



Α.Τ.Ε.Ι ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ
ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ”**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΙΣΣΑΝΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κος ΓΕΝΙΑΤΑΚΗΣ ΕΥΘΥΜΙΟΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	σελ. 1
Εισαγωγή	σελ. 2
Περιεχόμενα	σελ. 5
 ΜΕΡΟΣ Α Θεωρητικό μέρος	
Κεφάλαιο 1ο: Ρύπανση των υδάτων	σελ. 7
Κεφάλαιο 2ο: Νομοθεσία	σελ.12
2.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την πολιτική επί των υδάτων	
2.2 Η Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60	
2.3 Βασική έννοια της Οδηγίας-Πλαίσιο	
2.4 Κατηγορίες	
Κεφάλαιο 3ο: Κατηγορίες παραμέτρων ποιότητας αποβλήτων στους υδάτινους αποδέκτες	σελ.19
Οργανοληπτικοί παράμετροι	σελ.19
Φυσικοχημικοί παράμετροι	σελ.21
Τοξικές παράμετροι	σελ.49
Μικροβιολογικοί παράμετροι	σελ.51
 Κεφάλαιο 4ο: Ευτροφισμός	σελ.53
Γενικά	σελ.53
4.1 Δείκτες ευτροφισμού	σελ.54
4.2 Δυσκολίες εκτίμησης του ευτροφισμού	σελ.55
4.3 Συνέπειες του ευτροφισμού	σελ.56
4.4 Στρατηγικές ελέγχου του ευτροφισμού	σελ.57

4.5 Συμπεράσματα σελ.58

ΜΕΡΟΣ Β Πειραματικό μέρος

**Κεφάλαιο 5ο: Διενέργεια δειγματοληψιών, μετρήσεων και
αναλύσεων σε ύδατα και υγρά απόβλητα** σελ.59

5.1 Δειγματοληψίες σελ.59

5.2 Όγκος δειγμάτων-δοχεία συλλογής-μεταφορά
Δειγμάτων και συντήρηση δειγμάτων σελ.66

5.3 Μέθοδοι μέτρησης παραμέτρων σελ.74

**Κεφάλαιο 6ο: Σημείο δειγματοληψίας-προσωπική
διεργασία δειγματοληψιών – αναλύσεων
φυσικοχημικών παραμέτρων** σελ.77

**Κεφάλαιο 7ο:Ανάλυση αποτελεσμάτων-πινάκων μετρήσεων.
Καταγραφή πηγών ρύπανσης και προτάσεις για την επίλυση
των προβλημάτων** σελ. 89

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ σελ. 116

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των προπτυχιακών σπουδών στο τμήμα Μηχανολογίας της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του Τ.Ε.Ι Ηρακλείου Κρήτης.

Σκοπός της εργασίας είναι η παρακολούθηση καθώς και ο προσδιορισμός τυχόν ρύπανσης, η ποσοτική αλλά και η ποιοτική καταμέτρηση των στερεών που εκβάλλει ο ποταμός Γιόφυρος στη θάλασσα και η εκτίμηση της πιθανότητας ευτροφισμού στις εκβολές ενός ποταμού, ο οποίος διαβρέχει την πόλη του Ηρακλείου και διατρέχοντας ένα μεγάλο μέρος του νομού, περνά κοντά από μικρές και μεγάλες βιομηχανικές μονάδες.

Ο παραπάνω σκοπός επιτυγχάνεται με την υλοποίηση και αξιολόγηση τόσο φυσικοχημικών όσο και περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπου για την εξέτασή τους χρησιμοποιήθηκε υλικό του εργαστηρίου Χημείας της Σχολής, για τις οποίες θα γίνει και μια πιο εκτενής αναφορά στη συνέχεια της εργασίας.

Η διατριβή μου με το παρόν θέμα συμπίπτει με τα πηγαία αισθήματα που με διακατέχουν σε θέματα που αφορούν το περιβάλλον και πόσο μάλλον το υγρό στοιχείο, στοιχείο της ύπαρξης της ζωής σε αυτόν τον πλανήτη.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στον κύριο Ευθύμιο Γεννιατάκη, Καθηγητή του Τμήματος Χημείας, ο οποίος ήταν και εισηγητής της παρούσας εργασίας, τόσο για την πολύτιμη βοήθειά του σε θέματα γνώσεων και παροχής πληροφοριών που σχετίζονται με αυτή, όσο και για την αμέριστη συμπαράστασή του στο διάστημα πραγματοποίησής της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την Καθηγήτρια κ. Γεωργάκη Ειρήνη για την βοήθειά της στο πειραματικό μέρος, τον κ. Στεφανάκη Ιωάννη για τον ίδιο λόγο, καθώς και όλο το εκπαιδευτικό προσωπικό του Τμήματος Χημείας της Σχολής.

Τέλος τους γονείς μου για την αμέριστη αγάπη τους και συμπαράστασή τους και σε ψυχολογικό αλλά και υλικό επίπεδο, υποσχόμενος ότι θα προσπαθώ πάντα να τους κάνω υπερήφανους για τον χαρακτήρα και το άτομο το οποίο “έχτισαν”. Αφιερωμένο το παρόν σύγγραμμα σε αυτούς.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό που βρίσκεται στη φύση διακρίνεται σε τρεις κατηγορίες:

Ατμοσφαιρικό νερό: είναι το νερό από βροχή ή χιόνι. Περιέχει μικρό ποσό ξένων ουσιών, κυρίως διαλυμένα αέρια όπως οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, υδρόθειο, ανυδρίτες του θειώδους και του θειικού οξέος και πολλές φορές και οργανικές ενώσεις ιδίως σε περιοχές που η ατμόσφαιρα ρυπαίνεται από τα αερολύματα των βιομηχανιών. Το ατμοσφαιρικό νερό δεν περιέχει διαλυμένα άλατα μαγνησίου και ασβεστίου.

Επιφανειακά νερά: είναι τα νερά των ποταμών, των λιμνών και των θαλασσών. Περιέχουν εκτός από τις προσμίξεις του ατμοσφαιρικού νερού και μια μεγάλη ποικιλία αλάτων, όπως ανθρακικά άλατα του ασβεστίου, μαγνησίου, νατρίου, καλίου, θειικά και χλωριούχα άλατα διαφόρων στοιχείων κ.λπ. Στο θαλάσσιο νερό υπάρχουν σχεδόν όλα τα στοιχεία καθώς επίσης και μικρές ποσότητες ραδιενεργών ουσιών. Επίσης στα επιφανειακά νερά μπορεί να υπάρχουν οργανικές ουσίες που οφείλονται είτε σε δραστηριότητες που αφορούν τη γεωργία, είτε σε ρύπανση από βιομηχανικά ή και αστικά λύματα.

Υπόγεια νερά: είναι τα νερά των πηγαδιών, των πηγών και γενικά τα νερά που είναι αποταμιευμένα στο υπέδαφος. Περιέχουν άλατα το είδος των οποίων εξαρτάται από την ορυκτολογική σύσταση των πετρωμάτων μέσα από τα οποία το ατμοσφαιρικό και το επιφανειακό νερό διηθείται και αποταμιεύεται στους υπόγειους ταμιευτήρες. Το νερό ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε άλατα χαρακτηρίζεται ως γλυκό όταν περιέχει λιγότερο από 1g/l αλάτων και αλμυρό όταν περιέχει περισσότερο από την προαναφερόμενη τιμή.

Από την αρχή της ιστορίας του ανθρώπου είναι πασιφανές ότι το νερό έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του πολιτισμού. Μεγάλες πόλεις και συνάμα

μεγάλοι πολιτισμοί της αρχαιότητας επιδίωξαν να αναπτυχθούν κοντά σε περιοχές όπου το υγρό στοιχείο θα έπαιζε καταλυτικό ρόλο στην βιοτική ανάπτυξη της κοινωνίας, όπως ύδρευση, άρδευση αλλά και σε επίπεδο οικονομικό και εμπορικό. Όμως η συνεχής εκμετάλλευσή του είχε και δραματικές επιπτώσεις στις ευρύτερες περιοχές των συστημάτων των θαλασσών, των λιμνών και των ποταμών ,όπου έγινε εφικτή η εγκατάσταση του ανθρώπινου γένους.

Η ποσότητα αλλά και η ποιότητα του νερού είναι απαραίτητες παράμετροι τόσο για τον άνθρωπο ,αλλά πόσο μάλλον για το ίδιο το περιβάλλον και ομολογουμένως για τα οικοσυστήματα που φιλοξενούνται σε αυτό. Σύμφωνα με τα παραπάνω, αλλά και με την αλματώδη τεχνολογική και βιομηχανική ανάπτυξη που παρουσιάζεται στην κοινωνία μας, τη χρονική περίοδο που διανύουμε, αναμφίβολα η ρύπανση και η ασταμάτητη σπατάλη του που προκαλείται από τον ανθρώπινο παράγοντα είναι εμφανής σε μεγάλο βαθμό και επηρεάζει τις προλεγόμενες παραμέτρους.

Νερό πρώτης ποιότητας, δηλαδή νερό κατάλληλο για ύδρευση πληθυσμού, χρησιμοποιείται στην παραγωγική διαδικασία εδώδιμων προϊόντων ,σε αραιώσεις, διαλύσεις, πλύσιμο καθώς και ως πόσιμο.

Νερό δεύτερης ποιότητας από ποτάμια και λίμνες κ.λπ. χρησιμοποιείται σε διεργασίες που δεν απαιτούν υψηλή καθαρότητα, όπως η ψύξη, η πλύση αερίων, ο καθαρισμός της βιομηχανίας κ.λπ. Πολλές φορές το νερό που χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία υποβάλλεται σε επεξεργασία, ιδιαίτερα όταν περιορίζεται στη τροφοδοσία λεβήτων, κυκλωμάτων ψύξης κ.λπ.

Οι βασικές αρχές που πρέπει να τηρούνται από μια βιομηχανία για την ελάχιστη κατανάλωση του νερού είναι:

- Η χρησιμοποίηση της ελάχιστης δυνατής ποσότητας για κάθε διεργασία και η ρύθμιση των ροών ώστε να αποφεύγονται οι σπατάλες.
- Η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση για δευτερεύουσες διεργασίες όπου και όταν είναι πρακτικά και οικονομικά εφικτό.
- Η χρησιμοποίηση του κατά τον πιο αποδοτικό τρόπο.

Με τον όρο ρύπανση γίνεται αναφορά σε κάθε είδους μεταβολή που λαμβάνει χώρα στο φυσικό περιβάλλον υποβαθμίζοντας την ποιότητα του αέρα, του εδάφους και στην παρούσα φάση του νερού, διαταράσσοντας την ισορροπία των

οικοσυστημάτων και προκαλώντας την αισθητική υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος.

Με τα σημερινά δεδομένα της ζωής δε θα χαρακτηριζόταν ρεαλιστικό κάθε σχόλιο περί πλήρους εξάλειψης του φαινομένου της ρύπανσης, μιας και αυτό με τη σειρά του, θα σηματοδοτούσε την αναστολή και ανακοπή κάθε δραστηριότητας που θα σήμαινε και ανάπτυξη.

Ο όρος προστασία του περιβάλλοντος- όρος που δεν είναι εύκολα κατανοητός στην εποχή μας- αφορά τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την όσο το δυνατόν καλύτερη αντιμετώπιση φαινομένων ρύπανσης που θα είχαν και καταστροφικές επιπτώσεις για τον πλανήτη. Όμως η νομοθεσία και η χρήση της επιστήμης και της τεχνολογίας, σε μικρό βαθμό, δεν αρκούν για την επίτευξη αυτού του στόχου, εάν δεν υπάρχει οικολογική συνείδηση που μπορεί να καλλιεργηθεί με την εκμάθηση του ατόμου από την παιδική ηλικία ,αλλά και από την ίδια την οικογένεια, πράγμα επίσης σπάνιο, και που αναπτύσσεται σταδιακά στις μέρες μας.

Ας ευχηθούμε για ένα καλύτερο και πράσινο μέλλον.

ΜΕΡΟΣ Α ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο «Ρύπανση των υδάτων»

Ρύπανση των νερών

Για το νερό ποτέ δεν θα μπορούσε να ειπωθεί οτιδήποτε, όσο αφορά την καθαρότητά του στη φύση, μιας και αυτό δεν υφίσταται, εξαιτίας της διαλυτότητας που παρουσιάζει, κάτι το οποίο ισχύει ακόμα και για το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα καθαρής μορφής νερού, τη βροχή, αφού λόγω της επαφής της με την ρυπογόνο ατμόσφαιρα δεν δικαιολογεί τον χαρακτηρισμό αυτό.

Για το νερό:

ρύπανση αποτελεί κάθε άμεση ή έμμεση εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας στο υδάτινο περιβάλλον που:

- ✓ έχει βλαβερή επίδραση στους οργανισμούς,
- ✓ είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία,
- ✓ αλλοιώνει την ποιότητα του νερού και υποβαθμίζει τις δυνατότητες χρήσης (ακόμη και για ψυχαγωγικούς σκοπούς).

Η αντιμετώπιση της ρύπανσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, χαρακτηρίζεται από πνεύμα ανθρωποκεντρικό, με κύριο μέλημα την προστασία του αποδέκτη και αφορά την επαναφορά του υδάτινου περιβάλλοντος στην αρχική του μορφή καθώς και τη βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων ώστε όλοι οι υδατικοί αποδέκτες να έχουν μια τουλάχιστον καλή ποιότητα, σύμφωνα και με την οδηγία πλαίσιο για τα νερά της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2000/60. [2]

Σκοπός της οδηγίας σύμφωνα με το άρθρο 1 είναι(παραθέτεται αυτολεξεί):

Άρθρο 1

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας οδηγίας είναι η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων, το οποίο:

- α) να αποτρέπει την περαιτέρω επιδείνωση, να προστατεύει και να βελτιώνει την κατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων, καθώς και των αμέσως εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων σε ό,τι αφορά τις ανάγκες τους σε νερό·
- β) να προωθεί τη βιώσιμη χρήση του νερού βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδάτινων πόρων·
- γ) να αποσκοπεί στην ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος, μεταξύ άλλων με ειδικά μέτρα για την προοδευτική μείωση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ουσιών προτεραιότητας και με την παύση ή τη σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών των επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας·
- δ) να διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και να αποτρέπει την περαιτέρω μόλυνσή τους και
- ε) να συμβάλλει στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες,

και να συμβάλλει με αυτό τον τρόπο:

- στην εξασφάλιση επαρκούς παροχής επιφανειακού και υπόγειου νερού καλής ποιότητας που απαιτείται για τη βιώσιμη, ισόρροπη και δίκαιη χρήση ύδατος,
- σε σημαντική μείωση της ρύπανσης των υπογείων υδάτων,
- στην προστασία των χωρικών και θαλάσσιων υδάτων και
- στην επίτευξη των στόχων των σχετικών διεθνών συμφωνιών, συμπεριλαμβανομένων εκείνων που αποσκοπούν στην πρόληψη και την εξάλειψη της ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος, με κοινοτική δράση δυνάμει του άρθρου 16 παράγραφος 3 για την παύση ή τη σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας, με απώτατο στόχο να επιτευχθούν συγκεντρώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον οι οποίες, για μεν τις φυσικώς απαντώμενες ουσίες να πλησιάζουν το φυσικό βασικό επίπεδο, για δε τις τεχνητές συνθετικές ουσίες να είναι σχεδόν μηδενικές.

Η ρύπανση μπορεί να επιφέρει αλλαγές:

- των φυσικών χαρακτηριστικών του νερού(ραδιενέργεια, αδρανή υλικά, θόρυβο και εκπομπές, θερμική ρύπανση)
- των χημικών χαρακτηριστικών του νερού(τοξικές ουσίες, άλατα N, P (ευτροφισμός), πετρελαιοειδή, οργανική ρύπανση (έλλειψη οξυγόνωσης))
- των βιολογικών χαρακτηριστικών (μικροβιακή και βιολογική μόλυνση)

Άλλοι μορφές ρύπανσης μπορεί να αφορούν την αισθητική της ευρείας περιοχής του αποδέκτη, δηλαδή την αλλοίωση του τοπίου ,του νερού, συνεπώς και της ακτογραμμής και τα στερεά απόβλητα που μπορεί να υπάρχουν.

Η φυσική ρύπανση, δημιούργημα από την ίδια τη φύση, προκαλείται από ηφαίστεια, κατολισθήσεις και σεισμούς, διαβρώσεις και πλημμύρες ποταμών.

Θερμική ρύπανση

Προκαλείται κυρίως από σταθμούς παραγωγής ενέργειας και προξενεί:

- μείωση διαλυτότητας του νερού (αποξυγόνωση)
- Αύξηση μεταβολισμού οργανισμών
- Αδυναμία ποικιλόθερμων οργανισμών να αναπτυχθούν σε περιπτώσεις μεγάλων και συχνών αλλαγών στην θερμοκρασία

Μικροβιακή ρύπανση

Αυτή με τη σειρά της προκαλείται από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, αλλά και φυσικά αίτια όπως ζώα και προκαλεί:

- Αύξηση παθογένειας υδάτων λόγω:
 1. Παρουσίας παθογόνων βακτηρίων (χολέρα, τύφος, δυσεντερία, κλπ)
 2. Παρουσίας παθογόνων ιών (ηπατίτιδα, πολυεμυλίτιδα)
 3. Παρουσίας παθογόνων παρασίτων (cryptosporidium, σχιστοσωμίαση)

και επηρεάζει χρήσεις του νερού όπως:

- Πόση
- Κολύμβηση
- Υδατοκαλλιέργειες

Ρύπανση υδάτων με συμβατικούς ρύπους

Αύξηση της συγκέντρωσης των στοιχείων που βρίσκονται φυσικά σε ένα αποδέκτη

Πηγές ρύπανσης:

- Σημειακές πηγές
 1. Αστικά λύματα

**“ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ”**

2. Κτηνοτροφικά απόβλητα
3. Βιομηχανικά απόβλητα χαμηλής όχλησης
4. Όμβριες αστικές απορροές
 - Μη σημειακές πηγές

Επιφανειακές απορροές από υπερλιπασμένες γεωργικές εκτάσεις

Είδη ρύπων	Επίδραση
Αύξηση οργανικού φορτίου	Αποξυγόνωση αποδέκτη
Αύξηση θρεπτικών N, P	Ευτροφισμός
Αύξηση συγκέντρωσης NH ₃	Τοξικότητα σε υδρόβιους οργανισμούς λόγω της παρουσίας μη ιονισμένης αμμωνίας (NH ₃) Αποξυγόνωση αποδέκτη λόγω νιτροποίησης
Αύξηση συγκέντρωσης NO ₃ -N	Ασφυξία σε βρέφη (πόσιμο νερό)
Αύξηση συγκέντρωσης αιωρούμενων στερεών	Δημιουργία ιζημάτων Αύξηση θολότητας αποδέκτη Μείωση αισθητικής αξίας αποδέκτη

Επίσης:

Είδη ρύπων	Επίδραση
Βαρέα μέταλλα Cd, Zn, Cr, Hg, Pb, Ni, Cu, κλπ	Άμεσα και μακροπρόθεσμα τοξική επίδραση σε υδρόβιους οργανισμούς και στον άνθρωπο Ορισμένα (π.χ. Cd) ύποπτα καρκινογενή Οργανικά σύμπλοκα παρουσιάζουν βιοσυσσώρευση
Συνθετικές οργανικές ενώσεις Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες Οργανοφωσφορικές ενώσεις Τριαλογονομένα μεθάνια	Κυρίως μακροπρόθεσμη τοξική επίδραση στην υγεία Μικρή βιοδιασπασιμότητα → Βιολογική συσσώρευση και μεγέθυνση Αρκετά είναι ύποπτα καρκινογενή
NO _x , SO ₂	1. Όξινη βροχή 2. Αύξηση αζώτου στους αποδέκτες
Πετρέλαιο	1. Τοξική άμεση επίδραση 2. Καρκινογόνους ενώσεις 3. Αποξυγόνωση

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο «Νομοθεσία»

2.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία για την πολιτική επί των υδάτων

Η ρύπανση και η μόλυνση των υδάτινων πόρων απασχολεί επί δεκαετίες την διεθνή κοινότητα. Η μόλυνση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υποανάπτυκτες αλλά και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανση του νερού έχει ανακύψει σαν εξίσου σοβαρή απειλή σε όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη. Αυτοί οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον αναγνωρίστηκαν από τον Ο.Η.Ε. και το 1975 στα πλαίσια του προγράμματος για το περιβάλλον (UNEP), ιδρύθηκε το Παγκόσμιο Περιβαλλοντικό Σύστημα Επιμελητείας (GEMS). Πολλά διεθνή προγράμματα ελέγχου εφαρμόστηκαν από τη UNEP, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO), τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), τον Οργανισμό Εκπαίδευσης, Επιστήμης και Πολιτισμού (UNESCO) και άλλους διεθνείς και διακυβερνητικούς οργανισμούς. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ποιότητα και τη συμφωνία των στοιχείων που λαμβάνονται (ίδιες μεθοδολογίες μέτρησης), γεγονός που αυξάνει την αξία και την εγκυρότητα των μετρήσεων, έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά να καταστούν χρήσιμα δεδομένα για την εκτίμηση της κατάστασης του περιβάλλοντος.

Παρόμοια δράση ανέλαβε και η Ε.Ο.Κ. (1977), θεσπίζοντας κοινή διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών νερών. Η απόφαση έχει τροποποιηθεί το 1986.

Οι τρεις βασικοί στόχοι της απόφασης είναι:

1. Να χαρακτηριστεί ο βαθμός ρύπανσης των ποταμών της Κοινότητας και να χαραχθούν κατευθυντήριες γραμμές για τον έλεγχο της ρύπανσης και των οχλήσεων.

2. Να παρακολουθούνται οι μακροπρόθεσμες τάσεις και οι βελτιώσεις που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας.
3. Να καταστεί δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που διενεργούνται στους σταθμούς δειγματοληψίας ή μετρήσεων.

Τα κράτη μέλη μετρούν 19 συγκεκριμένες φυσικές, χημικές, μικροβιολογικές και βιολογικές παραμέτρους, σε 126 σταθμούς, που κυρίως βρίσκονται στους μεγάλους ποταμούς της Ευρώπης και διαβιβάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων στην Επιτροπή, κάθε χρόνο. Η Ελλάδα άρχισε να αναφέρει δεδομένα το 1982 από 6 σταθμούς. Οι παράμετροι αυτές είναι:

- **Φυσικές:** παροχή, θερμοκρασία, ΡΗ στους 20 °C.
- **Χημικές:** χλωριόντα, αμμωνιακά, νιτρικά, διαλυμένο οξυγόνο, BOD και COD, ολικός φωσφόρος, τασιενεργές ουσίες, ολικό κάδμιο και υδράργυρος.
- **Μικροβιολογικές:** κολοβακτηρίδια των κοπράνων, ολικά κολοβακτηρίδια, στρεπτόκοκκοι των κοπράνων και σαλμονέλα.
- **Βιολογικές:** βιολογικοί δείκτες.

Η Επιτροπή δημοσιεύει συγκεντρωτική έκθεση των δεδομένων αυτών κάθε τρία χρόνια. Η αξιολόγηση των χρονικών τάσεων των μετρούμενων παραμέτρων βασίζεται στις μέσες ετήσιες τιμές. Η από το 1971 εφαρμογή του προγράμματος εκτέλεσης ποιότητας των αρδευτικών υδάτων από το Υπουργείο Γεωργίας, έχει δημιουργήσει ένα σημαντικό αρχείο στοιχείων ποιότητας των επιφανειακών υδάτων της χώρας.

2.2 Η Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60

Η Οδηγία-Πλαίσιο αποτελεί σταθμό και στρατηγικό εργαλείο πολιτικής και νομοθεσίας για την προστασία και διατήρηση των υδάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, καθώς σκοπός της είναι να προστατεύσει συνολικά όλες τις κατηγορίες υδάτων, δηλαδή υπόγεια και επιφανειακά, γλυκά και παράκτια ύδατα και να θέσει

συγχρόνως συνολικά το πλαίσιο συντονισμού στη διαχείριση των διασυνοριακών υδάτων.

Η Οδηγία-Πλαίσιο προβλέπει την ταυτοποίηση των ευρωπαϊκών υδάτων και των χαρακτηριστικών τους, ταξινομημένων ανά υδρογραφική λεκάνη απορροής και περιοχή λεκάνης απορροής, με κατάλληλη έγκριση των σχεδίων διαχείρισης και των προγραμμάτων λήψης των ενδεδειγμένων μέτρων για κάθε υδατικό σύστημα.

Δεν υιοθετεί, καταρχήν, νέα πρότυπα αλλά οργανώνει την διάσπαρτη θεματικά κοινοτική νομοθεσία και ενσωματώνει ουσιαστικούς και διαδικαστικούς κανόνες. Από πλευράς ουσίας, συνδυάζει τις δύο ανωτέρω προσεγγίσεις του ποιοτικού στόχου για τα ύδατα και των οριακών τιμών εκπομπών, εφαρμόζοντας έτσι τις βασικές περιβαλλοντικές αρχές του πρωτογενούς κοινοτικού δικαίου-την αρχή προφύλαξης και την αρχή επανόρθωσης της ρύπανσης κατά προτεραιότητα στην πηγή, καθώς και την αρχή ότι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα περιβαλλοντικά δεδομένα κάθε συγκεκριμένης περιφέρειας.

Οι κύριοι στόχοι της Οδηγίας-Πλαίσιο είναι:

- **Η έκταση του εύρους προστασίας σε όλα τα ύδατα.**
- **Καλή ποιοτική κατάσταση όλων των υδάτων εντός συγκεκριμένου χρονοδιαγράμματος.**
- **Διαχείριση των υδάτων με βάση τις λεκάνες απορροής.**
- **Συνδυασμένη προσέγγιση των οριακών τιμών στις εκπομπές ρύπων και των ποιοτικών προτύπων για τα ύδατα.**
- **Βελτιωμένη και δικαιότερη κοστολόγηση του νερού.**
- **Συμμετοχή των πολιτών**
- **Και βελτίωση της νομοθεσίας.**

Μετά την υιοθέτησή της το 2000, νέα νομοθετικά μέτρα κλήθηκαν να συμπληρώσουν τα κενά που εντοπίστηκαν, χωρίς, ωστόσο, να τροποποιήσουν την καθοδηγητική της λειτουργία. Η νέα οδηγία για τα υπόγεια ύδατα εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο προσφάτως, ενώ η πρόταση οδηγίας σχετικά με τις ουσίες προτεραιότητας βρίσκεται στο τελικό στάδιο διαπραγματεύσεων και επίκειται η υιοθέτησή της.

Δύο επιπλέον πρόσφατες νομοθετικές πράξεις διευρύνουν το πεδίο εφαρμογής της πολιτικής της Ε.Ε. για το νερό και συμπληρώνουν το γενικό της πλαίσιο για τη διαχείριση και την προστασία του ύδατος. Πρόκειται για την οδηγία σχετικά με την αξιολόγηση και τη διαχείριση των πλημμυρών και την οδηγία-πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική.

2.3 Βασική έννοια της Οδηγίας-Πλαίσιο

Βασική λειτουργική έννοια της Οδηγίας-Πλαίσιο αποτελούν οι λεκάνες απορροής ποταμών (river basin) και η πρόβλεψη για κατάρτιση σχεδίων διαχείρισής τους με κριτήριο την ίδια την διαμόρφωση της λεκάνης παρά τα υπάρχοντα γεωγραφικά και πολιτικά σύνορα. Τούτο επιτρέπει την εκτίμηση όλων των δραστηριοτήτων που επιδρούν στις υδάτινες ροές και την ενδεχόμενη λήψη ενδεδειγμένων και πρόσφορων μέτρων. Με αυτή τη λογική μια λεκάνη απορροής μπορεί να διαιρεθεί σε μικρότερες ενότητες αρκεί να εξασφαλίζεται η βιωσιμότητα του οργανωτικού πλαισίου που τις διέπει. Η ίδια προσέγγιση εννοείται ότι διέπει τις λεκάνες απορροής που ανήκουν κατά ένα τμήμα σε δύο ή περισσότερες χώρες: η Οδηγία-Πλαίσιο προδιαγράφει το διασυνοριακό συντονισμό, ο οποίος είναι υποχρεωτικός μεταξύ των μελών της Ε.Ε. και προαιρετικός πλην συνιστώμενος μεταξύ των κρατών μελών και τριών χωρών.

Πριν από οποιαδήποτε απόφαση για οργάνωση και διαχείριση μιας λεκάνης απορροής, οι αρμόδιες κυβερνητικές υπηρεσίες πρέπει να καθορίσουν τα όριά της. Η ανεύρεση, κατάστρωση και εφαρμογή των πλέον πρόσφορων θεσμικών μηχανισμών για τη λυσιτελέστερη διαχείριση της λεκάνης σύμφωνα με τους κανόνες και τις αρχές της Οδηγίας, αποτελεί καθήκον αλλά και διακύβευσα λύση για τα μέλη-κράτη. Αναμφίβολα το κεκτημένο που έχει δημιουργηθεί από αρκετά επιτυχημένα παραδείγματα κεντρικής και αποκεντρωμένης διαχείρισης λεκανών απορροής ποταμών παρέχει πολύτιμη δεξαμενή κατευθύνσεων και λύσεων.

Οι βασικές οργανωτικές επιλογές είναι:

- ❖ Χρησιμοποίηση των υπαρχουσών περιφερειακών δομών με την προϋπόθεση, βεβαίως, ότι μπορεί να εξασφαλιστεί ο λειτουργικός συντονισμός τους ώστε τα αρμόδια θεσμικά όργανα να μπορούν να αποφασίζουν, ιδίως σε διασυνοριακό πλαίσιο, από κοινού.
- ❖ Ορισμός ενός κεντρικού εποπτεύοντος οργάνου για την παρακολούθηση της διαχείρισης σε καθημερινή βάση.
- ❖ Ορισμός επιμέρους θεσμικών οργάνων για τον άμεσο έλεγχο διαχείρισης της κάθε λεκάνης απορροής ξεχωριστά.

Στην περίπτωση που κράτη-μέλη μοιράζονται κοινή λεκάνη απορροής, πρέπει να εξασφαλιστεί ο συντονισμός σε όλο το εύρος της λεκάνης απορροής, ενώ σε περίπτωση που κοινή λεκάνη μοιράζεται μεταξύ κράτους-μέλους και τρίτης χώρας, είναι αναγκαία η επαφή και η διαπραγμάτευση μεταξύ τους προκειμένου να επιτευχθεί ο συνιστώμενος συντονισμός.

Σε κάθε στάδιο διαχείρισης κεντρική θέση καταλαμβάνει το πρόγραμμα μέτρων που αποσκοπεί στην επίτευξη καλύτερης κατάστασης υδάτων. Το σημείο εκκίνησης για αυτό το πρόγραμμα είναι η πλήρης εφαρμογή της σχετικής εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας. Εάν τα μέτρα του προγράμματος δεν αρκούν για να επιτευχθεί η καλή κατάσταση των υδάτων, τότε το πρόγραμμα πρέπει να αναθεωρηθεί και να συμπληρωθεί προς την κατεύθυνση αυστηρότερων ελέγχων στις εκπομπές ρύπων από τις βιομηχανικές ή γεωργικές δραστηριότητες ή από τα αστικά λύματα. Οι χρήσεις γης πρέπει επίσης να μελετηθούν ως σημαντική παράμετρος επιτυχημένης διαχείρισης.

Στο πλαίσιο της συνδυασμένης εφαρμογής του ποιοτικού στόχου για τα ύδατα και των οριακών τιμών εκπομπών, τα κράτη-μέλη πρέπει να ορίσουν στα προγράμματά τους τις οριακές τιμές ελέγχου των εκπομπών ρύπων από εξατομικευμένες πηγές όσο και τα περιβαλλοντικά ποιοτικά πρότυπα βάσει του σχετικού κοινοτικού και εθνικού δικαίου, όπως μεταξύ άλλων των σχετικών κοινοτικών οδηγιών για τα αστικά λύματα και απόβλητα και την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης από μεγάλες βιομηχανικές μονάδες.

Η Οδηγία-Πλαίσιο ρυθμίζει και το θέμα ποσότητας στο βαθμό που σχετίζεται και επηρεάζει την ποιότητα των υδάτων. Προς το σκοπό αυτό η άντληση υπόγειων και επιφανειακών χρειάζεται αδειοδότηση. Άδειες μπορούν να δίνονται μόνο εάν δεν διαταράσσουν τη μακροπρόθεσμη ισορροπία μεταξύ άντλησης και επαναπλήρωσης.

Όσον αφορά τις απολήψεις, η εκτίμηση και ο έλεγχος της ζήτησης υδάτων καθιστούν αναγκαίο τον προγραμματισμό από τις αρμόδιες αρχές σε συνεργασία με τις εταιρίες παροχής πόσιμου ύδατος, λαμβάνοντας υπόψη τις μελλοντικές επιπτώσεις τις πληθυσμιακής αύξησης και της βιομηχανικής ανάπτυξης στο διαθέσιμο νερό των λεκανών απορροής και ιδίως των υπογείων υδάτων.

Η τακτική παρακολούθηση αποτελεί σημαντικό τμήμα της εφαρμογής της Οδηγίας-Πλαίσιο, καθώς τα στατιστικά του συστηματικού ποσοτικού και ποιοτικού ελέγχου επιφανειακών και υπόγειων υδάτων δημοσιεύονται και αποτελούν βάση για τις προβλεπόμενες αναφορές προς την Επιτροπή και την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος.

