



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"
2η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ
ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

"Αξιολόγηση της χημικής και οικολογικής
κατάστασης των
εσωτερικών επιφανειακών υδάτινων σωμάτων
της Ελλάδας με βάση τις διαθέσιμες
μετρήσεις μετάλλων"

Διπλωματική Εργασία

Αντωνόπουλος Αντώνιος
Βιολόγος

Επιβλέπων Καθηγητής: Μαμάης Δάνος

Τριμελής εξεταστική επιτροπή
Μαμάης Δανιήλ
Χατζημπίρος Κίμων
Ανδρεαδάκης Ανδρέας

Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη

Ιωάννινα, 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
(Δ.Π.Μ.Σ.) "ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ"
2η ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ

«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ
ΟΡΕΙΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

"Αξιολόγηση της χημικής και οικολογικής
κατάστασης των
εσωτερικών επιφανειακών υδάτινων σωμάτων
της Ελλάδας με βάση τις διαθέσιμες
μετρήσεις μετάλλων"

Διπλωματική Εργασία

Αντωνόπουλος Αντώνιος
Βιολόγος

Επιβλέπων Καθηγητής: Μαμάης Δάνος

Τριμελής εξεταστική επιτροπή
Μαμάης Δανιήλ
Χατζημπίρος Κίμων
Ανδρεαδάκης Ανδρέας

Περιβάλλον
και
Ανάπτυξη

Ιωάννινα, 2011

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ	8
1.1. ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΖΩΗΣ.....	8
1.2 Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	9
1.3. ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ.....	9
1.3.1. Διαφάνεια	9
1.3.2. Χρώμα – Χροιά	10
1.3.3. Αιωρούμενα Στερεά.....	11
1.4. ΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ.....	12
1.4.1. Οξυγόνο.....	12
1.4.2. Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)	13
1.4.3. Συγκέντρωση Ιόντων Υδρογόνου (pH).....	13
1.4.4. Σκληρότητα	14
1.4.5. Ιχνοστοιχεία Μετάλλων	14
1.5. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΜΝΩΝ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ	17
2.1. ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ	17
2.2. ΒΙΟΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ/ ΒΙΟΜΕΓΕΘΥΝΣΗ.....	19
2.3. ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ.....	20
2.3.1. Τοξική Δράση των Βαρέων Μετάλλων	22
2.3.2. Κάδμιο (Cd)	23

2.3.3. Μόλυβδος (Pb).....	25
2.3.4. Υδράργυρος (Hg).....	26
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ 2000/60ΕΕ	28
3.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ.....	28
3.2. Η ΕΥΡΩΠΑΙΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ 2000/60.....	30
3.2.1. Παρουσίαση και Ανάλυση της πορείας της Οδηγίας 2000/60ΕΕ.....	30
3.2.2. Η εφαρμογή της 2000/60 στην Ελλάδα	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ	
ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ	41
4.1. ΟΥΣΙΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ	43
4.1.1. Κάδμιο (Cd)	44
4.1.2. Μόλυβδος (Pb).....	48
4.1.3. Νικέλιο (Ni)	50
4.1.4. Υδράργυρος (Hg).....	51
4.2. ΕΙΔΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ	55
4.2.1. Αρσενικό (As)	55
4.2.2. Κοβάλτιο (Co).....	56
4.2.3. Χαλκός (Cu).....	57
4.2.4. Χρώμιο (Cr)	58
4.2.5. Ψευδάργυρος (Zn).....	60
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΑ ΥΔΑΤΙΚΟ	
ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ	71

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: (α) Δίσκος του Secchi

(β) Χρήση του Δίσκου Secchi για μέτρηση διαφάνειας στο πεδίο **10**

Εικόνα 2: (α) Λίμνη Zaka στην Καλιφόρνια – clear state

(β) Λίμνη Zaka στην Καλιφόρνια με άνθηση κυανοβακτηρίων που προσδίδουν χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα

(γ) Κόκκινος χρωματισμός στη Φλόριντα από άνθηση φυτοπλαγκτού

(δ) Κόκκινος χρωματισμός από άνθηση του *Noctiluca scintilans* **11**

Εικόνα 3: (α) Τα αποτελέσματα της τοξικής δράσης του Καδμίου στον ανθρώπινο σκελετό. Η ασθένεια Itai-Itai.

(β) Δηλητηρίαση από Υδράργυρο. Η περίπτωση της Minamata. **24**

Εικόνα 4: Εκτίμηση της κατάστασης **(α)** των επιφανειακών και **(β)** υπόγειων υδάτων

των Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης **37**

Εικόνα 5: Τα Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας **40**

Εικόνα 6: Εκτίμηση της κατάστασης των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας, τη διετία

2007-2008 **62**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Η κατανομή του νερού στη φύση	8
Πίνακας 2: Το χρονοδιάγραμμα της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60ΕΕ	34
Πίνακας 3: Τα Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας	39
Πίνακας 4: Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) Ουσιών Προτεραιότητας για την ταξινόμηση της χημικής κατάστασης συστημάτων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.....	42
Πίνακας 5: Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) Ειδικών Ρύπων για τον προσδιορισμό της οικολογικής κατάστασης συστημάτων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.....	42
Πίνακας 6: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Καδμίου άνω των 0,25μg/L	44
Πίνακας 7: Περιπτώσεις Μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Καδμίου άνω των 1,5μg/L	45
Πίνακας 8: Υδάτινα σώματα «σε κίνδυνο» αναφορικά με το Κάδμιο (Cd).....	47
Πίνακας 9: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Μολύβδου άνω των 7,2μg/L	48
Πίνακας 10: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Νικελίου άνω των 20μg/L	50
Πίνακας 11: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Υδραργύρου άνω των 0,05μg/L.....	51
Πίνακας 12: Περιπτώσεις Μέγιστης Επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Υδραργύρου άνω των 0,07μg/L	53
Πίνακας 13: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Αρσενικού άνω των 30μg/L	55
Πίνακας 14: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Κοβαλτίου άνω των 20μg/L	56
Πίνακας 15: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Χαλκού άνω των 26μg/L	57
Πίνακας 16: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Χρωμίου άνω των 3μg/L	58

Πίνακας 17: Υδάτινα σώματα «σε κίνδυνο» αναφορικά με το Χρώμιο (Cr).....	59
Πίνακας 18: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Ψευδαργύρου άνω των 125μg/L.....	60
Πίνακας 19: Υδάτινα Σώματα «σε κίνδυνο» ανά εξεταζόμενο ρύπο.....	61

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα Διπλωματική Εργασία, επιχειρήσαμε να εκτιμήσουμε τη χημική και οικολογική κατάσταση των εσωτερικών υδάτων της χώρας, με βάση στοιχεία για τις συγκεντρώσεις τους σε Βαρέα Μέταλλα, από δείγματα που συλλέχθηκαν τη διετία 2007-2008. Οι συγκεντρώσεις αυτές συγκρίθηκαν με τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος για τα Βαρέα Μέταλλα και εντοπίστηκαν οι υπερβάσεις. Η Οδηγία 2000/60 αποτελεί προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για συντονισμένη και ολιστική περιβαλλοντική πολιτική μεταξύ των Κρατών-Μελών της, ώστε να επιτευχθεί καλή οικολογική κατάσταση των υδατικών πόρων. Από την ανάλυση των δεδομένων μας, φαίνεται πως υπάρχει βελτίωση της ποιότητας των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας αν και επισημαίνονται ελλείψεις στο σύστημα παρακολούθησής τους.

ABSTRACT

In the present study, our aim was to estimate the status of the inland water bodies of Greece, based on data collected during the years 2007-2008, concerning Heavy Metals concentrations and using the Water Framework Directive 2000/60 as a guide. WFD 2000/60 consists an holistic approach to environmental policies from the Member-States of the European Union. Its aim is for the Member-States' water bodies to achieve "good ecological status" by the year 2015. Our analysis, although not conclusive, shows a seeming improvement in water quality status and highlights shortcomings in the existing monitoring system.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα θέματα περιβαλλοντικής πολιτικής τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αρχίσει να παίρνουν διαστάσεις εκτός των συνόρων μεμονωμένων κρατών. Στα πλαίσια προσπάθειας εφαρμογής συντονισμένης κοινής περιβαλλοντικής πολιτικής, η Ευρωπαϊκή Ένωση, θέσπισε το έτος 2000 την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά – Water Framework Directive 2000/60EU – WFD. Όλα τα Κράτη-Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλουν να συμμορφωθούν με τις κατευθυντήριες γραμμές της Οδηγίας ώστε να επιτύχουν «Καλή Κατάσταση των Υδάτων» μέχρι το έτος 2015.

Η Οδηγία αναγνωρίζει πως η οικολογία των υδάτινων σωμάτων ποικίλει ανάλογα με το κλίμα και την τοπολογία, τα οποία στη συνέχεια καθορίζουν μορφολογικές, υδρολογικές και χημικές παραμέτρους. Επομένως, τα πρώτα βήματα στην εφαρμογή της Οδηγίας είναι η κατάταξη των υδάτινων σωμάτων σε τύπους και η αξιολόγηση της παρούσας οικολογικής κατάστασής τους.

Οι συνιστώσες της «Καλής» κατάστασης, η οποία είναι ο στόχος της Οδηγίας, περιλαμβάνουν τόσο χημικές όσο και βιολογικές παραμέτρους. Σημαντικό κομμάτι των χημικών παραμέτρων οι οποίες πρέπει να ληφθούν υπόψη στην εξέταση των εκάστοτε υδάτινων σωμάτων, αποτελούν τα Βαρέα Μέταλλα, καθώς οι επιπτώσεις της παρουσίας τους πέρα από κάποια όρια είναι σημαντικές για τους υδρόβιους (αλλά και χερσαίους) οργανισμούς.

Στην παρούσα εργασία, επιχειρήσαμε να εντοπίσουμε τα υδάτινα σώματα της χώρας που υπερβαίνουν τα Πρότυπα Ποιότητας που ορίζει η Οδηγία για συγκεντρώσεις Βαρέων Μετάλλων, χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέχθηκαν από δειγματοληψίες τη διετία 2007-2008.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ

1.1. ΤΟ ΝΕΡΟ ΩΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΖΩΗΣ

Τα υδάτινα οικοσυστήματα περιλαμβάνουν τους ωκεανούς, τις θάλασσες και τα εσωτερικά νερά. Τα εσωτερικά (ηπειρωτικά) νερά διακρίνονται σε επιφανειακά και υπόγεια, τρεχούμενα και στάσιμα, μόνιμα και παροδικά. Μαζί με τους πάγους και τα χιόνια, την υγρασία του εδάφους και τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας αποτελούν τις υδάτινες πηγές του πλανήτη. Ο συνολικός όγκος της υδρόσφαιρας εκτιμάται σε 1450 δισεκατομμύρια km^3 . Στο σύνολό της η επιφάνεια του πλανήτη καλύπτεται κατά 70% περίπου από τους ωκεανούς και τις θάλασσες ενώ μόλις κατά το 2% από γλυκά νερά. Ο όγκος των εσωτερικών νερών αντιστοιχεί μόνο στο 1/3 του συνολικού όγκου των γλυκών νερών με τα υπόλοιπα 2/3 να εντοπίζονται στους πάγους της Αρκτικής και της Ανταρκτικής.

Πίνακας 1: Η κατανομή του νερού στη φύση

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΔΑΤΩΝ	ΟΓΚΟΣ (km^3)
Ωκεανοί	1.370.000
Υπόγεια ύδατα	60.000
Υδατοπτώσεις	24.000
Λίμνες	230
Υγρασία εδάφους	82
Ποταμοί	12
Υδρατμοί	14

Το σχετικά μικρό ποσοστό υδάτινου όγκου που καταλαμβάνουν οι λίμνες και τα ποτάμια υποδηλώνει τη θεμελιώδη σημασία τους για τη ζωή στη χέρσο. Τα γλυκά νερά αποτελούν περιορισμένο και πεπερασμένο υδάτινο πόρο, ενώ παράλληλα είναι και ο πλέον εύκολα χρησιμοποιήσιμος. Οι συνεχώς ανερχόμενες απαιτήσεις της κοινωνίας σε νερό σε συνάρτηση με την κακή χρήση του και τη ρύπανση των υδατικών πηγών δημιουργούν ερωτηματικά γύρω από τη διαθεσιμότητά του σε βάθος χρόνου.

1.2 Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΑΣ

Λιμνολογία είναι η μελέτη των δομικών και λειτουργικών αλληλεπιδράσεων των οργανισμών των εσωτερικών υδάτων όπως αυτές διαμορφώνονται από τους φυσικούς, χημικούς και βιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος. Περιλαμβάνει λοιπόν η λιμνολογία, εκτός από τη μελέτη των «λιμνών», και τη μελέτη όλων των υπόλοιπων οικοσυστημάτων των γλυκών νερών. Τα ήρεμα, λιμναία οικοσυστήματα ονομάζονται διεθνώς *lentic* (από το λατινικό *lenis* δηλαδή προκαλώ ηρεμία), ενώ τα ρέοντα οικοσυστήματα ονομάζονται *lotic* (από το *lotus*, εκ του λατινικού *lavo* δηλαδή ξεπλένω).

Η μελέτη των φυσικών, χημικών και βιοτικών παραγόντων των υδάτινων οικοσυστημάτων, οδηγεί στη συλλογή σημαντικών στοιχείων για την εκτίμηση της χημικής και οικολογικής κατάστασης αυτών. Σε ορισμένες περιπτώσεις η παραδοχή πως η βιολογική κατάσταση (οι παρατηρούμενες δηλαδή βιοκοινωνίες) ενός οικοσυστήματος είναι τυπική του βαθμού μόλυνσης μας επιτρέπει μια γενική βιο-οικολογική εκτίμηση της «καθαρότητας» του νερού χωρίς να γνωρίζουμε λεπτομερή χημικά στοιχεία (Σίνης, 1999).

