειγματοληψίας στο ποτάμιο σύστημα Πάμισου - Μαυροζούμαινας

398

ΛΟΓ 1

ΛΟΓ 2 **ΒΕΛ 1**

ΒΕΛ 2

ΒΕΛ 3

ΠΗΓΗ: Road editions με τη συνεργασία της Αναπτυξιακής Εταιρείας Μεσσηνίας Α.Ε.

Χάρτης 5: Σήμανση σημείων δειγματοληψίας στους χείμαρρους Βελίκα και Λογιώτη

ΝΕΔΩΝ 2 ΝΕΔΩΝ 3

ΝΕΔΩΝ 4

ΠΗΓΗ: Road editions με τη συνεργασία της Αναπτυξιακής Εταιρείας Μεσσηνίας Α.Ε.

Χάρτης 6: **Σήμανση σημείων δειγματοληψίας για τον ποταμό Νέδωνα**

400

ΝΕΔΩΝ 1

Γαργαλιάνοι ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
19/11/2004 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
Αρ.Πρωτ.6646/646 ΝΟΜΟΣ ΜΕΣΣΗΝΙΑΣ
ΠΡΟΣ: ΔΗΜΟΣ ΓΑΡΓΑΛΙΑΝΩΝ
κ. Γεώργιο Κατσαμπάνη Τεχνική Υπηρεσία
(hp23209@hua.gr) Ταχ.Δ!νση: 24400 ΓΑΡΓΑΛΙΑΝΟΙ

ΑΘΗΝΑ Πληροφορίες: Γ.Γκόνης Τηλέφ.: 27630-23419 Fax: 27630-22467 E-mail: dgartv@tee.gr
ΘΕΜΑ: Στοιχεία Διαχείρισης Υγρών Αποβλήτων Δήμου Γαργαλιάνων.
Σας ενημερώνουμε ότι στο Δήμο μας η διαχείριση των υγρών αποβλήτων γίνεται ως ακολούθως;
1. το μεγαλύτερο μέρος των κτιρίων διαθέτει τα λύματα μέσω απορροφητικών και λιγότερο με συνδυασμό απορροφητικού και στεγανού βόθρου. Τα βοθρολύματα μεταφέρονται για επεξεργασία στον Βιολογικό Καθαρισμό Καλαμάτας,
2. ένα μέρος των κτιρίων παροχετεύεται μέσω του δικτύου όμβριων υδάτων και καταλήγουν τελικά σε χείμαρρους.
3. τα πιο επικίνδυνα απόβλητα παράγονται από τα ελαιοτριβεία και αυτά επίσης διατίθενται, μέσω δικτύου όμβριων, σε χείμαρρους.
4. τέλος ο Δήμος μας διεκδικεί την χρηματοδότηση έργου Αποχέτευσης Λυμάτων και Βιολογικού Καθαρισμού.

Μετά τιμής
Ο ΔΗΜΑΡΧΟΣ
ΣΤΑΥΡΟΣ Π. ΚΑΛΟΦΩΛΙΑΣ
401

Εικόνα 1: Οι εκβολές του Παμίσου κατά τη 2η δειγματοληψία

Εικόνα 2: Θανάτωση ιχθύων κατά τη 2η δειγματοληψία στις εκβολές του Πάμισου

402

403