Το νερό είναι αναγκαίο για την επιβίωση του πληθυσμού για μια σειρά από οικονομικούς, περιβαλλοντικούς και λόγος ανθρώπινης υγείας. Οι υδάτινοι δρόμοι χρησιμοποιούνται παραδοσιακά για την έκχυση αποβλήτων. Η χρήση οικονομικών εργαλείων όπως τέλη για τη χρήση νερού είτε για άντληση είτε για παροχέτευση, υιοθετείται ρητά από την Οδηγία κατά εφαρμογή της αρχής ο υπεύθυνος λειτουργός της ρύπανσης πληρώνει και έτσι η οικονομική εκτίμηση καθίσταται ουσιαστικό μέρος της διαχείρισης των υδάτων. Συγχρόνως οι σχετικές χρεώσεις μπορούν να συμβάλλουν στη χρηματοδότηση των προγραμμάτων και των μέτρων διαχείρισης λαμβάνοντας, ωστόσο, υπόψη ενδεχόμενα προβλήματα κοινωνικής φύσεως που μπορεί να συνεπάγεται μια πολιτική κοστολόγησης του ύδατος η οποία να αναληφθεί από το χρήστη-καταναλωτή.

Το κοινό έχει προφανές έννομο συμφέρον στη θέσπιση ποιοτικών στόχων για τα ύδατα, αφού ότι αποφασίζεται έχει άμεση επίπτωση στην ανθρώπινη ζωή από την ποιότητα του πόσιμου νερού, στην κοστολόγησή του, στην επίδραση των εκπομπών των βιομηχανιών στα ύδατα για την αλιεία και την κολύμβηση. Έτσι, σημαντική πλευρά των σχεδίων διαχείρισης οφείλει να είναι η συμμετοχή του κοινού και οι

αρμόδιες αρχές πρέπει να οργανώσουν διαδικασίες βάσει των οποίων το ευρύτερο κοινό και όλοι οι εμπλεκόμενοι κοινωνικοί εταίροι ενημερώνονται και εκφράζουν τις απόψεις τους σχετικά με τα σχέδια διαχείρισης μιας λεκάνης απορροής ποταμού.

2.4 Κατηγορίες

Μπορεί να γίνει παρέκκλιση λόγω εξαιρετικών μετεωρολογικών και γεωγραφικών συνθηκών

- Κατηγορία A1: Νερά κατάλληλα για ύδρευση, κατόπιν απλής φυσικής επεξεργασίας και απολυμάνσεως, π.χ. ταχείας διύλισης και απολύμανσης.
- Κατηγορία A2: Νερά κατάλληλα για ύδρευση, κατόπιν συνήθους φυσικής και χημικής επεξεργασίας και απολυμάνσεως, π.χ. προχλωρίωσης, συσσωμάτωσης, κροκύδωσης, καθίζησης, διύλισης και απολυμάνσεως.
- Κατηγορία A3: Νερά κατάλληλα για ύδρευση, μετά την προχωρημένη φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. χλωρίωση μέχρι του σημείου θραύσεως (BREAK POINT), συσσωμάτωση, κροκύδωση, καθίζηση, διύλιση, προσρόφηση (ενεργός άνθρακας), απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση κ.λπ.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο «Κατηγορίες παραμέτρων ποιότητας αποβλήτων στους υδάτινους αποδέκτες»

Το πόσο ρυπογόνα μπορεί να είναι τα συστατικά των υγρών αποβλήτων που εξετάζονται αποτελεί κύριο μέλημα για την περαιτέρω επεξεργασία τους. Η σπανιότητα ομοιογένειας τόσο στα νερά, όσο και στα λύματα και τα απόβλητα, απαιτεί ειδική μελέτη δειγματοληψίας και συνεπώς τον πλήρη προσδιορισμό παραμέτρων για τους υγρούς αποδέκτες όπου καταλήγουν λύματα ή απόβλητα που περιέχουν αιωρούμενες διαλυμένες ανόργανες και οργανικές ουσίες.

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούν κάποιες από τις παραμέτρους αυτές, οι οποίες και εξετάστηκαν για την εκπόνηση της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

α) Οργανοληπτικοί παράμετροι

Θολερότητα

Η διαύγεια του νερού είναι ένας σημαντικός παράγοντας τόσο στην ισορροπία των υδρόβιων οικοσυστημάτων, όσο και στην χρήση του νερού από τον άνθρωπο.

Όταν το χρησιμοποιημένο νερό ρίχνεται στους αποδέκτες χωρίς να έχει προηγουμένως καθαριστεί, συντελεί στην θολούρα που παρατηρείται στα επιφανειακά νερά και που είναι γνωστή ως **θολερότητα**.

Παρουσιάζεται στα επιφανειακά νερά από την ύπαρξη σε αυτά διαφόρων αιωρούμενων σωματιδίων (χώμα, ανόργανες ουσίες κ.ά.). Έτσι εμποδίζει την διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας (από περίθλαση ή απορρόφηση) με αποτέλεσμα μείωση της φωτοσύνθεσης και επιβράδυνση ή αναστολή της φυσικής απορρύπανσης.

Η μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται είναι: η θολότητα που προκαλεί **1mg/lt SiO₂** με καθορισμένη κοκκομετρική σύνθεση.

Μετρήσεις θολερότητας γίνονται όχι μόνο οπτικά αλλά με όργανα που λειτουργούν με βάση τις αρχές της νεφελομετρίας. Σύμφωνα με αυτή φωτεινή πηγή φωτίζει το δείγμα ενώ φωτοηλεκτρικοί ανιχνευτές μετρούν ένταση φωτός. Μονάδα επίσης είναι τα **FTU** ή **MTU**.

Χρώμα

Είναι και αυτό μια παράμετρος που καθορίζει την ποιότητα του νερού και οφείλεται στην αναερόβια διάσπαση των οργανικών ενώσεων. Διακρίνεται σε φαινομενικό και πραγματικό. Το φαινομενικό χρώμα οφείλεται σε αιωρούμενες ύλες, ενώ το πραγματικό σε κολλοειδείς.

Η μέτρηση γίνεται με οπτική σύγκριση του δείγματος με τυπικά χρωματισμένα διαλύματα ή γυάλινους δίσκους. Έχουν ακόμα προταθεί και μέθοδοι φασματοφωτομετρικές.

Για τους Ελληνικούς Κανονισμούς το χρώμα του πόσιμου δεν πρέπει να υπερβαίνει τις **5 μονάδες (1 μονάδα=1mgPt/L)**. Ακόμα απαιτεί να μην απορρίπτονται χρωματισμένα απόβλητα σε υδάτινους αποδέκτες.

Οσμή

Οφείλεται στην αποσύνθεση οργανικού υλικού, από ζωντανά άλγη, από διάφορα προϊόντα μεταλλικής διάβρωσης, από διάφορα βιομηχανικά απόβλητα και ειδικότερα από φαινολικές ενώσεις. Το χλώριο σε συνδυασμό με οργανικές ύλες ή φαινόλη δίνει δυσάρεστη οσμή στο νερό. Για τον προσδιορισμό χρησιμοποιείται η μέθοδος των διαδοχικών αραιώσεων με άοσμο νερό μέχρι να εξαφανιστεί η οσμή. Δεν παύει όμως η αποτελεσματικότητα της μεθόδου να θεωρείται υποκειμενική. Η ευχάριστη γεύση του νερού οφείλεται στα διαλυμένα αέρια (O₂, CO₂).

Ο Ελληνικός Κανονισμός δεν επιτρέπει να υπερβαίνει η φαινόλη το όριο **0,001 mg/lit** για το πόσιμο νερό.

β) Φυσικοχημικοί παράμετροι

Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι σημαντικό χαρακτηριστικό του νερού, μιας και παίζει καθοριστικό ρόλο σε όλα τα είδη χημικών αντιδράσεων αλλά και στα διάφορα φυσικά φαινόμενα. Η διαλυτότητα των αερίων, το pH, η αγωγιμότητα, επηρεάζονται από τη θερμοκρασία. Για παράδειγμα η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό παρουσιάζει μείωση όταν αυξάνεται η τιμή της θερμοκρασίας. Είναι γνωστό ότι ακόμα και πολύ μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας μπορεί να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στα ψάρια και στους άλλους υδρόβιους οργανισμούς. Για την θερμική ρύπανση γίνονται ξεχωριστές μελέτες.

Υπάρχει μια σχέση που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της επίδρασης που έχει η θερμοκρασία στις ταχύτητες των διαφόρων χημικών και βιοχημικών αντιδράσεων.

$$\frac{U}{U_0} = \theta^{T-T_0}$$

Όπου : U : ταχύτητα για θερμοκρασία T

U₀ : ταχύτητα για θερμοκρασία T₀

θ : εξαρτάται από το είδος της αντίδρασης

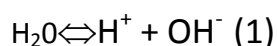
Συνήθως, η θερμοκρασία των λυμάτων είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία του πόσιμου νερού. Αυτό οφείλεται στην προσθήκη θερμού νερού από τις βιομηχανικές δραστηριότητες και τις κατοικίες.

Για αυτό η παράμετρος αυτή λαμβάνεται πάντα υπόψη τόσο στις περιβαλλοντικές μελέτες όσο και στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Ειδικές νομοθεσίες προβλέπουν περιοχή θερμοκρασίας μέσα στα οποία τα υγρά απόβλητα πρέπει να βρίσκονται. Για το πόσιμο νερό η επιτρεπόμενη τιμή πρέπει να κυμαίνεται από **12 έως 25°C**.

PH

Πρόκειται για μια αριθμητική έκφραση του βαθμού οξύτητας. Εκφράζει την συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο νερό και συνδέεται στενά με τον βαθμό ιονισμού των μορίων του νερού.

Έτσι ισχύει ότι:



Αν εφαρμοστεί ο νόμος της επίδρασης της μάζας τότε προκύπτει η σχέση:

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{[\text{H}_2\text{O}]} = K$$

Είναι γνωστό πως η συγκέντρωση του νερού είναι πρακτικά σταθερή άρα η (1) γράφεται:

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K [\text{H}_2\text{O}] = K_w$$

Όπου : K_w : σταθερά ιονισμού του νερού

$$K_w = 1 \cdot 10^{-14} \text{ στους } 25^\circ\text{C}$$

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων του υδρογόνου Η είναι το **PH**. Ως PH ορίζεται ο αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων του υδρογόνου:

$$\text{PH: } -\log [\text{H}^+]$$

Για συνθήκη ουδετερότητας ισχύει: $\text{PH} = 7$.

Η προσθήκη οξέων αυξάνει τα ιόντα υδρογόνου επομένως $\text{PH} < 7$, ενώ αντίστοιχα η προσθήκη βάσης αυξάνει το PH (>7).

Η ενεργός οξύτητα είναι μια καθοριστική ιδιότητα των υδατικών διαλυμάτων και κατ'επέκταση μια σημαντική παράμετρος του ελέγχου των νερών αλλά και των υγρών αποβλήτων. Οι υδρόβιοι οργανισμοί είναι ευαίσθητοι στις μεταβολές του ΡΗ. Το ΡΗ των περισσότερων φυσικών νερών κυμαίνεται από 4 έως 9. Συνήθως όμως, είναι ελαφρώς αλκαλικό ,λόγω της παρουσίας των όξινων ανθρακικών. Τα όρια για το πόσιμο νερό είναι $6,5 < \text{pH} < 9,5$ σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε. Τα βιομηχανικά απόβλητα όμως, μπορεί να είναι ισχυρά όξινα ή αλκαλικά δημιουργώντας προβλήματα κατά την επεξεργασίας τους, οπότε επιβάλλεται η μερική εξουδετέρωσή τους, πριν αποβληθούν στους φυσικούς αποδέκτες. Η νομοθεσία προβλέπει ορισμένη περιοχή τιμών, σχετικά με τη διάθεση των υγρών αποβλήτων, που συνήθως είναι **6,5-8,5**.

Αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται από τους διάφορους αγωγούς. Με την μέτρηση αυτής της παραμέτρου των νερών αλλά και των λυμάτων επιτυγχάνεται η εύκολη και γρήγορη εκτίμηση της ποσότητας των διαλυμένων ιοντικών ενώσεων και αλάτων σε ένα δείγμα. Στην πράξη χρησιμοποιείται η ειδική αγωγιμότητα **k** και η τιμή της εκφράζεται σε **Siemens/cm (S/cm)**.

Εάν πολλαπλασιαστεί η ειδική αγωγιμότητα σε μονάδα μέτρησης **μS/cm** με ένα εμπειρικό συντελεστή με τιμή από 0,55 έως 0,90 (**0,64** το πιο σύνηθες) μας δίνει τα **συνολικά διαλυμένα άλατα (total dissolved solids) TDS** σε **mg/l**.

Όσο αφορά το πόσιμο νερό σε θερμοκρασία 25 °C, χρησιμοποιείται η σχέση:

$$\text{TDS (mg/l)} = 0,64 * k$$

Όπου **k** η ειδική αγωγιμότητα σε **μS/cm**

Η θερμοκρασία, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, παίζει σημαντικό ρόλο και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ειδική αγωγιμότητα και αυξάνει με αυτή.

Επομένως, όποτε πραγματοποιούνται μετρήσεις αγωγιμότητας, ταυτόχρονα γίνεται και καταγραφή της θερμοκρασίας του νερού και αν κρίνεται απαραίτητο γίνονται και οι σχετικές διορθώσεις με τη βοήθεια των πινάκων σχέσης αγωγιμότητας-θερμοκρασίας. Τα περισσότερα όργανα μέτρησης της αγωγιμότητας (αγωγιμόμετρα) κάνουν αυτόματη αναγωγή της μέτρησης στους 25 °C.

Τόσο η συνεχής όσο και η αυτόματη καταγραφή της αγωγιμότητας, σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων, σε δίκτυα ύδρευσης, σε λίμνες κ.λπ. είναι ένας πολύ καλός τρόπος παρακολούθησης διαφόρων διαδικασιών.

Σύμφωνα με μετρήσεις το αποσταγμένο νερό έχει $k = 0,5 \mu S/cm$. Το πόσιμο νερό έχει $k = 50-2500 \mu S/cm$, με ιδανική τιμή $k = 400 \mu S/cm$, σύμφωνα με την οδηγία της Ε.Ε. Τα αστικά λύματα έχουν αγωγιμότητα παραπλήσια των νερών της περιοχής, ενώ η αγωγιμότητα των βιομηχανικών λυμάτων φτάνει τα $10000 \mu S/cm$.

Διαλυμένο οξυγόνο

Όσο μεγάλη θεωρείται η σημασία του οξυγόνου της ατμόσφαιρας για τους ανθρώπους και τα ζώα για την επιβίωσή τους, τόσο σημαντικό είναι το διαλυμένο οξυγόνο **D.O.** για τα ψάρια αλλά γενικά για όλους τους υδρόβιους οργανισμούς.

Αποτελεί και αυτό με τη σειρά του χαρακτηριστική παράμετρο καθαρότητας των επιφανειακών νερών, διότι αν παρουσιάζεται κορεσμός σημαίνει ότι το οργανικό φορτίο είναι πολύ περιορισμένο. Ο βαθμός κορεσμού του D.O. στο νερό είναι ανάλογος των χλωριούχων αλάτων και της θερμοκρασίας.

Με το D.O. υπολογίζεται η καθαρότητα ενός αποδέκτη ή η απόδοση του συστήματος αερισμού σε βιολογικούς καθαρισμούς. Η συγκέντρωσή του παρουσιάζει μεταβολή ανάλογα με το βάθος, τη θερμοκρασία, το φως, την ανάδευση, το ρυπαντικό φορτίο, την μικροβιολογική δραστηριότητα κ.λπ. Συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου στο νερό, είναι η μέγιστη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου ευρισκόμενη σε ισορροπία με την περιεκτικότητα του αέρα

σε οξυγόνο. Για τον λόγο αυτό και η μέτρηση αυτή πραγματοποιείται με εξαιρετική προσοχή, ειδικά σε μετρήσεις που λαμβάνουν χώρα σε φυσικούς αποδέκτες. Σε περίπτωση που η μέτρηση δεν είναι άμεση, μπορεί να οδηγήσει σε λάθος αποτελέσματα. Η πιο συνηθισμένη είναι η μέθοδος **Winkler**.

Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό γενικά είναι της τάξης των **9,2mg/l** για καθαρό νερό στους **20 °C** και πίεση **1 atm**.

Έλλειμμα διαλυμένου οξυγόνου ορίζεται η διαφορά μεταξύ της συγκέντρωσης κορεσμού και της πραγματικής συγκέντρωσης. Δηλαδή:

$$C_{O_2} \text{ έλλειμμα} = C_{O_2} \text{ κορεσμού} - C_{O_2} \text{ πραγματική}$$

Ο ρυθμός με τον οποίο οξυγόνο διαλύεται στο νερό είναι ανάλογος του ελλείμματος του διαλυμένου οξυγόνου. Δηλαδή:

$$\frac{dC_{O_2}}{Dt} = K_L a (C_{O_2} \text{ κορεσμού} - C_{O_2})$$

Όπου $K_L a$ ο συντελεστής μεταφοράς οξυγόνου (h⁻¹)

Ο συντελεστής μεταφοράς οξυγόνου εξαρτάται κυρίως από:

- τη θερμοκρασία: $K_{La(T)} = K_{La(10)} \times 1,02^{(T-10)}$
- τον όγκο του νερού (αντιστρόφως ανάλογα)
- την επιφάνεια επαφής μεταξύ υγρού και φυσαλίδων αέρα (ανάλογα με την παρεχόμενη ποσότητα αέρα ή το βαθμό ανάδευσης)

Η ικανότητα οξυγόνωσης ενός συστήματος αερισμού ορίζεται ως το ρυθμό απορρόφησης οξυγόνου κατά τον αερισμό ενός πλήρως αποοξυγονωμένου υγρού σε θερμοκρασία 10 °C.

$$R = K_L a \times V \times C_{O_2} \text{ κορεσμού} \quad (\text{mg/min})$$

Άλατα και σκληρότητα νερού

Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση και το είδος των αλάτων που περιέχονται στο νερό είναι το γήινο υπόβαθρο, το pH και η θερμοκρασία. Η χημική σύσταση των φυσικών νερών μπορεί να τροποποιηθεί με τη βοήθεια των βιολογικών μεταβολισμών. Ο υδρολογικός κύκλος επιδρά στην αύξηση ή μείωση της συγκέντρωσης των διαφόρων χημικών στοιχείων. Διάλυση, οξείδωση – αναγωγή, ιοντοεναλλαγή και συμπλοκοποίηση είναι οι κύριες αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα.

Τα συνήθη ανόργανα συστατικά των φυσικών νερών είναι το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), το νάτριο (Na), το κάλιο (K), τα όξινα ανθρακικά (HCO_3^-), τα ανθρακικά (CO_3^{2-}), τα χλωριούχα (Cl^-), τα θειικά (SO_4^{2-}), τα νιτρικά (NO_3^-) και τα πυριτικά. Οι συγκεντρώσεις των όξινων ανθρακικών για τα πόσιμα νερά στην Ελλάδα κυμαίνονται από **200 – 400 mg/l**. Οι συγκεντρώσεις των υπολοίπων στοιχείων κυμαίνονται από **1 – 100 mg/l**. Άλλα ιόντα, των οποίων οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται από **0,01 – 1 mg/l** είναι η αμμωνία (NH_3), τα νιτρώδη (NO_2^-), τα φωσφορικά (PO_4^{3-}), ο σίδηρος (Fe), το μαγγάνιο (Mn) και το φθόριο (F). Ανάλογα με το γήινο υπόβαθρο της περιοχής, τη γεωργική και τη βιομηχανική ρύπανση, είναι δυνατόν να υπάρχει στο νερό κάθε στοιχείο του περιοδικού πίνακα σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση (μg/l) ως ιχνοστοιχείο. Το νερό της βροχής περιέχει πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις αλάτων σε αντίθεση με τα υπόγεια και επιφανειακά νερά τα οποία περιέχουν μεγάλες ποσότητες αλάτων.

Η σκληρότητα είναι μια παράμετρος, που εκφράζει την περιεκτικότητα του νερού σε πολυσθενή κατιόντα κυρίως ασβεστίου (Ca^{2+}) και μαγνησίου (Mg^{2+}) και διακρίνεται σε ολική, προσωρινή και μόνιμη. Το σκληρό νερό δεν έχει καλή γεύση, εμποδίζει το καλό βράσιμο των τροφίμων, δεν κάνει αφρό με το σαπούνι και δημιουργεί επικαθήσεις στις σωληνώσεις και στις οικιακές συσκευές. Επίσης, σε ορισμένες βιομηχανίες (βυρσοδεψεία, βαφεία, χημικών και φαρμακευτικών

προϊόντων) το σκληρό νερό είναι επιζήμιο στην κατεργασία και στο τελικό προϊόν. Πολύ σοβαρές βιομηχανικές ενοχλήσεις δημιουργεί στους ατμολέβητες αφήνοντας μετά την εξάτμιση σημαντικές ποσότητες στερεών αποθεμάτων (πουρί) .

Η ολική σκληρότητα αναφέρεται στα νερά που κατά κανόνα περιέχουν σημαντικές ποσότητες κατιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) και μαγνησίου (Mg^{2+}) με τη μορφή του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) και ανθρακικού μαγνησίου (MgCO_3). Εάν συνυπάρχουν και άλλα κατιόντα όπως του στροντίου, του βαρίου, του μαγγανίου, του ψευδαργύρου, του σιδήρου και του αργιλίου, τότε συμπεριλαμβάνονται και αυτά.

Η προσωρινή (ανθρακική) σκληρότητα οφείλεται σε όξινα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) και μαγνησίου ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$). Η σκληρότητα αυτή αφαιρείται με βρασμό του νερού και το μεν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) διαφεύγει, τα δε αδιάλυτα CaCO_3 και MgCO_3 καθιζάνουν σαν ανθρακικά άλατα

Η μόνιμη (μη ανθρακική) σκληρότητα οφείλεται στα ανθρακικά, θειούχα, χλωριούχα και νιτρικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου και δεν αφαιρείται με βρασμό. Παραδείγματα τέτοιων αλάτων είναι το CaCO_3 , MgCO_3 , CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.

Για τον υπολογισμό της σκληρότητας του νερού και την έκφρασή της σε mg/l CaCO_3 , το άθροισμα των χιλιοστοϊσοδυνάμων (meq/l) ασβεστίου και μαγνησίου θεωρείται ισοδύναμο χιλιοστοϊσοδυνάμων ανθρακικού ασβεστίου.

$$\text{Δηλαδή } \text{meq/l } \text{Ca}^{2+} + \text{meq/l } \text{Mg}^{2+} = \text{meq/l } \text{CaCO}_3$$

Για τη μετατροπή των χιλιοστοϊσοδυνάμων (meq) του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) σε συγκέντρωση ανθρακικού ασβεστίου πολλαπλασιάζουμε τα χιλιοστοϊσοδύναμα επί 50.

$$\text{Δηλαδή } \text{meq/l } \text{CaCO}_3 \times 50 = \text{mg/l } \text{CaCO}_3$$

«Μαλακά» χαρακτηρίζονται τα νερά με σκληρότητα **0 – 100 mg/l** ισοδύναμο CaCO_3 .

«Μέσης σκληρότητας» τα νερά με σκληρότητα **100 – 200 mg/l** ισοδύναμο CaCO_3 .

«Σκληρά» τα νερά με σκληρότητα **200 – 300 mg/l** ισοδύναμο CaCO_3 .

«Πολύ σκληρά» τα νερά με σκληρότητα **μεγαλύτερη από 300 mg/l** ισοδύναμο CaCO_3 .

Νερό με σκληρότητα μέχρι και **500 mg/l** ισοδύναμο CaCO_3 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο, αλλά οι πιο καλές τιμές είναι μεταξύ **80 και 150**. Τα πολύ σκληρά νερά υφίστανται αποσκλήρυνση συνήθως με τη μέθοδο της ιοντοεναλλαγής.

Άλλες μονάδες έκφρασης της σκληρότητας είναι ο Γαλλικός ($^{\circ}\text{F}$), ο Γερμανικός ($^{\circ}\text{D}$) και Αγγλικός ($^{\circ}\text{E}$) βαθμός σκληρότητας. Σύμφωνα με τη νομοθεσία η σκληρότητα του νερού μπορεί να είναι από 10 έως 50 γαλλικούς βαθμούς.

Είναι δυνατόν μετρώντας την αγωγιμότητα του νερού να γνωρίζουμε κατά προσέγγιση την σκληρότητα του νερού. Διαιρώντας τη μετρηθείσα συγκέντρωση των αλάτων του νερού σε (mg/l) δια του 10, έχουμε το μέγεθος της σκληρότητάς του με ένα σφάλμα 2-3 $^{\circ}\text{F}$. Νερό που περιέχει 1 ppm αλάτων δίνει αγωγιμότητα περίπου 2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, συνεπώς $1^{\circ}\text{F} = 20 \mu\text{S}/\text{cm}$. Διαιρώντας την αγωγιμότητα που μετρήθηκε (σε $\mu\text{S}/\text{cm}$) δια του 20 έχουμε το βαθμό σκληρότητας σε $^{\circ}\text{F}$.

Σκληρότητα	Ιόντα αλκ. γαιών mmole/l	Ιόντα αλκ. γαιών meq/l	Γερμ. βαθμός $^{\circ}\text{D}$	CaCO_3 mg/l	Αγγλ. βαθμός $^{\circ}\text{E}$	Γαλλ. βαθμός $^{\circ}\text{F}$
Ιόντα αλκαλικών γαιών (1 mmole/l)	1.00	2.00	5.60	100.0	7.02	10.00
Ιόντα αλκαλικών γαιών (1 meq/l)	0.50	1.00	2.80	50.00	3.51	5.00
1 Γερμ. βαθμός	0.18	0.357	1.00	17.86	1.25	1.786
1 mg/l CaCO_3	0.01	0.020	0.056	1.00	0.070	0.100
1 Αγγλικός βαθμός	0.14	0.285	0.798	14.30	1.00	1.43
1 Γαλλικός βαθμός	0.10	0.200	0.560	10.00	0.702	1.00

Μετατροπές μονάδων σκληρότητας νερού

Κάλιο (K)

Το κάλιο είναι ένα στοιχείο σε αφθονία στη φύση, βρίσκεται σε όλα τα φυσικά νερά. Σπάνια όμως η περιεκτικότητά του στο πόσιμο νερό φθάνει τα **20 mg/l**. Δεν έχουν αναφερθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

Νάτριο (Na)

Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Τα άλατά του βρίσκονται σε όλες τις τροφές και το πόσιμο νερό. Λόγω της αφθονίας του στη φύση περιέχεται σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από **1 - 500 mg/l**. Στο πόσιμο νερό δεν υπερβαίνει τα **20 mg/l**, εκτός των περιπτώσεων που έχει γίνει αποσκλήρυνση με τη μέθοδο της ιοντοεναλλαγής σε νερά με μεγάλη σκληρότητα. Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από **200 mg/l** επηρεάζει τη γεύση του νερού. Το νάτριο (κυρίως η αναλογία του προς τα άλλα κατιόντα στο νερό) έχει μεγάλη σημασία για τη γεωργία και την ανθρώπινη παθολογία. Η διαπερατότητα του εδάφους επηρεάζεται αρνητικά από μεγάλη αναλογία νατρίου στο νερό. Άτομα που πάσχουν από χρόνιες καρδιακές παθήσεις χρειάζονται νερό με χαμηλή περιεκτικότητα σε νάτριο.

Ασβέστιο (Ca)

Υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από τα πετρώματα (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος) δια μέσου των οποίων διέρχεται το νερό. Η συγκέντρωση ασβεστίου κυμαίνεται από **μηδέν μέχρι μερικές εκατοντάδες mg/l** ανάλογα με την προέλευση του νερού και συμβάλλει στην ολική σκληρότητά του. Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

Μαγνήσιο (Mg)

Βρίσκεται σε αφθονία στη φύση και είναι από τα πιο συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών. Τα άλατά του μαζί με του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθήσεις στις σωληνώσεις και τους λέβητες. Νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου **μεγαλύτερες από 125 mg/l** μπορεί να έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες.

Αμμωνιακά (NH₄⁺)

Τα υπόγεια νερά περιέχουν συνήθως αμμωνία σε χαμηλές συγκεντρώσεις (~ **0,2 mg/l**). Σε υπόγεια νερά κάτω από εδάφη δασών παρατηρούνται υψηλότερες συγκεντρώσεις. Η αμμωνία δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία στις συγκεντρώσεις που ενδέχεται να υπάρχει στο πόσιμο νερό, αποτελεί όμως σημαντικό δείκτη ρύπανσης

από κοπρανώδεις ουσίες. Σε συγκεντρώσεις **μεγαλύτερες από 0,2 mg/l** δημιουργεί προβλήματα οσμής και γεύσης στο νερό και ελαττώνει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Επίσης, συμβάλλει στο σχηματισμό νιτρικών αλάτων στα συστήματα ύδρευσης.

Ανιόντα (Cl^- , F^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-})

Χλωριούχα (Cl^-)

Τα χλωριούχα ιόντα είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου, καλίου και ασβεστίου. Προέρχονται από τη διάβρωση των πετρωμάτων. Είναι πολύ ευδιάλυτα και εισδύουν στο έδαφος ή μεταφέρονται σε κλειστές δεξαμενές και τους ωκεανούς. Μπορεί όμως να προκύψουν και από τη χρήση λιπασμάτων, από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα ή διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιες περιοχές. Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Η απότομη αύξηση των χλωριούχων στο νερό, αν δεν οφείλεται στην είσοδο θαλασσινού νερού, δείχνει πιθανή ρύπανση από λύματα και απαιτείται άμεση επιτόπια υγειονομική επιθεώρηση, η οποία πρέπει να επιβεβαιωθεί και με άλλες μετρήσεις (μικροβιολογικές, αμμωνία, νιτρώδη). Δεν έχει παρατηρηθεί τοξικότητα των χλωριούχων στον άνθρωπο.

Φθοριούχα (F^-)

Το φθόριο υπάρχει στα νερά με τη μορφή φθοριούχων αλάτων, που προέρχονται από ηφαιστειογενή πετρώματα. Συνήθως βρίσκεται στα υπόγεια παρά στα επιφανειακά νερά. Δεν βρίσκεται σε στοιχειακή μορφή στη φύση, επειδή είναι πολύ δραστικό στοιχείο. Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Από έρευνες και επιδημιολογικές μελέτες διαπιστώθηκε ότι το φθόριο σε μικρά ποσά στο νερό (μέχρι **1 mg/l**) είναι ωφέλιμο, γιατί εμποδίζει τη δημιουργία τερηδόνας στα δόντια, ενώ σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλεί τη φθορίαση (μαύρες κηλίδες στην αδαμαντίνη των δοντιών) ή και βλάβες στα οστά. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλουμινίου, σε βιομηχανίες χάλυβα και γυαλιού, στα λιπάσματα και στα κεραμικά.

Νιτρώδη (NO_2^-) - Νιτρικά (NO_3^-)

Αποτελούν τμήμα του κύκλου του αζώτου στη φύση, επομένως υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωση νιτρικών πρέπει να είναι χαμηλή. Υψηλές συγκεντρώσεις οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Υπάρχουν ακόμη και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος. Σε αερόβιες συνθήκες τα νιτρικά (NO_3^-) διεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Τα πόσιμα νερά που περιέχουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών αλάτων μπορεί να προκαλέσουν στα παιδιά την ασθένεια μεθαιμογλοβιναιμία, λόγω της αναγωγής τους σε νιτρώδη (NO_2^-). Τα νιτρώδη και τα νιτρικά άλατα, στο περιβάλλον του στομάχου, σχηματίζουν νιτροζοενώσεις, που είναι καρκινογόνες.

Θειικά (SO_4^{2-})

Οι αυτότροφοι αλλά και πολλοί ετερότροφοι μικροοργανισμοί προσλαμβάνουν θείο από τα θειικά ιόντα (SO_4^{2-}) του νερού. Κύρια πηγή των θειικών ιόντων στα φυσικά νερά είναι το νερό της βροχής. Άλλες πιθανές πηγές θειικών ιόντων είναι τα ιζηματογενή πετρώματα που περιέχουν θειικό ασβέστιο ή θειικό πυρίτιο. Σε κλειστές λίμνες όπου υπάρχουν αποθέσεις κρυστάλλων θειικού νατρίου (Na_2SO_4) η συγκέντρωση των θειικών ιόντων μπορεί να φτάνει τα **60 g/lit**. Στο υπολίμνιο των περισσότερων λιμνών και κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου η μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου προκαλεί μείωση των πληθυσμών των αερόβιων αποικοδομητικών οργανισμών.

Στις παραπάνω συνθήκες η ανοργανοποίηση των οργανικών ουσιών με τη συμμετοχή αναερόβιων βακτηρίων δεν οδηγεί στο σχηματισμό νερού (H_2O) και διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), αλλά ενώσεων όπως το μεθάνιο (CH_4) το υδρόθειο (H_2S). Όσον αφορά την κατακόρυφη κατανομή του θείου, παρατηρείται αύξησή της σε συνάρτηση με την αύξηση του βάθους του υδάτινου αποδέκτη.