1.3. ΦΥΣΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ

1.3.1. Διαφάνεια

Ένας απλός τρόπος υπολογισμού της διαφάνειας των υδάτων, εκτός από τα φωτοευαίσθητα βυθιζόμενα όργανα, βασίζεται στη χρήση δίσκων Secchi (από το όνομα του Ιταλού επιστήμονα που εισήγαγε την προσέγγιση). Οι δίσκοι Secchi είναι λευκοί, βυθιζόμενοι δίσκοι, διαμέτρου είκοσι συνήθως εκατοστών. Η διαφάνεια δίσκου Secchi ορίζεται ως το μέσο βάθος του σημείου όπου ένας τέτοιος δίσκος εξαφανίζεται όταν παρατηρείται από τη σκιασμένη πλευρά ενός σκάφους και του σημείου όπου επανεμφανίζεται όταν ανυψωθεί. Η διαφάνεια επηρεάζεται από την απορρόφηση τόσο του νερού όσο και των διαλυμένων και αιωρούμενων υλικών μέσα σε αυτό. Η διαφάνεια σχετίζεται επίσης με την παραγωγικότητα στο υδάτινο σώμα. Όσο πιο αυξημένη είναι η

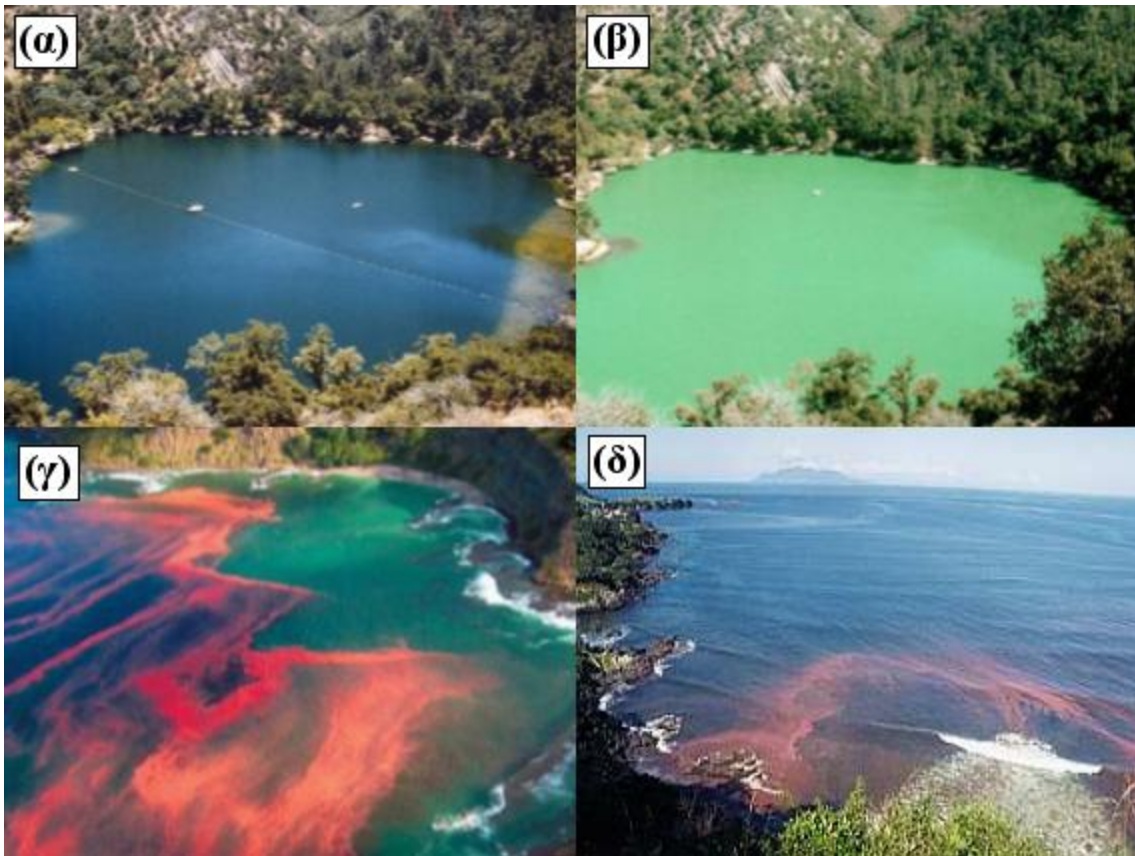
παραγωγικότητα και όσο πιο πολυπληθείς οι φυτοπλαγκτονικές κοινότητες, τόσο μικρότερη αναμένεται να είναι η διαφάνεια.



Εικόνα 1:(α) Δίσκος του Secchi (β) Χρήση του Δίσκου Secchi για μέτρηση διαφάνειας στο πεδίο

1.3.2. Χρώμα – Χροιά

Το χρώμα των νερών είναι αποτέλεσμα διάχυσης προς τα πάνω του φωτός, κατόπιν επιλεκτικής απορρόφησής του στα διάφορα βάθη από τα οποία έχει διέλθει. Εξαρτάται έτσι άμεσα από τα αιωρούμενα στερεά και τους βιοτικούς παράγοντες. Το γαλαζοπράσινο χρώμα λιμνών με σκληρά νερά οφείλεται κατά βάση σε κολλοειδή (όπως CaCO_3), που διαχέουν το φως στο πράσινο και το κυανό. Ο κύριος παράγοντας που καθορίζει το χρώμα είναι το διαλυμένο οργανικό υλικό (Wittstein, 1860., Forel, 1895). Οι φυτοπλαγκτονικές κοινότητες σε άνθιση (bloom) μπορούν επίσης να επηρεάσουν το χρώμα των νερών, από γαλαζοπράσινο (κυανοβακτήρια), σε κιτρινωπό (διάτομα) ή ακόμα και κόκκινο (φύκη γένους *Glenodinium*). Το γεγονός ότι πολλές λίμνες έχουν ένα καθαρό πράσινο χρώμα, οφείλεται στο υλικό βιολογικής προέλευσης που περιέχουν και όχι στην περιεχόμενη χλωροφύλλη. Όταν μια λίμνη είναι πολύ παραγωγική, στην πραγματικότητα είναι κίτρινη (Σίνης, 1999).



Εικόνα 2:(α) Λίμνη Zaka στην Καλιφόρνια – clear state (β) Λίμνη Zaka στην Καλιφόρνια με άνθηση κυανοβακτηρίων που προσδίδουν χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα (γ) Κόκκινος χρωματισμός στην ακτή της Φλόριντα από άνθηση φυτοπλαγκτού (δ) Κόκκινος χρωματισμός από άνθηση του *Noctiluca scintilans*

1.3.3. Αιωρούμενα Στερεά

Τα καθόλου ή δύσκολα διαλυτά σωματίδια, ορυκτά ή φυσικά, λιγότερο ή περισσότερο κολλοειδή ευθύνονται, όπως προαναφέρθηκε, σε μεγάλο βαθμό για το χρώμα και τη διαφάνεια των υδάτων στα οποία εμπεριέχονται σε αιώρηση. Η υπερβολική συγκέντρωση τέτοιου είδους υλικού μπορεί να επηρεάσει το υδάτινο οικοσύστημα:

- (α) επιδρώντας άμεσα στους οργανισμούς, θανατώνοντας ή μειώνοντας το ρυθμό αύξησής τους και την αντίστασή τους σε ασθένειες
- (β) εμποδίζοντας την επιτυχημένη εκκόλαψη και ανάπτυξη των προνυμφών
- (γ) τροποποιώντας τις φυσικές κινήσεις και μεταναστεύσεις

(δ) μειώνοντας την αφθονία της διαθέσιμης τροφής

(ε) επηρεάζοντας την αποτελεσματικότητα των μεθόδων σύλληψης τροφής.

Ο βαθμός στον οποίο επηρεάζεται το οικοσύστημα, εξαρτάται τόσο από το είδος των αιωρούμενων στερεών όσο και από τα είδη που συνθέτουν τις βιοκοινωνίες.

1.4. ΧΗΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΙ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΩΝ

Τα γλυκά νερά, από χημική άποψη, θεωρούνται αραιά διαλύματα αλκαλικών ουσιών, δικαρβονικών, καρβονικών, θειικών και πυριτικών ιόντων. Η σύσταση των «κλειστών» συστημάτων (λίμνες που δε δέχονται εισροές) εξαρτάται κυρίως από τις διαδικασίες εξάτμισης, καθίζησης και επαναιώρισης των υλικών. Η σύσταση των «ανοικτών» συστημάτων (λίμνες που δέχονται εισροές) καθορίζεται από τη φύση και την προέλευση των εισροών.

Τα επιφανειακά νερά βρίσκονται σχεδόν διαρκώς σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα, προσλαμβάνοντας από αυτόν τα διαλυτά αέρια που τον συνθέτουν. Από αυτά ορισμένα είναι απαραίτητα για τους υδρόβιους οργανισμούς (οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα), ενώ άλλα είναι βλαβερά (μεθάνιο, υδρόθειο). Η διαλυτότητα των αερίων αυτών είναι συνάρτηση φυσικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία και η πίεση.

1.4.1. Οξυγόνο

Η ύπαρξη ενός περιβάλλοντος πλούσιου σε οξυγόνο είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τις μεταβολικές δραστηριότητες των περισσότερων οργανισμών, καθώς αυτό καταναλώνεται με την αναπνοή. Οι πηγές του οξυγόνου στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι κυρίως η φωτοσυνθετική δράση υδρόβιων οργανισμών (βιολογική πηγή), και «μεταφορά οξυγόνου» (oxygen transfer) από την ατμόσφαιρα (φυσική πηγή). Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, την αλατότητα και την πίεση. Τα ψυχρά και ταραχώδη νερά περιέχουν πολύ οξυγόνο, ενώ τα θερμά και στάσιμα νερά περιέχουν λιγότερο.

Η ευαισθησία των οργανισμών στις χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου διαφέρει ανάμεσα στα είδη, τα διάφορα στάδια της ζωής (αυγά, προνύμφες, ενήλικα άτομα), όπως και ανάμεσα στις διάφορες δραστηριότητες των οργανισμών (τροφοληψία, αύξηση και αναπαραγωγή, κολυμβητική ικανότητα). Όσο θερμότερο είναι το υδάτινο περιβάλλον, τόσο μεγαλύτερη είναι η κατανάλωση του οξυγόνου.

1.4.2. Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο (BOD)

Το BOD είναι η συνήθως χρησιμοποιούμενη παράμετρος για τη μέτρηση του οργανικού φορτίου των λυμάτων και ρυπασμένων υδάτινων σωμάτων. Το ολικό BOD (BOD_u) μιας ποσότητας νερού ορίζεται ως η ποσότητα του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί για την πλήρη βιοχημική οξείδωση των περιεχόμενων οργανικών υλών. Η μεγάλη αξία του BOD βρίσκεται στο ότι μετρά άμεσα το κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα της οργανικής ύλης δηλαδή την κατανάλωση διαλυμένου οξυγόνου που πραγματοποιούν οι μικροοργανισμοί κατά την οξείδωσή της

1.4.3. Συγκέντρωση Ιόντων Υδρογόνου (pH)

Οι τιμές του pH επηρεάζουν το μεταβολισμό των ζωντανών οργανισμών. Οι περισσότερες βιοχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα στη φύση, τελούνται σε ουδέτερες τιμές pH. Όξινα ή αλκαλικά περιβάλλοντα δυσχεραίνουν ή ανακόπτουν την πορεία των αντιδράσεων αυτών. Στην καθιέρωση κριτηρίων ποιότητας των γλυκών νερών, η οξύτητα ή αλκαλικότητα είναι ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Για ένα λιμναίο οικοσύστημα οι φυσιολογικές τιμές pH κυμαίνονται από 6 έως 8. Μεταβολές των αναμενόμενων αυτών τιμών υποδηλώνουν την ύπαρξη ουσιών οι οποίες τις προκαλούν, και πιθανές διαταραχές βιογεωχημικών κύκλων. Πολύ χαμηλές τιμές για παράδειγμα, αποδίδονται σε ύπαρξη οργανικών οξέων ή θεικού οξέος (H₂SO₄). Η διακύμανση του pH από τιμές 5 έως 9 δε θεωρείται άμεσα θανατηφόρα για τα ψάρια (Σίνης, 1999). Εντούτοις, η τοξικότητα διαφόρων ρύπων επηρεάζεται έντονα από τις μεταβολές του pH μέσα σε αυτό το εύρος. Κάτω από την τιμή 5 η παραγωγικότητα των

συστημάτων μειώνεται αισθητά, ενώ υπάρχει κίνδυνος στα όξινα νερά να περιέχεται υδροξείδιο τρισθενούς σιδήρου, το οποίο μπορεί να δράσει τοξικά και να οδηγήσει σε θάνατο πολλών οργανισμών.

1.4.4. Σκληρότητα

Σκληρότητα είναι η περιεκτικότητα του νερού σε δισθενή μεταλλικά κατιόντα ανάμεσα στα οποία κυριαρχούν κατά κανόνα τα Ca^{++} και Mg^{++} . Η βασική μονάδα σκληρότητας είναι το $gr-eq/l$ αλλά πολύ συχνά χρησιμοποιείται η συγκέντρωση ανθρακικού ασβεστίου. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60 (WFD 2000/60/EU), τα υδάτινα σώματα διαχωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη σκληρότητά τους, στις οποίες ισχύουν διαφορετικά πρότυπα ποιότητας για διάφορους ρύπους.

1.4.5. Ιχνοστοιχεία Μετάλλων

Στα νερό των υδάτινων σωμάτων εμπεριέχονται διάφορα μέταλλα, εκ των οποίων ορισμένα παίζουν σημαντικό ρόλο στο μεταβολισμό των υδρόβιων οργανισμών και ονομάζονται ιχνοστοιχεία. Ορισμένα από αυτά παρουσιάζουν ενδιαφέροντες βιογαιοχημικούς κύκλους, ενώ η ομάδα των ραδιενεργών μετάλλων μπορεί να μας δώσει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την ηλικιακή εξέλιξη του υδάτινου σώματος (Κάγκαλου, 2004). Ενδεικτικά, αναφέρονται τα παρακάτω ιχνοστοιχεία.

Το Μαγγάνιο (Mn), το οποίο παρατηρείται συχνά σε ανιχνεύσιμες ποσότητες στα επιφανειακά ύδατα, πιθανώς προέρχεται από επαναδιάλυση ποσοτήτων του από τον πυθμένα στον υδάτινο όγκο. Το Μαγγάνιο χρησιμοποιείται από φυτοπλαγκτονικούς οργανισμούς σε ποσότητες που διαφέρουν από είδος σε είδος. Ο Χαλκός (Cu) συναντάται είτε σαν οργανικός, στην κolloειδή ή την ιοντική του μορφή και μπορεί να αποδειχθεί τοξικός για τους υδρόβιους οργανισμούς. Το Κοβάλτιο (Co), που επίσης μπορεί να ανιχνευθεί στα εσωτερικά ύδατα, αποτελεί σημαντικό συστατικό της Βιταμίνης B_{12} .

1.5. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΜΝΩΝ

Όλα τα παραπάνω αποτελούν ένα μικρό μόνο μέρος των παραγόντων, φυσικών και χημικών, οι οποίοι συνθέτουν το προφίλ ενός υδάτινου σώματος. Βασιζόμενοι σε στοιχεία από τη βιβλιογραφία, και λαμβάνοντας υπόψη μια πληθώρα παραγόντων έχει επιχειρηθεί μια «ταξινόμηση» των ελληνικών λιμνών (Ierotheos Z., 2002).

Η γεωγραφική και υψομετρική κατανομή των ελληνικών λιμνών δείχνουν ότι:

- (1) οι περισσότερες λίμνες βρίσκονται στα δυτικά και βορειο-δυτικά τμήματα της χώρας, όπου παρατηρούνται και τα μεγαλύτερα ποσοστά βροχόπτωσης (>950mm)
- (2) οι περισσότερες λίμνες (350km² επιφάνεια) βρίσκονται σε υψόμετρα έως 200m από την επιφάνεια της θάλασσας, με τα υπόλοιπα υδάτινα σώματα σε 400-1000m υψόμετρα.

Οι λίμνες μπορούν να διακριθούν σε θερμές μονομικτικές και διμικτικές, ανάλογα με τη θερμοκρασία και το βάθος. Οι περισσότερες λίμνες παρουσιάζουν θερινή θερμική διαστρωμάτωση, ιδιαίτερα έντονη για τις βαθιές λίμνες (Τριγωνίδα, Μεγάλη Πρέσπα, Βόλβη, Βεγορίτιδα και Αμβρακία). Οι μεγάλες και βαθιές λίμνες που δεν καλύπτονται από πάγο (ή καλύπτονται πολύ σπάνια), και οι μικρές ρηχές λίμνες που δεν παγώνουν θεωρούνται θερμές μονομικτικές λίμνες με μία μόνο περίοδο «αναστροφής» (mixing period). Οι Λίμνες Ορεστιάδα (Καστοριάς), Μικρή Πρέσπα, Παμβώτις (Ιωαννίνων) και Δοϊράνη χαρακτηρίζονται από ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας <4°C, καλύπτονται από πάγο σχεδόν κάθε 2-4 χρόνια, και μπορούν να θεωρηθούν διμικτικές (Koussouris et al. 1989).

Η αγωγιμότητα σε ό,τι αφορά στην εποχικότητα αλλά και την κατά βάθος στρωμάτωση εντός των λιμνών, παρουσιάζει μεγάλο εύρος τιμών. Σύμφωνα με τις τιμές της αγωγιμότητας, οι ελληνικές λίμνες μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες (οι οποίες σχετίζονται και με γεωλογικά χαρακτηριστικά):

- (1) Λίμνες όπου μεταμορφογενή πετρώματα κυριαρχούν στις λεκάνες απορροής και χαρακτηρίζονται από τις υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας (Βόλβη, Κορώνεια, Βιστονίδα)

(2) Λίμνες όπου carbonate rocks κυριαρχούν και χαρακτηρίζονται από ενδιάμεσες τιμές αγωγιμότητας (Υλίκη, Δοϊράνη, Βεγορίτιδα, Αμβρακία) και

(3) Λίμνες σε περιοχές που κυριαρχούν carbonate και igneous rocks και χαρακτηρίζονται από τις χαμηλότερες τιμές αγωγιμότητας (Λυσιμαχεία, Παμβώτις, Τριχωνίδα, Πρέσπες και Ορεστιάδα)

Σε γενικές γραμμές, αυξημένο έλλειμμα οξυγόνου στο υπολίμνιο είναι αποτέλεσμα ευτροφικών συνθηκών.

Οι μέσες ετήσιες τιμές pH κυμαίνονται από 7.8-8.6. Η διαφάνεια δίσκου Secchi στις βαθιές λίμνες είναι υψηλή και χαμηλή στις ρηχές. Υψηλό pH και χαμηλή διαφάνεια υποδηλώνουν αυξημένη βιολογική δράση κατά την παραγωγική περίοδο στο επιλίμνιο. Οι περισσότερες ελληνικές λίμνες είναι εύτροφες και μόνο οι βαθύτερες θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως ολογομεσοτροφικές.

Οι ελληνικές λίμνες είναι καρστικής προέλευσης με σκληρά και ευτροφικά νερά. Σε ό,τι αφορά στη σκληρότητα ειδικότερα, οι περισσότερες λίμνες εμπίπτουν στο εύρος τιμών 100-200mg/L CaCO₃ (το χαρακτηριστικό εύρος νερών με μέτριο μεταλλικό περιεχόμενο – mineral content). Οι χαμηλότερες τιμές παρουσιάζονται εποχιακά στις Λίμνες Κορώνεια (50mg/L) και Δοϊράνη (70mg/L), ενώ οι μεγαλύτερες τιμές παρατηρούνται στις Λίμνες Αμβρακία (464mg/L) και Βιστονίδα (430mg/L).

Τα Βαρέα Μέταλλα αγγίζουν υψηλές συγκεντρώσεις σε μερικές λίμνες. Οι κύριες πηγές καδμίου, χαλκού και μολύβδου φαίνεται πως είναι υπολείμματα λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων. Στην περίπτωση της Βιστονίδας, υψηλά επίπεδα Βαρέων Μετάλλων επίσης προκύπτουν λόγω της παρουσίας βιομηχανίας επεξεργασίας τροφίμων (Zacharias 1993).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

2.1. ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ

Μέσα στα οικοσυστήματα, οι ζωντανοί οργανισμοί χρησιμοποιούν συνεχώς στοιχεία και ενώσεις αυτών για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες τους σε αύξηση, συντήρηση και αναπαραγωγή, ενώ παράλληλα απορρίπτουν στο περιβάλλον ανόργανα και οργανικά απορρίμματα. Στα τροφικά πλέγματα τα διάφορα στοιχεία εισέρχονται καθώς ανόργανες ενώσεις μετατρέπονται σε οργανικές από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, οι οποίοι στη συνέχεια τις μεταφέρουν στα ανώτερα τροφικά επίπεδα. Διάφοροι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν τη νεκρή οργανική ύλη και τα απορρίμματα σε ανόργανες ουσίες, επιστρέφοντας έτσι τα δομικά της στοιχεία στο περιβάλλον για επαναχρησιμοποίηση. Η κυκλική αυτή ροή των χημικών στοιχείων και των ενώσεών τους δεν περιορίζεται στα όρια των επιμέρους οικοσυστημάτων, αλλά επεκτείνεται σε ολόκληρη την επιφάνεια του πλανήτη, όπου υπάρχει ζωή, σε ένα γιγαντιαίο δίκτυο οικοσυστημάτων που συνθέτουν τη Βιόσφαιρα.

Η ανακύκλωση του κάθε χημικού στοιχείου καλείται Βιογεωχημικός Κύκλος και αποτελεί βασική λειτουργία των οικοσυστημάτων. Από τον ορισμό καθίσταται σαφές πως στην ανακύκλωση αυτή συμμετέχουν τόσο το βιοτικό (βιο-) όσο και το αβιοτικό (γεω-) περιβάλλον. Κάθε Βιογεωχημικός Κύκλος μπορεί να περιγραφεί εξετάζοντας δύο παραμέτρους: τα Αποθέματα και τους Ρυθμούς Ροής.

Τα Αποθέματα (ή Ταμιευτήρες) είναι βιοτικές ή αβιοτικές συνιστώσες του περιβάλλοντος στις οποίες ορισμένη ποσότητα των χημικών στοιχείων που μελετάμε παραμένει «αποθηκευμένη» για ορισμένο χρονικό διάστημα. Οι Ρυθμοί Ροής εκφράζουν την ποσότητα του στοιχείου που μεταφέρεται από το ένα Απόθεμα στο άλλο ανά μονάδα χρόνου και ανά μονάδα επιφάνειας ή όγκου εντός του οικοσυστήματος.

Οι κυριότεροι Βιογεωχημικοί Κύκλοι βρίσκονται συνήθως σε ισορροπία. Οι εισροές δηλαδή των χημικών στοιχείων στα Αποθέματα του οικοσυστήματος είναι ικανές να αντισταθμίζουν τις αντίστοιχες εκροές (1)

$$R_i = R_o \quad (1)$$

R_i το άθροισμα των Ρυθμών εισροής (inflow)

R_o το άθροισμα των Ρυθμών εκροής (outflow)

Τέτοιου είδους ισορροπίες δεν εξασφαλίζονται απαραίτητα σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα ή σε συστήματα περιορισμένου μεγέθους. Σε ευρεία γεωγραφικά όρια αλλά και σε βιοκοινωνίες που έχουν φτάσει σε ωριμότητα (σταθερός και αμετάβλητος συνδυασμός ειδών για μεγάλο χρονικό διάστημα – ώριμο στάδιο/ climax), επικρατεί ικανοποιητική ισορροπία ενώ κατά τα προηγούμενα στάδια της οικολογικής διαδοχής οι ισόρροποι ρυθμοί ροής θα λέγαμε πως αποτελούν την εξαίρεση και όχι τον κανόνα.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορεί να αλλοιώσουν τους Ρυθμούς Ροής διαταράσσοντας τους Βιογεωχημικούς Κύκλους. Ο Χρόνος Αντικατάστασης t_o (turnover time) εκφράζει το μέσο χρόνο παραμονής των στοιχείων στα Αποθέματα (2) και χρησιμεύει ως μέτρο της ευαισθησίας μιας συνιστώσας του οικοσυστήματος στις διαταραχές που προκύπτουν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

$$t_o = M/R_i = M/R_o \quad (2)$$

t_o ο Χρόνος Αντικατάστασης

M το Απόθεμα

Μεγαλύτερες τιμές t_o υποδηλώνουν μεγαλύτερη αντίσταση στις μεταβολές των Ρυθμών Ροής.

Ανάλογα με την ικανότητα αποκατάστασης φυσιολογικών Ρυθμών Ροής έπειτα από διατάραξη της αρχικής ισορροπίας οι Βιογεωχημικοί Κύκλοι διαχωρίζονται σε τέλειους και ατελείς (με ευρύ ενδιάμεσο φάσμα). Οι τέλειοι κύκλοι χαρακτηρίζονται από μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα ενώ οι ατελείς από μικρή ρυθμιστική ικανότητα. Η μεγάλη ρυθμιστική ικανότητα των τέλειων Βιογεωχημικών Κύκλων μπορεί να αποδοθεί

σε δύο παραμέτρους: την ύπαρξη μεγάλων ποσοτήτων του στοιχείου στο αβιοτικό Απόθεμα και την παρουσία βιοτικών συνήθως αρνητικών ανασχετικών μηχανισμών ρύθμισης. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι κύκλοι του άνθρακα, του αζώτου και του οξυγόνου, των οποίων τα διαθέσιμα αβιοτικά Αποθέματα (όπως για παράδειγμα στην ατμόσφαιρα και την υδρόσφαιρα) είναι τεράστια και επομένως η αφαίρεσή τους από εκεί, και κατ' επέκταση η διαθεσιμότητά τους στα βιοτικά στοιχεία, εξαρτάται από τον ίδιο το μεταβολισμό των οργανισμών. Επιπλέον οι οργανισμοί που συμμετέχουν στην ανακύκλωση των στοιχείων μπορούν να μεταβάλλουν τους ρυθμούς χρησιμοποίησής τους με απότομη αύξηση ή μείωση, αποκαθιστώντας τα φυσιολογικά ποσά στα Αποθέματα.

2.2. ΒΙΟΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ/ ΒΙΟΜΕΓΕΘΥΝΣΗ

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες όπως προαναφέρθηκε μπορεί να διαταράξουν τους Βιογεωχημικούς Κύκλους με αποτέλεσμα να παρατηρούνται στο περιβάλλον μεγαλύτερες από τις φυσιολογικές συγκεντρώσεις διαφόρων ουσιών. Μπορεί ακόμα εξαιτίας της ανθρώπινης επέμβασης να εισαχθούν στη Βιόσφαιρα νέες ουσίες όπως ραδιοϊσότοπα στοιχείων και πολύπλοκες οργανικές ενώσεις (φυτοφάρμακα, εντομοκτόνα κλπ.). Η παρουσία αυξημένων από τα φυσικά επίπεδα συγκεντρώσεων ουσιών στο περιβάλλον και τους οργανισμούς χαρακτηρίζεται ως Μόλυνση. Ρύπανση, προκύπτει όταν οι διάφορες ουσίες (ή ενέργεια) που απελευθερώνονται στο περιβάλλον από άμεσες ή έμμεσες δραστηριότητες του ανθρώπου επιφέρουν βλαβερές επιπτώσεις στους οργανισμούς. Οι περισσότερες μορφές Ρύπανσης οφείλονται σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις φυσικών ή συνθετικών ουσιών στο περιβάλλον, οι οποίες όταν περάσουν πλέον στους ζωντανούς οργανισμούς, και ξεπεράσουν ένα όριο συγκέντρωσης εμφανίζουν τοξική δράση.

Ρύποι όπως τα Βαρέα Μέταλλα (και ενώσεις τους) εμφανίζονται με αυξανόμενες συγκεντρώσεις κατά την κίνησή τους στα τροφικά επίπεδα από τα χαμηλότερα προς τα ανώτερα τροφικά επίπεδα. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται «Βιομεγέθυνση» και οφείλεται στους μικρούς ρυθμούς μεταβολισμού των ουσιών αυτών από τους οργανισμούς, σε συνδυασμό με τη χαμηλή ενεργειακή αποδοτικότητα κατά μήκος μιας

τροφικής αλυσίδας. Σαν αποτέλεσμα, ακόμα και χαμηλές συγκεντρώσεις τοξικών ρύπων στο περιβάλλον μπορεί να οδηγήσουν σε αυξημένες συγκεντρώσεις του ρύπου στους ιστούς οργανισμών των ανώτερων τροφικών επιπέδων, με σοβαρές επιδράσεις.