Θρεπτικά συστατικά (N, P, S, Si)

Άζωτο

Το άζωτο είναι ένα από τα κυριότερα συστατικά του ζωντανού πρωτοπλάσματος (αποτελεί το 1-10 % του βάρους των φυτών και περισσότερο από 20-30 % του βάρους των ζώων) και επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα των υδατικών οικοσυστημάτων. Το άζωτο υπάρχει στο νερό ως:

- διαλυμένο αέριο άζωτο (N_2)
- άζωτο δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις, όπως πρωτεΐνες, αμινοξέα, ουρία κ.ά.
- αμμωνία, κυρίως ως αμμωνιακά ιόντα (NH_4^+ και NH_4OH)
- νιτρώδη ιόντα (NO_2^-)
- νιτρικά ιόντα (NO_3^-).

Ο εμπλουτισμός των φυσικών νερών με αζωτούχες ενώσεις προέρχεται από:

- τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα,
- τη δέσμευση του ατμοσφαιρικού αζώτου,
- τους μηχανισμούς διάβρωσης και απόπλυσης των εδαφών της λεκάνης απορροής, με τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά,
- τα υγρά απόβλητα που εισρέουν στο οικοσύστημα.

Οι συγκεντρώσεις των ενώσεων του αζώτου στα φυσικά νερά ποικίλουν ανάλογα με τις συνθήκες. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις κυμαίνονται από **10 ως 1000 $\mu g/l$** .

Οι ρυθμοί παραγωγικότητας και οι παράγοντες που ελέγχουν μέχρι ένα βαθμό τις βακτηριακές δραστηριότητες, επηρεάζουν τη συγκέντρωση των ενώσεων του αζώτου. Κατά τη θερινή στρωμάτωση μιας λίμνης τα νιτρικά μπορεί ακόμα και να εξαφανιστούν στο επιφανειακό στρώμα του νερού, ως αποτέλεσμα της χρησιμοποίησής τους, όπως επίσης και στα βαθύτερα στρώματα, εξαιτίας της χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου στα στρώματα αυτά.

Αρκετές είναι οι ενώσεις του αζώτου που συμπεριλαμβάνονται στα θρεπτικά στοιχεία του φυτοπλαγκτόν (νιτρικά, τα πιο εύληπτα από τα φυτά άλατα, νιτρώδη, αμμωνιακά ιόντα). Τα άλατα του αζώτου προέρχονται συνήθως από το ίζημα και απελευθερώνονται ως αμμωνία σε ανοξικές συνθήκες και ως νιτρικά στις περιόδους κυκλοφορίας του νερού, όπου το διαλυμένο οξυγόνο βρίσκεται σε αφθονία. Μερικά είδη κυανοφυκών - κυανοβακτηρίων μπορούν να δεσμεύουν το διαλυμένο στο νερό

ατμοσφαιρικό άζωτο και να συνθέτουν αμμωνία (αμμωνιοποίηση).

Ανάμεσα στους παράγοντες που επιδρούν στην πορεία της βακτηριακής νιτροποίησης είναι το ΡΗ του νερού, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, η θερμοκρασία κ.ά. Η διαδικασία της νιτροποίησης ευνοείται σε ουδέτερες ως ελαφρά αλκαλικές τιμές του ΡΗ. Σε τιμές ΡΗ μικρότερες από το 7 η νιτροποίηση καθυστερεί ή αναστέλλεται καθώς οι όξινες συνθήκες δυσχεραίνουν τη λειτουργία των νιτροποιητικών βακτηρίων (*Nitrosomonas* και *Nitrobacter*). Σε τιμές του ΡΗ μεγαλύτερες του 8, τα βακτήρια *Nitrobacter* παύουν να μετατρέπουν τα νιτρώδη (NO_2^-) σε νιτρικά (NO_3^-) και συνεπώς η διαδικασία της νιτροποίησης αναστέλλεται. Σε μια υδάτινη στήλη ο ρυθμός νιτροποίησης μειώνεται με το βάθος λόγω της μείωσης του διαλυμένου οξυγόνου κοντά στον πυθμένα. Τέλος, χαμηλές θερμοκρασίες είναι δυσμενείς για την ανάπτυξη των συγκεκριμένων βακτηρίων και αναστέλλουν το ρυθμό της βακτηριακής νιτροποίησης.

Αντίθετη της βακτηριακής νιτροποίησης διαδικασία είναι η βακτηριακή απονιτροποίηση, η οποία ευνοείται ιδιαίτερα κάτω από αναερόβιες συνθήκες. Μια μεγάλη ποικιλία βακτηριακών οργανισμών (*Escherichia coli*, *Serratia marcescens* κ.ά) συμμετέχουν στην αναγωγή των νιτρικών και των νιτρωδών ιόντων, χρησιμοποιώντας το οξυγόνο ανιόντων (π.χ. NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-}) για την οξείδωση του οργανικού υλικού με τελικό προϊόν το άζωτο.

Φώσφορος (P)

Ο φώσφορος αποτελεί συνήθως περιοριστικό παράγοντα της πρωτογενούς παραγωγής και ως εκ τούτου έχει καθοριστική σημασία για την αποκατάσταση της οικολογικής ισορροπίας σε έναν υδάτινο αποδέκτη. Αν και είναι ένα από τα έξι κύρια κυτταρικά στοιχεία (C, H, O, N, P, S) η παρουσία του στο φλοιό της γης είναι σπανιότερη από αυτή των άλλων πέντε στοιχείων. Ο φώσφορος, με τη μορφή φωσφορικών κυρίως ιόντων (PO_4^{3-} και HPO_4^{2-}) αποτελεί ένα από τα βασικά θρεπτικά συστατικά τόσο των ζωικών όσο και των φυτικών οργανισμών. Φώσφορος υπάρχει στο μόριο του DNA, της τριφωσφορικής αδενοσύνης (ATP), στην κυτταρική μεμβράνη (φωσφολιπίδια) και αλλού.

Οι ενώσεις του φωσφόρου στο νερό διακρίνονται σε οργανικές ή ανόργανες, διαλυμένες ή σωματιδιακές. Φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που συμβαίνουν στο υδάτινο περιβάλλον μεταβάλλουν διαρκώς την αναλογία των παραπάνω μορφών. Η τυπική διαδικασία ανακύκλωσής του στα φυσικά νερά έχει ως εξής: Ο φώσφορος απελευθερώνεται κατά την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και προσλαμβάνεται από το φυτοπλαγκτόν και την υπόλοιπη υδρόβια βλάστηση. Ο θάνατος και η αποικοδόμηση των οργανισμών εμπλουτίζει το νερό με φωσφορικές ενώσεις που καθιζάνουν στον πυθμένα, ενώ παράλληλα συμβαίνει διάχυση του φωσφόρου από το ίζημα στο νερό (εσωτερική τροφοδοσία του νερού σε φώσφορο). Όλες οι ενώσεις του φωσφόρου συναντώνται στα νερά είτε διαλυμένες, είτε σαν σωματίδια είτε στο σώμα των υδρόβιων οργανισμών. Ο φώσφορος, όπως και το άζωτο, είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φυκιών και η περιεκτικότητά του στα νερά αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών. Στα περισσότερα φυσικά νερά οι συγκεντρώσεις του ολικού φωσφόρου (το σύνολο του ανόργανου και οργανικού, διαλυμένου και σωματιδιακού φωσφόρου) κυμαίνονται συνήθως μεταξύ **10 και 50 µg/l**. Ωστόσο σε μη παραγωγικά, oligότροφα νερά η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου μπορεί να είναι **μικρότερη από 5 µg/l**, ενώ σε πολύ εύτροφες συνθήκες μπορεί **να υπερβαίνει τα 100 µg/l**. Η μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου οφείλεται στα αστικά λύματα και προέρχεται από τη διάσπαση των πρωτεϊνών κατά τον μεταβολισμό. Επίσης, υπάρχει σε πολλά απορρυπαντικά και στα φωσφορικά λιπάσματα. Μικρά ποσά φωσφορικών εισέρχονται στα δίκτυα από την επεξεργασία του νερού, όπου χρησιμοποιούνται για να εμποδιστεί η διάβρωση στις σωληνώσεις και οι επικαθήσεις στους λέβητες. Δεν έχουν αναφερθεί επιπτώσεις στην υγεία.

Ανάμεσα στους παράγοντες που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό είναι η θερμοκρασία, το pH και η συγκέντρωση των νιτρικών και των νιτρικών ιόντων. Υψηλές θερμοκρασίες αυξάνουν τους ρυθμούς αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών και συνεπώς την απελευθέρωση φωσφόρου. Παράλληλα βέβαια υψηλές θερμοκρασίες εντείνουν την πρόσληψη φωσφόρου από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς. Συνήθως όμως ο ρυθμός της πρώτης διαδικασίας (απελευθέρωση φωσφόρου) είναι μεγαλύτερος από αυτόν της δεύτερης (δέσμευση

φωσφόρου), με αποτέλεσμα οι υψηλές θερμοκρασίες να επιφέρουν αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό.

Το ΡΗ σχετίζεται με την εσωτερική τροφοδοσία του νερού σε φώσφορο, την επαναιώρηση δηλαδή του φωσφόρου του πυθμένα. Σε υψηλές τιμές ΡΗ συμβαίνει ανταλλαγή των ιόντων υδροξυλίου (OH^-) του νερού με φώσφορο από ενώσεις σιδήρου (Fe) και αργιλίου (Al) του πυθμένα. Συνεπώς, αύξηση του ΡΗ επιφέρει αύξηση της συγκέντρωσης του φωσφόρου στο νερό.

Ανοξικές συνθήκες ευνοούν τη διάχυση του φωσφόρου από τον πυθμένα στο νερό. Αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρωδών και των νιτρικών ιόντων μειώνει το ρυθμό απελευθέρωσης του φωσφόρου από τον πυθμένα (και συνεπώς τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό) εξαιτίας της οξειδωτικής τους δράσης.

Παράλληλα, η παρουσία υδρόβιας μακροφυτικής βλάστησης σε μια υδάτινη συλλογή αυξάνει τη συγκέντρωση του φωσφόρου στο νερό. Οι παραπάνω φυτικοί οργανισμοί προσλαμβάνουν φώσφορο κυρίως από το υπόστρωμα, ενώ κατά την ανάπτυξή τους απελευθερώνουν μεγάλα ποσά φωσφόρου στο νερό, διαδικασία που συνεχίζεται και κατά την ξήρανσή τους. Η παραμονή ξηρών φυτικών τμημάτων στο νερό διευκολύνει την αποσύνθεσή τους, εμπλουτίζοντας το νερό με φωσφορικές ενώσεις.

Πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο εμφανίζεται συνήθως, ως διαλυτό πυριτικό οξύ (H_2SiO_3) και ως σωματιδιακό πυρίτιο (Si), σε επαρκείς συγκεντρώσεις στα εσωτερικά νερά. Το ορθοπυριτικό οξύ (H_4SiO_4) είναι πιθανόν η μόνη ένωση πυριτίου διαθέσιμη στα διάτομα και σε άλλα πλαγκτικά φύκια. Στην πλειοψηφία των εύκρατων λιμνών η συγκέντρωση του πυριτίου κυμαίνεται μεταξύ **560 και 5600 $\mu\text{g/l}$** . Λίγες είναι οι περιπτώσεις λιμνών στις οποίες το πυρίτιο βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις σε όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ σε αρκετές μπορεί να αποτελέσει περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των διατόμων μόνο για σύντομες χρονικές περιόδους, μετά από τη βιολογική κατανάλωσή του από τους παραπάνω οργανισμούς. Μεγάλες συγκεντρώσεις πυριτίου παρατηρούνται κατά τη χειμερινή περίοδο και στην αρχή της άνοιξης, ενώ σταδιακά μειώνονται εξαιτίας της βιολογικής

κατανάλωσής τους κατά την εαρινή και τη θερινή περίοδο. Περιορισμένες συγκεντρώσεις πυριτίου παρατηρούνται στην εύφωτη ζώνη των εύτροφων λιμνών, ενώ στις oligότροφες λίμνες παρατηρούνται διαφορές συγκεντρώσεων, ανάμεσα στο υπολίμνιο και στο επιλίμνιο, κατά τη θερμική στρωμάτωση των νερών. Η τροφοδοσία μιας λίμνης σε πυρίτιο μπορεί να είναι εξωτερική (μέσω εισροών) ή εσωτερική (διάθεση πυριτίου από το ίζημα και αποσύνθεση διατόμων).

Ιχνοστοιχεία – Βαριά μέταλλα (Fe, Mn, Cu, Zn, Cd, Cr, Pb, As)

Σίδηρος (Fe)

Υπάρχει κυρίως σε υπόγεια νερά, που διέρχονται από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Ο σίδηρος δίνει στο νερό γεύση που είναι ανιχνεύσιμη σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Προκαλεί προβλήματα στα πλυντήρια και υφαντήρια (δημιουργούνται λεκέδες στα υφάσματα) και στους αγωγούς διανομής νερού (ευνοείται η ανάπτυξη βακτηρίων και δημιουργούνται αποθέσεις). Συνεχής κατανάλωση νερού με υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους ιστούς (αιμοχρωμάτωση).

Μαγγάνιο (Mn)

Δεν έχουν διαπιστωθεί βλαβερές συνέπειες στην υγεία από πόσιμο νερό που περιέχει μαγγάνιο. Θεωρείται από τα λιγότερο τοξικά στοιχεία για τον άνθρωπο. Η απορρόφησή του στον οργανισμό συνδέεται άμεσα με την απορρόφηση του σιδήρου. Υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό προκαλούν δυσάρεστη γεύση. Διευκολύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών στα δίκτυα με αποτέλεσμα την αύξηση της θολότητας και τη δημιουργία αποθέσεων και οσμών.

Χαλκός (Cu)

Είναι βασικό στοιχείο στον ανθρώπινο μεταβολισμό. Τα άλατα του χαλκού είναι τοξικά στα υδρόβια φυτά και χρησιμοποιούνται (κυρίως ο θειικός χαλκός $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) για να ανασταλεί η ανάπτυξη των φυκών. Λόγω της διάβρωσης των χάλκινων

σωληνώσεων, σημαντικές ποσότητες χαλκού διαλύονται στο πόσιμο νερό. Αν το νερό μείνει στάσιμο για 12 ώρες στις σωληνώσεις, η συγκέντρωση χαλκού μπορεί να υπερβεί τα **20 mg/l**. Γι' αυτό το λόγο η υγειονομική διάταξη του 1986 αναφέρει δύο ενδεικτικά επίπεδα: στην έξοδο των εγκαταστάσεων και μετά από ηρεμία 12 ωρών στις σωληνώσεις. Ο χαλκός προσδίδει χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό.

Ψευδάργυρος (Zn)

Είναι σημαντικό στοιχείο για τον άνθρωπο και τα ζώα. Πηγές ψευδαργύρου στο νερό είναι η διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων και τα απόβλητα μεταλλείων και επιμεταλλωτηρίων. Συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από **5 mg/l** προσδίδουν χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό. Δεν έχουν παρατηρηθεί αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία.

Κάδμιο (Cd)

Είναι ένα από τα τοξικότερα μέταλλα. Συναντάται στη φύση σε θειούχα ορυκτά με το μόλυβδο και τον ψευδάργυρο. Στα φυσικά νερά βρίσκεται κυρίως στα ιζήματα των βυθών και σε αιωρούμενα σωματίδια. Σε μη ρυπασμένα νερά η συγκέντρωση του καδμίου είναι **κάτω από 1 µg/l**. Πηγές του καδμίου στο νερό είναι τα βιομηχανικά απόβλητα και η διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων. Σε συστήματα ύδρευσης που τροφοδοτούνται με μαλακό νερό χαμηλού PH, μπορεί να βρεθούν ψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, επειδή αυτά τα νερά είναι πιο διαβρωτικά και η διαλυτότητά του καδμίου στο νερό εξαρτάται από το PH και τη σκληρότητα. Το κάδμιο προσβάλλει το ήπαρ, τα νεφρά, τον σπλήνα και τον θυρεοειδή αδέν, εναποτίθεται στα οστά, όπου αντικαθιστά το ασβέστιο.

Χρώμιο (Cr)

Το χρώμιο (Cr) υπάρχει στη φύση συνήθως με τη μορφή του τρισθενούς κατιόντος (Cr^{3+}). Στο υδάτινο περιβάλλον όμως επικρατεί με την σταθερή μορφή του εξασθενούς ιόντος (Cr^{6+}) και πολύ σπάνια με αυτή του τρισθενούς.

Τα άλατα του εξασθενούς χρωμίου είναι ευδιάλυτα ενώ αυτά του τρισθενούς είναι αδιάλυτα και καθιζάνουν. Από την ατμόσφαιρα παρασύρεται με τη βροχή ή εναποτίθεται στο έδαφος ρυπαίνοντας τα επιφανειακά νερά. Η μέση συγκέντρωση χρωμίου στο νερό της βροχής είναι **0,2 - 1 µg/l**, στο θαλασσίνο νερό **0,05 µg/l**, στα φυσικά νερά **0,5 - 2 µg/l**, ενώ στα υπόγεια νερά είναι πολύ χαμηλή. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις του στα νερά οφείλονται σε ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα. Το χρώμιο χρησιμοποιείται κυρίως στην μεταλλουργία (κράματα - επιμεταλλώσεις), σε συντηρητικά ξυλείας και μη θερμαγωγά τούβλα. Οι ενώσεις χρωμίου έχουν πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό ενώ στο θαλάσσιο περιβάλλον εναποτίθενται συνήθως στο ίζημα. Από το ίζημα δεν επαναδιαλύονται εύκολα.

Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι ένα μέταλλο που χρησιμοποιείται ευρύτατα και είναι συνεπώς ευρέως διασκορπισμένο στο περιβάλλον. Θεωρείται ένα από τα πιο τοξικά μέταλλα. Η ρύπανση από μόλυβδο προέρχεται κυρίως από βιομηχανική και τεχνολογική χρήση. Χρησιμοποιείται στους συσσωρευτές, σαν προσθετικό (αντικροτικό) στην βενζίνη, στις χημικές βιομηχανίες, στα πυρομαχικά, σε επικαλωδιώσεις, στα χρώματα, κ.λπ.

Ο στοιχειακός μόλυβδος (Pb) δεν δημιουργεί περιβαλλοντικά προβλήματα μέχρι τη στιγμή που διαλύεται και προκύπτει η ιονική του μορφή, δηλαδή δισθενή (Pb^{2+}) ή τετρασθενή ιόντα (Pb^{4+}) τα οποία είναι τοξικά και επικίνδυνα. Για τη διάλυση του στοιχειακού μολύβδου και τη δημιουργία ιόντων απαιτείται όξινο PH. Οι ενώσεις του δισθενούς ιόντος του μολύβδου είναι ιονικές και πάρα πολύ επικίνδυνες για την υγεία του ανθρώπου ενώ οι περισσότερες ενώσεις του τετρασθενούς μολύβδου είναι ομοιοπολικά μόρια παρά ιονικές ενώσεις του τύπου Pb^{4+} και ίσως λιγότερο επικίνδυνα. Οι σημαντικότερες ομοιοπολικές ενώσεις του μολύβδου είναι αυτές με την μεθυλομάδα $Pb(CH_3)_4$ και την αιθυλομάδα $Pb(CH_2CH_3)_4$ και χρησιμοποιήθηκαν ευρέως σαν πρόσθετα στη βενζίνη για την αύξηση του αριθμού των οκτανίων.

Άλλες μορφές και πηγές μόλυνσης του περιβάλλοντος από το μόλυβδο είναι η χρήση διαφόρων εντομοκτόνων που περιέχουν μόλυβδο αλλά και διάφορες

χρωστικές ουσίες οι οποίες επίσης περιέχουν μόλυβδο γιατί δίνουν σταθερά και λαμπερά χρώματα.

Οι επιπτώσεις του μολύβδου στην υγεία μελετήθηκαν πριν πολλά χρόνια, γιατί υπήρξαν δηλητηριάσεις από μόλυβδο στο πόσιμο νερό, που προήλθε από διάβρωση των μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να εγκαταλειφθούν οι μολύβδινοι σωλήνες για το νερό και να απαγορευθεί η χρήση χρωμάτων με βάση το μόλυβδο. Είναι δηλητήριο με συσσωρευτική δράση. Προκαλεί βλάβες στο ήπαρ, τον εγκέφαλο και το νευρικό σύστημα.

Αρσενικό (As)

Τα περισσότερα φυσικά νερά περιέχουν αρσενικό σε συγκεντρώσεις πάνω από 5 $\mu\text{g/l}$. Καταλήγει στους αποδέκτες από τα μεταλλεία, αφού υπάρχει σχεδόν σε όλα τα θειούχα ορυκτά, από τα εντομοκτόνα και από την καύση ορυκτών καυσίμων. Οι φυσικές πηγές αρσενικού στο περιβάλλον είναι οι ηφαιστειογενείς δράσεις και η αποσύνθεση της φυτικής οργανικής ύλης. Είναι τοξικό και καρκινογόνο στοιχείο. Η τοξικότητα του αρσενικού εξαρτάται από τη χημική και φυσική του μορφή, τη δόση, το χρόνο έκθεσης και τον τρόπο που εισάγεται στον ανθρώπινο οργανισμό. Προκαλεί βλάβες στο γαστρικό, νευρικό και αναπνευστικό σύστημα και διάφορες αλλοιώσεις στο δέρμα.

BOD (Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο)

Με τον όρο βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, εννοείται η ποσότητα του οξυγόνου η οποία καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς για να αποικοδομήσουν οξειδωτικά τις οργανικές ουσίες που υπάρχουν στο νερό σε διάστημα 5 ημερών, χωρίς φως σε σταθερές θερμοκρασίες 20°C.

Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται έμμεσα το φορτίο σε οργανικές ουσίες που υπάρχουν στο νερό. Αν οι ουσίες αυτές είναι τοξικές και νεκρώνουν τους μικροοργανισμούς, τότε τα αποτελέσματα δεν ανταποκρίνονται στο πραγματικό φορτίο.

Οι τιμές του BOD παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την ολική φόρτιση των νερών με οργανικές ενώσεις, καθώς επίσης και για την απόδοση των συστημάτων βιολογικού καθαρισμού. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται τιμές BOD₅ για διάφορα νερά.

Τιμές BOD και COD σε διάφορα νερά και απόβλητα

Προέλευση	COD (O ₂ mg/l)	BOD (O ₂ mg/l)
Νερά ποταμών χωρίς ρύπανση	-	<1
Νερά ποταμών με ρύπανση	-	>10
Νερά αποβλήτων μετά την επεξεργασία	-	10-20
Νερά οικιακών ή βιομηχ. αποβλήτων	-	300-5000
Επιτρεπτά όρια στην Β.Ελλάδα (1978)	90	30
Επιτρεπτά όρια στην Β.Ελλάδα (1983)	250	80
Ακατέργαστα λύματα (οικιακά)	420	360
Βιομηχανία γάλακτος	700-5600	500-4200
Βιομηχανία κутταρίνης	800	300
Βιομηχανία ζάχαρης	2000	1800
Βιομηχανία ακατεργ. λαχανικών	-	100-300
Βαφεία	-	300-600
Σφαγεία	234000	167000
Οινοπνευματοποιία	90000	50000

Ο BOD προσδιορίζεται κυρίως με τις παρακάτω μεθόδους: την ογκομετρική, την ηλεκτροχημική, τη βαρομετρική και τη μέθοδο αραίωσης.

Η μέθοδος αραίωσης αποτελεί απλούστερη μέθοδο και εφαρμόζεται κατά κανόνα στον έλεγχο των ρυπασμένων νερών. Βασίζεται στον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου πριν και μετά την αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων σε διάστημα πέντε ημερών, ύστερα από κατάλληλη αραίωση του δείγματος.

Το δείγμα αραιώνεται με αποσταγμένο νερό που έχει εμπλουτισθεί με οξυγόνο, ώστε μετά την επώαση να περιέχει το εξεταζόμενο δείγμα τουλάχιστον **2mg/l** οξυγόνου που είναι και η ακριβής περιοχή των μετρήσεων. Συνοπτικά το δείγμα αραιώνεται όσο πρέπει, μετρούμε το διαλυμένο οξυγόνο και στη συνέχεια επωάζεται για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Ο υπολογισμός του BOD γίνεται με βάση της σχέση:

$$\text{BOD mg/l} = (D1-D2) / A$$

Όπου:

A = ο συντελεστής αραίωσης (1.0, 0.5, 0.1 κ.λπ.)

D1= είναι το αρχικά διαλυμένο οξυγόνο

D2= είναι το τελικά διαλυμένο οξυγόνο

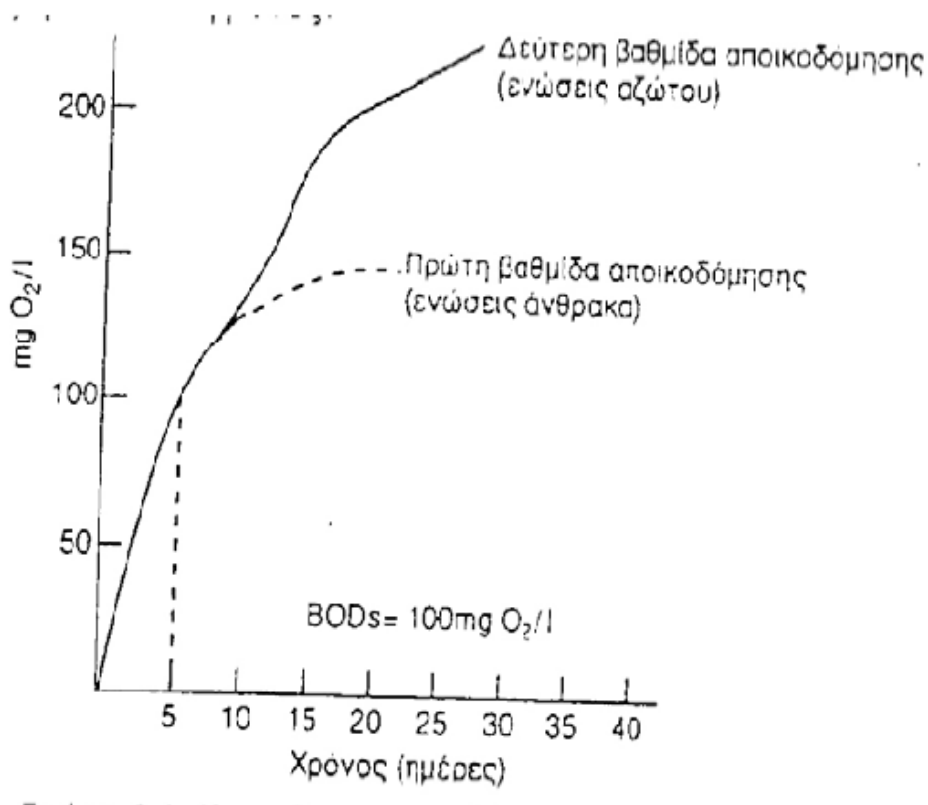
Η τιμή του BOD για το νερό αραίωσης πρέπει να είναι αμελητέα (μικρότερη από **0,5mg/l**). Εάν η τιμή D2 είναι μικρότερη του **1mg/l**, ο προσδιορισμός επαναλαμβάνεται διότι η αραίωση ήταν ανεπαρκής. Επίσης επαναλαμβάνεται η διαδικασία του προσδιορισμού εάν η τιμή $D1-D2 < 2\text{mg/l}$ διότι αραίωση ήταν πολύ μεγάλη.

Τα συγκριτικά αποτελέσματα έχουν αξία μόνο εάν οι προσδιορισμοί γίνονται κάτω από τις ίδιες ακριβώς συνθήκες. Οι παράμετροι που επιδρούν είναι: το είδος και ο αριθμός των υπαρχόντων μικροοργανισμών – το είδος των περιεχόμενων οργανικών ουσιών – η προσφορά του οξυγόνου – η διάρκεια του προσδιορισμού – (διάρκεια δράσης μικροοργανισμών επί των οργανικών ουσιών) – η θερμοκρασία – ο φωτισμός και οι παρεμποδίσσεις των βιολογικών διεργασιών λόγω της παρουσίας δηλητηριωδών ή παρεμποδιστικών ουσιών. Έτσι όταν αναφερόμαστε για π.χ. σε προσδιορισμό 5 ημερών συμβατικά δηλώνεται με ένα δείκτη, δηλαδή **BOD₅**.

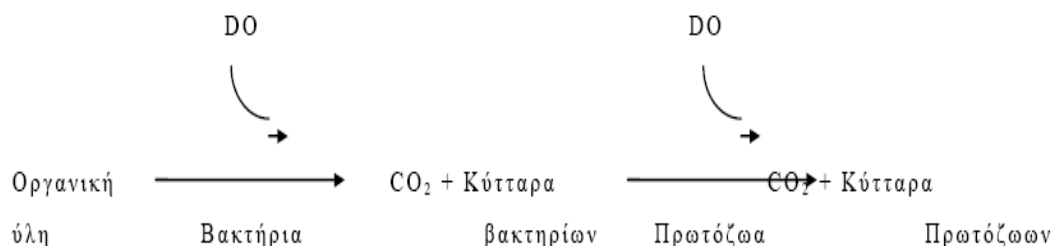
Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η πορεία της αποικοδόμησης των αστικών λυμάτων. Η καμπύλη παριστάνει την ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται για την αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων σε συνάρτηση με το χρόνο. Η

πρώτη βαθμίδα αποικοδόμησης (διακοπτόμενη γραμμή) αντιστοιχεί στις ενώσεις του άνθρακα, ενώ η δεύτερη (συνεχής γραμμή) στις ενώσεις αζώτου. Το οξυγόνο που καταναλώνεται στις πρώτες πέντε μέρες (διακεκομμένη γραμμή) αποτελεί την τιμή BOD₅ του εξεταζόμενου δείγματος.

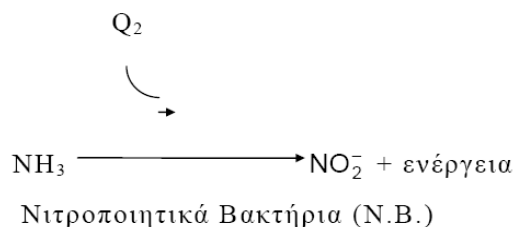
Καμπύλη αποικοδόμησης οικιακών λυμάτων



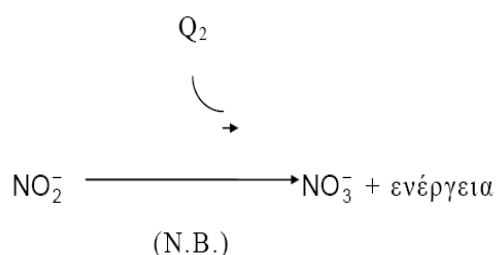
Η αντίδραση αποικοδόμησης των ενώσεων του άνθρακος ακολουθεί το γενικό σχήμα:



Ενώ η νιτροποίηση το γενικό σχήμα:



Και:



Συνοπτικά η τιμή BOD είναι η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλίσκεται από ένα μικρό αριθμό μικροοργανισμών κάτω από αερόβιες συνθήκες σε θερμοκρασία 20°C. Η τιμή του BOD στα απόβλητα δεν είναι μια χαρακτηριστική σταθερή παράμετρος αλλά εξαρτάται από το χρόνο που μεσολαβεί μεταξύ της ρύπανσης του νερού με την οργανική ύλη και τον προσδιορισμό. Η μεταβολή αυτή σε συνάρτηση με το χρόνο μπορεί να περιγραφεί με μια διαφορετική εξίσωση. Γενικά η ταχύτητα μείωσης του BOD σε ένα βιολογικό καθαρισμό αποβλήτων ισούται με το γινόμενο μιας σταθεράς K επί την ποσότητα του BOD που παραμένει.

Δηλαδή:

$$Y = L(1 - 10)^{-kt}$$

Όπου:

Y= η τιμή του BOD σε χρόνο t

L= η μέγιστη τιμή του BOD και

K= η σταθερά που εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία αλλά και από άλλες παραμέτρους.

Η συχνότητα μείωσης του BOD, dy/dt ισούται με τη σταθερά K' πολλαπλασιαζόμενη με την ποσότητα του BOD που παραμένει σε κάθε χρονική στιγμή t , δηλαδή:

$$dy/dt = K' (L-y)$$

$$dy/(L-y) = K' dt$$

Αν η παραπάνω σχέση ολοκληρωθεί για το διάστημα $0 - t$ και $0 - y$ και με κατάλληλους μετασχηματισμούς καταλήγει στη μορφή:

$$Y = L (1 - e^{-kt})$$

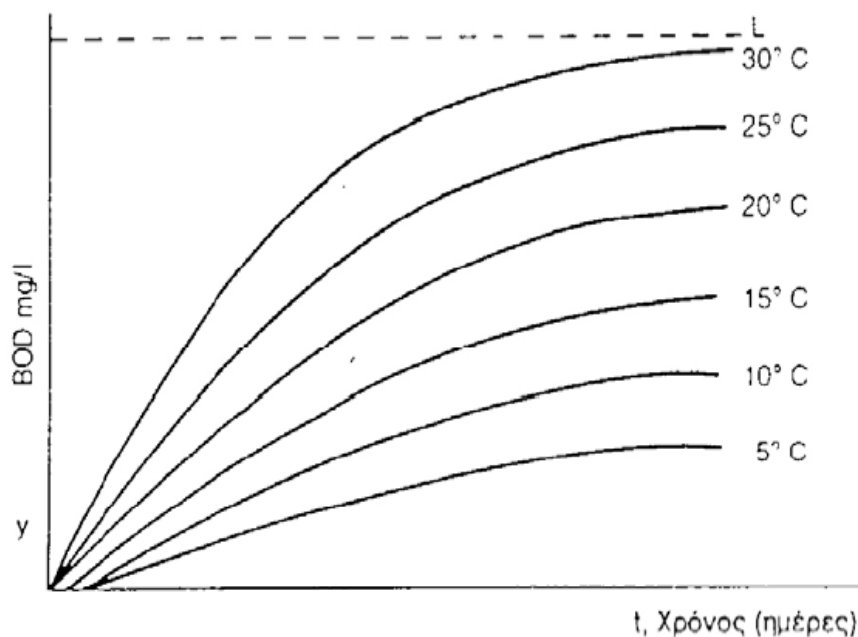
Και με αντικατάσταση της βάσης των νεπερειών λογαρίθμων με τους δεκαδικούς λογάριθμους έχει τη μορφή:

$$Y = L (1 - 10^{-kt})$$

Όπου $K=0,034K'$

Η εξίσωση περιγράφεται γραφικά στο παρακάτω σχήμα όπου κάθε καμπύλη αντιστοιχεί σε μια θερμοκρασία.