2.3. ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

Ο όρος Βαρέα Μέταλλα (heavy metals) αναφέρεται στα μεταλλικά στοιχεία των οποίων το ειδικό βάρος είναι μεγαλύτερο από αυτό του σιδήρου. Ορισμένα από τα Βαρέα Μέταλλα, όπως ο χαλκός, σε ελάχιστες ποσότητες είναι απαραίτητα συστατικά της ζωής και μαζί με άλλες κατηγορίες στοιχείων είναι γνωστά ως ιχνοστοιχεία. Σε μεγαλύτερες από τις απαιτούμενες συγκεντρώσεις, τα ιχνοστοιχεία αυτά καθίστανται τοξικά και επικίνδυνα, ενώ η έλλειψή τους προκαλεί διάφορες παθήσεις.

Μερικά από τα Βαρέα Μέταλλα όχι μόνο δεν είναι απαραίτητα ως ιχνοστοιχεία, αλλά δρουν βλαβερά και επικίνδυνα στους οργανισμούς (μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος).

Τα Βαρέα Μέταλλα και οι ενώσεις τους, σε αντίθεση με τις οργανικές ενώσεις, δεν αποικοδομούνται και παραμένουν στο περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εισέρχονται απλώς σε κάποιο μικρό ή μεγάλο βιογαιοχημικό κύκλο. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες πολλές φορές διαταράσσουν την ισορροπία τέτοιων κύκλων και προκαλούν υπέρμετρες συγκεντρώσεις Βαρέων Μετάλλων σε ζωντανούς οργανισμούς, διαταράσσοντας έτσι πολλές βιολογικές τους δράσεις, με αποτέλεσμα διάφορες παθήσεις ή ακόμη και το θάνατό τους.

Ανάλογα με την τοξικότητά τους, τα Βαρέα Μέταλλα μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες:

- α) Τοξικά για τα φυτά, που μπορούν να προκαλέσουν σημαντική μείωση στην γεωργική παραγωγή (όπως ο Χαλκός, ο Ψευδάργυρος, το Νικέλιο και το Χρόμιο)
- β) Μέταλλα τα οποία υπό κανονικές συνθήκες δεν αναχαιτίζουν την ανάπτυξη των φυτών αλλά μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές οργανικές βλάβες στους ανθρώπους και

τα ζώα που καταναλώνουν τα φυτά ή άμεσα τα μέταλλα αυτά (όπως ο Μόλυβδος, το Κάδμιο και ο Υδράργυρος)¹.

Η διαθεσιμότητα των ανόργανων χημικών για κατανάλωσή τους από τα φυτά (και συνεπώς και η κυκλοφορία τους μέσα στις τροφικές αλυσίδες), καθώς και η ρύπανση των υπογείων υδάτων εξαρτάται από αντιδράσεις δημιουργίας συμπλόκων με οργανική ύλη, προσρόφησης και χημικής κατακρήμνισης (δέσμευση των Βαρέων Μετάλλων σε αδιάλυτα θειούχα, φωσφορούχα ή ανθρακικά άλατα και σε οξειδία ή υδροξείδια με πολύ μικρή διαλυτότητα). Η βιοδιαθεσιμότητα των ιχνοστοιχείων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και το pH. Τα περισσότερα μέταλλα είναι λιγότερο διαλυτά και συνεπώς λιγότερο διαθέσιμα στα φυτά σε ουδέτερο ή αλκαλικό pH.

Από τα Βαρέα Μέταλλα, ο Μόλυβδος (Pb), το Χρώμιο (Cr) και ο Υδράργυρος (Hg), δεν προκαλούν φαινόμενα φυτοτοξικότητας ακόμη και για συγκεντρώσεις στο έδαφος που πλησιάζουν τα 1000 mg/Kg DS (Witter, 1989). Η εξασθενής μορφή του Χρωμίου Cr+6 είναι ιδιαίτερα τοξική για τους ανθρώπους και τα ζώα. Συνήθως όμως κάτω από τις οξειδοαναγωγικές συνθήκες που επικρατούν στο έδαφος το Cr+6 ανάγεται σε Cr+3, το οποίο προσροφάται από το έδαφος και δεν είναι πρακτικά διαθέσιμο στα φυτά (Barlett and Kimble, 1976). Ο Μόλυβδος παρουσιάζει πολύ μικρή κινητικότητα στο έδαφος καθώς απορροφάται από την οργανική ύλη του εδάφους (Sauerbeck and Styberek, 1986). Παρόμοια και ο Υδράργυρος αν και εξαιρετικά τοξικός για τα ζώα δεν προκαλεί συνήθως τοξικά προβλήματα μέσω της τροφικής αλυσίδας σε ζωντανούς οργανισμούς λόγω της υψηλής προσρόφησης του από το έδαφος και της μηδενικής απορρόφησης του από τα φυτά.

Ο Χαλκός (Cu), ο Ψευδάργυρος (Zn) και το Νικέλιο (Ni) ανήκουν στα Βαρέα Μέταλλα που παρουσιάζουν κάποια διαλυτότητα στο έδαφος και σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να συσσωρευτούν στη φυτική μάζα και να προκαλέσουν σημαντική αναχαίτιση στην ανάπτυξη των φυτών.

Σε σχέση με τα υπόλοιπα Βαρέα Μέταλλα, το Κάδμιο (Cd) εμφανίζει σημαντικά μικρότερη προσροφητικότητα από το εδαφικό υλικό και δε δημιουργεί αδιάλυτες

¹ από Διαχείριση Στερεών Αποβλήτων και Ιλύος – Αγροτική Αξιοποίηση Ιλύος, (Α.Ανδρεαδάκης)

ανόργανες ενώσεις στη δισθενή μορφή του με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η συσσώρευση στη φυτική μάζα και η είσοδος του στις τροφικές αλυσίδες. Το Κάδμιο αποτελεί ιδιαίτερα τοξικό ιχνοστοιχείο για τον ανθρώπινο οργανισμό καθώς συσσωρεύεται στα νεφρά και στο ήπαρ με αποτέλεσμα να προκαλεί διάφορες οργανικές βλάβες.

2.3.1. Τοξική Δράση των Βαρέων Μετάλλων

Ο κυριότερος μηχανισμός με τον οποίο εκδηλώνεται η τοξική δράση των Βαρέων Μετάλλων στους έμβιους οργανισμούς, είναι η «δηλητηρίαση» των ενζυμικών συστημάτων κατά το σχηματισμό χηλικών ενώσεων των μεταλλοϊόντων με τις δραστικές ομάδες των οργανικών μορίων των ενζύμων. Τα μέταλλα συσσωρεύονται σε διαφορετικά σημεία-στόχους των ζωντανών οργανισμών και επιδρούν σε τελείως διαφορετικά ένζυμα και δραστικές ομάδες. Λαμβάνοντας υπόψη το μεγάλο αριθμό των ενζύμων, γίνεται σαφές ότι το εύρος της τοξικής δράσης των μετάλλων είναι πολύ μεγάλο. Οι κυριότερες ομάδες που συμμετέχουν στους μηχανισμούς αυτούς είναι οι αμινο-, ιμινο- και σουλφυδρυλο-ομάδες. Αντιδρώντας με τις κυτταρικές μεμβράνες, τα Βαρέα Μέταλλα επηρεάζουν τη διαπερατότητά τους, παρεμποδίζοντας ή ακόμα και διακόπτοντας τη μεταφορά Νατρίου (Na), Καλίου (K), Χλωρίου (Cl), και οργανικών μορίων. Η αλληλεπίδραση των Βαρέων Μετάλλων με κύρια προϊόντα του μεταβολισμού σχηματίζουν σταθερά ιζήματα ή χηλικές ενώσεις.

Τα οργανικά σύμπλοκα (οργανομεταλλικές ενώσεις) των Βαρέων Μετάλλων, και ιδιαίτερα τα μεθυλιωμένα παράγωγά τους, συχνά μπορεί να είναι περισσότερο τοξικά από τα αντίστοιχα μεταλλικά ιόντα. Η μεθυλίωση των μεταλλικών ιόντων είναι μια πολύπλοκη βιοχημική διαδικασία, σε πολλούς από τους μηχανισμούς της οποίας συμμετέχει η μεθυλοκοβαλαμίνη ($\text{CH}_3\text{-B}_{12}$ παράγωγο της βιταμίνης B_{12}).

Η τοξική δράση των ανιόντων των στοιχείων οφείλεται στο γεγονός πως αυτά αντικαθιστούν τα αντίστοιχα φωσφορικά ή νιτρικά ιόντα σε βιολογικές/ βιοχημικές διαδικασίες, δρώντας με αυτόν τον τρόπο ως «αντιμεταβολίτες».

Σε πολλές περιπτώσεις, η παρουσία περισσότερων του ενός Βαρέων Μετάλλων στους οργανισμούς οδηγεί σε πολλαπλασιαστική τοξική δράση τους, συγκρινόμενη με

εκείνη που θα προέκυπτε από την άθροιση των επί μέρους τοξικών δράσεων για κάθε στοιχείο χωριστά.

2.3.2. Κάδμιο (Cd)

Το κάδμιο είναι ένα από τα λίγα στοιχεία που δεν είναι απαραίτητα στα βιοχημικά συστήματα, ιδιαίτερα τοξικό και επικίνδυνο για τα ζώα και τον άνθρωπο. Το κάδμιο χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς της ανθρώπινης βιομηχανίας (επιμεταλλώσεις, συσσωρευτές, ξηρές μπαταρίες, στα χρώματα, σταθεροποιητής του PVC). Πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος με κάδμιο, αποτελούν τα αερολύματα των μεταλλουργείων και της καύσης των απορριμμάτων, τα απόβλητα των εργοστασίων επιμετάλλωσης και των βιομηχανιών παραγωγής φωσφορικών λιπασμάτων.

Στον ανθρώπινο οργανισμό το κάδμιο εισέρχεται μέσω του αναπνευστικού (κατά την εισπνοή) και του πεπτικού συστήματος (μέσω τροφών). Τα ανιόντα Cd: επηρεάζουν την αναπνοή, παρεμποδίζουν τη ανταλλαγή αερίων και εντείνουν την παραγωγή βλέννας (Hmoud F.A., 1995). Το ήπαρ και οι νεφροί συνθέτουν μεταλλοθειονίνες (MT) (πρωτείνες με υψηλό ποσοστό αμινοξέων που περιέχουν θείο -S-) που προσδένουν το κάδμιο με υψηλή συγγένεια, εμποδίζοντάς το να προσδεθεί σε άλλες πρωτείνες (Olson P.E., 1987). Οι μεταλλοθειονίνες προστατεύουν τους οργανισμούς μέχρι ένα ορισμένο σημείο. Για συγκεντρώσεις 100-200 μg/L μπορεί να εκδηλωθούν μεταξύ άλλων συμπτώματα νεφροπάθειας, πρωτεϊνουρία, γλυκοζουρία (White D.H., 1978). Οι νεφροί μπορούν να αποθηκεύουν CdMT για μεγάλα χρονικά διαστήματα (χρόνος ημίσειας ζωής του καδμίου $t_{1/2}$ 10-30 έτη) μέχρι να προκληθούν σοβαρές βλάβες λόγω παρατεταμένης έκθεσης στο μέταλλο. Μέρος του καδμίου αποβάλλεται από το απεκκριτικό μέσω των ούρων.

Η τοξικότητα του καδμίου στους υδρόβιους οργανισμούς επηρεάζεται από το είδος, το μέγεθος του σώματος, την ηλικία του οργανισμού και τη διατροφή (van Leeuwen C.J., 1985), ενώ σημαντικό ρόλο παίζουν το pH και η σκληρότητα του ύδατος νερού (γενικά, τα μέταλλα είναι λιγότερο τοξικά σε σκληρό νερό). Σε έρευνα που έγινε στο Πακιστάν, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις Cd, Cr, Cu, Zn και Fe που παρατηρήθηκαν, δεν αφορούσαν μόνο στο νερό αλλά και σε όργανα ιχθύων (βράγχια, μύες, ήπαρ). Η

συγκέντρωση των μετάλλων αυτών στους ιχθείς, φαίνεται πως εξαρτάται περισσότερο από τις αντίστοιχες συγκεντρώσεις στο φυσικό περιβάλλον παρά το είδος των οργανισμών ή τα υπό εξέταση όργανα (Akhtar., 2005).

Το κάδμιο συσσωρεύεται και προκαλεί παθήσεις στο συκώτι, στα νεφρά, στη σπλήνα και στο θυρεοειδή αδένα, ενώ παράλληλα μπορεί και να αντικαθιστά το ασβέστιο στα οστά των οργανισμών στους οποίους εισέρχεται. Η τοξική δράση του καδμίου περιλαμβάνει την αντικατάσταση του ψευδαργύρου σε βιοχημικές διεργασίες στις οποίες ο ψευδάργυρος αποτελεί σημαντικό ιχνοστοιχείο. Παρά την τοξικότητά του, ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις, δεν είναι αποδεδειγμένο το κατά πόσο το κάδμιο όντως βιομεγεθύνεται, ενώ η βιοσυσσώρευσή του αποτελεί σημαντικό ανησυχητικό παράγοντα κυρίως για γαστερόποδα και καρκινοειδή (Taylor. D., 2004).

Την πιο χαρακτηριστική περίπτωση δηλητηρίασης από κάδμιο αποτελεί η ασθένεια Itai-Itai που παρατηρήθηκε στην Ιαπωνία το 1947. Η ασθένεια περιελάμβανε νεφροπάθειες και ηπατοπάθειες, υψηλή πίεση, εξασθένηση του ανοσοποιητικού, κατάγματα των οστών και σοβαρές αλλοιώσεις στο σχήμα του σκελετού. Η αιτία διαπιστώθηκε πως ήταν το κάδμιο όταν αυτό εντοπίστηκε στα απόβλητα κοντινού μεταλλείου, τα οποία αποχύνονταν στα νερά του ποταμού Jintsu και τα οποία τελικά κατέληγαν για άρδευση ορυζώνων.



Εικόνα 3: (α) Τα αποτελέσματα της τοξικής δράσης του Καδμίου στον ανθρώπινο σκελετό. Η ασθένεια Itai-Itai. (β) Επιπτώσεις δηλητηρίασης από Υδράργυρο. Η περίπτωση της Minamata. (ανακτημένες από τους ιστότοπους: www.physiology.be και www.japan.indymedia.org)

2.3.3. Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος είναι ένα πολύ τοξικό στοιχείο, το οποίο όμως είχε διαχρονικά ποικίλες εφαρμογές στην ανθρώπινη τεχνολογία, με την παραγωγή και τη χρήση του να αυξάνονται συνεχώς (κατασκευές συσσωρευτών, χρωμάτων, προστασία καλωδίων, μονώσεις, αντικροτικά πρόσθετα καυσίμων). Στον ανθρώπινο οργανισμό εισέρχεται κυρίως μέσω του αναπνευστικού και των τροφών.

Η μεγαλύτερη πηγή ρύπανσης με μόλυβδο, τουλάχιστον τα προηγούμενα χρόνια, θα μπορούσαμε να πούμε πως εντοπίζεται στους αέριους ρύπους/ καυσαέρια. Οι τετρααιθυλιούχος και ο τετραμεθυλιούχος μόλυβδος προστίθενται στα καύσιμα ως αντικροτικά, διευκολύνοντας την αύξηση της συμπίεσης και επιτυγχάνοντας μεγαλύτερη απόδοση των κινητήρων. Έτσι, οξειδία του μολύβδου και χλωριούχος και βρωμιούχος μόλυβδος εξέρχονται ως καυσαέρια. Πλέον, για τον περιορισμό των καυσαερίων, διατίθενται καταλύτες και αμόλυβδα καύσιμα.

Ο μόλυβδος είναι το μόνο Βαρύ Μέταλλο του οποίου η συγκέντρωση στον ανοιχτό ωκεανό έχει αυξηθεί σοβαρά εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Η συσσώρευσή του στο περιβάλλον έχει φτάσει σε σημείο ακόμα και στο Νότιο Πόλο οι συγκεντρώσεις του να είναι 3-5 φορές μεγαλύτερες από τις προτεχνολογικές περιόδους.

Η τοξικότητα του μολύβδου, οφείλεται κυρίως στην ικανότητά του να αδρανοποιεί ένζυμα, αντιδρώντας με τις ομάδες -SH, όπως και τα περισσότερα Βαρέα Μέταλλα. Παρεμβαίνει κατά τη μίτωση, παρεμποδίζει την παραγωγή τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP), δομικών πρωτεϊνών και μειώνει τη φωτοσυνθετική ικανότητα των φυτών καθώς και τη διάρκεια ζωής των σπόρων (Rolfe G.L., 1975, Backlaus B., 1986).

Από τα σωματίδια ανόργανων αλάτων και οργανικών ενώσεων μολύβδου που εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω του αναπνευστικού, το 50% μπορεί να κατακρατείται στους πνεύμονες (ιδιαίτερα σωματίδια διαμέτρου 1,5-2,5 μm) και μεταφέρεται στο αίμα (Pain D.J., 1995). Στο αιμοποιητικό σύστημα ο μόλυβδος παρεμποδίζει ένζυμα βιοσύνθεσης της αίμης (d-ami-nolevulinic acid dehydratase, ALAD, συνθετάση της αίμης). Τα τοξικά φαινόμενα του μολύβδου εμφανίζονται όταν η συγκέντρωσή του στο αίμα ξεπεράσει τα 40 μg/ 100ml.

Τα κυριότερα συμπτώματα της δηλητηρίασης από μόλυβδο περιλαμβάνουν πονοκεφάλους, απώλεια όρασης, ναυτία και αναιμία. Η οξεία δηλητηρίαση (>80μg/100ml) μπορεί να προκαλέσει αναισθησία, κώμα ή ακόμα και θάνατο. Στους νεφρούς ο μόλυβδος μπορεί να αλλοιώσει τα νεφρικά σωληνάκια, ενώ επιδρά επίσης και στο νευρικό σύστημα, προκαλώντας εγκεφαλοπάθειες, κυρίως στα παιδιά (η κατακράτηση μολύβδου στα παιδιά είναι μεγαλύτερη), επηρεάζουν τις μαθησιακές ικανότητες και τη συμπεριφορά.

Η απορρόφηση του μολύβδου μέσω των εντέρων επηρεάζεται κυρίως από τη χημική σύνθεση των αλάτων του και την επάρκεια ή έλλειψη ορισμένων στοιχείων και βιταμινών (ασβέστιο, βιταμίνη C, πρωτεΐνες και διάφορα μέταλλα).

2.3.4. Υδράργυρος (Hg)

Ο υδράργυρος είναι το πλέον τοξικό μέταλλο και ευθύνεται για τα περισσότερα προβλήματα δηλητηρίασης. Είναι το μόνο μέταλλο που συναντάται σε υγρή μορφή σε θερμοκρασία δωματίου. Στη φύση απαντάται με τη μορφή θειούχου υδραργύρου και σταγονιδίων ανάμεσα σε πετρώματα. Ο υδράργυρος χρησιμοποιείται στη χημική βιομηχανία (ηλεκτρόλυση NaCl) και τη γεωργία (μυκητοκτόνα).

Ο υδράργυρος και ενώσεις αυτού συμμετέχουν σε διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις. Οι αλκυλιωμένες του ενώσεις έχουν μεγάλο συντελεστή βιοσυσσωρευσης, είναι σταθερές ενώσεις και μεταβολίζονται πολύ αργά. Η μεθυλίωση θεωρείται η κύρια διαδικασία που ελέγχει τη «βιολογική» διαθεσιμότητα του υδράργυρου (Nriagu, 1979). Μεθυλιωμένη μορφή υδραργύρου (μεθυλ-υδράργυρος, CH₃Hg⁺) συνεπάγεται αυξημένη πρόσληψη από τα ψάρια σε σύγκριση με τον ανόργανο υδράργυρο (Ribeyre and Boudou, 1983), και το μεγαλύτερο ποσοστό υδραργύρου στους ιστούς των ψαριών (70-80%) βρίσκεται σε μεθυλιωμένη μορφή (Westoo, 1966; Lockhart et al., 1972). Ο ανόργανος υδράργυρος που βρίσκεται στους πυθμένες υδάτινων σωμάτων μπορεί να μην είναι τόσο τοξικός όσο οι οργανικές του μορφές, αλλά η δράση των μικροοργανισμών μπορεί να τον μετατρέψει από τη μια μορφή στην άλλη, δημιουργώντας ανησυχίες για τα αποθέματα αυτά.

Στα επιφανειακά ύδατα οι συγκεντρώσεις υδραργύρου αυξάνονται ανάλογα με τις συγκεντρώσεις διαλυμένου οργανικού άνθρακα. Η σκληρότητα του νερού και το pH επηρεάζουν την πρόσληψη υδραργύρου από τους υδρόβιους οργανισμούς. Η αυξημένη παρουσία υδραργύρου στους ιστούς ψαριών, σε περιοχές που κατά τα άλλα θεωρούνται απομακρυσμένες από άλλες σημειακές πηγές υδραργύρου, φαίνεται πως σχετίζεται με την κατασκευή υδροηλεκτρικών φραγμάτων (Bodaly et al., 1984) και την «οξείδωση» (acidification) των επιφανειακών υδάτων (Lindqvist et al., 1984).

Σε αντίθεση με τους υδρόβιους, η βιοσυσσώρευση υδραργύρου στους χερσαίους οργανισμούς είναι σχετικά μικρή. Ο υδράργυρος δεσμεύεται ισχυρά στο έδαφος και δε μεταφέρεται εύκολα από τις ρίζες στα φύλλα και τους καρπούς (Kloke A., 1984).

Η αναγνώριση της επικινδυνότητας του υδραργύρου για την ανθρώπινη υγεία από περιβαλλοντικές πηγές χρονολογείται από τα τέλη της δεκαετίας του 1950 (D'Itri and D'Itri, 1977) και σχετίζεται με την περίπτωση της Μιναμάτα της Ιαπωνίας. Ο υδράργυρος συσσωρεύεται στους ιστούς και βιομεγεθύνεται μέσω της τροφικής αλυσίδας στα υδάτινα οικοσυστήματα.

Τα ψάρια συσσωρεύουν υδράργυρο είτε μέσω της τροφής είτε απευθείας από το νερό. Η μεταξύ των δύο περιπτώσεων σημασία στο φαινόμενο φαίνεται πως εξαρτάται τόσο από το εκάστοτε είδος (Rodgers and Beamish, 1982; Norstrom et al., 1976) όσο και από τις συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες. Το ποσοστό του υδραργύρου που συσσωρεύεται απευθείας από το νερό εξαρτάται από τη συγκέντρωση του μετάλλου στο νερό, τους μεταβολικούς ρυθμούς του ιχθύος και τη «βιοδιαθεσιμότητα».

Ο ρυθμός της συσσώρευσης και τοξικότητας πολλών μετάλλων στα ψάρια μειώνεται από την αύξηση της σκληρότητας του ύδατος ή της συγκέντρωση ασβεστίου (Pickering, 1974; Davies et al., 1976; Howarth and Sprague, 1978; Carrol et al., 1979).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Η ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ 2000/60ΕΕ

3.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Η Περιβαλλοντική Πολιτική, άρχισε να απασχολεί τα κράτη ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες. Η προστασία του περιβάλλοντος αποτελεί αντικείμενο ποικίλων Νόμων και Διαταγμάτων τόσο σε εθνικό όσο και σε υπερεθνικό επίπεδο. Η συνειδητοποίηση πως είναι επιτακτική η ανάγκη συνεργασίας των κρατών μεταξύ τους και πως η διαφύλαξη των φυσικών πόρων δεν μπορεί να επιτευχθεί απλά στα στενά πλαίσια που θέτουν τα γεωγραφικά σύνορα αποτελεί σημαντική εξέλιξη.

Στη συνέχεια παρατίθενται ενδεικτικά σχετικοί Νόμοι και αποφάσεις που έχουν ληφθεί και η ισχύς τους αφορά όχι μόνο στην Ελλάδα, αλλά σε πολλές περιπτώσεις και τα υπόλοιπα Κράτη-Μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή ακόμα και ολόκληρο τον πλανήτη.

1972 – Θεσμοθέτηση στο υπουργείο Συντονισμού της Διεύθυνσης Φυσικών Πόρων Ενέργειας και Προστασίας του Περιβάλλοντος

1973 – Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES)

1975 – Σχέδιο Δράσης για τη Μεσόγειο

1975 – Directive 75/440 για την απαιτούμενη ποιότητα επιφανειακών υδάτων που θεωρούνται πιθανές πηγές προέλευσης πόσιμου νερού κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας.

1977 – Ίδρυση της Διεύθυνσης Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων

1979 – Σύνοδος της Βόννης για τα Μεταναστευτικά Είδη

1980 – Directive 80/778 ή Drinking Water Directive για την ποιότητα νερών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Αφορά σε όλα τα ύδατα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση ανεξαρτήτου προέλευσης και επεξεργασίας εκτός των φυσικών μεταλλικών και ιαματικών

1985 – Σύνοδος της Βιέννης για την Προστασία του Στρώματος του Όζοντος

- 1987 – Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ για τις ουσίες που καταστρέφουν το Στρώμα του Όζοντος
- 1987 – Ν. 1739/87, ο πρώτος Νόμος που καθορίζει τα περί διαχείρισης υδατικών πόρων στην Ελλάδα και τις αρχές-διαδικασίες της άσκησης των αντίστοιχων δράσεων
- 1988 – Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή
- 1989 – Σύνοδος της Βασιλείας για τη Διασυνοριακή Μετακίνηση Επικίνδυνων Αποβλήτων
- 1991 – Directive 91/271 για τη διαχείριση αστικών λυμάτων πριν την απόθεσή τους σε υδάτινους αποδέκτες
- 1991 – EU Directive 91/676 για την προστασία των υδάτων από νιτρο-ρύπανση που προκαλείται από αγροτικές πηγές
- 1992 – Σύνοδος των ΗΕ για το περιβάλλον και την Ανάπτυξη/ Agenda 21
- 1992 – Σύνοδος για τη Βιοποικιλότητα
- 1995 – Παγκόσμιο Πρόγραμμα Δράσης για την Προστασία του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος από τις Επίγειες Δραστηριότητες
- 1998 – Σύνοδος του Ρότερνταμ για τη Στρατηγική Πρόληψης
- 2000 – Πρωτόκολλο της Cartagena για τη Βιοασφάλεια που υιοθετήθηκε για να αντιμετωπίσει τα ζητήματα των γενετικά τροποποιημένων οργανισμών
- 2000 – Διακήρυξη του Malmo για ενδυναμωμένη περιβαλλοντική διακυβέρνηση
- 2000 – Διακήρυξη της Χιλιετίας
- 2000 – Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΕ**
- 2001 – Σύνοδος της Στοκχόλμης για τους Επίμονους Οργανικούς Ρύπους
- 2005 – Αξιολόγηση των Οικοσυστημάτων – επισημαίνει τη σημασία των οικοσυστημάτων στην ανθρώπινη ευημερία και τις επιπτώσεις της καταστροφής των οικοσυστημάτων
- 2006 – 9^η Ειδική Συνεδρία του Διοικητικού Συμβουλίου της UNEP και 7^ο Παγκόσμιο Υπουργικό Περιβαλλοντικό Φόρουμ

3.1.1. Ο Νόμος 1739/87

Στα πλαίσια του 1739/87 καθορίστηκαν τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας ως «σύνολα λεκανών απορροής» με κατά το δυνατόν όμοιες υδρολογικές-υδρογεωλογικές συνθήκες, ενώ παράλληλα καθορίστηκαν οι βασικές αρχές αξιοποίησης, διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων. Ο Ν.1739/87 δημιούργησε τις απαραίτητες συνθήκες για να γίνει αντιληπτή η αναγκαιότητα της ορθολογικής και προγραμματισμένης χρήσης του νερού και αποτελεί τη βάση, στην οποία θα στηριχθεί η εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΕ (Ανδρεαδάκης, 2008).

3.2. Η ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ 2000/60

3.2.1. Παρουσίαση και Ανάλυση της πορείας της Οδηγίας 2000/60ΕΕ

Στις επόμενες παραγράφους, παρουσιάζεται η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60 όπως αυτή εμφανίζεται στην Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 327 της 22/12/2000 σ. 0001 – 0073:

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων:

Άρθρο 1: Σκοπός

Σκοπός της Οδηγίας είναι η θέσπιση πλαισίου για την προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων.

Άρθρο 2: Ορισμοί

13. "*Λεκάνη Απορροής Ποταμού*": Η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής μέσω διαδοχικών ρευμάτων, ποταμών και πιθανώς λιμνών και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα.