Μεταβολή του BOD συναρτήσει του χρόνου για διάφορες θερμοκρασίες



COD (Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο)

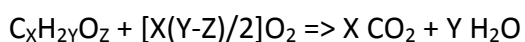
Το COD δείχνει την ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται για τη χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων, οι οποίες περιέχονται στα νερά. Η οξείδωση γίνεται με διχρωμικό κάλιο σε όξινο περιβάλλον και τα αποτελέσματα εκφράζονται mg O/l νερού. Το προσδιοριζόμενο δείγμα νερού δεν πρέπει να περιέχει περισσότερο από 2mg/l χλωριούχων ιόντων, επειδή οξειδώνονται σε χλώριο και καταναλώνουν διχρωμικό κάλιο.

Υπάρχουν ακόμα ορισμένες οργανικές ενώσεις, που ενώ επιβαρύνουν βιολογικά το νερό δεν προσδιορίζονται με τη μέθοδο αυτή (π.χ. το οξικό οξύ), ενώ άλλες που δεν επιβαρύνουν βιολογικά το νερό συμπροσδιορίζονται (π.χ. η κυτταρίνη). Με τη προσθήκη καταλύτη Ag_2SO_4 , η πρώτη κατηγορία αντιδρά αποτελεσματικά. Η οξείδωση των οργανικών ενώσεων είναι δεκτό να γίνει και με υπερμαγγανικό κάλιο. Στην περίπτωση αυτή το COD είναι γνωστό σαν τιμή υπερμαγγανικού.

Οι τιμές του COD έχουν ιδιαίτερη αξία για απόβλητα που περιέχουν τοξικές ουσίες, έτσι ώστε δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστεί το BOD επειδή νεκρώνονται οι μικροοργανισμοί. Έτσι μόνο με το COD ή το προσδιορισμό των ολικών άνθρακα, μπορεί να προσδιοριστεί η ολική φόρτιση σε οργανικές ενώσεις ενός τοξικού αποβλήτου.

Για να έχουμε συγκρίσιμα αποτελέσματα είναι απαραίτητο να ακολουθείται πάντα η ίδια μέθοδος και τεχνική. Η συγκέντρωση των οργανικών ενώσεων προσδιορίζεται με την οξείδωσή τους από το $K_2Cr_2O_7$ σε όξινο περιβάλλον. Δηλαδή το δείγμα του νερού βράζει με το μίγμα γνωστής ποσότητας διχρωμικού καλίου και θειικού οξέος. Η περίσσεια του $K_2Cr_2O_7$ που καταναλώθηκε είναι ανάλογη με την ποσότητα οργανικών ενώσεων που υπάρχουν και που μπορούν να οξειδωθούν κάτω από ειδικές συνθήκες.

Εάν έχουμε μια ένωση του τύπου $C_xH_{2y}O_z$, αυτή θα οξειδωθεί με οξυγόνο προς διοξείδιο του άνθρακα και νερό κατά την αντίδραση:



Έτσι μπορούμε να προσδιοριστεί ο ολικός άνθρακας εφόσον είναι γνωστός ο λόγος Y-Z/X. ο λόγος αυτός είναι άγνωστος τις περισσότερες φορές και έτσι η μέθοδος COD αποκτά μεγάλη αξία.

Το $K_2Cr_2O_7$ δρα ως οξειδωτικό σύμφωνα με την αντίδραση:



Βασικά η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για προσδιορισμούς COD της τάξεως των 50mg/l και πάνω. Για τιμές 10 mg/l και κάτω οι μετρήσεις δεν δίνουν μεγάλη ακρίβεια, αλλά μόνο την τάξη μεγέθους.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ BOD ΚΑΙ COD

Και οι δυο αυτοί παράμετροι αποτελούν μια έμμεση μέτρηση της ποσότητας τροφής των λυμάτων. Όμως ενώ το BOD5 εξομοιώνει το φαινόμενο της βιολογικής διάσπασης των οργανικών ουσιών (τροφής) στο νερό, αντίθετα το COD βασίζεται σε μια καθαρά χημική διαδικασία. Είναι γνωστό ότι στα λύματα υπάρχει ένα μεταβαλλόμενο ποσοστό από οργανικές ενώσεις που ενώ οξειδώνονται χημικά δεν είναι βιοδιασπώμενες. Αυτό έχει σαν συνέπεια το COD να υπερεκτιμά το οργανικό φορτίο. Από την άλλη μεριά πάλι το BOD5 εμφανίζει σημαντικά μειονεκτήματα (που αποτελούν την αιτία της μεγάλης χρησιμοποίησης του COD). Ένα είναι ο μεγάλος χρόνος για την πραγματοποίηση του πειράματος. (απαιτούνται περιοριστικά πέντε μέρες), ενώ για το COD χρειάζονται μόνο δυο ώρες. Εξάλλου ο περιορισμός της μέτρησης του BOD δεν μετρά το συνολικό οργανικό φορτίο, αλλά μόνο ένα ποσοστό αυτού.

Άλλο ένα μειονέκτημα της μέτρησης του BOD είναι ότι υπάρχει αδυναμία εξομοίωσης των πειραματικών συνθηκών για κάθε μέτρηση.

ΤΟC (Ολικός οργανικός άνθρακας)

Η τιμή ΤΟC εκφράζει την ολική φόρτιση του νερού σε οργανικές ενώσεις. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mgCl/l νερού. Οι τιμές δίνουν πληροφορίες για το σύνολο των ενώσεων του άνθρακα, ανεξάρτητα από τις βαθμίδες οξειδωσής τους. Ο προσδιορισμός του ΤΟC βασίζεται στη μετατροπή της ποσότητας του άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα. Για το σκοπό αυτό μικρή ποσότητα δείγματος εισάγεται σε ειδικό σωλήνα γεμάτο αδρανές αέριο. Ο σωλήνας θερμαίνεται και το νερό εξατμίζεται. Στη συνέχεια διαβιβάζεται ρεύμα οξυγόνου και η οργανική ύλη οξειδώνεται σε διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο και προσδιορίζεται με ειδικό φασματοφωτόμετρο υπερύθρου. Όταν στο εξεταζόμενο δείγμα υπάρχουν ανθρακικά άλατα, τότε το δείγμα κατεργάζεται με υδροχλωρικό οξύ για τη διάσπασή τους, πριν γίνει ο προσδιορισμός του ΤΟC.

Στερεές ουσίες

Τα στερεά που απαντώνται στα ύδατα μπορούν να ταξινομηθούν σε επιμέρους κατηγορίες (ολικά , αιωρούμενα, διαλυμένα, καθιζάνοντα κ.λπ.) και σε αυτά οφείλεται η φυσική εμφάνιση (θολότητα, χρώμα) των υδάτων.

Αιωρούμενα στερεά

Τα αιωρούμενα στερεά (λεπτομερή σωματίδια και κολλοειδή) είναι ανόργανης ή οργανικής φύσης και έχουν είτε φυσική προέλευση είτε προέρχονται από τη χρήση του νερού από τον άνθρωπο. Η παρουσία τους στα ύδατα οδηγεί στη δημιουργία θολότητας η οποία εκτρέπει ή απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία. Ως συνέπεια του γεγονότος αυτού είναι πέρα την αισθητική υποβάθμιση του νερού, η παρεμπόδιση της διέλευσης του ηλιακού φωτός και ο περιορισμός των διαδικασιών της

φωτοσύνθεσης και παραγωγής φυτοπλαγκτόν. Ακόμη τα αιωρούμενα στερεά μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την ανάπτυξη των υδρόβιων μικροοργανισμών και να παρέχουν προστασία στους παθογόνους μικροοργανισμούς έναντι των διαδικασιών καταστροφής τους. Επιπλέον, τα αιωρούμενα στερεά επηρεάζουν τη μεταφορά συστατικών, όπως το οξυγόνο, μεταξύ ατμόσφαιρας και νερού. Η παράμετρος των αιωρούμενων στερεών είναι σημαντική στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων, αφού αποτελεί μέτρο ελέγχου του βαθμού απόδοσης των μονάδων επεξεργασίας των αστικών λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων. Ανώτατο όριο η τιμή των 40 mg/l.

Διαλυμένα στερεά

Τα διαλυμένα στερεά οφείλονται στην παρουσία κυρίως ευδιάλυτων ανόργανων αλάτων όπως χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά κ.λπ. η προέλευσή τους είναι είτε φυσική είτε οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Μερικοί κανονισμοί πόσιμου νερού συνιστούν ή επιβάλλουν ανώτατο όριο για την ολική συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών, όμως τα προβλήματα που δημιουργούν τα στερεά αυτά οφείλονται περισσότερο στα ειδικά χημικά χαρακτηριστικά των ενώσεων που τα αποτελούν παρά στην ολική συγκέντρωσή τους. Ως ανώτερο όριο για να χαρακτηριστεί το νερό πόσιμο κρίνεται η τιμή των 1500 mg/l.

Καθιζάνοντα στερεά

Τα καθιζάνοντα στερεά σχηματίζουν πυθμενική ιλύ η οποία μπορεί να δημιουργήσει δυσμενείς επιπτώσεις για τους πληθυσμούς των ασπόνδυλων οργανισμών και να φράξει πυθμενικά στρώματα χαλικιού όπου τα ψάρια αποθέτουν τα αυγά τους. Επίσης τα στερεά αυτά όταν υπάρχουν στο αρδευτικό νερό, αποτίθενται στις δεξαμενές και τους αγωγούς, φράσσουν το επιφανειακό στρώμα του εδάφους εμποδίζοντας έτσι την διείσδυση του νερού και του

ατμοσφαιρικού αέρα και μπορούν να σχηματίζουν επιστρώματα στα φύλλα των φυτών, γεγονός που εμποδίζει τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Ανώτατο όριο η τιμή των 0,5 ml/l.

Ολικά στερεά

Το σύνολο των στερεών που υπάρχουν στα ύδατα (αιωρούμενα, διαλυμένα, καθιζάνοντα) αποτελούν τα ολικά στερεά, η μέτρηση των οποίων παρέχει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με το επίπεδο επιβάρυνσης που έχει υποστεί ο υδάτινος αποδέκτης.

γ) Τοξικές παράμετροι

Τοξικότητα

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας τα αποχετευμένα απόβλητα (κυρίως βιομηχανικά) ,που αποτελούνται από μια μεγάλη ποικιλία τοξικών ρυπαντών καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες (θάλασσα, λίμνες, ποτάμια, υπόγεια νερά). Οι πιο συνηθισμένοι από αυτούς είναι συνθετικές οργανικές ουσίες.

Σε αυτούς περιλαμβάνονται ουσίες που χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα και φυτοφάρμακα, βαρέα μέταλλα όπως μόλυβδος, υδράργυρος, κάδμιο, αρσενικό, ψευδάργυρος, νικέλιο, αμμωνία, ραδιενεργές ουσίες κ.λπ.

Επίσης, οξέα και βάσεις μπορούν να έχουν ως συνέπεια ακραίες μεταβολές των τιμών PH του υδατικού αποδέκτη οι οποίες δεν είναι ανεκτές από τους υδρόβιους οργανισμούς. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της όξινης βροχής που περιέχει θειικό ή νιτρικό οξύ με προέλευση τα οξείδια του θείου και αζώτου της

ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η οποία είναι η αιτία για την καταστροφή οικοσυστημάτων σε λίμνες.

Συνθετικές οργανικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται στη γεωργία ως βιοκτόνα καταλήγουν στα υδάτινα σώματα με τις επιφανειακές απορροές, τη διήθηση ή ακόμα και με την αερομεταφορά. Οι ενώσεις αυτές μπορεί να έχουν άμεση ή μακροπρόθεσμη τοξική επίδραση στους υδρόβιους οργανισμούς, στον άνθρωπο, τα χερσαία ζώα και τα πτηνά. Άλλες οργανικές ενώσεις, όπως οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες, που βρίσκονται στο πετρέλαιο, στον λιθάνθρακα και σε σχετικά προϊόντα και υποπροϊόντα μπορούν επίσης να αναπτύξουν μακροπρόθεσμη τοξικότητα.

Σημαντική είναι και η μακροπρόθεσμη τοξικότητα των τριαλαγονωμένων παραγώγων του μεθανίου όπως του χλωροφορμίου, του βρωμοδιχλωρομεθανίου και διβρωμοχλωρομεθανίου, τα οποία δημιουργούνται κατά την αντίδραση του χλωρίου που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του φυσικού νερού και των λυμάτων, με τις περιεχόμενες, σε μικρές έστω συγκεντρώσεις, οργανικές ουσίες. Η σημαντικότερη συνιστώσα είναι το πτητικό χλωροφόρμιο για το οποίο υπάρχουν βάσιμες υποψίες ότι είναι καρκινογόνο.

Επίσης, το χλώριο και οι χλωραμίνες είναι βραχυπρόθεσμα και έντονα τοξικές για τους υδρόβιους οργανισμούς. Το ολικό χλώριο με τις μορφές αυτές δεν πρέπει να υπερβαίνει κατά μέσο όρο τα **5 μg/l** (ως HOCl για PH=6).

Ο μόλυβδος και ο υδράργυρος θεωρούνται ως τα πιο ενδεικτικά παραδείγματα τοξικότητας που οφείλεται στα βαρέα μέταλλα. Ειδικά για το μόλυβδο, η παρουσία του με τη μορφή τετραεθυλο-μόλυβδου (χρησιμοποιείται στη βενζίνη για την κίνηση των οχημάτων) του παρέχει αυξημένη κινητικότητα στην βιόσφαιρα και μεγαλύτερη τοξικότητα σε σχέση με τον στοιχειακό μόλυβδο. Μεγάλο μέρος του τετραεθυλο-μόλυβδου που εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα καταλήγει στα υδάτινα σώματα. Ο υδράργυρος είναι τοξικός αλλά δεν συγκεντρώνεται ως έχει στην τροφική αλυσίδα. Το πρόβλημα δημιουργείται λόγω της εύκολης μετατροπής τους από μικροοργανισμούς σε μεθυλ-υδράργυρο και διμεθυλ-υδράργυρο. Οι οργανικές αυτές μορφές υδραργύρου παρουσιάζουν μεγάλη δυνατότητα βιοσυσσώρευσης και είναι εξαιρετικά τοξικές για τους υδρόβιους και χερσαίους οργανισμούς.

Επίσης, από τις μορφές του αζώτου που απαντώνται στα ύδατα, το μη ιονισμένο τμήμα του αμμωνιακού αζώτου δηλαδή η αμμωνία είναι πολύ τοξική για τους υδρόβιους οργανισμούς.

Επιπλέον, όσον αφορά στη φυτοτοξικότητα, έχει αναφερθεί ότι συγκεντρώσεις βορίου στο νερό που προορίζεται για άρδευση μεγαλύτερες από 0.75 mg/l μπορεί να είναι τοξικές για ορισμένα είδη καλλιεργειών. Η συγκέντρωση του βορίου στα αστικά λύματα έχει αυξηθεί και κυμαίνεται σε συγκεντρώσεις που προσεγγίζουν το **1 mg/l** λόγω κυρίως της χρήσης του στα απορρυπαντικά. Φυτοτοξικά μέταλλα με συχνή παρουσία σε βιομηχανικά και κτηνοτροφικά απόβλητα είναι ο ψευδάργυρος, ο χαλκός και το νικέλιο. Η πλειονότητα των μετάλλων αυτών βρίσκονται σε διαλυτή μορφή για τιμές pH<6.5, γεγονός που αυξάνει την πιθανότητα πρόσληψής τους από τα ριζικά συστήματα των φυτών. Βασικός παράγοντας – ρυθμιστής των ποσοτήτων των μετάλλων που μπορούν να δεσμευθούν από τα φυτά είναι η ικανότητα του εδάφους για ανταλλαγή ιόντων. Χαμηλά επίπεδα ιοντοεναλλαγής υποδεικνύουν μεγάλη διαθεσιμότητα των μεταλλικών ιόντων για πρόσληψη τους από τα φυτά και επίσης εύκολη κίνησή τους στο νερό.

δ) Μικροβιολογικές παράμετροι

Μία σημαντική κατηγορία παραμέτρων που υποβαθμίζει την ποιότητα των υδάτων, δημιουργώντας προβλήματα μόλυνσης και κινδύνους για τη δημόσια υγεία είναι η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών όπως είναι τα βακτήρια τύφου, δυσεντερίας, χολέρας και διάφοροι ιοί, κυρίως αυτοί της λοιμώδους ηπατίτιδας και της πολιομυελίτιδας.

Κύρια πηγή μόλυνσης των υδάτων είναι τα αστικά λύματα, τα κτηνοτροφικά απόβλητα και τα περιττώματα των ζώων και των ανθρώπων που περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί βρίσκονται στο νερό σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και η ανίχνευσή τους είναι πολύ δύσκολη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ως οργανισμοί ενδεικτικοί της μόλυνσης των

υδάτων τα κολοβακτηρίδια, τα οποία δεν είναι γενικά παθογόνα, αλλά εκκρίνονται από τον άνθρωπο με ρυθμούς που κυμαίνονται από 100. 10⁹ – 400 .10⁹ ανά άτομο ημερησίως. Μια ομάδα κολοβακτηριδίων, τα κολοβακτηρίδια περιττωμάτων, αναπτύσσονται μόνο στο πεπτικό σύστημα και έτσι η παρουσία τους στο νερό δηλώνει μόλυνση και συνεπώς δυνητική παθογένεια. Ένα άλλο χαρακτηριστικό των κολοβακτηριδίων που τα καθιστά ως κατάλληλο δείκτη για την ύπαρξη πιθανής παθογένειας στα ύδατα, είναι το γεγονός ότι η απολύμανση του νερού τα καταστρέφει, γενικά, δυσκολότερα σε σύγκριση με τα παθογόνα βακτήρια. Έτσι, η εξάλειψη των κολοβακτηριδίων εξασφαλίζει και την παράλληλη εξάλειψη των παθογόνων βακτηριδίων. Δεν ισχύει όμως το ίδιο και για τους ιούς, δεδομένου ότι δεν υπάρχει άμεση και πλήρης συσχέτισή τους με τα κολοβακτηρίδια και απαιτείται η διενέργεια πιο εξειδικευμένων αναλύσεων για τον προσδιορισμό τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο «Ευτροφισμός»

Γενικά

Ευτροφισμός είναι η διεργασία εμπλουτισμού με ανόργανα θρεπτικά συστατικά άλατα του αζώτου και του φωσφόρου. Τα θρεπτικά άλατα αυξάνουν την ταχύτητα βιοσύνθεσης της οργανικής ύλης μέσω του φωτοσυνθετικού μηχανισμού, σε ακραίες δε περιπτώσεις είναι δυνατόν να οδηγήσουν σε φυτοπλαγκτονικές εξάρσεις, επιπλέον οργανική ύλη με φυσαλίδες ενίοτε και έντονη αύξηση του φυτό βένθους ,δηλαδή μακροφυκών και άλλων μακροφύτων. Ο ευτροφισμός συνοδεύεται επίσης από σειρά δευτερογενών φαινομένων, όπως η υπερβολική ανάπτυξη βακτηρίων και μυκήτων. Επίσης επηρεάζεται η διαφάνεια των παρακτίων υδάτων. Η θολερότητα που δημιουργείται απωθεί τους λουόμενους και υποβαθμίζει την ποιότητα των νερών για κολύμβηση και γενικά για αναψυχή. Υψηλή συγκέντρωση φυτοπλαγκτόν μπορεί να προκαλέσει δερματίτιδες ,ερεθισμό στα μάτια, τυχόν δε κατάποση του θαλασσινού νερού ενδέχεται να προκαλέσει διάρροια σε ευαίσθητα άτομα. Σε ακραίες περιπτώσεις ευτροφισμού, η κατανάλωση οξυγόνου για την αποδόμηση της οργανικής ύλης οδηγεί σε συνθήκες υποξίας η και ανοξίας. Οι ανοξικές συνθήκες συνήθως συνοδεύονται με την έκλυση αερίων όπως μεθάνιο, υδρόθειο και αμμωνία με δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα του παράκτιου χώρου. Επιπλέον το υδρόθειο προκαλεί έντονη δυσσομία. Οι ευτροφικές συνθήκες αποτελούν επίσης το κατάλληλο περιβάλλον για την ανάπτυξη επικίνδυνων τοξικών φυτοπλαγκτονικών ειδών (Vollenweider, 1992). Οι εξαιρετικά επικίνδυνες φυτοτοξίνες τους βιοσυσσωρεύονται σε δίθυρα τα οποία εάν καταναλωθούν από τον άνθρωπο προκαλούν σοβαρά προβλήματα υγείας όπως διαρροϊκό σύνδρομο, παράλυση, αμνησία ακόμα και το θάνατο. Ενώ ο ευτροφισμός υπό τη στενή έννοια του όρου δεν αποτελεί μορφή ρύπανσης, εντούτοις οι επιπτώσεις του είναι εξίσου σημαντικές με εκείνες που οφείλονται σε τοξικούς και ρυπογόνους παράγοντες. Επιπροσθέτως επειδή οι μεταβλητές που προκαλούν τον

ευτροφισμό, δηλαδή τα ανόργανα άλατα του αζώτου και του φωσφόρου καθώς και η χλωροφύλλη αποτελούν φυσικώς στοιχεία του οικοσυστήματος που απαντώνται μέσα σε αυτό, είναι δύσκολος ο διαχωρισμός του ευτροφικού φορτίου που οφείλεται στον ανθρώπινο παράγοντα από τις συγκεντρώσεις που παρατηρούνται στο οικοσύστημα. Για το λόγο αυτό ο καθορισμός ορίων που θα περιγραφούν ευτροφικές συνθήκες είναι ιδιαίτερα δυσχερείς.

4.1 Δείκτες ευτροφισμού

Η εκτίμηση του βαθμού ευτροφισμού ενός υδάτινου αποδέκτη, γίνεται με την χρήση κάποιου ή σε συνδυασμό δείκτη ευτροφισμού, που οι κυριότεροι είναι:

- Διαλυμένο οξυγόνο
- Λόγος N/P
- Χλωροφύλλη-α
- Διαύγεια
- Ποιοτική-ποσοτική σύσταση φυτοπλαγκτόν
- Βιοποικιλότητα ειδών

Λόγος N/P

Για καλύτερη αξιολόγηση της έκτασης του ευτροφισμού, χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα, οι απόλυτες συγκεντρώσεις των ανόργανων ενώσεων αζώτου-φωσφόρου και ο λόγος N/P.

Ο λόγος N/P στα μη ρυπασμένα φυσικά νερά είναι 16:1.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζουν τις τιμές του λόγου N/P στις υδάτινες μάζες (λύματα και απόβλητα).

Ο λόγος αυτός χρησιμοποιείται επίσης και για να προσδιοριστεί ποιο θρεπτικό στοιχείο (το άζωτο ή ο φώσφορος) προκαλεί τον ευτροφισμό, δηλαδή ποιο αποτελεί περιοριστικό παράγοντα. Ο έλεγχος του ευτροφισμού ενός αποδέκτη, γίνεται και με βάση τη συγκέντρωση των αλάτων σε κάθε σημείο σε σχέση με την ολική φόρτιση του αποδέκτη.

Χλωροφύλλη-α

Η χλωροφύλλη-α είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους δείκτες για τον καθορισμό της τροφικής κατάστασης ενός αποδέκτη. Η χλωροφύλλη-α αποτελεί, κυρίως, τον δέκτη της φυτοπλακτονικής μάζας. Τα φυτοπλακτονικά άλγη περιέχουν περίπου το 1% χλωροφύλλη-α επί ξηρού δείγματος. Περιέχουν και άλλες χρωστικές, όπως η χλωροφύλλη-b και c, ξανθοφύλλες και καροτίνη. Η παρουσία ή η απουσία των διαφόρων χρωστικών στα άλγη αποτελεί και ένδειξη για την ταξινόμηση των διαφόρων ειδών.

Η υδάτινη μάζα θεωρείται ευτροφική, όταν η μέγιστη συγκέντρωσή της είναι μεγαλύτερη των **20 mg/m³**.

Ως δείκτης ευτροφισμού χρησιμοποιείται και ο λόγος, μέγιστο/ελάχιστο της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α. όσο τα νερά γίνονται ευτροφικά ο λόγος μέγιστο/ελάχιστο και οι εποχιακές διακυμάνσεις της χλωροφύλλης μεγαλώνουν.

4.2 Δυσκολίες εκτίμησης ευτροφισμού

Οι δυσκολίες εκτίμησης του ευτροφικών επιπέδων οφείλονται τόσο σε εγγενή προβλήματα που σχετίζονται με τη δομή και την δυναμική του οικοσυστήματος όσο και την ικανοποίηση των παραδοχών που διέπουν την εφαρμογή των στατιστικών μεθόδων (Ignatiades, 2002a). Συγκεκριμένα (α) φυτοπλακτόν και τα θρεπτικά άλατα παρουσιάζουν έντονες εποχικές διακυμάνσεις. Κατά συνέπεια δεν μπορεί να οριστεί συγκέντρωση (reference concentration) που θα αποτελεί βασική τιμή αναφοράς. (β) η δυσχέρεια διάκρισης φυσικών συγκεντρώσεων θρεπτικών αλάτων και συγκεντρώσεων θρεπτικών που οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. (γ) ρηχές παράκτιες και ημίκλειστες περιοχές παρουσιάζουν συχνά το φαινόμενο επαναιώρησης του ιζήματος, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται ο λεγόμενος αυτόχθων ευτροφισμός. (δ) από τις μεταβλητές του συστήματος που σχετίζονται με τον ευτροφισμό, ορισμένες είναι αιτία του φαινομένου (θρεπτικά άλατα), ενώ άλλες εκφράζουν το αποτέλεσμα (αύξηση της φυτικής βιομάζας). Κατά συνέπεια τόσο η

φυσική τους σημασία όσο και η δυναμική αυτών των μεταβλητών παρουσιάζει διαφοροποιήσεις και η ομαδοποίησή τους ενίοτε προβληματική (ε) Παρατηρείται έντονη συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών του ευτροφισμού και (στ) τα δεδομένα αποκλίνουν από την πραγματικότητα. Εάν κανονικοποιηθούν συμπιέζεται η φυσική τους πληροφορία. Εάν χρησιμοποιηθούν ως έχει η στατιστική τους επεξεργασία περιορίζεται σε μη παραμετρικές μεθόδους.

4.3 Συνέπειες του ευτροφισμού

Διακρίνονται σε δυο κατηγορίες τις οικολογικές και τις οικονομικές.

Οι οικολογικές συνέπειες στους υδρόβιους οργανισμούς είναι οι εξής:

- Αυξημένη πρωτογενής παραγωγικότητα φυτοπλαγκτόν
- Αυξημένη δευτερογενής παραγωγικότητα οργανισμών που χρησιμοποιούνται ως τροφή για τα ψάρια σε περιπτώσεις χαμηλών επιπέδων ευτροφισμού και μια ταυτόχρονη μείωση των πιο σπανίων ειδών ψαριών
- Εμποδίζεται η εξάλειψη των επιβλαβών ουσιών λόγω βιοσυσώρευσης και μεταφοράς τους στο πυθμένα
- Αύξηση των βακτηρίων
- Μείωση διαπερατότητας και συνθήκες ελλιπούς φωτισμού, λόγω εκρηκτικής αύξησης των αλγών
- Ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου και ανάπτυξη αναερόβιων ζωνών και παραγωγή υδρόθειου στο νερό και στον πυθμένα. Εμφανίζονται θάνατοι ψαριών
- Μείωση του χώρου ανάπτυξης των ψαριών και των οργανισμών που χρησιμοποιούνται για την τροφή τους

- Τα είδη των αλγών (κυανοφύκη) που αναπτύσσονται είναι ακατάλληλα ως τροφή του ζωοπλαγκτόν και παράλληλα καταπνίγουν την ανάπτυξη και άλλων μικροοργανισμών
- Εξαφανίζονται πολλά είδη άγριων πουλιών

Οι οικονομικές συνέπειες είναι οι ακόλουθες:

- Το νερό είναι ακατάλληλο για πόση, παρασκευή ποτών και ψάρεμα
- Η κατανάλωση νερού πλούσιο σε NO_3^- προκαλεί καρκίνο και έλκος
- Αύξηση των δαπανών για τον καθαρισμό της πλούσιας σε άγλη επιφάνειας του νερού ώστε να γίνει πόσιμο
- Το νερό γίνεται ακατάλληλο για μπάνιο λόγω θολερότητας, φυκιών που επιπλέουν και ανάπτυξης καλαμιών και μικροοργανισμών. Παράλληλα δημιουργούνται προβλήματα υγείας αλλεργικής φύσης ενώ η εικόνα που παρουσιάζει το νερό είναι πλέον χαμηλής αισθητικής
- Μείωση παραγωγής ψαριών
- Εμπόδια στη ροή των αρδευτικών και αποχετευτικών καναλιών
- Αυξημένος κίνδυνος καταστροφών από πλημμύρες λόγω υπερχειλίσης
- Εμποδίζεται η ναυσιπλοΐα
- Απώλεια νερού λόγω αύξησης της εξάτμισης
- Προβλήματα στις υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις

4.4 Στρατηγικές ελέγχου του ευτροφισμού

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία μεθόδων ικανών για την ελάττωση, το σταμάτημα ή την αντιστροφή της διαδικασίας του ευτροφισμού. Αυτές είναι:

- a) Μείωση των θρεπτικών συστατικών με έλεγχο των πηγών
- b) Απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών από το νερό
- c) Μετατροπή τους σε λιγότερο διαθέσιμες μορφές
- d) Μείωση της ικανότητας δημιουργίας βιομάζας

Αυτές οι μέθοδοι μπορούν να επιτευχθούν ελέγχοντας τις παρακάτω παραμέτρους:

- 1) Ισορροπία θρεπτικών συστατικών
- 2) Χρόνος παραμονής
- 3) Ιζηματοποίηση
- 4) Εσωτερική ανάμειξη
- 5) Χημεία των μη θρεπτικών συστατικών
- 6) Ηλιακή ακτινοβολία

4.5 Συμπεράσματα

1. Ο ευτροφισμός εκτιμάται μέσω πολλών μεταβλητών που αφορούν συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων, παραμέτρους που εκφράζουν φυτοπλαγκτονική βιομάζα και οικολογικούς δείκτες
2. Παρά τα προβλήματα που εξετάθησαν έχει καταστεί δυνατή η ποσοτικοποίηση των φαινομένων
3. Έχουν προταθεί δείκτες και στατιστικές επεξεργασίες που διακρίνουν διαφορετικά επίπεδα ευτροφισμού
4. Υπάρχουν δυσκολίες που δημιουργούνται λόγω του αυτόχθονος ευτροφισμού αλλά και της διαφορετικής έντασης του φαινομένου στα διάφορα συστήματα. Αναφέρεται το Αιγαίο (εξαιρετικά oligότροφο) καθώς και η Αδριατική (εξαιρετικά εύτροφη) και η Βαλτική (εύτροφη)
5. Εκτιμάται ότι στο προσεχές χρονικό διάστημα θα προτυποποιηθούν οι δείκτες ευτροφισμού και οι κλίμακες για τον ευρωπαϊκό χώρο σε εξειδίκευση της οδηγίας-πλαίσιο 2000/60/EC που αφορά την ευρωπαϊκή πολιτική στην ποιότητα νερού

ΜΕΡΟΣ Β ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο «Διενέργεια δειγματοληψιών, μετρήσεων και αναλύσεων σε ύδατα και υγρά απόβλητα»

5.1 Δειγματοληψίες

5.1.1 Γενικά

Η λήψη δειγμάτων για τη διενέργεια μετρήσεων και αναλύσεων πρέπει να γίνεται με βάση πρότυπες μεθόδους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η αντιπροσωπευτικότητα και εγκυρότητα των αποτελεσμάτων. Σκοπός της δειγματοληψίας είναι η συλλογή τμήματος από το προς εξέταση απόβλητο ή υδάτινο αποδέκτη, σε ποσότητα που να μη δυσχεραίνει τη μεταφορά του και επιπλέον να επαρκεί για όλες τις μετρήσεις και αναλύσεις που θα διεξαχθούν. Από τη στιγμή που ολοκληρώνεται η δειγματοληψία, η σύστασή του πρέπει να παραμένει σταθερή. Για το σκοπό αυτό, λαμβάνουν χώρα κατάλληλες διαδικασίες συντήρησης.

5.1.2 Είδη Δειγμάτων

Το είδος του δείγματος που λαμβάνεται εξαρτάται από τη μεταβλητότητα της ροής και της ποιότητας (σύστασης), την απαιτούμενη ακρίβεια και τη διαθεσιμότητα πόρων προκειμένου να διενεργούνται αναλυτικά προγράμματα αναλύσεων, (ΕΡΑ, 1982 (Β), ΑΡΗΑ-ΑWWA-WEF, 1998).

Στιγμαία δείγματα (Grab samples)

Τα δείγματα αυτά συλλέγονται από συγκεκριμένο σημείο και βάθος για μικρή χρονική περίοδο (δευτερόλεπτα ή λεπτά). Γενικά, κάθε δείγμα αντιπροσωπεύει τη σύνθεση του αποβλήτου στο σημείο από το οποίο λήφθηκε και τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή συλλογής του. Στις περιπτώσεις που το απόβλητο έχει σχετικά σταθερή σύσταση για ένα εκτεταμένο χρονικό διάστημα, τότε το στιγμιαίο δείγμα μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτικό. Ωστόσο, στην πράξη δεν προτείνεται η συλλογή τέτοιων δειγμάτων, λόγω του γεγονότος ότι τα απόβλητα παρουσιάζουν χρονική διακύμανση ως προς τη σύστασή τους. Παρόλα αυτά, εάν είναι γνωστό ότι το υπό εξέταση απόβλητο παρουσιάζει ποιοτικές διακυμάνσεις με το χρόνο, τότε τα στιγμιαία δείγματα που συλλέγονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα και αναλύονται ξεχωριστά μπορούν να τεκμηριώσουν το εύρος, τη συχνότητα, και τη διάρκεια των διακυμάνσεων. Για το λόγο αυτό τα χρονικά διαστήματα επιλέγονται με βάση την 1 αναμενόμενη συχνότητα των αλλαγών και μπορούν να κυμαίνονται από 5 λεπτά μέχρι και 1 ώρα ή περισσότερο.

Σύνθετα δείγματα (composite samples)

Τα σύνθετα δείγματα αποτελούν έναν πιο αντιπροσωπευτικό τρόπο δειγματοληψίας στις περιπτώσεις που οι προς μέτρηση παράμετροι διαφοροποιούνται χρονικά και τοπικά. Τα σύνθετα δείγματα μπορούν να ληφθούν με την ανάμιξη πολλών στιγμιαίων δειγμάτων ή με τη χρήση ειδικά σχεδιασμένων αυτόματων δειγματοληπτών. Διαδοχικά σύνθετα δείγματα λαμβάνονται με την άντληση συνεχών σταθερών δειγμάτων ή με την ανάμιξη ίσων όγκων που συλλέχθηκαν σε τακτά χρονικά διαστήματα. Τα δείγματα λαμβάνονται είτε με συνεχή άντληση σε ρυθμό ανάλογο της ροής, είτε με ανάμιξη ίσων όγκων που συλλέχθηκαν σε χρονικά διαστήματα αντιστρόφως ανάλογα με τον όγκο της ροής, είτε με ανάμιξη όγκων ανάλογων της ροής δειγμάτων, που συλλέχθηκαν σε τακτά χρονικά διαστήματα. Στις δύο τελευταίες περιπτώσεις, λαμβάνονται ξεχωριστά

δείγματα σε φιάλη με μεγάλο στόμιο κάθε ώρα (σε μερικές περιπτώσεις κάθε μισή ώρα ή και 5 λεπτά) και αναμιγνύονται στο τέλος της δειγματοληψίας ή ενώνονται στην ίδια φιάλη κατά τη συλλογή.

Το μειωμένο κόστος για την ανάλυση πολλών δειγμάτων, τα αντιπροσωπευτικότερα δείγματα ετερογενών μιγμάτων και τα μεγαλύτερα σε ποσότητα δείγματα όταν το σύνολο των δειγμάτων που λαμβάνονται είναι περιορισμένο, είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα της λήψης σύνθετων δειγμάτων. Αντίθετα, μερικά από τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι η μη ύπαρξη δυνατότητας καταγραφής των χρονικών μεταβολών και του εύρους των προσδιοριζόμενων παραμέτρων, το ενδεχόμενο αραίωσης των προσδιοριζόμενων συστατικών σε επίπεδα κάτω των ορίων ανίχνευσης κ.λπ.

Ενοποιημένα δείγματα (Integrated, discharge-weighted, sample)

Για συγκεκριμένους σκοπούς, οι απαιτούμενες πληροφορίες παρέχονται καλύτερα με ανάλυση μιγμάτων από στιγμιαία δείγματα, τα οποία έχουν συλλεχθεί από διαφορετικά σημεία ταυτόχρονα.

Τέτοιου είδους δείγματα λαμβάνονται για την εξέταση της ποιότητας υδάτων από ποτάμια ή ρέματα όπου η σύνθεση των δειγμάτων ποικίλει κατά πλάτος, μήκος και βάθος. Ωστόσο, για τη λήψη τέτοιων δειγμάτων είναι απαραίτητη η γνώση του όγκου, της κίνησης και της σύνθεσης των διαφόρων μερών του υδάτινου πόρου που εξετάζεται.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία (91/271 ΕΟΚ, παράρτημα Ι, Δ) για τα αστικά λύματα, απαιτείται η συλλογή εικοσιτετραώρων δειγμάτων τα οποία συλλέγονται από το ίδιο, σαφώς καθορισμένο σημείο της εξόδου και, εφόσον χρειάζεται της εισόδου του σταθμού επεξεργασίας, έτσι ώστε να ελέγχεται κατά πόσον τα εξερχόμενα λύματα πληρούν τις απαιτήσεις απόρριψης που ορίζονται από τη νομοθεσία.

5.1.3 Τρόπος δειγματοληψίας

Τα δείγματα μπορεί να συλλέγονται δια χειρός (manually) ή με αυτόματους δειγματολήπτες. Ωστόσο, όποιος τρόπος και τεχνική εάν εφαρμόζεται, η επιτυχία της δειγματοληψίας εξαρτάται άμεσα από την εμπειρία του προσωπικού που τη διενεργεί (ALPHA-AWWA-WEF,1998,EPA,1982(B)).

Χειροκίνητος δειγματολήπτης

Αυτός ο τρόπος λήψης δειγμάτων έχει τις λιγότερες απαιτήσεις σε συσκευές αλλά μπορεί να είναι δαπανηρός και χρονοβόρος για μεγάλα προγράμματα δειγματοληψιών ενώ παράλληλα απαιτείται ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό.

Αυτόματος δειγματολήπτης

Αυτόματοι δειγματολήπτες χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο καθώς δείχνουν ιδιαίτεροι αποτελεσματικότητα σε θέματα κόστους, μεταβλητότητας και αξιοπιστίας, ενώ παράλληλα έχουν προηγμένες δυνατότητες.

Τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των δυο παραπάνω τρόπων δειγματοληψίας παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα δια χειρός και αυτόματης δειγματοληψίας

Τύπος	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χειροκίνητος δειγματολήπτης	Χαμηλό κόστος επένδυσης	Πιθανότητα αυξημένων διακυμάνσεων λόγω κακού χειρισμού
	Εφαρμόζεται σε μεγάλο εύρος περιπτώσεων και σε ασυνήθεις συνθήκες	Ανακολουθία στη συλλογή
	Δεν χρειάζεται συντήρηση	Υψηλό εργατικό κόστος
	Μπορεί να συλλέξει επιπλέον δείγματα σε μικρό χρόνο αν αυτό είναι απαραίτητο	
Αυτόματος δειγματολήπτης	Αντιπροσωπευτικά δείγματα	Ανάγκες συντήρησης και καθαρισμού. Επιρρεπής στο φράξιμο από την παρουσία στερεών
	Πιθανότητα μειωμένων διακυμάνσεων λόγω κακού χειρισμού	Περιορισμένος σε μέγεθος βάσει των γενικών προδιαγραφών
	Ελάχιστες ανάγκες σε προσωπικό για τη δειγματοληψία	
	Έχει τη δυνατότητα να συλλέγει πολλαπλά δείγματα	

Γενικά ο αυτόματος δειγματολήπτης θεωρείται πιο αποτελεσματικός και για την επιλογή του πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα:

- Η μεταβλητότητα των χαρακτηριστικών των αποβλήτων με την πάροδο του χρόνου
- Η μεταβλητότητα του ρυθμού ροής

- Το ειδικό βάρος του αποβλήτου και οι συγκεντρώσεις των αιωρούμενων στερεών

Επίσης πρέπει να εξασφαλίζεται ότι το υλικό κατασκευής του δειγματολήπτη δεν ρυπαίνει το δείγμα. Για παράδειγμα, κάποια πλαστικά συστατικά του υλικού κατασκευής μπορεί να μην είναι συμβατά με συγκεκριμένες οργανικές ενώσεις που περιέχονται στο δείγμα.

Ακόμα κρίνεται απαραίτητο να μην υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στον αριθμό δειγματοληψιών και της εκάστοτε εισροής αποβλήτου στο δειγματολήπτη, έτσι ώστε ο συνολικός όγκος που θα συλλεχθεί (στις περιπτώσεις σύνθετου δείγματος) να είναι συμβατός με τη χωρητικότητα του δειγματολήπτη. Όσον αφορά τη χωρητικότητα του πρέπει να είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται η λήψη ικανού όγκου αποβλήτου για τη διεξαγωγή των αναλύσεων.

5.2 Όγκος δειγμάτων – δοχεία συλλογής – μεταφορά δειγμάτων και συντήρηση δειγμάτων

Ο όγκος του δείγματος που συλλέγεται πρέπει να είναι επαρκής για τη διενέργεια των χημικών αναλύσεων, λαμβάνοντας υπόψη και τη ποσότητα που θα απαιτηθεί για τις επαναλήψεις κάθε μέτρησης (εξασφάλιση της επανάληψης των μετρήσεων).

Ο τύπος του δοχείου που φέρει το δείγμα είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Γενικά χρησιμοποιούνται είτε γυάλινα, είτε πλαστικά δοχεία κατά περίπτωση. Για παράδειγμα τα πυριτικά άλατα, το νάτριο και το βόριο μπορεί να εκπλυθούν από το μαλακό γυαλί όχι όμως και από το πλαστικό. Επίσης ελάχιστες ποσότητες από μέταλλα ή άλλες ουσίες μπορεί να ροφηθούν στα τοιχώματα του γυάλινου υποδοχέα. Για το λόγο αυτό προτιμώνται οι υποδοχείς από σκληρό γυαλί. Για δείγματα που περιέχουν οργανικές ενώσεις δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πλαστικοί υποδοχείς παρά μόνο αν είναι από υπερ-τετραφθοροαιθυλένιο (PTFE).

Τα πώματα των δοχείων συλλογής μπορεί να είναι επίσης να δημιουργήσουν πρόβλημα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πώματα με προστατευτικό κάλυμμα από χαρτί αλλά από μεταλλικό έλασμα ή από PTFE. Ωστόσο στην περίπτωση των δειγμάτων που συλλέγονται για ανάλυση μετάλλων, πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή γιατί τα μεταλλικά καλύμματα στα πώματα μπορεί να επιβαρύνουν τα δείγματα με μέταλλα ή να αναπτυχθούν αντιδράσεις ανάμεσα στο μεταλλικό υλικό του καλύμματος και διάλυμα του δείγματος εάν αυτό είναι όξινο ή αλκαλικό.

Τέλος σε ότι αφορά το σχήμα του δοχείων συλλογής, ενδείκνυται φιάλες με ευρύ στόμιο, δεδομένου ότι διευκολύνεται τόσο το γέμισμα όσο και το άδειασμα δείγματος αποβλήτου από τη φιάλη.

Μετά τη συλλογή των δειγμάτων, ακολουθεί η άμεση μεταφορά τους στο εργαστήριο όπου θα διεξαχθούν οι αναλύσεις. Για πολλές παραμέτρους είναι απαραίτητος ο άμεσος προσδιορισμός τους, ενώ για άλλες μπορεί να είναι κατάλληλη η αποθήκευση και η συντήρηση του δείγματος και προσδιορισμός σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Ανάλογα με τη φύση του δείγματος, εφαρμόζονται τεχνικές συντήρησης που επιβραδύνουν τις χημικές και βιολογικές που υφίσταται το δείγμα από τη χρονική στιγμή της συλλογής του, εμποδίζοντας έτσι την αλλοίωση της σύστασής του.

Η άμεση ανάλυση των δειγμάτων θεωρείται ιδανική. Η αποθήκευση σε χαμηλή θερμοκρασία (4°C) είναι η πιο απλή τεχνική για συντήρηση του δείγματος μέχρι την μεταφορά τους στο εργαστήριο για την διεξαγωγή των αναλύσεων. Χρήση χημικών μέσων συντήρησης ενδείκνυται μόνο στην περίπτωση που αυτά δεν επηρεάζουν την αξιοπιστία της αναλυτικής μεθόδου που θα εφαρμοσθεί. Στην περίπτωση της συντήρησης με τον τρόπο αυτό, η προσθήκη των χημικών γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Γενικά, οι μέθοδοι συντήρησης που χρησιμοποιούνται είναι περιορισμένες και σκοπεύουν κυρίως στην επιβράδυνση των βιολογικών δράσεων, της υδρόλυσης των χημικών ενώσεων και συμπλόκων καθώς και στη μείωση της πτητικότητας ορισμένων συστατικών του δείγματος. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι ενδεικνυόμενες μέθοδοι συντήρησης των δειγμάτων ανάλογα με την υπό προσδιορισμό παράμετρο. Παρουσιάζεται επίσης το είδος του υλικού από το οποίο πρέπει να είναι κατασκευασμένο το δοχείο συλλογής και αποθήκευσης

**“ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ”**

του δείγματος. Τέλος, δίνεται η ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα του δείγματος που πρέπει να λαμβάνεται, ανάλογα με την προς μέτρηση παράμετρο.

**Στοιχεία που αφορούν στη δειγματοληψία και συντήρηση των δειγμάτων ανά
εξεταζόμενη παράμετρο, (ALPHA-AWWA-WEF,1998)**

Παράμετρος	Είδος Δοχείου Σύλλογή	Ελάχιστος Όγκος Δείγματος ml	Αποθήκευση- Συντήρηση	Μέγιστος χρόνος αποθήκευση
Θερμοκρασία	Π, Γ		Άμεση μέτρηση	0,25h
Αλκαλικότητα	Π, Γ	200	Ψύξη	24h
pH	Π, Γ	50	άμεση μέτρηση	0,25h
BOD	Π, Γ	1000	Ψύξη	6h
COD	Π, Γ	100	Μέτρηση σε σύντομο χρονικό διάστημα/ προσθήκη H ₂ SO ₄ για pH<2 / ψύξη	7d
Διαλυμένο Οξυγόνο (DO)	Γ	300	Άμεση μέτρηση	
TOC	Γ (B)	100	Μέτρηση σε σύντομο χρονικό διάστημα/ προσθήκη H ₂ SO ₄ , H ₃ PO ₄ ή HCl για pH<2	0,25h
Στερεά (ολικά, διαλυμένα, αιωρούμενα)	Π, Γ	200	Ψύξη	7d

**“ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ ”**

Παράμετρος	Είδος Δοχείου Συλλογή	Ελάχιστος Όγκος Δείγματος ml	Αποθήκευση- Συντήρηση	Μέγιστος χρόνος αποθήκευση
Αμμωνιακά	Π, Γ	500	Μέτρηση σε σύντομο χρονικό διάστημα/ προσθήκη H ₂ SO ₄ για pH<2 / ψύξη	7d
Νιτρώδη	Π, Γ	100	Μέτρηση σε σύντομο χρονικό διάστημα/ προσθήκη 40mg HgCl ₂ /l δείγματος, ψύξη ή βαθιά ψύξη στους -20° C (ανάλογα με τη συγκέντρωση)	
Νιτρικά	Π, Γ	100	Μέτρηση σε σύντομο χρονικό διάστημα/ προσθήκη H ₂ SO ₄ για pH<2 /ψύξη	
Αζωτο Kjeldahl	Π, Γ	500	Ψύξη, Προσθήκη H ₂ SO ₄ για pH<2	7d
Φωσφορικά	Γ (έκπλυση με HNO ₃)	100	Για διαλυμένα φωσφορικά άμεση διήθηση/βαθιά ψύξη σε θερμοκρασία<-10°C και/ή προσθήκη 40mg HgCl ₂ /l δείγματος	
Χλωριούχα	Π, Γ	50	Δεν απαιτούνται ειδικές συνθήκες	
Λίπη και έλαια	Γ	1000	Προσθήκη HCl ή H ₂ SO ₄ μέχρι pH< 2, ψύξη	28d

Παράμετρος	Είδος Δοχείου Συλλογή	Ελάχιστος Όγκος Δείγματος ml	Αποθήκευση- Συντήρηση	Μέγιστος χρόνος αποθήκευση
Μέταλλα	Π, Γ (έκπλυση με	1000	Για διαλυμένα μέταλλα άμεση διήθηση/προσθήκη πυκνού HNO ₃ για επίτευξη pH<2, ψύξη	28d
Κολλοβακτηρίδια (ολικά & εντερικά)	Π, Γ		Ψύξη, προσθήκη 0,008% Na ₂ S ₂ O ₃	δώρας
Εντερικοί στρεπτόκοκκοι	Π, Γ		Ψύξη, προσθήκη 0,008% Na ₂ S ₂ O ₃	δώρας

Π: Πλαστικό, Γ: Γυάλινο, Γ(Β): Γυάλινο Βοροπιρτικό

Σημειώσεις: i) η ψύξη γίνεται σε θερμοκρασία 4°C ± 2°C σε σκοτεινό μέρος και εφαρμόζεται αμέσως μετά την δειματοληψία και κατά τη μεταφορά των δειγμάτων στο εργαστήριο για ανάλυση, (ii) η άμεση μέτρηση πρέπει να λαμβάνει χώρα σε διάστημα 15min από το χρόνο δειματοληψίας

Αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων

Σημαντικός παράγοντας κατά τη διενέργεια της δειματοληψίας είναι η λήψη δειγμάτων τέτοιων που να εξασφαλίζεται η αντιπροσωπευτικότητα της ποιότητας των αποβλήτων. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

- Εξασφάλιση και επιβεβαίωση της καλής λειτουργίας του δειματολήπτη
- Διενέργεια δειματοληψιών από έμπειρο προσωπικό (όπου είναι δυνατό να χρησιμοποιείται ο ελάχιστος αριθμός ατόμων)
- Σωστή προετοιμασία για τη δειματοληψία (έλεγχος και κατάλληλη συντήρηση του εξοπλισμού, καθαρότητα δοχείων συλλογής δειγμάτων, προμήθεια των κατάλληλων χημικών ουσιών για τη συντήρηση των δειγμάτων)

5.3 Μέθοδοι μέτρησης παραμέτρων

Οι εργαστηριακές αναλύσεις για προσδιορισμό της ποιοτικής και ποσοτικής σύστασης δειγμάτων αποβλήτων υδάτων από φυσικούς αποδέκτες και η έκφραση των αντιστοιχών αποτελεσμάτων πρέπει να εκτελούνται με βάση πρότυπες μεθόδους όπως καθορίζονται τη Κοινοτικές Οδηγίες, το Διεθνή Οργανισμό Πιστοποίησης (International Standardization Association- ISO), τον ALPHA-AWWA-WEF και τους εθνικούς οργανισμούς πιστοποίησης. Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται τόσο η αξιοπιστία όσο και η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων που προκύπτουν.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται ενδεικτικές πρότυπες μέθοδοι που προτείνονται από τους παραπάνω οργανισμούς για τον προσδιορισμό των ρυπαντικών παραμέτρων. Επίσης περιγράφονται και πρότυπες μέθοδοι που είναι εγκεκριμένες από τον Ελληνικό Οργανισμό Τυποποίησης (ΕΛΟΤ).

Πρότυπες μέθοδοι προσδιορισμού ρυπαντικών παραμέτρων

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ		ΜΕΘΟΔΟΣ
Φυσικές	Θερμοκρασία	▪ Θερμομετρία
	pH	▪ Ηλεκτρομετρική
	Αγωγιμότητα στους 20°C	▪ Ηλεκτρομετρική
Χημικές	BOD ₅ , DO	▪ Μέθοδος προσδιορισμού διαλυμένου οξυγόνου πριν και μετά 5μερης επώασης. Προσθήκη παρεμποδιστή της νιτροποίησης
	COD	▪ Μέθοδος Διχρωμικού Καλίου
	TOC	▪ Μέθοδος Καύσης
	TSS	▪ Διήθηση δείγματος μέσω φίλτρου μεμβράνης των 0,45μm, ξήρανση σε θερμοκρασία 105°C και ζύγιση. ▪ Φυγοκέντρηση δείγματος (επί 5 τουλάχιστον λεπτά, με μέση επιτάχυνση 2800-3200 g), ξήρανση σε θερμοκρασία 105°C και ζύγιση.

**“ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ”**

Χλωριούχα	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ογκομετρικός προσδιορισμός ▪ Ιοντική χρωματογραφία
Νιτρώδη (N-NO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης
Νιτρικά (N-NO ₃)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης ▪ Ιοντική χρωματογραφία
Αμμωνιακά (N-NH ₃)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Απόσταξη και ογκομέτρηση
Ολικό Αζώτο Kjeldahl (TKN)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Μέθοδος Kjeldahl
Ολικός Φώσφορος, Φωσφορικά	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φασματοφωτομετρία μοριακής απορρόφησης
Θειικά	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Θολομετρική μέθοδος ▪ Ιοντική χρωματογραφία
CN	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ογκομετρική μέθοδος
Λίπη και έλαια	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Σταθμική μέθοδος
Μέταλλα	
Νάτριο (Na)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης
Βόριο (B)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης
Υδράργυρος (Hg)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης χωρίς φλόγα ▪ Επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (ICP)
Κάδμιο (Cd)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φ. Μ. Α. Α ▪ Επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (ICP)
Χρόμιο (Cr)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φ. Μ. Α. Α ▪ Επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (ICP)
Χαλκός (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φ. Μ. Α. Α ▪ Επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (ICP)
Μόλυβδος (Pb)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φ. Μ. Α. Α ▪ Επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (ICP)
Νικέλιο (Ni)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φ. Μ. Α. Α ▪ Επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (ICP)

		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Φ. Μ. Α. Α ▪ Επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (ICP)
Μικροβιολογικές	Ψευδάργυρος (Zn) Εντερικά Κολοβακτηριοειδή	<p>- Καλλιέργεια στους 44°C επί κατάλληλου ειδικού στερεού θρεπτικού υλικού (όπως άγαρ, λακτόζης με Endo-άγαρ με teepol 0,4%) με ή χωρίς διήθηση και καταμέτρηση των αποικιών. Τα δείγματα αραιώνονται ή κατά περίπτωση, συμπυκνώνονται έτσι ώστε να περιέχουν 10-100 αποικίες. Αν χρειαστεί γίνεται ταυτοποίηση με αεριοποίηση.</p> <p>- Μέθοδος αραιώσης με καλλιέργεια πάνω σε υγρά υποστρώματα μέσα σε 3 τουλάχιστον σωλήνες και σε 3 αραιώσεις. Οι σωλήνες που παρουσιάζουν θετική αντίδραση ανακαλλιεργούνται σε ειδικό θρεπτικό υλικό για επιβεβαίωση. Μέτρηση των αποικιών σύμφωνα με τον πιο πιθανό αριθμό. Επώαση σε θερμοκρασία 44±0,5°C.</p>

**“ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ”**

Ολικά Κολοβακτηριοειδή		- Καλλιέργεια στους 37°C επί καταλλήλου ειδικού στερεού θρεπτικού υλικού (όπως άγαρ, λακτόζης με Endo-άγαρ με τεερολ 0,4%) με ή χωρίς διήθηση και καταμέτρηση των αποικιών. Τα δείγματα αραιώνονται ή κατά περίπτωση, συμπυκνώνονται έτσι ώστε να περιέχουν 10-100 αποικίες. Αν χρειαστεί γίνεται ταυτοποίηση με αεριοποίηση.
		- Μέθοδος αραιώσεως με καλλιέργεια πάνω σε υγρά υποστρώματα μέσα σε 3 τουλάχιστον σωλήνες και σε 3 αραιώσεις. Οι σωλήνες που παρουσιάζουν θετική αντίδραση ανακαλλιεργούνται σε ειδικό θρεπτικό υλικό για επιβεβαίωση. Μέτρηση των αποικιών σύμφωνα με τον πιο πιθανό αριθμό. Επώαση σε θερμοκρασία 37±1°C.
	Στρεπτόκοκκοι κοπράνων Εντερόκοκκοι	- Καλλιέργεια στους 37°C επί κατάλληλου ειδικού στερεού θρεπτικού υλικού (αζίδιο του νατρίου) με ή χωρίς διήθηση και καταμέτρηση των αποικιών - Μέθοδος αραιώσεως σε ζωμό με αζίδιο του νατρίου (Litsky). Μέτρηση των αποικιών σύμφωνα με τον πιο πιθανό αριθμό.
	Σαλμονέλες	- Διήθηση από μεμβράνες
Τοξικότητα και γονοτοξικότητα		- Microtox, Mutatox, Algaltotest, Daphtoxkit

(Πηγή: EPA, 1982 (A), APHA-AWWA-WEF, 1998, ΕΛΟΤ)

Τονίζεται ότι κατά τη διεξαγωγή των μετρήσεων μπορούν να υπάρξουν παρεμβολές από ουσίες οι οποίες βρίσκονται στο δείγμα. Οι παρεμβολές αυτές οδηγούν σε αποτελέσματα μη αντιπροσωπευτικά και οφείλονται κυρίως στα εξής:

- Μια ουσία αντιδρά με τον ίδιο τρόπο με το υπό εξέταση συστατικό, δίνοντας μεγαλύτερες τιμές στο αποτέλεσμα
- Μια ουσία αντιδρά με την προς μέτρηση ουσία δίνοντας χαμηλές τιμές συγκέντρωσης στο αποτέλεσμα

- Μια ουσία μπορεί να συνδυαστεί με το αναλυτικό αντιδραστήριο εμποδίζοντας το να αντιδράσει με την προς μέτρηση ουσία

Οι παρεμβολές μπορούν να αντιμετωπιστούν με τους εξής τρόπους:

- Απομάκρυνση της ουσίας που παρεμβάλλεται σε φυσικές μεθόδους
- Ρύθμιση του ΡΗ έτσι ώστε να αντιδρά μόνο με την υπό εξέταση ουσία
- Το δείγμα είναι δυνατόν να οξειδωθεί ή να αναχθεί έτσι ώστε η ουσία που παρεμβάλλεται να μετατραπεί σε ανενεργή και να μην επηρεάσει τη μέθοδο
- Προσθήκη κατάλληλου μέσου που δεσμεύει την ουσία που παρεμβάλλεται
- Συνδυασμός των παραπάνω περιπτώσεων

Στα αντίστοιχα εγχειρίδια, για κάθε μια από τις προαναφερθείσες πρότυπες μεθόδους προσδιορισμού των ρυπαντικών παραμέτρων, γίνεται αναφορά στις ενδεχόμενες παρεμβολές και δίνονται οι απαραίτητες πληροφορίες αντιμετώπισής τους.

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι η επιλογή της μεθόδου μέσα από τις προτεινόμενες πρέπει να γίνεται με βάση τα εξής:

- Αναμενόμενο εύρος συγκέντρωσης της προς μέτρηση ρυπαντικής παραμέτρου, το οποίο πρέπει να καλύπτει τα όρια απόρριψης των βιομηχανικών μονάδων στο αποχετευτικό δίκτυο και όρια απόρριψης των μονάδων επεξεργασίας αστικών αποβλήτων, όπως αυτά ορίζονται από τη νομοθεσία
- Ελαχιστοποίηση των πιθανών παρεμβολών και αλληλεπιδράσεων από ουσίες που συνυπάρχουν στο απόβλητο με την προς μέτρηση ουσία

Έλεγχος ποιότητας μετρήσεων (Quality Control – QC)

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα των μετρήσεων και αναλύσεων πρέπει να ακολουθούνται πρότυπες διαδικασίες, όπως αυτές που περιγράφονται στη συνέχεια:

- Προσδιορισμός των παραμέτρων σύμφωνα με πρότυπες μεθόδους όπως καθορίζονται από την Κοινοτική και εθνική νομοθεσία
- Προσδιορισμός παραμέτρων με βάση πιστοποιημένα εγχειρίδια διενέργειας μετρήσεων και αναλύσεων όπως το εγχειρίδιο «Standard methods for the examination of water and wastewater, ALPHA-AWWA-WEF, 20th Edition, 1998)» και τα εγχειρίδια εθνικών Οργανισμών Τυποποίησης (π.χ. ΕΛΟΤ για την Ελλάδα)
- Υιοθέτηση διαδικασιών που προτείνονται από τον Διεθνή Οργανισμό Πιστοποίησης (International Standardization Association – ISO) και ειδικότερα:

Χημικές παράμετροι (Chemical parameters):

ISO 5814 (1990): Determination of dissolved oxygen

ISO 5815-1 (2003): Determination of BOD (dilution and seeding method)

ISO 5815-2 (2003): Determination of BOD (method for undiluted samples)

ISO 5961 (1994): Determination of Cadmium

ISO 6058 (1984): Determination of Calcium

ISO 6059 (1984): Determination of the sum of Calcium and Magnesium

ISO 6060 (1989): Determination of COD

ISO 6332 (1988): Determination of Iron

ISO 6333 (1986): Determination of Manganese

ISO 6439 (1990): Determination of Phenols

ISO 6703-1 (1984): Determination of Cyanide

ISO 6777 (1984): Determination of Nitrite

ISO 6778 (1984): Determination of Ammonium (Potentiometric method)

ISO 7150 – 1 (1984): Determination of Ammonium (Manual spectrometric method)

ISO 7150-2 (1986): Determination of Ammonium (Automated spectrometric method)

ISO 5664 (1984): Determination of ammonium (distillation and titration method)

ISO 6878 (2004): Determination of Phosphorous

ISO 7393-1 (1985/Cor 1: 2001): Determination of free chlorine and total chlorine
(titrimetric method)

ISO 7393-2 (1985): Determination of free chlorine and total chlorine (colometric
method)

ISO 7393-3 (1990): Determination of free chlorine and total chlorine (iodometric
titration method)

ISO 7875 -1 (1996): Determination of surfactants

ISO 7890-1 (1986): Determination of Nitrate (dimethylphenol spectrometric method)

ISO 7890-2 (1986): Determination of Nitrate (fluorophenol spectrometric method)

ISO 7980 (1986): Determination of Calcium and Magnesium

ISO 8245 (1999): Guidelines for the determination of TOC and DOC

ISO 8288 (1986): Determination of cobalt, nickel, copper, zinc, cadmium and lead

ISO 9174 (1998): Determination of chromium

ISO 9297 (1989): Determination of chloride

ISO 9963-1 (1994): Determination of alkalinity (total and composite alkalinity)

ISO 9963-2 (1994): Determination of alkalinity (carbonate alkalinity)

ISO 9964 (1993): Determination of sodium and potassium

ISO 10359-1 (1992): Determination of fluoride

ISO 10523 (1994): Determination of pH

ISO 10530 (1992): Determination of sulfide

ISO 10566 (1992): Determination of aluminium

ISO 11083 (1994): Determination of chromium (VI)

ISO 13395 (1996): Determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and the sum
of both

Φυσικές παράμετροι (Physical parameters)

ISO 7887 (1994): Determination of colour

ISO 7888 (1985): Determination of electrical conductivity

ISO 11923 (1997): Determination of suspended solids

Βιολογικές παράμετροι (Biological parameters)

ISO 6222 (1999): Enumeration of culturable microorganisms

ISO 6340 (1995): Detection and enumeration of salmonella

ISO 7704 (1985): Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses

ISO 7899 -2 (2000): Detection and enumeration of intestinal enterococci

ISO 9308-1 (2000): Detection and enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria (membrane filtration method)

ISO 9308-2 (2000): Detection and enumeration of Escherichia coli and coliform bacteria (multiple tube method)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 «Σημείο δειγματοληψίας-προσωπική διεργασία δειγματοληψιών - αναλύσεων φυσικοχημικών παραμέτρων»

Στην εργασία αυτή κύρια ασχολία αποτέλεσε, όπως προαναφέρθηκε και στον πρόλογο, η μέτρηση πιθανής ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων του ποταμού Γιόφυρου, ενός ποταμού ο οποίος διαβρέχει την πόλη του Ηρακλείου και διατρέχει ένα μεγάλο μέρος του νομού, περνώντας κοντά από μικρές καθώς και μεγάλες βιομηχανικές μονάδες καταλήγοντας στη θάλασσα. Μετρώντας τις πιο κύριες παραμέτρους, έγινε εφικτό να βρεθεί κάποιο συμπέρασμα για τη συμπεριφορά του και την ρύπανση που υφίσταται.

Η λεκάνη του Γιόφυρου περιλαμβάνει περί τα 200000 km² περίπου και περιλαμβάνει περιοχή του ευρύτερου Δήμου Ηρακλείου, με τους πρώην Καλλικρατικούς Δήμους Τεμένους, Γοργολαίνης, Παλιανής, καθώς και ένα τμήμα του Δήμου Γόρτυνας και συγκεκριμένα στην ευρύτερη περιοχή της Αγίας Βαρβάρας από όπου και ξεκινάει, με πληθυσμό περίπου 250000 κατοίκους.