15. "*Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού*": Η θαλάσσια και χερσαία έκταση, που αποτελείται από μία ή περισσότερες γειτονικές λεκάνες απορροής ποταμού, μαζί με τα

συναφή υπόγεια και παράκτια ύδατα, και η οποία προσδιορίζεται δυνάμει του άρθρου 3 παράγραφος 1 ως η βασική μονάδα διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμού.

17. "*Κατάσταση επιφανειακών υδάτων*": Η συνολική έκφραση της κατάστασης ενός επιφανειακού υδατικού συστήματος, που καθορίζεται από τις χαμηλότερες τιμές της οικολογικής και της χημικής του κατάστασης.

21. "*Οικολογική κατάσταση*": Η ποιοτική έκφραση της διάρθρωσης και της λειτουργίας υδάτινων οικοσυστημάτων που συνδέονται με επιφανειακά ύδατα, η οποία ταξινομείται σύμφωνα με το παράρτημα V.

25. "*Καλή χημική κατάσταση υπόγειων υδάτων*": Η χημική κατάσταση συστήματος υπόγειων υδάτων, η οποία πληροί όλους τους όρους του πίνακα 2.3.2 του παραρτήματος V.

29. "*Επικίνδυνες ουσίες*": Ουσίες ή ομάδες ουσιών που είναι τοξικές, σταθερές και επιρρεπείς σε βιοσυσσώρευση, καθώς και άλλες ουσίες ή ομάδες ουσιών που δημιουργούν ανάλογο βαθμό ανησυχίας.

30. "*Ουσίες προτεραιότητας*": Ουσίες που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 16 παράγραφος 2 και απαριθμούνται στο παράρτημα X. Μεταξύ των ουσιών αυτών υπάρχουν "*επικίνδυνες ουσίες προτεραιότητας*", για τις οποίες πρέπει να ληφθούν μέτρα.

31. "*Ρύπος*": Κάθε ουσία που εμπεριέχει τον κίνδυνο να προκαλέσει ρύπανση, ιδίως αυτές που απαριθμούνται στο παράρτημα VIII.

33. "*Ρύπανση*": Η συνεπεία ανθρώπινων δραστηριοτήτων, άμεση ή έμμεση εισαγωγή, στον αέρα, το νερό ή το έδαφος, ουσιών ή θερμότητας που μπορούν να είναι επιζήμια για την υγεία του ανθρώπου ή για την ποιότητα των υδατικών οικοσυστημάτων ή των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται άμεσα από υδατικά οικοσυστήματα, συντελούν στη φθορά υλικής ιδιοκτησίας, ή επηρεάζουν δυσμενώς ή παρεμβαίνουν σε λειτουργίες αναψυχής ή σε λοιπές νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος.

Άρθρο 3: Συντονισμός διοικητικών ρυθμίσεων σε Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμού

1. Τα κράτη μέλη προσδιορίζουν τις επί μέρους Λεκάνες Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) στο εθνικό τους έδαφος και, για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας, τις υπάγουν σε επιμέρους Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμού. Οι μικρές Λεκάνες Απορροής

Ποταμού ενδεχομένως συνδυάζονται με μεγαλύτερες Λεκάνες Απορροής Ποταμού ή ενώνονται με γειτονικές μικρές Λεκάνες Απορροής Ποταμού για το σχηματισμό επιμέρους Περιοχών Λεκάνης Απορροής Ποταμού, όπου ενδείκνυται. Όταν τα υπόγεια ύδατα δεν ακολουθούν πλήρως μια συγκεκριμένη Λεκάνη Απορροής Ποταμού, τα εν λόγω ύδατα προσδιορίζονται και υπάγονται στην πλησιέστερη ή την προσφορότερη Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού. Τα παράκτια ύδατα προσδιορίζονται και υπάγονται στην ή τις πλησιέστερες ή προσφορότερες Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμού.

Άρθρο 4: Περιβαλλοντικοί στόχοι

Άρθρο 5: Χαρακτηριστικά της Περιοχής Λεκάνης Απορροής Ποταμού, επισκόπηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και οικονομική ανάλυση της χρήσης ύδατος

Άρθρο 6: Μητρώο προστατευόμενων περιοχών

Άρθρο 7: Ύδατα που χρησιμοποιούνται για την άντληση πόσιμου ύδατος

Άρθρο 8: Παρακολούθηση της κατάστασης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων και των προστατευόμενων περιοχών

Άρθρο 9: Ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος

Άρθρο 10: Η συνδυασμένη προσέγγιση για σημειακές και διάχυτες πηγές

Άρθρο 11: Πρόγραμμα μέτρων

Άρθρο 12: Θέματα που δεν μπορούν να αντιμετωπιστούν σε επίπεδο κράτους μέλους

Άρθρο 13: Σχέδια διαχείρισης Λεκάνης Απορροής Ποταμού

Άρθρο 14: Πληροφόρηση του κοινού και διαβουλεύσεις

Άρθρο 15: Υποβολή εκθέσεων

Άρθρο 16: Στρατηγικές κατά της ρύπανσης των υδάτων

2. Η Επιτροπή υποβάλλει πρόταση για τον καθορισμό καταλόγου ουσιών προτεραιότητας οι οποίες επιλέγονται μεταξύ εκείνων που παρουσιάζουν σημαντικό κίνδυνο για το υδατικό περιβάλλον ή μέσω αυτού. Στις ουσίες αποδίδεται σειρά προτεραιότητας για ανάληψη δράσης βάσει του κινδύνου που εμφανίζουν για το

υδατικό περιβάλλον, ή μέσω αυτού (αναφέρονται επίσης και οι μέθοδοι προσδιορισμού του κινδύνου).

Άρθρο 17: Στρατηγικές για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων

Άρθρο 18: Έκθεση της Επιτροπής

Άρθρο 19: Σχέδια για μελλοντικά κοινοτικά μέτρα

Άρθρο 20: Τεχνικές προσαρμογές της οδηγίας

Άρθρο 21: Κανονιστική επιτροπή

Άρθρο 22: Καταργήσεις και μεταβατικές διατάξεις

Άρθρο 23: Κυρώσεις

Άρθρο 24: Εφαρμογή

Άρθρο 25: Έναρξη ισχύος

Άρθρο 26: Αποδέκτες

Όπως προκύπτει λοιπόν από την Οδηγία, η διαχείριση των υδάτινων σωμάτων πρέπει να βασίζεται στις Λεκάνες Απορροής Ποταμών (ΛΑΠ-RB, river basin – υδρολογικές λεκάνες) και όχι τα διοικητικά όρια εντός των οποίων εντοπίζονται. Η πολιτική αυτή δυστυχώς δεν έχει υιοθετηθεί παρά σε ελάχιστες εξαιρέσεις (Ρήνος). Οι στόχοι βάσει των οποίων περιφρουρείται η καλή ποιότητα των υδάτων έχουν να κάνουν με την προστασία της οικολογίας των υδάτων, τη στοχευμένη προστασία μοναδικής αξίας οικοσυστημάτων, την προστασία των διαθέσιμων και πιθανών πηγών πόσιμου νερού. Τα παραπάνω πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις εκάστοτε υδρολογικές λεκάνες.

Το χρονοδιάγραμμα που τίθεται από την Οδηγία και βάση του οποίου όφειλαν να πορευτούν τα Κράτη-Μέλη παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Το χρονοδιάγραμμα της Οδηγίας Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60ΕΕ

Έτος	Οροθεσία	Αναφορά
2000	Η Οδηγία τίθεται σε ισχύ	
2002	Υποβάλλεται από την Επιτροπή πρόταση θέσπισης μέτρων κατά της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων	Άρθρο 17
2003	Εναρμόνιση της εθνικής νομοθεσίας των κρατών μελών με την Οδηγία	Άρθρο 23
	Προσδιορισμός των υδατικών διαμερισμάτων	Άρθρο 3
	Προσδιορισμός των αρμόδιων αρχών	
2004	Ανάλυση των χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής	Άρθρο 5
	Προσδιορισμός των πιέσεων και αξιολόγηση των επιπτώσεων	
	Οικονομική ανάλυση των χρήσεων ύδατος	
	Δημιουργία Μητρώου των προστατευόμενων περιοχών	Άρθρο 6
	Επανεξέταση του καταλόγου ουσιών προτεραιότητας	
	Καθορισμός τυποχαρακτηριστικών συνθηκών αναφοράς	Άρθρο 16
	Άσκηση Βαθμονόμησης	
2006	Κατάρτιση προγραμμάτων παρακολούθησης	Άρθρο 8
	Πληροφόρηση του κοινού και διαβουλεύσεις	Άρθρο 14
2008	Κατάρτιση προσχεδίων διαχείρισης λεκανών απορροής	Άρθρο 13
2009	Κατάρτιση τελικών σχεδίων διαχείρισης λεκανών απορροής	Άρθρο 13
	Κατάρτιση προγραμμάτων μέτρων	Άρθρο 11
2010	Ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος	Άρθρο 9
2012	Υλοποίηση προγραμμάτων μέτρων	Άρθρο 11
2015	Επίτευξη περιβαλλοντικών στόχων	Άρθρο 4
2021	Τέλος 1 ^{ου} κύκλου διαχείρισης	Άρθρα 4 και 13
2027	Τέλος 2 ^{ου} κύκλου διαχείρισης, Τελική προθεσμία για επίτευξη στόχων	Άρθρα 4 και 13

Η Οδηγία-Πλαίσιο στοχεύει στον «καθαρισμό» των ρυπασμένων υδάτων και την εξασφάλιση της διατήρησης της καλής τους κατάστασης. Η συμμετοχή των πολιτών των κρατών-μελών θεωρείται μείζονος σημασίας στην επίτευξη αυτών των στόχων. Η Οδηγία-Πλαίσιο αποτελεί το σημαντικότερο νομοθετικό εργαλείο στην προστασίας των εσωτερικών υδάτων της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Υποχρεώνει τα κράτη-μέλη να εξασφαλίσουν καλή κατάσταση (τόσο χημική όσο και οικολογική) για όλα τα υδάτινα σώματα μέχρι το 2015, χρησιμοποιώντας τις ΛΑΠ ως τη βάση διαχείρισης των υδάτων.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση (εκτός Δανίας και Ελλάδας – ελλιπή ή μη διαθέσιμα στοιχεία) προσδιορίστηκαν περισσότεροι των 70.000 επιφανειακών υδατικών πόρων (80% ποταμοί, 15% λίμνες, 5% παράκτιοι/ μεταβατικοί). Διαιρώντας τη συνολική έκταση με το πλήθος των υδατικών πόρων, προκύπτει ότι στην ΕΕ (εξαιρούνται BG, DK, FL, EL, IT), το μέσο μέγεθος ΛΑΠ είναι 93 km², ποικίλλοντας μεταξύ των Κρατών-Μελών (Κανακούδης).

Από τα δεδομένα που έχουν ήδη κατατεθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το 40% των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων εκτιμάται πως δε θα επιτύχουν τους στόχους του 2015, το 30% φαίνεται να είναι σε «καλή» κατάσταση, ενώ για το υπόλοιπο 30% δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία που να στηρίζουν την εκτίμηση. Τα αντίστοιχα ποσοστά για τα υπόγεια ύδατα είναι 30%, 25% και 45% (Εικόνα 4). Τα υψηλά αυτά νούμερα μπορεί να οφείλονται στους εξής παράγοντες:

(α) οι περιβαλλοντικοί στόχοι και η αντιμετώπιση πιέσεων που θέτει η Οδηγία-Πλαίσιο δεν περιλαμβάνονταν σε προηγούμενες πολιτικές για τα νερά (για παράδειγμα υδρο-μορφολογικές μεταβολές)