(Με γαλάζιο χρώμα εμφανίζεται ο ποταμός Γιόφυρος)

Ο Γιόφυρος στην πραγματικότητα δεν μπορεί να λάβει το χαρακτηρισμό «ποταμός», αλλά αντίθετα ο ακριβέστερος χαρακτηρισμός θα ήταν αυτός του ημίξερου ποταμού ή χειμάρου, και αυτό εξαιτίας της ελάχιστης ροής που παρουσιάζει κατά την ετήσια απορροή του. Αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω της μειωμένης παρουσίας βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων ανά έτος, συμβάλλοντας έτσι στη μερική πλήρωσή του, κατά την περίοδο από τον Σεπτέμβριο, με τις πρώτες βροχές μέχρι και τα τέλη Απριλίου περίπου, όπως συνήθως συμβαίνει. Επίσης τα νερά του προέρχονται και από πηγές που συντηρούν νερό σε ορισμένα σημεία του και το καλοκαίρι. Η ετήσια απορροή του είναι στα 80000000m³ περίπου.

Για την παρούσα διατριβή, η πραγματοποίηση των δειγματοληψιών διεκπεραιώθηκε από την περίοδο 14-11-2010 έως τις 5-7-2011, ημερομηνία της τελευταίας δειγματοληψίας. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται στοιχεία των θερμοκρασιών και των επιπέδων βροχοπτώσεων της περιόδου, έτσι όπως αντλήθηκαν από το διαδικτυακό ιστότοπο του <https://penteli.meteo.gr/stations/heraclion>.

Πίνακας μετεωρολογικών δεδομένων ημερών δειγματοληψίας

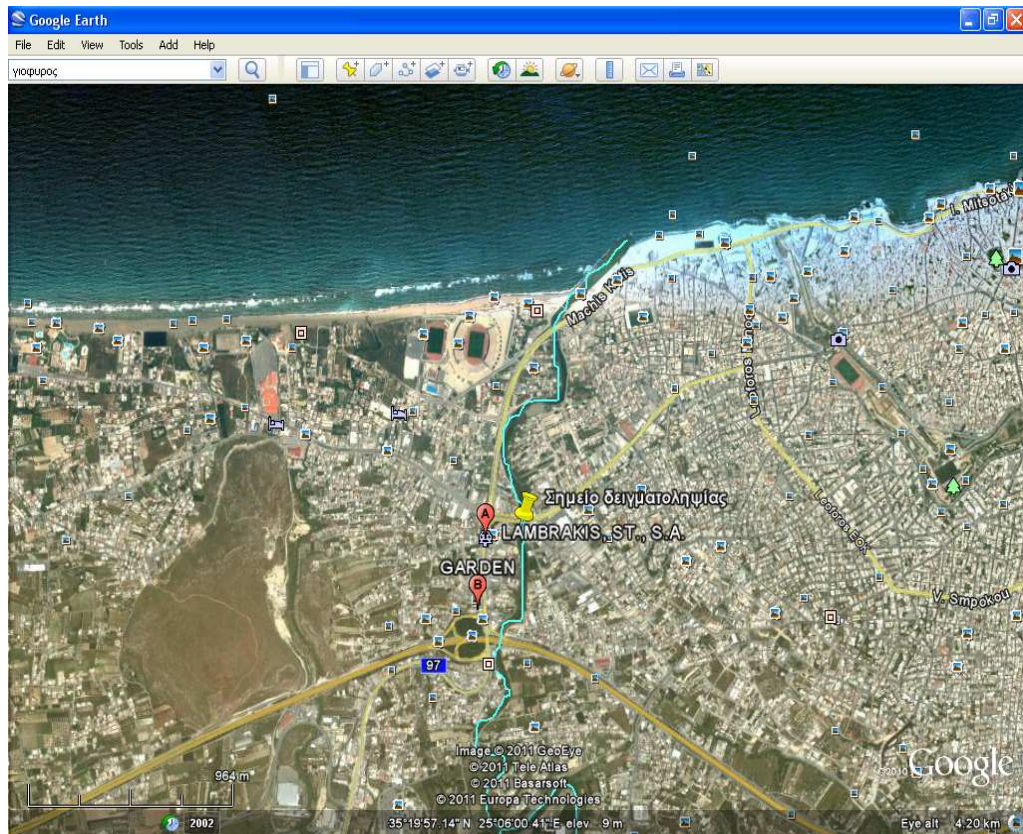
<i>Ημερομηνία</i>	<i>Μέση θερμοκρασία</i>	<i>Μον. Μέτρ.</i>	<i>Επίπεδα βροχόπτωσης</i>	<i>Μον. Μέτρ.</i>
13/11/2010	16	°C	32,6	mm
14/11/2010	17,6	°C	0,6	mm
15/11/2010	17,7	°C	1,8	mm
1/12/2010	23,8	°C	0	mm
2/12/2010	23,7	°C	0	mm
3/12/2010	20,1	°C	0	mm
11/12/2010	6,4	°C	41	mm
12/12/2010	7,7	°C	5,2	mm
13/12/2010	13,3	°C	1,2	mm
10/1/2011	14,1	°C	0	mm
11/1/2011	13,3	°C	0	mm
12/1/2010	13,9	°C	0	mm
23/1/2011	15,3	°C	6,6	mm

**“ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ”**

24/1/2011	15,4	°C	2,8	mm
25/1/2011	11,9	°C	1,8	mm
8/2/2011	13,8	°C	0	mm
9/2/2011	13,3	°C	3,2	mm
10/2/2011	13,5	°C	0	mm
20/2/2011	14	°C	0	mm
21/2/2011	14,5	°C	0	mm
22/2/2011	13,9	°C	0	mm
12/3/2011	16	°C	0	mm
13/3/2011	14,6	°C	0	mm
14/3/2011	15	°C	0	mm
1/4/2011	17,1	°C	0	mm
2/4/2011	13,6	°C	5	mm
3/4/2011	13,9	°C	2,6	mm
4/5/2011	20,4	°C	0	mm
5/5/2011	18,5	°C	0	mm
6/5/2011	16,6	°C	0	mm
18/5/2011	18,2	°C	0,6	mm
19/5/2011	16,3	°C	1,6	mm
20/5/2011	17,5	°C	0	mm
3/7/2011	24,2	°C	0	mm
4/7/2011	24,4	°C	0	mm
5/7/2011	24,5	°C	0	mm

Η τοποθεσία πραγματοποίησης των 12 δειγματοληψιών βρίσκεται στη μικρή γέφυρα στην ομώνυμη περιοχή Γιόφυρο, εντός της πόλης του Ηρακλείου, που αποτελεί και παράκαμψη της κεντρικής λεωφόρου των 62 Μαρτύρων. Στον παρακάτω χάρτη παρουσιάζεται το ίδιο το σημείο.

“ΜΕΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ
ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΓΙΟΦΥΡΟΥ”



Εκτέλεση διαδικασίας δειγματοληψιών

Στην προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε ότι ο αριθμός των δειγμάτων ήταν 12, με κάθε δειγματοληψία να πραγματοποιείται κάθε 15 μέρες περίπου, αλλά και πάντα σε περιόδους βροχόπτωσης. Αυτός είναι και ο λόγος που παρατηρείται μια μεγάλη χρονική διαφορά συχνότητας κατά τις τελευταίες δειγματοληψίες. Βέβαια το ότι το προαναφερθέν σημείο δειγματοληψίας ήταν το μοναδικό και όχι τουλάχιστον τρία, ίσως να μην δίνει εύστοχα συμπεράσματα για μια ακριβή εύρεση συγκεκριμένης τοποθεσίας πιθανής ρύπανσης του ποταμού. Όμως ο αριθμός και μόνο των δειγμάτων αλλά και το πλήθος των παραμέτρων που εξετάστηκαν δίνουν κάποια συμπεράσματα όσο αφορά την ποιότητα των νερών του ποταμού.

Σαν μέσο δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε ειδικό πλαστικό μπουκάλι, το οποίο πλενόταν πολύ καλά με απιονισμένο νερό σε κάθε δειγματοληψία. Λόγω του ότι ο τόπος δειγματοληψίας ήταν δύσβατος, το μπουκάλι ριχνόταν στο ποτάμι, κατ' εκτίμηση στο ίδιο σημείο. Έπειτα πραγματοποιούταν η μέτρηση της θερμοκρασίας και για τις υπόλοιπες φυσικοχημικές παραμέτρους τα δείγματα μεταφέρονταν στο εργαστήριο. Σημαντικό στοιχείο αναφοράς πρέπει να χαρακτηρίζεται η δημιουργία ομογενοποιημένου δείγματος, από τα τρία τα οποία λαμβάνονταν ανά εικοσιτετράωρο.

Οι παράμετροι που εξετάστηκαν ήταν:

- 1. Θερμοκρασία**
- 2. ΡΗ**
- 3. Θολερότητα**
- 4. Αγωγιμότητα**
- 5. Χλωριόντα**
- 6. Ολικό Ν**
- 7. Ολικό Ρ**
- 8. Ολικά στερεά**
- 9. Καθιζάνοντα στερεά**

10. Αιωρούμενα στερεά

11. Διαλυμένα στερεά

12. DO

13. BOD

14. COD

15. Μικροβιολογικά

Στην επόμενη ενότητα γίνεται μιας εκτενής περιγραφή των διαδικασιών που ακολουθήθηκαν για την εκτέλεση των αναλύσεων.

Διαδικασίες που ακολουθήθηκαν κατά την εκτέλεση των αναλύσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων

Μέτρηση θερμοκρασίας

Η μέτρηση της θερμοκρασίας πραγματοποιείται επί τόπου στο σημείο όπου γίνεται η δειγματοληψία με τη χρήση ειδικού θερμόμετρου και είναι τριπλή, όπως και η δειγματοληψία, με εύρεση συνάμα του μέσου όρου των τιμών.

Μέτρηση PH

Η μέτρηση του PH πραγματοποιήθηκε στο χώρο του εργαστηρίου με τη χρήση ειδικού ηλεκτρονικού (ποτενσιομετρικού) οργάνου, του PH-μετρου. Αφού ομογενοποιηθεί το δείγμα, σε ένα ποτήρι ζέσεως 250ml παίρνεται μια ποσότητα και με την μικρή ανάδευση, βυθίζεται το ηλεκτρόδιο για περίπου ένα λεπτό, χρόνος για

να σταθεροποιηθεί η ένδειξη, η οποία και στη συνέχεια καταγράφεται. Ακρίβεια που μπορεί να χαρακτηριστεί ικανοποιητική στην περίπτωση του νερού είναι αυτή του +/- 0,1 ΡΗ.

Μέτρηση θολερότητας

Για την επίτευξη της διαδικασίας μέτρησης της θολερότητας χρησιμοποιείται η μέθοδος της φωτομετρίας. Τοποθετείται δείγμα, αφού έχει υποστεί καλή ανάδευση, σε ειδική κυψελίδα και έπειτα στον υποδοχέα του ειδικού μηχανήματος. Στην οθόνη του μηχανήματος γίνεται εφικτή η παρουσίαση της τιμής της παραμέτρου σε μονάδες FTU και MTU. Έπειτα από την ολοκλήρωση της μέτρησης η κυψελίδα πλένεται με ειδικό απορρυπαντικό και ξεπλένεται με απιονισμένο νερό.

Μέτρηση χλωριόντων

Το δείγμα αφού έχει υποστεί καλή ανάδευση και διήθηση, τοποθετείται σε ειδική κυψελίδα, που περιέχει και αντιδραστήριο μέτρησης του χλωρίου, όγκος 1ml μαζί με το αντιδραστήριο ClK με όγκο 0,5 ml. Αφού αναδευθεί καλά και περάσουν περίπου 10 λεπτά για την αντίδραση, τοποθετείται στο φωτόμετρο για την παροχή της ένδειξης.

Μέτρηση αγωγιμότητας

Όργανο μέτρησης:

Το αγωγιμόμετρο, με το οποίο μετράται η αγωγιμότητα, αποτελείται από το ηλεκτρόδιο και το κυρίως όργανο. Το ηλεκτρόδιο είναι κατασκευασμένο από πλαστικό και περιέχει τη κυψελίδα μέτρησης με δυο μεταλλικά ηλεκτρόδια επιφανείας (S) και σε απόσταση (l). Ο λόγος l/S , αποτελεί τη σταθερά του

ηλεκτρόδιου, που για την περίπτωση των νερών, πρέπει να είναι από 0,1 έως 1 cm-1. Το κυρίως όργανο περιλαμβάνει μια γέφυρα Wheatstone, που συνδέεται ηλεκτρικά με την κυψελίδα. Η γέφυρα, τροφοδοτείται με εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας, περίπου 1000Hz, για να αποφευχθεί η ηλεκτρόλυση στα ηλεκτρόδια κατά την μέτρηση. Για την ρύθμιση του οργάνου, χρησιμοποιείται πρότυπο διάλυμα 0,01 M KCl, του οποίου $k=1413 \mu\text{s/cm}$, στους 25 °C.

Για την μέτρηση της αγωγιμότητας του ομογενοποιημένου δείγματος, βυθίζεται το ηλεκτρόδιο στο δείγμα, το οποίο αναδεύεται σε ποτήρι ζέσεως για την αποφυγή δημιουργίας φυσαλίδων αέρα στην κυψελίδα. Η ακρίβεια του οργάνου κυμαίνεται από 0,1-10 $\mu\text{s/cm}$, κάνοντας αντιστάθμιση της θερμοκρασίας στους 20 ή 25 °C.

Μέτρηση BOD

Για την επίτευξη της μέτρησης του BOD επιλέγεται ο κατάλληλος όγκος δείγματος του εξεταζόμενου νερού που πρέπει να τοποθετηθεί στις δυο της συσκευής BOD ειδικές φιάλες. Για την παρούσα ανάλυση του ποταμού Γιόφυρου, επειδή η τιμή πρόκειται να είναι χαμηλή επιλέγονται 428ml νερού. Προστίθεται από μια δόση μικροθρεπτικών συστατικών καθώς και από ένας αναδευτήρας. Ενώ έχει ρυθμιστεί η ειδική κεφαλή, αφήνεται το δείγμα για πέντε, με καταγραφή της τιμής ανά ημέρα. Αφού περάσει αυτό το χρονικό διάστημα υπάρχει η δυνατότητα της παροχής της τελικής τιμής.

Μέτρηση COD

Για την μέτρηση του δείγματος χρησιμοποιήθηκε αντιδραστήριο για περιοχή τιμών από 25-1500ppm (mg/l COD). Στην αρχή πραγματοποιήθηκε ομογενοποίηση του μείγματος με ανάδευση. Στη συνέχεια ανάδευση του αντιδραστήριου στην κυψέλη και προσθήκη 3ml από το δείγμα πάντα κρατώντας το σιφώνιο υπό κλήση

λογώ εξώθερμης αντίδρασης, αφήνοντας το δείγμα να στάξει στα τοιχώματα της κυψέλης. Βιδώνοντας το καπάκι καλά στην κυψέλη και κρατώντας το, γίνεται καλή ανάδευση του δείγματος. Έπειτα θερμαίνεται η κυψέλη για 2 ώρες στους 148 °C και αφού κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου μετράται σε φασματοφωτόμετρο η ένδειξη της ποσότητας COD σε mg/l.

Μέτρηση ολικού φωσφόρου

Χρησιμοποιείται αντιδραστήριο για περιοχή τιμών από 0,5-25ppm (mg/l PO₄-P). Πραγματοποιείται προσθήκη 1ml δείγματος σε ειδική κυψέλη, μετά από καλή ανάδευση και διήθηση και στη συνέχεια μια δόση από το αντιδραστήριο P-1K (περιέχεται στο πράσινο δοσομετρικό καπάκι). Κλείνεται αεροστεγώς και ανακατεύεται καλά η κυψέλη. Ύστερα θερμαίνεται στους 120 °C για 30 λεπτά και αφήνεται να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου.

Για την διαδικασία της μέτρησης ανακατεύεται το δείγμα και προσθέτονται 5 σταγόνες από το αντιδραστήριο P-2K. Αφού ανακατευτεί καλά η κυψέλη προσθέτεται 1 δόση από το αντιδραστήριο P-3K (μπλε δοσομετρικό καπάκι) και ανακατεύεται επίσης καλά. Αφήνεται 5 λεπτά να αντιδράσει και μετράται στο φωτόμετρο.

Μέτρηση ολικού αζώτου

Πραγματοποιείται χρήση αντιδραστήριου για περιοχή τιμών από 0,5-15ppm (mg/l N). Προσθέτεται σε μια άδεια κυψέλη 1ml δείγματος και 9ml απιονισμένο νερό. Κλείνεται και ανακατεύεται καλά η κυψέλη και έπειτα προσθέτεται επίσης μια κουταλιά αντιδραστήριο N-1K. Αφού ανακατευτεί πάλι προσθέτονται 6 σταγόνες αντιδραστήριου N-2K και κυψέλη θερμαίνεται στους 120 °C για 60 λεπτά. Αφήνεται

να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου και σε μια ειδική κυψέλη για την μέτρηση του αζώτου προσθέεται 1ml από το χωνευμένο δείγμα. Τέλος προσθέεται 1ml από το αντιδραστήριο N-3K, ανακατεύεται η κυψέλη και αφού περάσουν 10 λεπτά από την αντίδραση μετράται στο φωτόμετρο.

Μέτρηση ολικών στερεών

Ο προσδιορισμός του συνόλου των περιεχόμενων στερεών ουσιών επιτυγχάνεται με εξάτμιση και ζύγισμα. Η μέτρηση έχει ως εξής:

Όλες οι κάψες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν πρέπει να έχουν προθερμανθεί σε φούρνο για τυχόν εξάλειψη της υγρασίας που θα μπορούσε να καταφέρει σφάλμα στη μέτρηση. Αφού προθερμανθεί η κάψα, ζυγίζεται. Στη συνέχεια προσθέτονται 50ml δείγματος, χωρίς να έχει αραιωθεί, και η κάψα τοποθετείται στο φούρνο για περίπου μια μέρα στους 105 οC μέχρι να εξατμιστεί τελείως το υγρό. Έπειτα η κάψα ζυγίζεται. Πραγματοποιώντας τις κατάλληλες αφαιρέσεις βρίσκεται η ποσότητα των ολικών στερεών.

Βάρος ολικών στερεών = Βάρος κάψας μετά την εξάτμιση - Βάρος μετά την προθερμ.

Μέτρηση αιωρούμενων στερεών

Η συγκράτηση των αιωρούμενων πραγματοποιείται με διύλιση από ορισμένο ηθμό. Στην αρχή παρέχεται από το εργαστήριο η συσκευή, μέρη της οποίας αποτελούνται από γυάλινο δοχείο, αποτελούμενο με τη σειρά του από μεγάλο στρογγυλό πυθμένα και στενό στόμιο, στο οποίο προσαρμόζεται κατάλληλα χοάνη

επίσης από γυαλί με διηθητικούς πόρους όπου τοποθετείται κατάλληλο φίλτρο για την επίτευξη της διήθησης. Η διαδικασία έχει ως εξής:

Το φίλτρο που θα χρησιμοποιηθεί προζυγίζεται με ειδικό ταψάκι και τοποθετείται στη συσκευή. Ύστερα 100ml δείγματος, χωρίς να έχει υποστεί διαδικασία αραίωσης, ρίχνεται σιγά σιγά πάνω στο φίλτρο και αυτό λόγω ευαισθησίας του ίδιου του φίλτρου. Πραγματοποιείται έκπλυση του δοχείου του δείγματος με αποσταγμένο νερό και ρίχνεται και αυτό επίσης στο φίλτρο. Τέλος το ταψάκι με το περιεχόμενο φίλτρο τοποθετείται στο φούρνο και αφού θερμανθεί στους 105 °C για μια μέρα ζυγίζεται και πάλι. Πραγματοποιώντας τις κατάλληλες αφαιρέσεις βρίσκεται η ποσότητα των αιωρούμενων στερεών.

Βάρος αιωρούμενων = Βάρος μετά τους 105 °C – Βάρος πριν την θέρμανση

Μέτρηση διαλυμένων στερεών

Στη συνέχεια της μέτρησης των αιωρούμενων στερεών, το δείγμα που πέρασε από το φίλτρο συντελεί στην εύρεση των διαλυμένων στερεών. 50ml από αυτό, τοποθετείται σε κάψα που έχει προθερμανθεί και προζυγιστεί. Έπειτα η κάψα μπαίνει σε φούρνο στους 180 °C για μια μέρα μέχρι να εξατμιστεί. Από τη διαφορά βάρους της κάψας πραγματοποιείται η εύρεση των διαλυμένων στερεών.

Βάρος διαλυμένων = Βάρος κάψας με δείγμα μετά στους 180 °C – Βάρος κάψας χωρίς δείγμα

Μέτρηση καθιζάνοντων στερεών

Για την πραγματοποίηση της μέτρησης των καθιζάνοντων χρησιμοποιείται ως μέσον ο κώνος καθίζησης Imhoff. Τοποθετούνται στον κώνο 1000ml δείγματος και

αφήνονται για 45 λεπτά. Στη συνέχεια με ελαφριά χτυπήματα στα τοιχώματα του κώνου, αφήνονται για ακόμα 15 λεπτά μέχρι να καθιζάνουν και τα τελευταία στερεά και πραγματοποιείται η μέτρηση.

Μικροβιολογικά

Δείγμα 100 ml τοποθετείται σε ειδικό δοχείο, το οποίο πριν έχει υποστεί καλή αποστείρωση σε υψηλή θερμοκρασία. Έπειτα, αφού τοποθετηθεί θρεπτικό για τους μικροοργανισμούς και αναδευτεί πολύ καλά για να διαλυθεί καλά, μπαίνει στο φούρνο σε θερμοκρασία 37 βαθμών Κελσίου, όπου χαρακτηρίζεται θερμοκρασία ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Με το πέρας μιας ημέρας η αλλαγή του χρώματος του δείγματος, συγκεκριμένα σε απόχρωση του μπλε, φανερώνει και την ένδειξη για τον υπάρχον μικροοργανισμοί παθογόνοι και με ποια επιβάρυνση. Σε αντίθετη περίπτωση που το δείγμα είναι διαφανές και φυσιολογικό, χαρακτηρίζεται καθαρό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

«Καταγραφή πηγών ρύπανσης – Ανάλυση αποτελεσμάτων-πινάκων μετρήσεων και προτάσεις για την επίλυση των προβλημάτων»

Παρατηρώντας και αναλύοντας τους πίνακες, αλλά και τα διαγράμματα των φυσικοχημικών παραμέτρων που εξετάστηκαν, το συμπέρασμα που απορρέει είναι η παρουσία μιας ομολογουμένως μερικής ρύπανσης του νερού του Γιόφυρου, μέσα στο χρονικό ορίζοντα όπου πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες.

Η ρύπανση αυτή υφίσταται αυξομειώσεις ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες που υπήρχαν τις χρονικές περιόδους των δειγματοληψιών, τις ανθρώπινες δραστηριότητες που πιθανόν ελάμβαναν χώρα τις περιόδους εκείνες, αλλά και τον όγκο της ροής που παρουσίαζε ο ποταμός.

Παρακάτω θα υπάρξει μια πιο εκτενής περιγραφή των αποτελεσμάτων, αφού όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει η δυνατότητα να παρουσιάζονται τα διαγράμματα για κάθε παράμετρο αντίστοιχα.

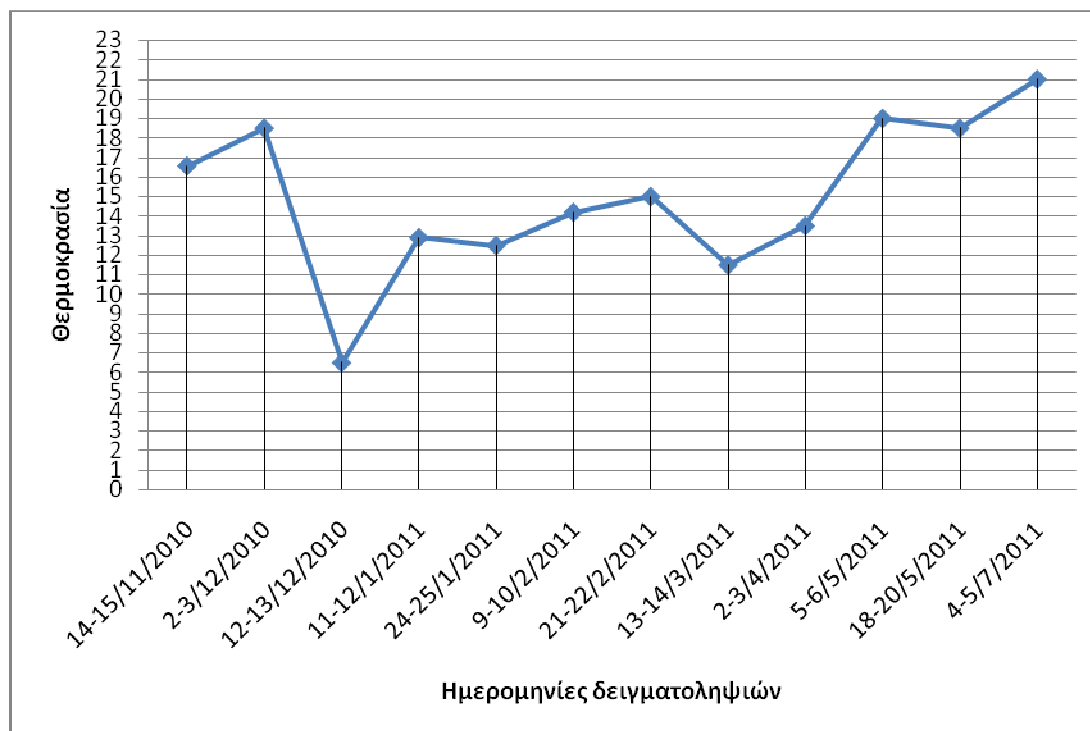
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (Πίνακας 1)

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ			14- 15/11/2010	2- 3/12/2010	12- 13/12/2010	11-12/1/2011	24-25/1/2011	9-10/2/2011
A/A	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ					
1	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	°C	16,5	18,5	6,5	12,9	12,5	14,2
2	PH	-	7,31	7,70	7,70	8,04	8,25	8,21
3	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	μS/cm	536	1415	453	965	663	796
4	ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	mg/l						
5	ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ	mg/l	97	312	115	115	150	106
6	COD	mg/l	18	64	130	0	46	18
7	DO	mg/l (% - °C)	2,77 (32,1- 22)	0,69 (8,1 - 23.3)	5,18 (56,2- 18,6)	6,10 (68,14- 18,4)	5,6 (62,3 - 19,8)	4,8 (54,6 - 21,5)
8	ΟΛΙΚΟ Ν	mg/l	0,5	7,1	3,1	0,3	0,3	0,6
9	ΟΛΙΚΟ Ρ	mg/l	0,5	2,5	0,3	0,2	0,2	0,1
10	BOD	mg/l	1-3-4-7-9	9-17-28-34- 39	1-2-3-4-6	1-1-2-2-2	1-2-2-3-5	3-5-6-7-8
11	ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ	mg/l	607	1840	1744	1098	1774	924
12	ΚΑΘΙΖΑΝΟΝΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	ml/l (σε 1000ml δείγματος)	0,7	0	1,8	0,2	4,4	0,7
13	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ	mg/l	202	40	140	2,3	109	165
14	ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ	mg/l	371	1772	400	982	672	696
15	ΘΟΛΟΡΟΤΗΤΑ	FTU/NTU	314	22,4	1000	29,7	987	246
16	ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ							

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ (Πίνακας 2)

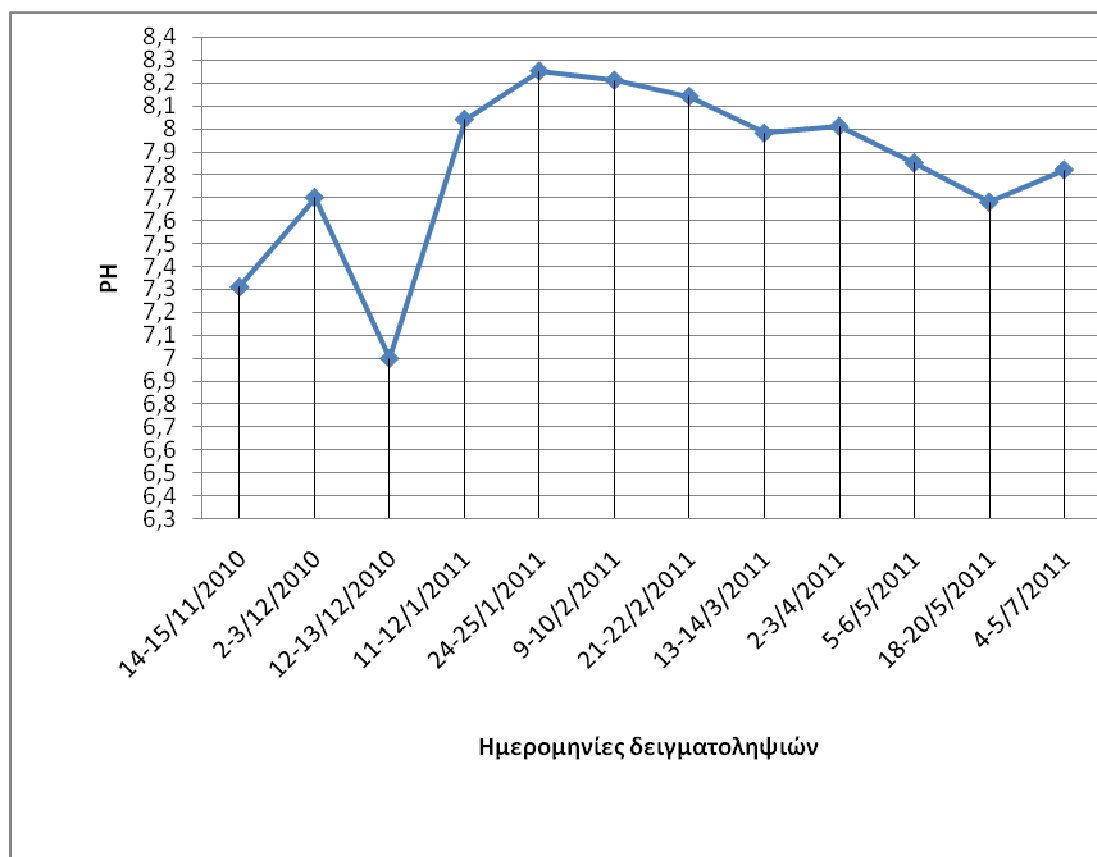
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ			21-22/2/2011	13-14/3/2011	2-3/4/2011	5-6/5/2011	18-20/5/2011	4-5/7/2011
A/A	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ					
1	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ	°C	15	11,5	13,5	19	18,5	21
2	PH	-	8,14	7,98	8,01	7,85	7,68	7,82
3	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	μS/cm	768	807	1193	1568	1062	2110
4	ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ	mg/l						
5	ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ	mg/l	108	111	134	156	167	269
6	COD	mg/l	24	16	<25	<25	<10	<10
7	DO	mg/l (% - °C)	4,76 (52,2-19)	7,62 (93,3 – 28)	7,30 (90 – 25)	4,95 (63 – 27)	5,21 (66,8-26,7)	5,21 (70,9-30,2)
8	ΟΛΙΚΟ N	mg/l	0,6	0,6	2,2	0,3	0,3	1,2
9	ΟΛΙΚΟ P	mg/l	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	ΕΛΛΕΙΨΗ
10	BOD	mg/l	1-2-3-4-4	Μηδενική ενδ.	1-3-4-5-5	4-6-6-7-7	4-4-4-5-6	5-6-7-7-7
11	ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ	mg/l	986	936	1154	1330	1498	2336
12	ΚΑΘΙΖΑΝΟΝΤΑ ΣΤΕΡΕΑ	ml/l (σε 1000ml δείγματος)	0,2	0	0	0	0,3	0,8
13	ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ	mg/l	132	113	3,8	24	1	2
14	ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ	mg/l	748	784	972	1222	1382	2006
15	ΘΟΛΟΡΟΤΗΤΑ	FTU/NTU	236	152	27,39	142	112	5,67
16	ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ			ΘΕΤΙΚΟ	ΘΕΤΙΚΟ	ΘΕΤΙΚΟ	ΘΕΤΙΚΟ	ΘΕΤΙΚΟ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



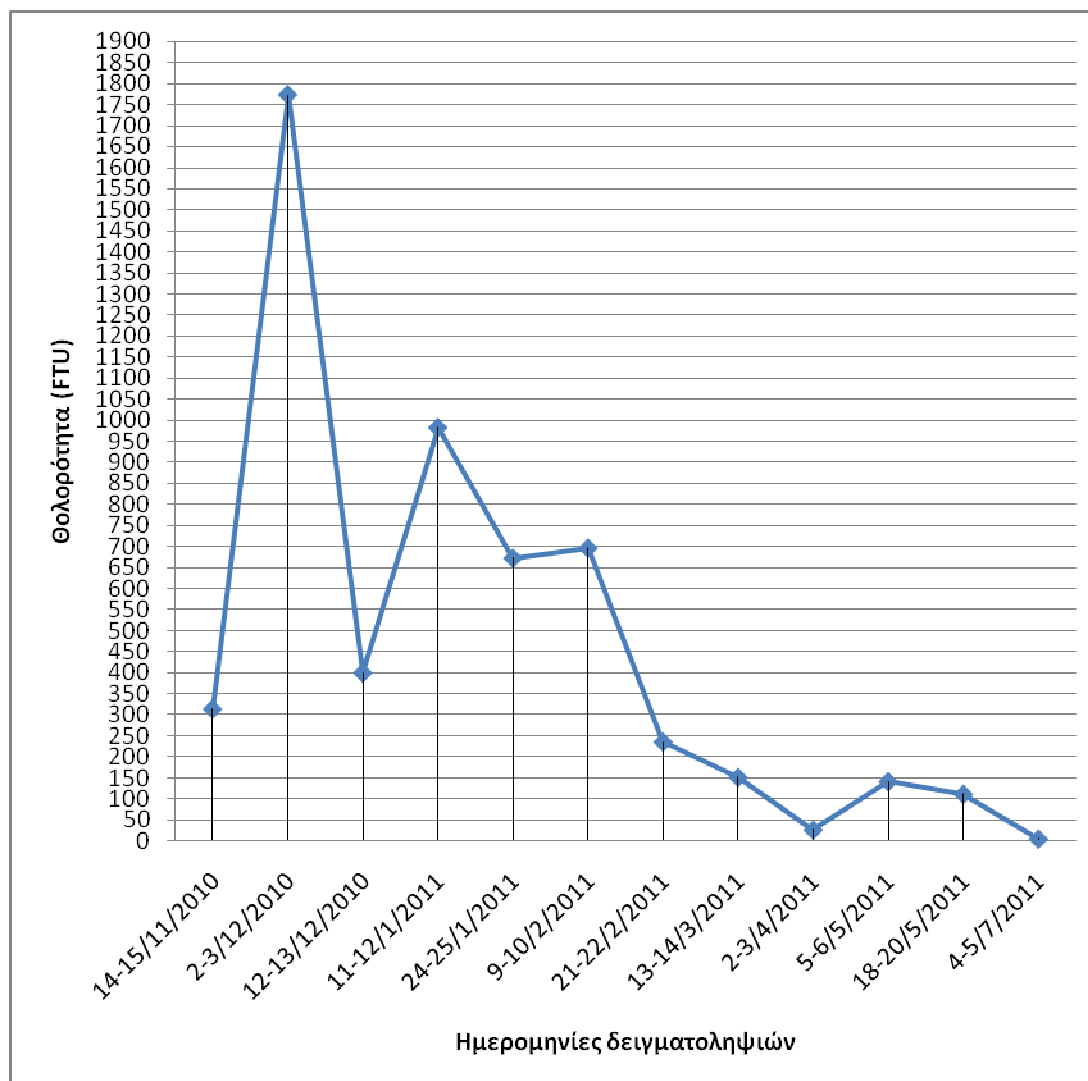
Οι τιμές του διαγράμματος της θερμοκρασίας κρίνονται φυσιολογικές, αφού η ιδανική περιοχή τιμών για να χαρακτηριστεί το νερό πόσιμο, όπου είναι ο καλύτερος χαρακτηρισμός ποιότητας, είναι μεταξύ των 12 έως 25°C. Βέβαια κατά την τρίτη δειγματοληψία διακρίνεται μια απότομη πτώση της τιμής, εξαιτίας των άσχημων καιρικών συνθηκών που επικρατούσαν και της χιονόπτωσης που παρουσιάστηκε στην ευρύτερη περιοχή του Ηρακλείου και δη στα ημιορεινά, με αποτέλεσμα ποσότητες κρύου νερού να μεταφερθούν από τις περιοχές όπου πηγάζει ο ποταμός. Άξιο προς αναφορά πρέπει να θεωρηθεί ότι η θερμοκρασία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τις αντιδράσεις που προκαλούνται στο νερό, όταν αυτό παρουσιάζει ρύπανση, όπως προαναφέρθηκε και στο αντίστοιχο κεφάλαιο του θεωρητικού μέρους. Όμως και πάλι οι τιμές κρίνονται ικανοποιητικές.

PH



Επίσης για τις τιμές του PH μπορεί να ειπωθεί ότι κρίνονται φυσιολογικές μιας και η περιοχή των τιμών για τα φυσικά νερά είναι από 4 μέχρι 9. Το εύρος τιμών από 6,5 έως 8,5 αποτελεί κριτήριο σχετικά με τη διάθεση των υγρών αποβλήτων σύμφωνα με τη νομοθεσία. Αυτό δε σημαίνει όμως ότι δεν υπάρχει μερική ρύπανση, μιας και αυτή η παράμετρος επηρεάζει άλλες με τη σειρά της, ρύπανση που θα αναλυθεί καλύτερα και σε παρακάτω παραμέτρους.

ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ



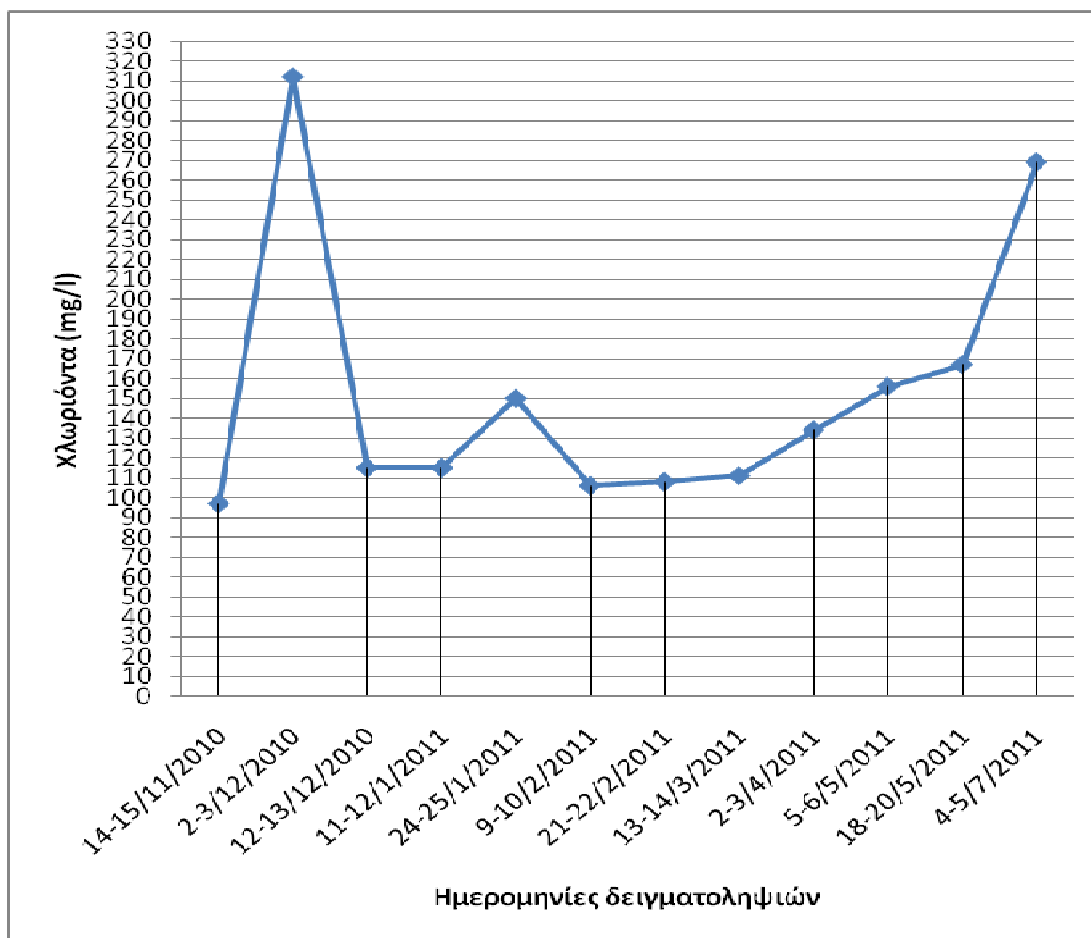
Μια διευκρινιστική περιοχή τιμών που να χαρακτηρίζει την καταλληλότητα του νερού ως προς την θολορότητα δεν υπάρχει. Όμως το πόσο θολό είναι το δείγμα αποτελεί παράγοντα που χαρακτηρίζει το πόσο κατάλληλο είναι προς την χρήση και δη προς πόσιμο ή μη.

Στην παρούσα φάση παρατηρείται μια σημαντική αύξηση κατά τις δυο πρώτες δειγματοληψίες και εν συνεχεία μια σταδιακή πτώση. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της στασιμότητας του νερού στην περιοχή δειγματοληψίας, καθώς και στη συνεχή ροή που παρουσίαζε ο ποταμός ανάλογα με τις βροχοπτώσεις που παρουσιάστηκαν κατά την περίοδο του χρόνου.

Κατά τη δεύτερη μέτρηση παρατηρείται μια εξαιρετικά μεγάλη αύξηση της τιμής και αυτό διότι παρουσιάστηκε στασιμότητα του νερού σε συνδυασμό βέβαια και με τη παρουσία κασιόγαρου, μιας και το δείγμα κρίθηκε εξαιρετικά μαύρο και συνάμα θολό.

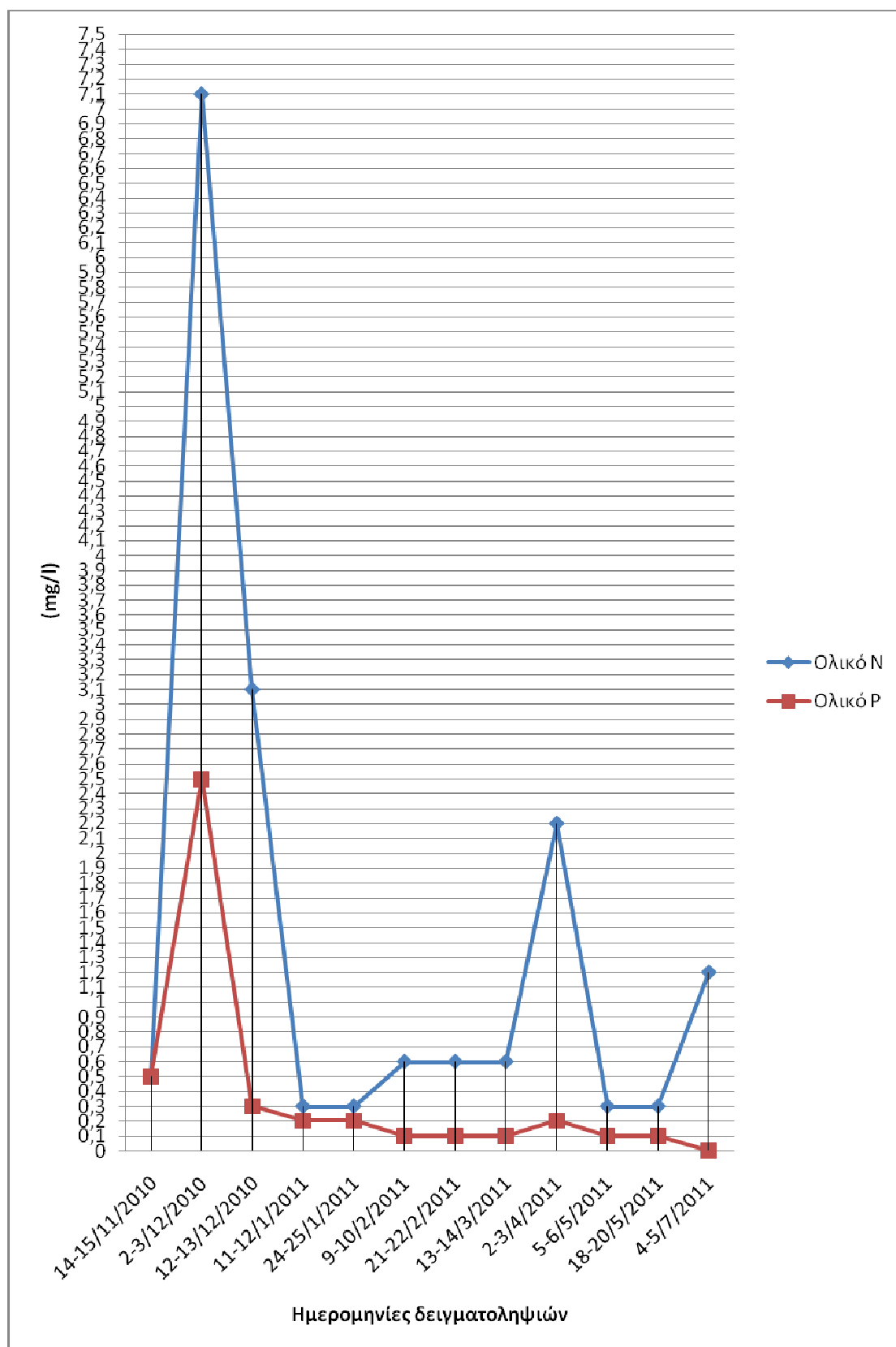
Η απότομη πτώση της τιμής προκλήθηκε όταν τη χρονική περίοδο της τρίτης δειγματοληψίας παρουσιάστηκε μερική χιονόπτωση με μεγάλη διάρκεια, κάτι που προκάλεσε και αύξηση της ροής του ποταμού. Για τις υπόλοιπες δειγματοληψίες η φθίνουσα πορεία των τιμών με μικρά διαστήματα αυξομείωσης προκλήθηκε εξαιτίας των βροχοπτώσεων με αποτέλεσμα να υπάρξει και αυξομείωση στην ποσότητα των αιωρούμενων συστατικών που μεταφέρονταν με τη ροή του ποταμού.

ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ



Μια τιμή οριοθέτησης της περιεκτικότητας σε χλωριόντα δεν ήταν εφικτό να προσδιοριστεί μέσα από την βιβλιογραφία. Όμως υπάρχει αναφορά σύμφωνα με την οποία η εμφάνιση υψηλής τιμής σημαίνει πιθανή ρύπανση από λιπάσματα, λύματα και βιομηχανικά απόβλητα. Στην περίπτωση του συγκεκριμένου διαγράμματος υπάρχει η αυξημένη τιμή της δεύτερης δειγματοληψίας λόγω του κασίγαρου, στη συνέχεια μια απότομη μείωση και σχετική σταθεροποίηση των τιμών, αλλά και μια σταδιακή αύξηση των τιμών από την δειγματοληψία 2-3/4/2011 και μέχρι την τελευταία εξαιτίας πιθανής ρύπανσης από λύματα. Η ρύπανση αυτή μπορεί να θεωρηθεί ότι επιβεβαιώνεται και από τις μικροβιολογικές αναλύσεις που έλαβαν χώρα και χαρακτηρίστηκαν θετικές.

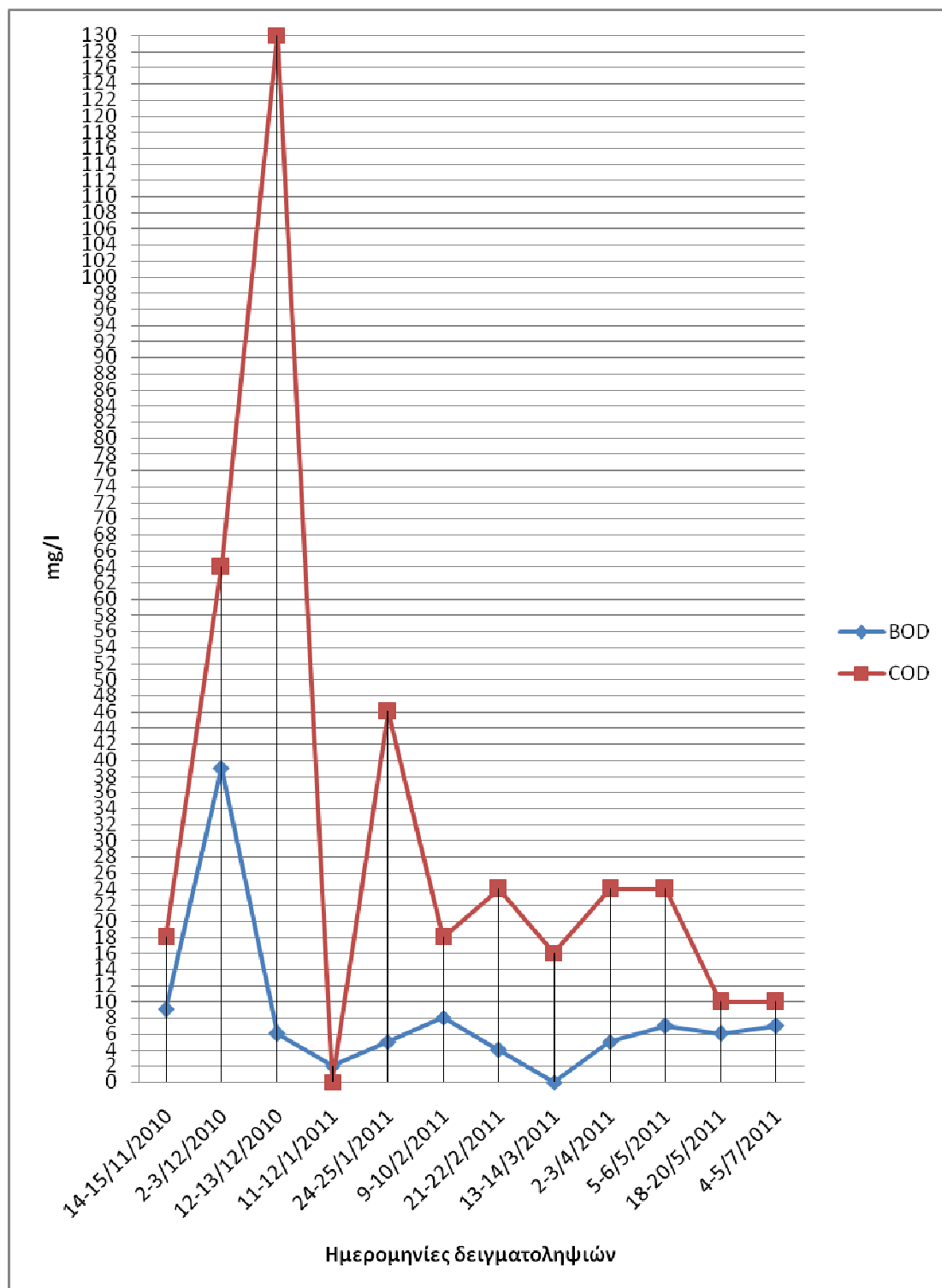
ΦΩΣΦΟΡΟΣ – ΑΖΩΤΟ



Όσον αφορά τις τιμές του φωσφόρου χαρακτηρίζονται χαμηλότερες του ορίου που συναντάται στα φυσικά νερά, όπου κυμαίνεται από 10 έως 50μg/l. Όμως παρατηρείται αυτή η αύξηση της τιμής κατά τη δεύτερη δειγματοληψία, εξαιτίας της παρουσίας του κατσίγαρου που λογικά και επηρεάζει, αλλά και γιατί όχι και από τις φωσφορικές ενώσεις των λιπασμάτων που μετέφερε ο υδάτινος αποδέκτης και συγκεντρώθηκαν στα στάσιμα νερά του σημείου δειγματοληψίας. Επίσης και η μικρή συγκέντρωση αστικών λυμάτων, μπορεί να επηρέασε τη συγκεκριμένη περίοδο.

Για τις περισσότερες τιμές του αζώτου ισχύει επίσης ότι βρίσκονται χαμηλότερα του ορίου που ορίζει η νομοθεσία που είναι από 10 έως 1000μg/l. Όμως για τις δειγματοληψίες με ημερομηνίες πραγματοποίησης 2-3/12/2010, 12-13/12/2010, 2-3/4/2011 και 4-5/7/2011 παρουσιάζεται μια απότομη αύξηση για την κάθε μια αντίστοιχα κάτι το οποίο αξίζει να σημειωθεί. Μπορεί και αυτές οι τιμές να βρίσκονται εντός του παραπάνω ορίου, όμως συμβολίζει μια μικρής σε έκταση ρύπανση μέσα σε φυσιολογικά πλαίσια. Η πιο έντονη αύξηση υφίσταται, όπως και για τον φώσφορο, αλλά και τις περισσότερες παραμέτρους κατά την δεύτερη δειγματοληψία από 2-3/12/2010 εξαιτίας του κατσίγαρου και των συστατικών που εμπεριέχονται σε αυτό.

BOD - COD

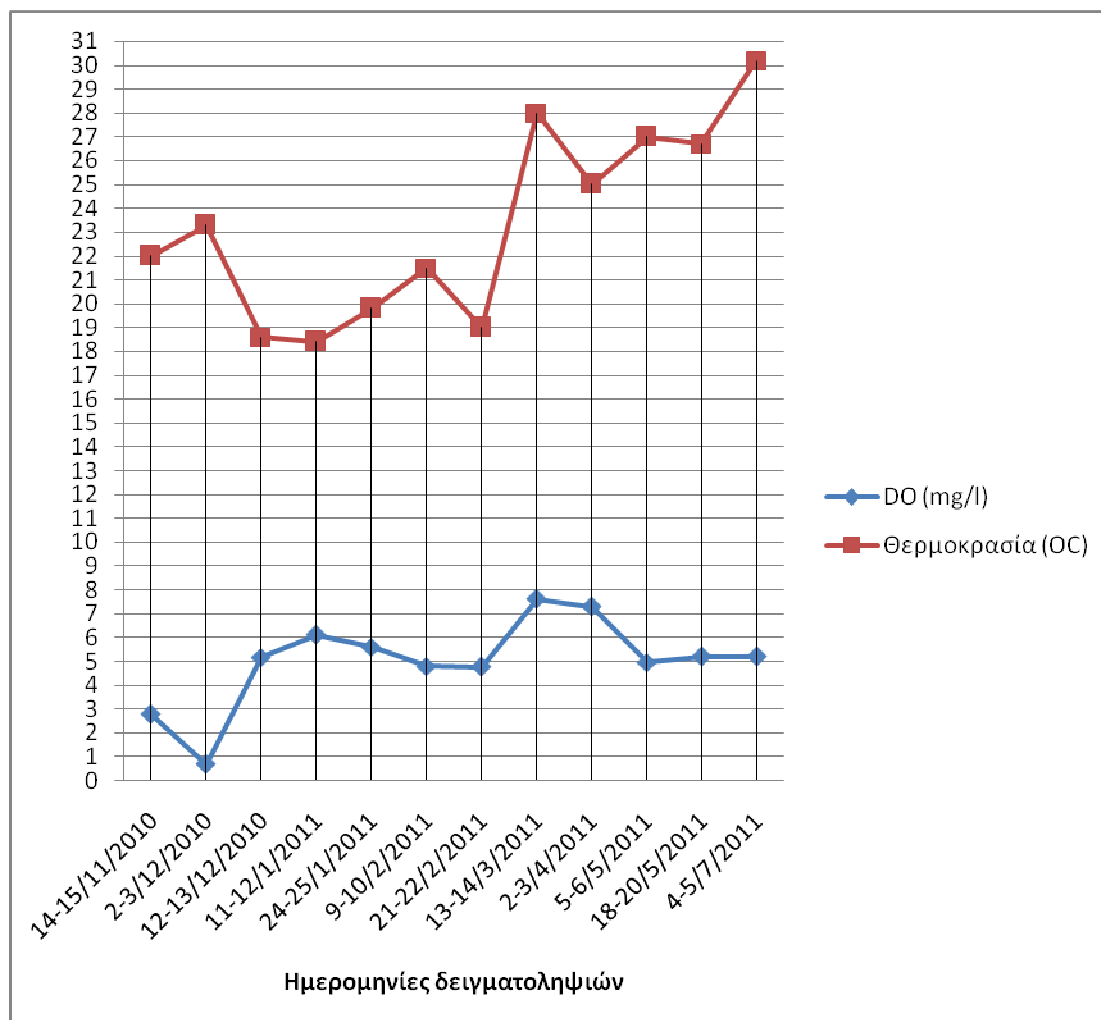


Παρατηρώντας το διάγραμμα, είναι ευδιάκριτο ότι για το BOD οι τιμές χαρακτηρίζουν το νερό ως καθαρό ή σχεδόν, καλύτερα για τις περισσότερες από

αυτές, μιας και βρίσκονται κάτω από το όριο των 7 mg/l. Όμως υπάρχουν και χρονικές περιόδους εκτέλεσης δειγματοληψιών, όπου το δείγμα κρίθηκε σχεδόν έως εξαιρετικά κακό. Συγκεκριμένα για τις δυο πρώτες δειγματοληψίες με ημερομηνίες 14-15/11/2010, 2-3/12/2010, όπου υπήρξε ρύπανση από τον κατσίγαρο, αλλά και 4-10/2/2011. Οι περιόδους αυτές δικαιολογούν τις τιμές εξαιτίας της παρουσίας των οργανικών ενώσεων που πιθανόν υπήρξαν στο νερό και οι οποίες αποικοδομήθηκαν οξειδωτικά από τους μικροοργανισμούς με την κατανάλωση του οξυγόνου.

Συγκριτικά με το BOD, το COD ενώ η γραφική παράσταση ταυτίζεται σε γενικές γραμμές με αυτή του BOD, υπάρχουν και οι εξαιρέσεις, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά για την τρίτη δειγματοληψία 12-13/12/2010. Παρατηρείται μια εξαιρετικά απότομη αύξηση της τιμής σε αντίθεση με το αντίστοιχο του BOD, κάτι που υποδηλώνει ύπαρξη τοξικού παράγοντα. Αυτή η ύπαρξη αφορά βεβαίως ρύπανση, που δημιουργείται λόγω της νέκρωσης των μικροοργανισμών, στην προσπάθειά τους να οξειδώσουν χημικά τις οργανικές και φανερώνει την ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνουν για να την πραγματοποιήσουν.

ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ DO

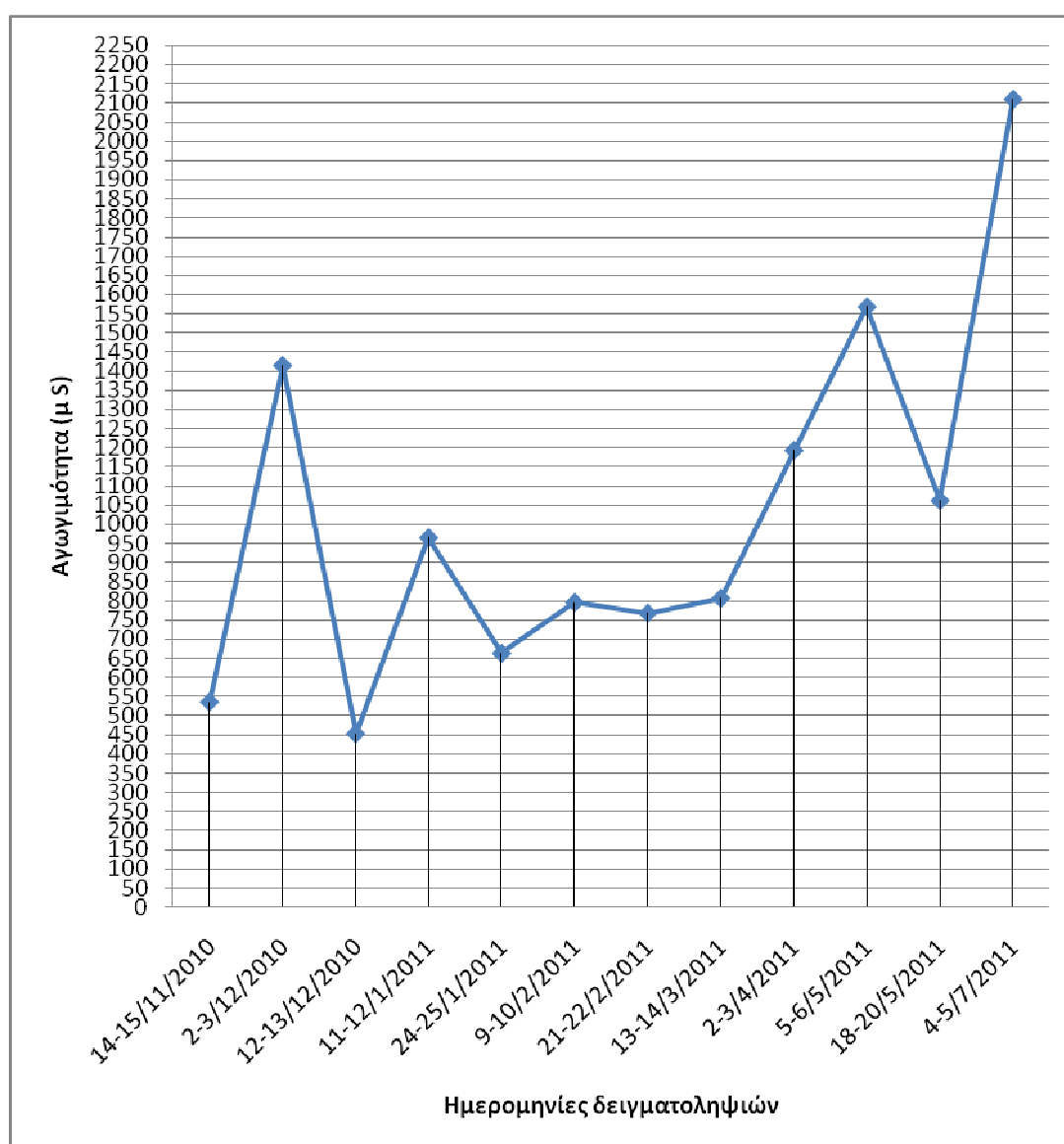


Εξαιτίας της μη άμεσης μέτρησης της παραμέτρου στον σημείο δειγματοληψίας, ίσως να υπάρχει η περίπτωση του σφάλματος στις τιμές όπως φαίνονται στο διάγραμμα. Αυτό συμβαίνει διότι έπρεπε να συγκεντρωθούν τρία δείγματα σε 24 ώρες για τη δημιουργία ενός ομογενοποιημένου, το οποίο θα μας έδινε μια μέση τιμή της ημέρας. Χωρίς να ληφθεί υπόψη η συγκεκριμένη παρένθεση, ας σχολιαστούν οι τιμές του διαγράμματος, στις συνθήκες σύμφωνα με τις οποίες πραγματοποιήθηκε η μέτρηση στο εργαστήριο.

Είναι γνωστό ότι το διαλυμένο οξυγόνο εξαρτάται με τη θερμοκρασία που επικρατεί στο δείγμα. Έτσι παρατηρώντας το διάγραμμα διακρίνεται η επιβεβαίωση του παραπάνω κανόνα. Μια πρώτη ματιά στο διάγραμμα επαληθεύει τη θεωρία

περί ρύπανσης του ποταμού, διότι οι τιμές για τις δύο πρώτες δειγματοληψίες είναι κάτω από το όριο των 5 mg/l. Ειδικά για τη δεύτερη δειγματοληψία η τιμή πλησιάζει το μηδέν. Και αυτό, όπως και στις περισσότερες παραμέτρους λόγω του κατσίγαρου και των οργανικών φορτίων που περιέχει. Επίσης η μόλυνση από άποψη μικροβιολογικών επηρεάζει, φυσικά, τις τιμές του διαλυμένο οξυγόνο.

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ

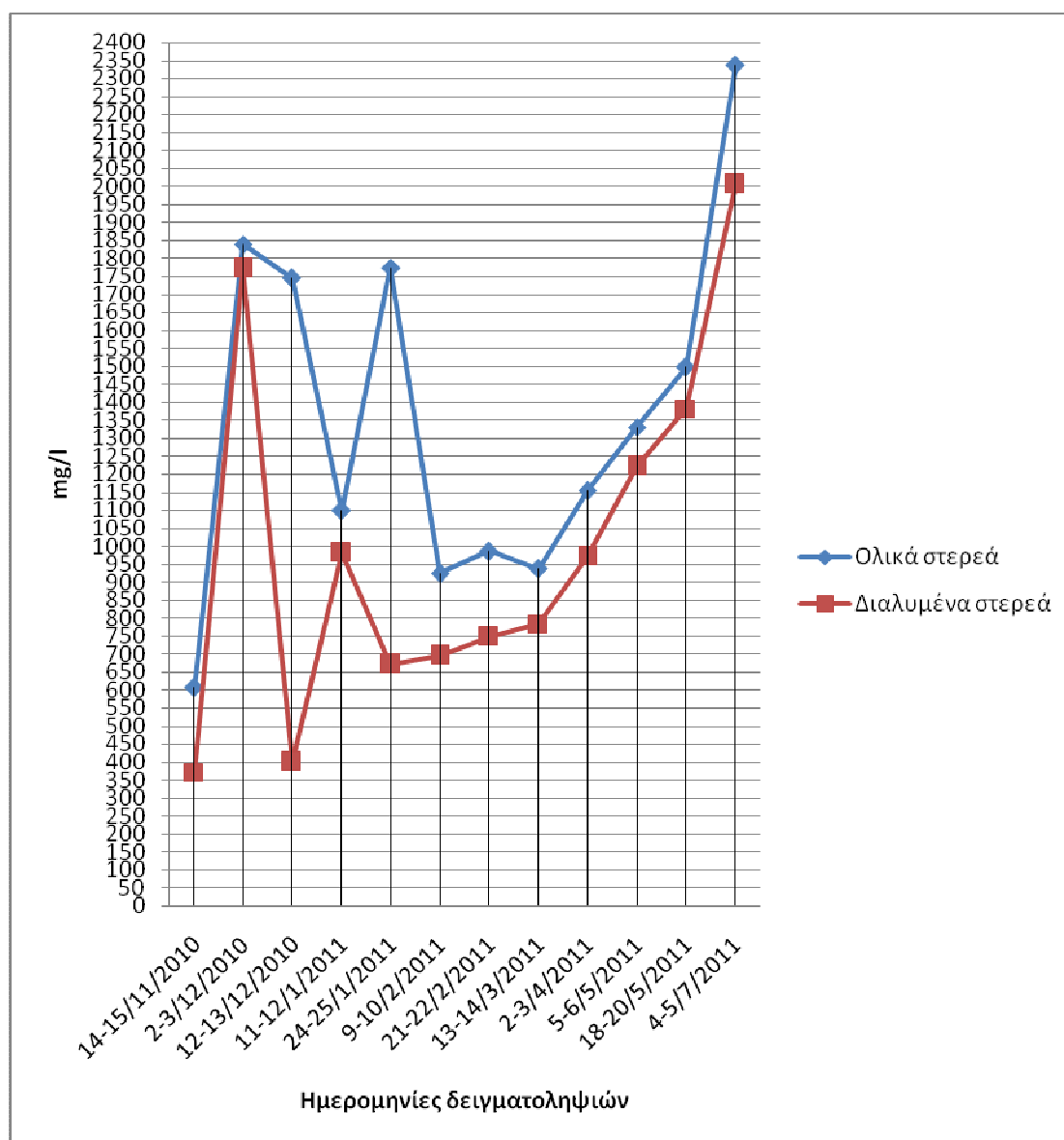


Παρατηρώντας το διάγραμμα της παραμέτρου, διακρίνεται ότι οι τιμές είναι εντός του ορίου 50-2500 μS, το οποίο χαρακτηρίζει το νερό πόσιμο. Βέβαια σε λίγες

από τις δειγματοληψίες πλησιάζει την ιδανική τιμή των 400 μS , την πλέον ικανοποιητική για νερό κατάλληλο προς πόση.

Είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία ότι η τιμή της αγωγιμότητας επηρεάζεται και δηλώνει την παρουσία των ιοντικών ενώσεων και αλάτων στο προς εξέταση δείγμα. Για αυτό και κρίνεται σκόπιμη η τοποθέτηση του διαγράμματος της συγκεκριμένης παραμέτρου ακριβώς πριν από αυτές των στερεών, συγκεκριμένα των διαλυμένων, για τη δυνατότητα σύγκρισης, και όχι στην αρχή με αυτές της θερμοκρασίας και του pH.

ΟΛΙΚΑ-ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ

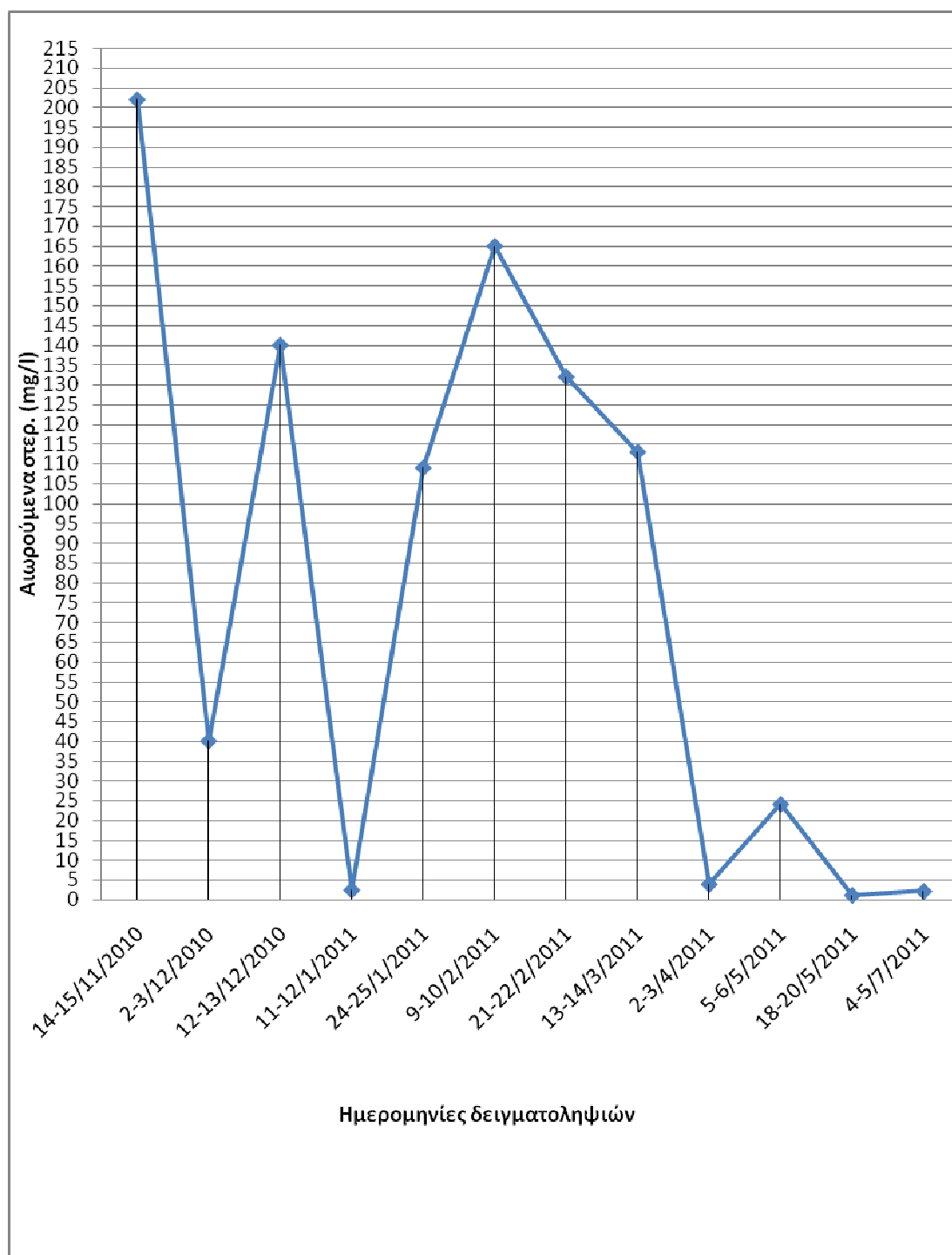


Όπως έγινε αναφορά παραπάνω, η παρουσία διαλυμένων ενώσεων στο νερό, μπορεί να επηρεάσει και την αγωγιμότητα. Στο διάγραμμα παρατηρείται ότι υπάρχει μια ρύπανση για τις περιόδους δειγματοληψίας 2-3/12/2011 και 4-5/7/2012 και αυτό διότι οι τιμές υπερβαίνουν το όριο των 1500 mg/l για χαρακτηρισμό του νερού ως πόσιμο.

Βέβαια η αναλογία της αγωγιμότητας με τα διαλυμένα δεν υφίσταται γιατί διαιρώντας τις τιμές διαλυμένων με την αγωγιμότητα, δεν προκύπτει ο συντελεστής $k = 0,64$, πράγμα που δηλώνει και την ρύπανση, αφού τα αποτελέσματα για τις περισσότερες των δειγμάτων είναι μεγαλύτερες.

Από την άλλη οι τιμές των ολικών στερεών, σε συνθήκες και σφάλματος, μπορεί και κατά την διαδικασία των αναλύσεων, πλησιάζει εξαιρετικά το άθροισμα των διαλυμένων, αιωρούμενων και καθιζάνοντων στερεών.

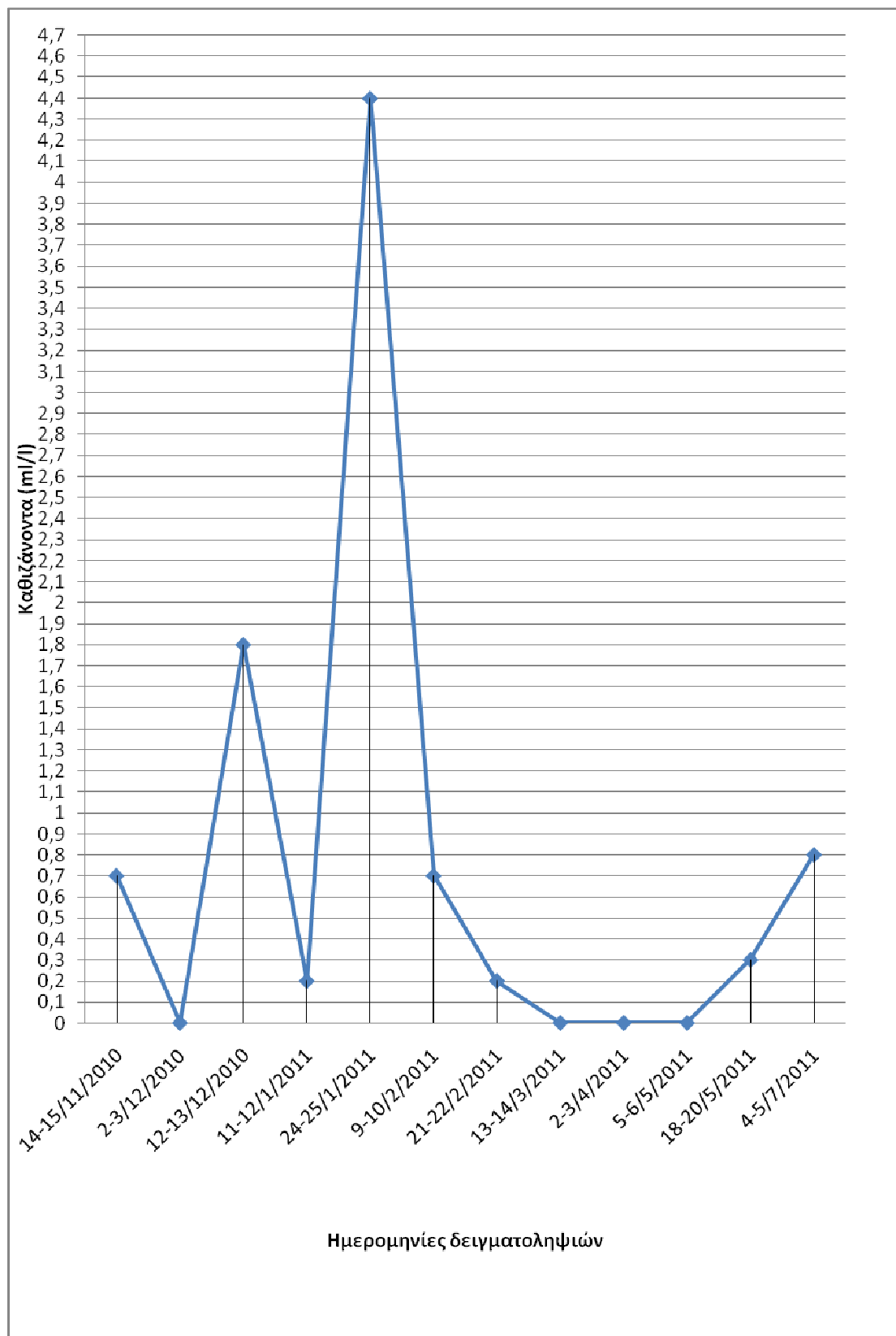
ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ



Όπως φαίνεται στο διάγραμμα για τις περιόδους δειγματοληψίας 14-15/11/2010, 12-13/12/2010 και από 24-25/1/2011 μέχρι 14-15-3/2011 οι τιμές υπερβαίνουν το όριο των 40 mg/l. Αυτό συμβαίνει όπως αναφέρθηκε στη θεωρία λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων που έλαβαν χώρα εκείνες τις περιόδους και

πιθανόν επηρέασαν δυσμενώς την ανάπτυξη των υδρόβιων μικροοργανισμών και είχαν πρόσθερα προστασία στους παθογόνους μικροοργανισμούς έναντι των διαδικασιών καταστροφής τους. Επιπλέον, τα αιωρούμενα στερεά επηρέασαν τη μεταφορά συστατικών, όπως το οξυγόνο, μεταξύ ατμόσφαιρας και νερού.

ΚΑΘΙΖΑΝΟΝΤΑ ΣΤΕΡΕΑ



Τα καθιζάνοντα δεν αποτελούν παράγοντα που να επηρεάζει χημικά σε μεγάλο βαθμό τη ρύπανση που μπορεί να παρουσιάζει ένας υδάτινος αποδέκτης, όμως μπορεί να προκαλούν σημαντικές επιπτώσεις σε βιολογικό επίπεδο, όπως αυτές αναφέρθηκαν στο θεωρητικό μέρος της εργασίας.

Οι τιμές του διαγράμματος και συνάμα η διακύμανσή τους εξαρτάται ρητά από τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούσαν για τις περιόδους των δειγματοληψιών, λόγω των βροχοπτώσεων, αλλά και της ποσότητας στερεών τα οποία μεταφέρθηκαν με τη ροή του ποταμού. Για τις δειγματοληψίες, 1^η, 3^η, 5^η, 6^η και 12^η υπάρχει υπέρβαση του ορίου των 0,5 ml/l.

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΑ

Τέλος για τα μικροβιολογικά παρατηρώντας τις έξι τελευταίες δειγματοληψίες από τον πίνακα 2 των αποτελεσμάτων, διακρίνεται ότι και στις έξι υπάρχει μόλυνση ολικών κολοβακτηριδίων, το μέγεθος της οποίας είναι δύσκολο να διευκρινιστεί εάν δεν έχει ακολουθηθεί περαιτέρω εργαστηριακή μέθοδος. Η μόλυνση αυτή προέρχεται καθαρά από την παρουσία λυμάτων, αστικών ή ακόμα και ζωικών. Από τα αποτελέσματα αυτά γίνεται κατανοητό πως σε μεγάλο βαθμό, ο χαρακτηρισμός θετικό υφίσταται και για τις προηγούμενες δειγματοληψίες που προηγήθηκαν των έξι αναφερόμενων. Η μη παρουσία δικτύου αποχέτευσης, αλλά και η παράνομη ρήψη ακαθάρτων από βυτία περισυλλογής συνδράμουν στη μόλυνση αυτή.

Καταγραφή των πηγών ρύπανσης του Γιόφυρου

Η απογραφή αποτελεί το πιο σημαντικό σημείο της διερεύνησης για την κατάσταση και ομολογουμένως για πιθανή ρύπανση των υδάτων του ποταμού. Στην περίπτωση του Γιόφυρου, η παρουσία και η διοχέτευση αποβλήτων στην κοίτη του,

επηρεάζουν τις παραμέτρους και συνάμα προκαλούν και άλλες επιπτώσεις όπως τοξικότητα αλλά και ρύπανση των υπογείων υδάτων, του οικοσυστήματος κ.λπ.

Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης του ποταμού είναι:

1.Ελαιουργεία

Σύσταση και χαρακτηριστικά των αποβλήτων των ελαιουργείων:

Ο κασίγαρος αποτελεί το υδατικό κλάσμα που απομακρύνεται κατά την έκθλιψη της ελιάς για τον διαχωρισμό του ελαιολάδου και αποτελεί τον κύριο όγκο των υγρών αποβλήτων των ελαιουργείων. Στην περιοχή της λεκάνης του Γιόφυρου υπάρχουν τα περί των 25 περίπου μονάδων επεξεργασίας της ελιάς.

Το υδατικό υπόλειμμα χαρακτηρίζεται για το σκούρο χρώμα του αλλά και την ιδιαίτερη οσμή του. Από χημικής άποψης αποτελεί γαλάκτωμα σχετικά σταθερό, και συνδυάζεται από κολλοειδή υλικά, πηκτίνες, ταννίνες, οργανικά οξέα, σάκχαρα, ενόργανα άλατα καθώς και υπολείμματα μαλακών φυτικών ιστών από την ελαιόμαζα.

Σύσταση:

Η σύσταση του κασίγαρου εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από διάφορους παράγοντες που επιδρούν στην φυσιολογία θρέψεως και ωριμάνσεως του ελαιοκάρπου όπως οι κλιματολογικές συνθήκες, καλλιεργητικές συνθήκες, ασθένειες και στάδια ωριμάνσεως.

Τα φυτικά υγρά του ελαιοκάρπου πριν αραιωθούν με το νερό που προστίθεται κατά την παραλαβή του λαδιού, έχουν την παρακάτω σύσταση:

- 1. Νερό σε ποσοστό 83,2%**
- 2. Οργανικά υλικά σε ποσοστό 15%**
- 3. Και ανόργανα άλατα 1,8%**

Η οργανική ουσία αποτελείται από:

- 1. Σάκχαρα κατά 2 με 8%**
- 2. Αζωτούχες ενώσεις σε ποσοστό 1,2 με 2,4%**
- 3. οργανικά οξέα κατά 0,5 με 1,5%**

και επίσης από πηκτίνες, ταννίνες, κολλοειδή, λιπαρές ουσίες, διάφορα γλυκοζίδια και ελαιοκυανίνη.

Στο κλάσμα των ανόργανων αλάτων υπάρχουν κυρίως ουσίες όπως:

Καλιούχα άλατα, φωσφορικά άλατα και σε μικρότερο ποσοστό άλατα μαγνησίου, νατρίου, χλωριούχα και θειικά καθώς και ίχνη χαλκού, μαγγανίου, και άλλων μετάλλων.

Τα κυριότερα σάκχαρα είναι:

Γλυκόζη, φρουκτόζη, μανόζη, γαλακτόζη, γλυκερίνη και μανιλόζη.

Τα οργανικά οξέα αποτελούν το πιο σημαντικό, από πλευράς τοξικότητας, κλάσμα του κασίγαρου. Τα κυριότερα είναι:

Οξικό, οξαλικό, φουμαρικό, γαλακτικό, τρυγικό, και κιτρικό οξύ.

Επίσης κάτω από ορισμένες συνθήκες, είναι δυνατόν να σχηματισθούν και **βουτιρικό, προπιονικό και ηλεκτρικό οξύ.**

Η περιεκτικότητα του κασίγαρου σε άζωτο είναι σχετικά χαμηλή.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το ρυπαντικό φορτίο των αποβλήτων των ελαιουργείων οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητά τους σε οργανικά υλικά. Οι τιμές του COD και BOD που αναφέρονται ποικίλουν.

Παράμετρος	Είδος ελαιουργείου	
	<i>Κλασσικό</i>	<i>Φυγοκεντρικό</i>
<i>PH</i>	4,5-5	5,2
<i>BOD (mg/l)</i>	22000-62000	13000-14000
<i>COD (mg/l)</i>	60000-160000	40000-80000

Οι χαμηλές τιμές του BOD και COD που παρατηρούνται στον πίνακα για το φυγοκεντρικό ελαιουργείο δικαιολογούν το ότι είναι χαμηλές, εξαιτίας της αραίωσης που υφίσταται τα απόβλητα, λόγω παρουσίας νερού κατά την επεξεργασία.

Ο κασίγαρος εκτός από τα προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος που προξενεί, παρουσιάζει και εξαιρετικά ισχυρές φυτοτοξικές ιδιότητες, που οφείλονται στα πτητικά λιπαρά οξέα και τις φαινολικές ενώσεις που εμπεριέχονται σε αυτές. Σε αυτές αποδίδεται και η τοξικότητά του έναντι της υδρόβιας πανίδας. Το να απορρίπτεται ο κασίγαρος σε εκτάσεις όπου συναντώνται καλλιέργειες μπορεί

να προκαλέσει σε μεγάλο βαθμό ζημιές σε φυτά, των οποίων το ριζικό σύστημα στην επιφάνεια του εδάφους.

Σημαντική παρατήρηση αποτελεί η μη καταγραφή στοιχείων της φυτοτοξικότητας του κασιόγαρου με ακρίβεια, αλλά και πως αντιδρούν στην φυτοτοξικότητα τα διάφορα είδη εδαφών και αυτά την αποικοδομούν.

2.Βυρσοδεψία

3.Σταφυδεργασία

4.Οινοποιεία

5.Παράνομη ρήψη λυμάτων από βυτία συγκομιδής και οικίες μη συνδεδεμένες με το δίκτυο αποχέτευσης

Επίσης σε μεγάλο βαθμό την ρύπανση των υδάτων του Γιόφυρου, αλλά και άλλων πηγών νερού στην Περιφέρεια Κρήτης προκαλούν:

6.Κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις

Οι γεωργικές και ιδιαίτερα οι κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις και βιομηχανίες έχουν τεράστια επίδραση στην υδάτινη ρύπανση για δυο βασικούς λόγους:

1. Το ρυπαντικό τους φορτίο είναι πολλαπλάσια ισχυρότερο από αυτό των οικιακών αποβλήτων. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι τα υγρά απόβλητα των χοιροστασιών είναι 100 φορές μεγαλύτερου ρυπαντικού φορτίου (30000-50000 mg/l BOD) από εκείνο των αστικών λυμάτων (300-500 mg/l BOD). Έτσι, τα απόβλητα ενός χοιροστασίου 1000 κεφαλών εξισώνονται με τα απόβλητα μιας κωμόπολης 2000 περίπου κατοίκων.
2. Οι κτηνοτροφικές μονάδες γίνονται συνεχώς μεγαλύτερης δυναμικότητας και εντατικότερης μορφής. Η διαχείριση των αποβλήτων των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, τουλάχιστο για τις κρητικές συνθήκες, παραμένει όνειρο. Έτσι, τα απόβλητά τους στο σύνολο τους σχεδόν αποβάλλονται στο έδαφος χωρίς κανένα έλεγχο ή επεξεργασία.

Το ισχυρότερο ρυπαντικό φορτίο των κτηνοτροφικών αποβλήτων δείχνει το μέγεθος και τη σπουδαιότητα της επεξεργασίας και της επιβαλλόμενης γενικά διαχείρισής τους. Η διοχέτευση τους όπως είναι σε ένα φυσικό αποδέκτη προκαλεί τεράστιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, που πολλές φορές φθάνουν μέχρι την τελική καταστροφή των υδάτινων πόρων. Η πιο σωστή ίσως μέθοδος επεξεργασίας

τέτοιων αποβλήτων είναι η εφαρμογή τους στο έδαφος. Όμως θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη η διαθέσιμη έκταση και η θέση της, καθώς και η διασφάλιση της καθημερινής διάθεσης των αποβλήτων.

Κατά την εγκατάσταση κτηνοτροφικών μονάδων πρέπει να εξετάζεται με ιδιαίτερα η διαθέσιμη έκταση και ο τύπος του εδάφους. Σε εδάφη πορώδη, τα υγρά διαπερνούν και ρυπαίνουν τους υπόγειους υδάτινους σχηματισμούς. Σε εδάφη αργιλώδη με πολύ χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, η επιφανειακή απορροή δημιουργεί κίνδυνο ρύπανσης των επιφανειακών νερών.

Σε περιπτώσεις κινδύνων ρύπανσης, η ενδεδειγμένη εναλλακτική λύση είναι η συγκέντρωση των αποβλήτων σε στερεά ή υγρή μορφή και η διάθεσή τους όταν δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις. Στην πράξη, η αποθήκευση των κτηνοτροφικών αποβλήτων σε στερεά μορφή περιορίζεται σε περιοχές που καλλιεργούνται σιτηρά, για να εξασφαλίζεται άφθονο και φθινό άχυρο. Η μέθοδος αυτή έχει πρακτική σημασία για μονάδες μικρού και μέσου μεγέθους. Η συγκέντρωση και διατήρηση αποβλήτων σε υγρή κατάσταση αναφέρεται κυρίως στην επεξεργασία τους με αναερόβιες ή αερόβιες τεχνητές λίμνες.

7.Λίπανση

Παρά την κριτική συμβολή των λιπασμάτων στη γεωργική παραγωγή, συχνά αποτελούν το στόχο επικρίσεων γιατί συμμετέχουν σημαντικά στη χημική ρύπανση των υδατικών πηγών. Οι κυριότερες δυσμενείς επιπτώσεις των λιπασμάτων στις πηγές νερού είναι:

- Με τα φυτικά υπολείμματα, που μένουν στο έδαφος ή μεταφέρονται με το επιφανειακό νερό ή ακόμη και με τον αέρα.
- Με την μετακίνηση του νερού στο έδαφος
- Με την υδρόβια βλάστηση, που αναπτύσσεται σε πηγές νερού πλούσιες σε λιπαντικά στοιχεία. Έτσι προκαλείται το φαινόμενο του ευτροφισμού των φυτών.

Η υδρόβια βλάστηση σε πηγές νερού αφαιρεί το απαραίτητο διαλυτό οξυγόνο, δημιουργεί ενοχλητικές οσμές και σε προχωρημένα στάδια εξαφανίζει την υδρόβια ζωή (ψάρια κ.ά.) και καθιστά το νερό ακατάλληλο για τους ανθρώπους και

τα ζώα. Εκτός από αυτό, όταν ο ανθρώπινος οργανισμός προσλάβει σημαντικές ποσότητες νιτρικών ιόντων, προσβάλλεται από την ασθένεια, που είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για τα βρέφη και ονομάζεται κυάνωση των βρεφών.

8.Φυτοφάρμακα

Όπως για τα λιπάσματα έτσι και για τα φυτοφάρμακα, κανένας δεν μπορεί να αμφισβητήσει την τεράστια συμβολή τους στη ποσοτική και ποιοτική βελτίωση της γεωργικής παραγωγής. Αναφέρεται ενδεικτικά ότι στις ΗΠΑ ακόμη και σήμερα χάνεται το 1/3 περίπου της γεωργικής παραγωγής από προσβολές εντόμων, βακτηρίων, μυκήτων, ιών κ.λπ. παρόλα αυτά, οι περιβαλλοντικές επιδράσεις των φυτοφαρμάκων είναι τεράστιες και εκδηλώνονται κυρίως με ζημιές στη φυτική βλάστηση, δυσμενείς επιδράσεις (δηλητηριάσεις κ.λπ.) στον άνθρωπο, προσθήκη στο έδαφος ουσιών που αποσυντίθενται δύσκολα και μεταφέρονται σε επιφανειακά και υπόγεια νερά και ακόμη ζημιές σε ωφέλιμους μικροοργανισμούς.

Στην Κρήτη καταναλώνονται κάθε χρόνο περισσότεροι από 1000 τόνοι φυτοφαρμάκων. Στις ΗΠΑ η κατανάλωση των φυτοφαρμάκων είναι τρεις φορές μεγαλύτερη από αυτή που θα έπρεπε να είναι, με πληρέστερη γνώση της βιολογίας των παθογόνων. Στην Κρήτη, με την έλλειψη ενημέρωσης, πληροφόρησης και εμπειρίας, η υπερχρησιμοποίηση των φυτοφαρμάκων είναι εντονότερη, αφού είναι γνωστές περιπτώσεις που η κατανάλωση φυτοφαρμάκων ξεπερνά τα 15 kg/στρέμμα-χρόνο. Επίσης, ο εθισμός των παθογόνων σε ορισμένα φυτοφάρμακα δημιουργεί την αναγκαιότητα εφαρμογής μεγαλύτερων δόσεων. Πολλές φορές, προβλήματα μπορεί να προκαλέσει ο τρόπος και ο χρόνος εφαρμογής των φυτοφαρμάκων και των λιπασμάτων. Η διάδοση της βιολογικής μεθόδου καταπολέμησης παθογόνων ίσως προσφέρει λύσεις στα παραπάνω προβλήματα.

Προτάσεις για την επίλυση των προβλημάτων

Η ρύπανση του Γιόφυρου, αν και σε μικρή κλίμακα υφίσταται, σύμφωνα με τις παραμέτρους που εξετάστηκαν. Πηγές της ρύπανσης αυτής είναι οι αναφερόμενες στην προηγούμενη ενότητα, με πιο σημαντική να χαρακτηρίζεται η προερχόμενη από τα απόβλητα των ελαιουργείων, που λόγω των συστατικών που εμπεριέχουν, προκαλούν και την υποβάθμιση τόσο τη φυσική, βιολογική, αλλά και αισθητική, κάτι που το φανερώνει τόσο το χρώμα όσο και η οσμή. Εξαιτίας του ότι η διάθεση των ελαιουργικών αποβλήτων συμπίπτει τους χειμερινούς μήνες και σε υγρές περιόδους, μπορεί να αμβλύνει το πρόβλημα. Για αυτό και θα πρέπει να υπάρξει ένας πιο εκτενής έλεγχος της δραστηριότητας των μονάδων αυτών αλλά και μια πιο ορθή μεθοδολογία που πρέπει να ακολουθήσουν για την περαιτέρω επεξεργασία των ακαθάρτων.

Μπορεί λόγω του πλήθους των προς εξέταση παραμέτρων να δίνουν τη δυνατότητα επιβεβαίωσης της ύπαρξης του βαθμού της ρύπανσης που δέχεται ο ποταμός, όμως εάν υπήρχαν και περισσότερα του ενός σημεία δειγματοληψίας κατά την ροή, να υπήρχε και μια πιο σαφής εικόνα του τμήματος όπου ρυπαίνεται σε μεγαλύτερη κλίμακα, ανάλογα με τις μονάδες της ανθρώπινης δραστηριότητας που υπάρχουν στην περιοχή, όπως στην περίπτωση των ελαιουργείων.

Η μικροβιολογική μόλυνση όπως αναλύθηκε και παραπάνω είτε λόγω της παράνομης ρήψης λυμάτων από βυτία άντλησης, είτε από οικίες που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο αποχέτευσης ή ανήκουν σε οικισμούς με έλλειψη μικρών μονάδων επεξεργασίας λυμάτων. Η παρουσία της μόλυνσης έχει διαπιστωθεί όμως μόνο ποιοτικά και καλό θα ήταν να υπάρξει στο μέλλον η δυνατότητα και μιας πιο ποσοτικής μεθόδου, όπου θα μπορεί να εξακριβωθεί το πόσο μολυσμένος είναι ο ποταμός με την ανάλυση και μελέτη του πλήθους των αποικιών των μικροοργανισμών που τη προκαλούν.

Για την αποφυγή ή μείωση της ρυπαντικής επίδρασης των χημικών λιπασμάτων επιβάλλεται η άμεση λήψη μέτρων που να αφορούν:

- Σωστή χρήση, ποιοτικά και ποσοτικά, των χημικών λιπασμάτων.

- Αποφυγή ή περιορισμό της χρήσης φωσφορικών λιπασμάτων, αφού η περιεκτικότητα σε φώσφορο του εδάφους κρίνεται ικανοποιητική.
- Αποφυγή των υπερλιπάνσεων με άζωτο το φθινόπωρο και νωρίς το χειμώνα, γιατί οι ευδιάλυτες σε νερό μορφές του αζώτου μετακινούνται σε βάθος μεγαλύτερο από την ενεργή ριζόσφαιρα των δένδρων και μάλιστα σε περίοδο, που η βλάστηση είναι μειωμένη.
- Χορήγηση των αζωτούχων λιπάνσεων σε πολλές μικρές δόσεις στα αμμώδη εδάφη.
- Καταστροφή ή κατάλληλη διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων.
- Σωστή εκπαίδευση και ενημέρωση των ενδιαφερόμενων ατόμων στα θέματα της λίπανσης.

Για την αποφυγή ή μείωση της ρυπαντικής επίδρασης των φυτοφαρμάκων επιβάλλεται η λήψη μέτρων, που να αφορούν την:

- Πιστή εφαρμογή των οδηγιών των κατασκευαστών και των γεωτεχνικών για σωστή χρήση των φυτοφαρμάκων.
- Αποφυγή των άσκοπων, άκαιρων και υπερβολικών δόσεων επεμβάσεων.
- Χρησιμοποίηση εκλεκτικών παρασιτοκτόνων.
- Καταστροφή των άδειων μέσων συσκευασίας.
- Σωστή εκπαίδευση και ενημέρωση όλων των ενδιαφερόμενων ατόμων και φορέων για τις δυσμενείς επιδράσεις των φυτοφαρμάκων.
- Καταστροφή ή κατάλληλη διαχείριση των φυτικών υπολειμμάτων.
- Μελέτη και διερεύνηση κατά προτεραιότητα των παραπάνω προβλημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Χημική Τεχνολογία ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ Δρ. Κώστας
Σαββάκης-Καθηγητής ΤΕΙ Κρήτης

Υδατικό περιβάλλον και ανάπτυξη-Διαφάνειες Δρ. Δ.Μαμαής-Ε.Μ.Π.

Οκτωβρίου 2000 Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

Μελέτη ποιότητας νερών για τις λίμνες Ζάζαρη-Χειμαδίτιδα-Πετρών Ασημάκης Φώτης,
Μάνος Αλέξανδρος, Τσένκο Περίντα

Υγρά απόβλητα Μαρία Λοιζίδου-Ε.Μ.Π.

Εφημερίς της Κυβερνήσεως – Αρ. φύλλου 892- 11 Ιουλίου 2001

Κεφ. 9 Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού Ευθύμιος Νταρακάς-Επ.Καθηγητής-
Α.Π.Θ.

**ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΑΛΑΜΑ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΕΩΝ ΥΠΕΧΩΔΕ ΤΕΧΝΙΚΗ
ΕΚΘΕΣΗ**

**ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ ΔΕΛΤΑ ΑΧΕΛΩΟΥ –ΣΤΡΟΦΥΛΙΑΣ - ΒΑΣΙΛΙΚΗΣ –
ΚΡΥΟΝΕΡΙΟΥ (Δ. ΕΛΛΑΔΑ).ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΚΑΙ ΧΛΩΡΙΔΑΣ
–ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΒΙΤΣΟΥ - ΛΑΜΠΡΑΚΗ ΑΓΓΕΛΙΚΗ**

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΠΟΤΑΜΙΑ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ
ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Παρακολούθηση των παραμέτρων ρύπανσης του ποταμού Γιόφυρου Χριστίνα Ρέντη

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

<https://penteli.meteo.gr/stations/heraclion>.

Φωτογραφίες ποταμού από GOOGLE EARTH