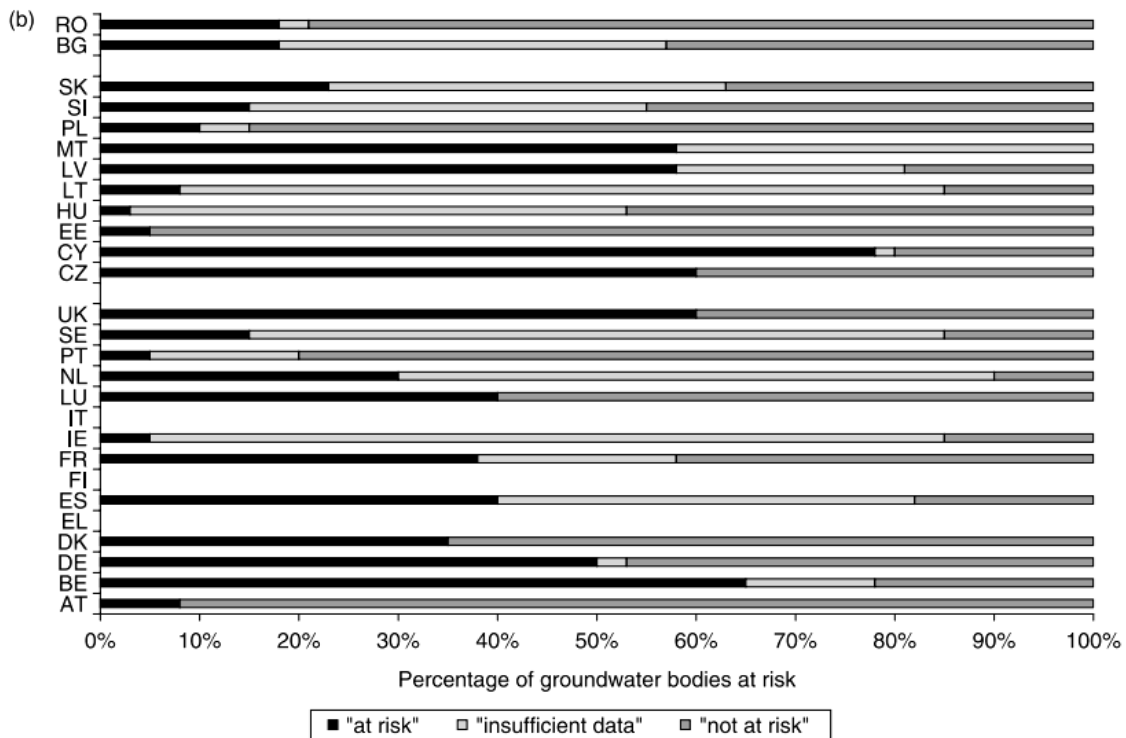
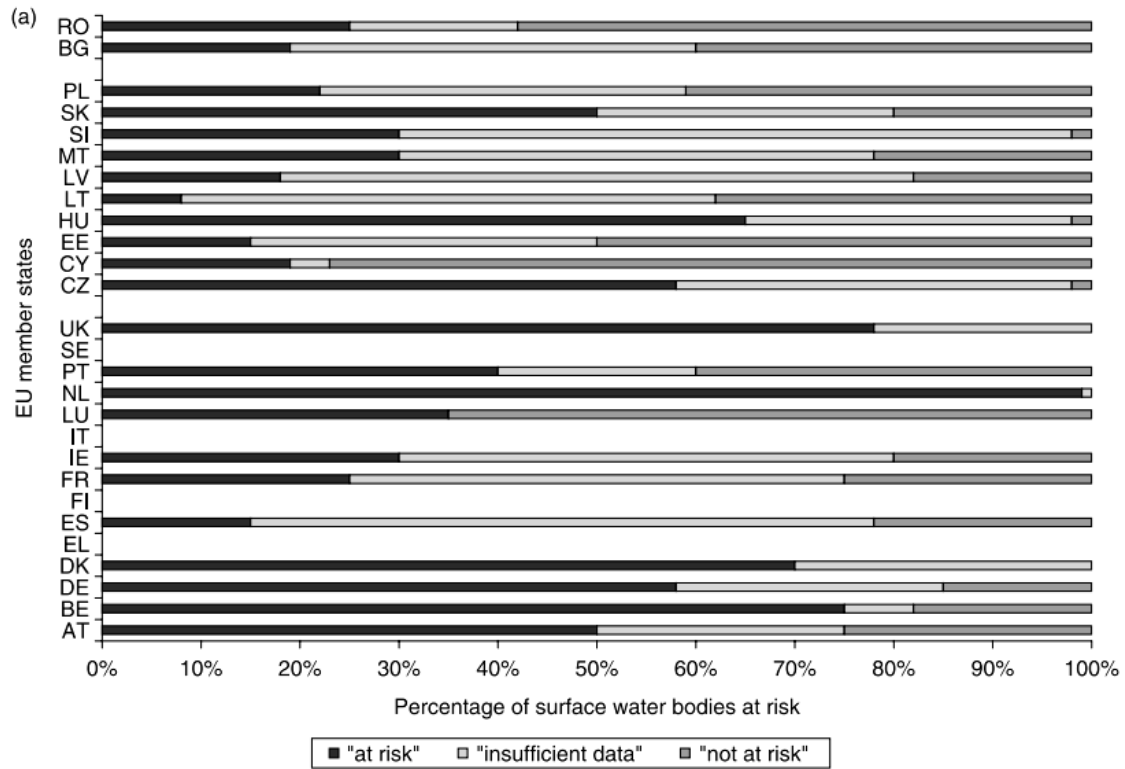
(β) η περιορισμένη ενημέρωση γύρω από το πώς αυτές οι πιέσεις μπορεί να επηρεάζουν τα οικοσυστήματα μπορεί να οδήγησαν σε συντηρητικές προσεγγίσεις, αυξάνοντας τον αριθμό των υδάτινων σωμάτων που εκτιμήθηκε ότι βρίσκονται σε κίνδυνο

(γ) κατά τη διάρκεια των εκτιμήσεων δεν ήταν διαθέσιμος ένας σαφής/ ακριβής ορισμός των «WFD water status classes», αυξάνοντας την αβεβαιότητα για πολλά υδάτινα σώματα

(δ) ορισμένα μέλη-κράτη δεν έλαβαν υπόψη τους περιβαλλοντικά μέτρα που ήταν ήδη σε ισχύ κατά την εκτίμηση των υδάτινων σωμάτων, γεγονός που θα επηρέαζε την πιθανότητα επίτευξης των στόχων της Οδηγίας

Επιπλέον, τα περισσότερα κράτη-μέλη βασίστηκαν κατά την εκτίμηση στα υπάρχοντα/ τρέχοντα στοιχεία, μη αναλογιζόμενοι περαιτέρω εφαρμογές περιβαλλοντικών νομοθεσιών και οικονομικές προβλέψεις έως το 2015.

Ακόμα και στις περιπτώσεις των υδάτινων σωμάτων όμως για τα οποία υπάρχουν στοιχεία και τα οποία κρίθηκαν ότι βρίσκονται σε όχι καλή κατάσταση, στις αναφορές των κρατών-μελών δεν περιέχονταν λεπτομερή στοιχεία για το είδος των πιέσεων που οδήγησαν στην υποβάθμισή τους. Η εκτίμηση των πιέσεων και των κινδύνων αποτελεί πλέον προτεραιότητα για τα κράτη-μέλη, ειδικά μετά τη συλλογή των δεδομένων που συλλέχθηκαν με τα προγράμματα παρακολούθησης (monitoring) των ετών 2007-2008, και είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη πολιτικής διαχείρισης των λεκανών απορροής. Για τους ίδιους λόγους ανησυχητικά είναι και τα αποτελέσματα που αφορούν στους βιολογικούς ποιοτικούς δείκτες σε πολλά κράτη-μέλη, καθώς υπάρχουν σημαντικά κενά στην ανάπτυξή τους. Έτσι προκύπτει το ερώτημα κατά πόσο τα δίκτυα παρακολούθησης θα μπορέσουν να παρέχουν ολοκληρωμένα στοιχεία για την εκτίμηση της κατάστασης των υδάτινων σωμάτων. Πρέπει να λάβουμε υπόψη επίσης το γεγονός πως μία επένδυση σε ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα παρακολούθησης θα βοηθήσει στη συνέχεια τη διαδικασία λήψης αποφάσεων να μη σπαταλήσει πόρους όπου δεν είναι απαραίτητο.



Εικόνα 4: Εκτίμηση της κατάστασης (a) των επιφανειακών και (b) υπόγειων υδάτων των Κρατών-Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Kanakoudis.V and Tsitsifli S., 2010)

Μεταξύ των κατατεθειμένων στοιχείων των Κρατών-Μελών υπάρχουν διαφορές στην ποιότητα των αναλύσεων ακόμα και μεταξύ εθνικών ΛΑΠ. Οι αναφορές έδειξαν ότι για πολλούς υδατικούς πόρους η εκτίμηση κινδύνων δεν ήταν τελική. Απαιτούνται επιπλέον στοιχεία που αφορούν στις πιέσεις για τον προσδιορισμό των επισφαλών υδατικών πόρων και απουσιάζει η πλήρης ανάλυση κινδύνων, που αποτελεί την κύρια προτεραιότητα μελετώντας τα στοιχεία των δικτύων παρακολούθησης (2007-08), ώστε να μπορούν να εκπονηθούν τα προγράμματα μέτρων. Τα διαθέσιμα στοιχεία ανάπτυξης μεθόδων βιολογικής παρακολούθησης σε πολλά Κράτη-Μέλη παρουσιάζουν ελλείψεις στην ανάπτυξη μεθόδων εκτίμησης στοιχείων βιολογικής ποιότητας, προκαλώντας αβεβαιότητα για το βαθμό στον οποίο τα δίκτυα θα δώσουν πλήρη στοιχεία για την κατάσταση των νερών. Η επένδυση στα δίκτυα παρακολούθησης αποτελεί σημαντικό παράγοντα της διαδικασίας λήψης αποφάσεων, καθώς θα βοηθήσει στον εντοπισμό των πραγματικών κινδύνων και των περιπτώσεων όπου επιβάλλεται η λήψη μέτρων, αποτρέποντας έτσι μεγαλύτερες επενδύσεις στο μέλλον.

3.2.2. Η εφαρμογή της 2000/60 στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, ορίστηκαν 14 Υδατικά Διαμερίσματα (Water Districts –WD), όπως αυτά παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Ο αριθμός αυτός μπορεί να μοιάζει υπερβολικά μεγάλος σχετικά με τη μικρή επιφάνεια της χώρας αλλά μπορεί να εξηγηθεί από τα ιδιαίτερα γεομορφολογικά χαρακτηριστικά, συμπεριλαμβανομένου του μεγάλου αριθμού μικρών ΛΑΠ (RB), τα οποία καθιστούν δύσκολη την ενσωμάτωσή τους σε μεγαλύτερα Υδατικά Διαμερίσματα (RBDs). Παράλληλα, ιδρύθηκαν πέντε διοικητικές μονάδες:

- α) Εθνική Επιτροπή Υδάτων (EEY): προτείνει την Υδατική Πολιτική και ελέγχει την εφαρμογή της
- β) Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων (ΕΣΥ): συμβουλεύει για τα προγράμματα διαχείρισης/ προστασίας υδατικών πόρων
- γ) Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων (ΚΥΥ): συντονίζει τους δημόσιους φορείς που συμμετέχουν στη διαχείριση υδάτων και εποπτεύει τις διαδικασίες παρακολούθησης

δ) Διευθύνσεις Υδάτων Περιφέρειας (ΔΥΠ): υπεύθυνες να εφαρμόζουν τοπικά μέτρα και κανονισμούς

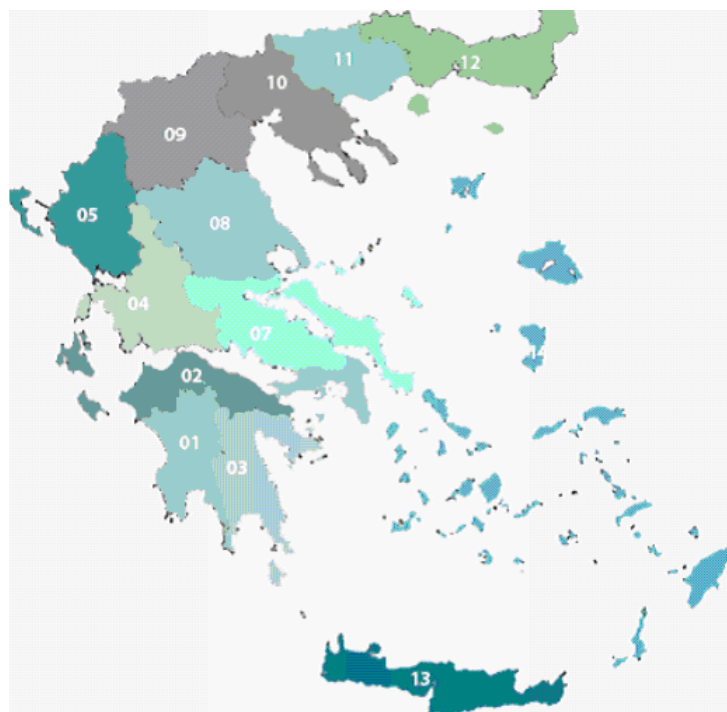
ε) Περιφερειακά Συμβούλια Υδάτων (ΠΣΥ): υπεύθυνα για διαβούλευση επί των ΣΔΛΑΠ που προτείνουν οι ΔΥΠ.

Πίνακας 3: Τα Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας

	Υδατικό Διαμέρισμα	Έκταση (km²)	Διοικητικές Περιφέρειες
1	Δυτική Πελοπόννησος	7.301	Δυτική Ελλάδα/ Πελοπόννησος
2	Βόρεια Πελοπόννησος	7.310	Δυτική Ελλάδα/ Πελοπόννησος
3	Ανατολική Πελοπόννησος	8.477	Αττική/ Πελοπόννησος
4	Δυτική Στερεά Ελλάδα	10.199	Ήπειρος/ Θεσσαλία/ Νησιά Ιονίου/ Δυτική Ελλάδα/ Στερεά Ελλάδα
5	Ανατολική Στερεά Ελλάδα	12.341	Θεσσαλία/ Δυτική Ελλάδα/ Αττική
6	Αττική	3.207	Δυτική Ελλάδα/ Πελοπόννησος/ Αττική
7	Θεσσαλία	13.377	Κεντρική Μακεδονία/ Δυτική Μακεδονία/ Θεσσαλία/ Στερεά Ελλάδα
8	Ήπειρος	10.026	Ήπειρος/ Δυτική Μακεδονία/ Νησιά Ιονίου/ Δυτική Ελλάδα
9	Δυτική Μακεδονία	13.440	Δυτική Μακεδονία/ Κεντρική Μακεδονία
10	Κεντρική Μακεδονία	10.389	Κεντρική Μακεδονία
11	Ανατολική Μακεδονία	7.280	Ανατολική Μακεδονία και Θράκη/ Κεντρική Μακεδονία
12	Θράκη	11.177	Ανατολική Μακεδονία και Θράκη
13	Κρήτη	8.335	Κρήτη
14	Νησιά του Αιγαίου	9.103	Βόρειο Αιγαίο/ Κρήτη

Οι κύριοι λόγοι που δυσχεραίνουν την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων πόρων στην Ελλάδα είναι:

- (1) η χωρική κατανομή τους, όπου το μεγαλύτερο ποσοστό εντοπίζεται στα Βόρεια και Δυτικά τμήματα της χώρας ενώ οι μεγαλύτερες ανάγκες βρίσκονται κατά μήκος των ακτογραμμών και στις μεγάλες κοιλάδες κατά τη διάρκεια του Καλοκαιριού
- (2) οι βροχοπτώσεις είναι έντονες το Χειμώνα και ελάχιστες το Καλοκαίρι, δημιουργώντας έτσι ένα αντικρουόμενο μοτίβο ζήτησης-προσφοράς
- (3) τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της χώρας συντελούν στη γρήγορη έκχυση των γλυκών νερών στις θάλασσες
- (4) το γεγονός ότι πολλά ποτάμια στη Βόρεια Ελλάδα εισρέουν από γειτονικές χώρες
- (5) οι παράκτιοι υδροφορείς είναι επιρρεπείς σε επιμόλυνση με αλμυρό νερό
- (6) η περιβαλλοντική υποβάθμιση



01 Δυτ. Πελοποννήσου	06 Αττικής	11 Ανατ. Μακεδονίας
02 Βορ. Πελοποννήσου	07 Ανατ. Στερεάς Ελλάδας	12 Θράκης
03 Ανατ. Πελοποννήσου	08 Θεσσαλίας	13 Κρήτης
04 Δυτ. Στερεάς Ελλάδας	09 Δυτ. Μακεδονίας	14 Νήσων Αιγαίου
05 Ηπείρου	10 Κεντρ. Μακεδονίας	

Εικόνα 5: Τα Υδατικά Διαμερίσματα της Ελλάδας

(ανακτημένο από τον ιστότοπο: www.lakenet.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Το χρονικό διάστημα 2007-2008, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληπτικοί έλεγχοι στα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα της χώρας, από τα οποία συλλέχθηκαν δείγματα νερού, τα οποία αναλύθηκαν για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεών τους σε Βαρέα Μέταλλα. Με αυτούς τους ελέγχους, καλύφθηκε το μεγαλύτερο ποσοστό των υδάτινων σωμάτων των δεκατριών Υδατικών Διαμερισμάτων της Ελλάδας (απουσιάζουν στοιχεία για το Υδατικό Διαμέρισμα της Κρήτης). Τα σημεία που αφορούν στα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας παρατίθενται σε πίνακες ανά Υδατικό Διαμέρισμα στο Παράρτημα Ι.

Στη διαδικασία της ανάλυσης των δειγμάτων και τον προσδιορισμό των περιεχόμενων συγκεντρώσεων σε Βαρέα Μέταλλα, συμμετείχαν εργαστήρια από όλη τη χώρα (Αθήνα, Αλεξανδρούπολη, Βόλος, Θεσσαλονίκη, Ιωάννινα, Λιβαδειά, Μεσολόγγι, Πάτρα, Σέρρες, Φλώρινα).

Τα αποτελέσματα, αφορούν τα Βαρέα Μέταλλα, τα οποία σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60, συμπεριλαμβάνονται σε δύο κατηγορίες ουσιών-τύπων (ουσίες προτεραιότητας και ειδικοί τύποι), και για τα οποία έχουν τεθεί συγκεκριμένα όρια ποιότητας.

Πιο συγκεκριμένα, τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος των Ουσιών Προτεραιότητας που εξετάσαμε, αφορούν στο Κάδμιο (Cd), το Μόλυβδο (Pb), τον Υδράργυρο (Hg) και το Νικέλιο (Ni), ουσίες οι συγκεντρώσεις των οποίων αξιολογούν την χημική κατάσταση των επιφανειακών υδάτων, ενώ τα αντίστοιχα Πρότυπα Ποιότητας Ειδικών Τύπων χρησιμεύουν στον προσδιορισμό της οικολογικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων και αφορούν στο Αρσενικό (As), το Κοβάλτιο (Co), το Χαλκό (Cu) και τον Ψευδάργυρο (Zn).

Στους Πίνακες 4 και 5 παρατίθενται τα επιτρεπόμενα όρια των Βαρέων Μετάλλων που εξετάζουμε, όπως αυτά ορίζονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2000/60.

Πίνακας 4: Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) Ουσιών Προτεραιότητας για την ταξινόμηση της χημικής κατάστασης συστημάτων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.

	Ουσία	Αριθμός CAS	Ετήσια Μέση Συγκέντρωση/ ΕΜΣ – ΠΠΠ (µg/l)	Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση/ ΕΜΣ – ΠΠΠ (µg/l)
1	Κάδμιο και ενώσεις του (Ανάλογα με τις κατηγορίες σκληρότητας ύδατος)	7440-43-9	≤0,08 (Κατηγορία 1) 0,08 (Κατηγορία 2) 0,09 (Κατηγορία 3) 0,15 (Κατηγορία 4) 0,25 (Κατηγορία 5)	≤0,45 (Κατηγορία 1) 0,45 (Κατηγορία 2) 0,60 (Κατηγορία 3) 0,90 (Κατηγορία 4) 1,50 (Κατηγορία 5)
2	Μόλυβδος και ενώσεις του	7439-92-1	7,2	Δεν εφαρμόζεται
3	Υδράργυρος και ενώσεις του	7439-97-6	0,05	0,07
4	Νικέλιο και ενώσεις του	7440-02-0	20	Δεν εφαρμόζεται

Πίνακας 5: Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) Ειδικών Ρύπων για τον προσδιορισμό της οικολογικής κατάστασης συστημάτων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.

	Ουσία	Αριθμός CAS	Ετήσια Μέση Συγκέντρωση/ ΕΜΣ – ΠΠΠ (µg/l)
1	Αρσενικό	7440-38-2	30
2	Κοβάλτιο	7440-48-4	20
3	Χαλκός	7440-50-8	3 (<40 mg CaCO ₃ /l) 6 (40-50 mg CaCO ₃ /l) 9 (50-100 mg CaCO ₃ /l) 17 (100-200 mg CaCO ₃ /l) 26 (>200 mg CaCO ₃ /l)
4	Χρώμιο		3
5	Ψευδάργυρος	7440-66-6	8 (<50 mg CaCO ₃ /l) 50 (50-100 mg CaCO ₃ /l) 75 (100-200 mg CaCO ₃ /l) 125 (>200 mg CaCO ₃ /l)

Στις περιπτώσεις του Καδμίου, του Χαλκού και του Ψευδαργύρου, τα όρια της επιτρεπόμενης συγκέντρωσης, μεταβάλλονται ανάλογα με την κατηγορία σκληρότητας ύδατος στην οποία ανήκει κάθε υδάτινο σώμα. Όπου δεν ήταν εφικτή η απόκτηση των τιμών σκληρότητας για τα επιφανειακά σώματα, παρουσιάζονται οι περιπτώσεις στις οποίες παρατηρήθηκε υπέρβαση του ανώτατου επιτρεπόμενου ορίου όλων των κατηγοριών σκληρότητας ύδατος.

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητο να σημειωθεί ότι σε πολλές από τις περιπτώσεις που εξετάστηκαν, είναι πιθανόν οι υπερβάσεις των Ορίων Ποιότητας Περιβάλλοντος που παρατηρήθηκαν να είναι πλασματικές λόγω των υψηλών ορίων ανίχνευσης (LOD) και ποσοτικοποίησης (LOQ) των αναλυτικών μεθόδων που εφαρμόστηκαν για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων των Βαρέων Μετάλλων.

Σύμφωνα με τη διεθνή πρακτική, σε περιπτώσεις που η συγκέντρωση μιας ουσίας είναι μικρότερη από το όριο ποσοτικοποίησης της μεθόδου, η τιμή που αποδίδεται είναι το μισό του ορίου ποσοτικοποίησης (δηλ. LOQ/2). Επίσης, στις περιπτώσεις που η συγκέντρωση μιας ουσίας είναι μικρότερη του ορίου ανίχνευσης της μεθόδου η τιμή που καταγράφεται είναι το μισό του ορίου ανίχνευσης και όχι το μηδέν. Πολλές φορές όμως τα όρια ανίχνευσης ή ακόμη και ποσοτικοποίησης (LOQ) είναι μεγαλύτερα των ορίων Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος που τίθενται για τους ρύπους αυτούς με αποτέλεσμα να προκύπτουν **πλασματικές υπερβάσεις**.

Στη συνέχεια επιχειρείται μια προσπάθεια εκτίμησης της χημικής και οικολογικής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα, θεωρώντας ότι οι αναφερόμενες τιμές είναι πραγματικές τιμές συγκεντρώσεων και αναγνωρίζοντας ότι με βάση τα ανωτέρω αυτή η προσέγγιση θα οδηγήσει σε μια υπερεκτίμηση του αριθμού των μη συμμορφώσεων με την Οδηγία Πλαίσιο.

4.1. ΟΥΣΙΕΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ

4.1.1. Κάδμιο (Cd)

Για Κάδμιο, ελέγχθηκαν 103 σημεία το 2007 και 49 σημεία το 2008. Στους Πίνακες 6 και 7, παρουσιάζονται οι περιπτώσεις στις οποίες υπολογίστηκαν συγκεντρώσεις που αποτελούν υπέρβαση των ορίων που έχουν τεθεί για την πέμπτη κατηγορία σκληρότητας ύδατος, δηλαδή: ετήσια μέση συγκέντρωση άνω των 0,25μg/L και μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση 1,5μg/L. Στις περιπτώσεις στις οποίες οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις είναι χαμηλότερες των ορίων της πρώτης κατηγορίας, τα υδάτινα σώματα δε θεωρούνται επισφαλή (μέγιστη παρατηρούμενη συγκέντρωση μικρότερη των 0,45μg/L και ετήσια μέση συγκέντρωση μικρότερη των 0,08μg/L). Όπως έχει ήδη αναφερθεί, πολλές από τις υπερβάσεις αυτές είναι πλασματικές.

Πίνακας 6: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Καδμίου άνω των 0,25μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ Cd (μg/L)	
			2007	2008
1	ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μονή Ιλαρίωνα	3,02	1,06
2		Εκβολές	2,13	0,42
3	ΑΕΙΟΣ – ΣΑΚΟΥΛΕΒΑΣ	Ανάντη Τριπόταμου	0,5	
4	ΑΕΙΟΣ	Γέφυρα Αξιούπολης	0,3	
5		Γέφυρα Χαλάστρας – Εθνικής Οδού	0,3	
6	ΑΡΑΠΙΤΣΑ	Ανάντη συμβολής με Τάφρο 66	0,4	
7	ΑΡΑΧΘΟΣ	Γέφυρα Πλάκας	13,04	
8	ΑΡΔΑΣ	Γέφυρα Κομάρων	3,56	
9		Συμβολή στον Έβρο	3,25	
10	ΕΒΡΟΣ	Βύσσα	3,41	
11		Δίκαια –ΣΑΜ	3,44	
12		Λαγυνά	3,24	
13		Κήποι – ΣΑΜ	3,24	
14		Δέλτα	3,35	
15	ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ	Φράγμα Άγρα	0,5	
16	ΕΡΥΘΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	Ανάντη Διδυμότειχου	3,27	
17	ΚΑΛΑΜΑΣ	Εκβολές	2,57	
18	ΚΟΜΨΑΤΟΣ	Χωριό Μωσαϊκό	3,29	
19	ΚΟΣΣΥΝΘΟΣ	Κατάντη Γέφυρας Πολυσίτου	3,29	
20	ΛΙΜΝΗ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ	Είσοδος	2,44	0,3
21		Χωριό Περαία	2,57	2,25
22		Χωριό Άρνισσα	0,5	

23	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Δυτική Όχθη	0,52	
24		Λάγος	373,52	
25	ΛΙΜΝΗ ΒΟΛΒΗ	Κοινότητα Μικρής Βόλβης	0,3	1,06
26	ΛΙΜΝΗ ΔΟΙΡΑΝΗ	Κοινότητα Δοιράνης	0,3	
27	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Ανατολικό Άκρο		1,85
28		Βόρειο Άκρο	4,2	
29	ΛΙΜΝΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Πλαζ ΕΟΤ	2,87	
30	ΛΙΜΝΗ ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	Άγιος Αχιλλεϊος	2,3	0,32
31	ΛΙΜΝΗ ΠΕΤΡΩΝ	Είσοδος	0,6	
32		Έξοδος	2,69	0,35
33	ΛΙΣΣΟΣ	Χωριό Αρίσβη	3,33	
34		Θέση Μαυρομάτη	3,7	
35	ΛΟΥΔΙΑΣ	Όρια Πέλλας-Ημαθίας	0,3	
36	ΛΟΥΡΟΣ	Μετά τη συμβολή Λυμποχωτίτη	0,52	
37	ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Έξοδος όρμου Ψαράδων	2,88	
38	ΜΠΟΣΜΠΟΣ	Γέφυρα Παγουριών	3,55	
39	ΝΕΣΤΟΣ	Ποταμοί	0,3	0,25
40		Τοξότες	24,39	
41		Χρυσούπολη	27,49	
42		Εκβολές	27	
43	ΡΕΜΑ ΣΟΥΛΟΥ	Γέφυρα Πενταβρύσου	2,77	1,34
44	ΣΤΡΥΜΩΝΑΣ	Αμφίπολη	0,3	0,25
45		Προμαχώνας	0,3	0,25
46	ΤΑΦΡΟΣ 66	Ανάτη εκβολής στον Αλιάκμονα	2,81	0,56
47		Αγγελοχώρι	0,4	
48		Περιοχή Κάτω Λιποχωρίου	0,4	
49	ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη	30,21	
50	ΦΡΑΓΜΑ ΒΟΖΒΟΖΗ		2,99	
51	ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΛΟΥΤΡΟΥ	Διπόταμος – φράγμα	3,37	

Πίνακας 7: Περιπτώσεις Μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Καδμίου άνω των 1,5μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ Cd (μg/L)	
			2007	2008
1	ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μονή Ιλαρίωνα	3,05	3,29
2		Εκβολές	3,05	
3	ΑΡΑΧΘΟΣ	Γέφυρα Πλάκας	52	
4	ΑΡΔΑΣ	Γέφυρα Κομάρων	3,56	
5		Συμβολή στον Έβρο	3,25	
6	ΕΒΡΟΣ	Βύσσα	3,41	
7		Δίκαια –ΣΑΜ	3,44	
8		Λαγυνά	3,24	
9		Κήποι – ΣΑΜ	3,24	
10		Δέλτα	3,35	
11	ΕΡΥΘΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	Ανάτη Διδυμότειχου	3,27	
12	ΚΑΛΑΜΑΣ	Εκβολές	10,2	
13	ΚΟΜΨΑΤΟΣ	Χωριό Μωσαϊκό	3,29	
14	ΚΟΣΣΥΝΘΟΣ	Κατάντη Γέφυρας Πολυσίτου	3,29	

15	ΛΙΜΝΗ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ	Είσοδος	3,94	
16		Χωριό Περαιά	3,98	7,33
17	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Λάγος	373,52	
18	ΛΙΜΝΗ ΒΟΛΒΗ	Κοινότητα Μικρής Βόλβης		3,54
19	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Ανατολικό Άκρο		3,49
20		Βόρειο Άκρο	4,2	
21	ΛΙΜΝΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Πλαζ ΕΟΤ	3,5	
22	ΛΙΜΝΗ ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	Άγιος Αχιλλεϊος	3,51	
23	ΛΙΜΝΗ ΠΕΤΡΩΝ	Έξοδος	4,04	
24	ΛΙΣΣΟΣ	Χωριό Αρίσβη	3,33	
25		Θέση Μαυρομάτη	3,7	
26	ΛΟΥΡΟΣ	Μετά τη συμβολή Λυμποχωτίτη	2,02	
27	ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Έξοδος όρμου Ψαράδων	3,3	
28	ΜΠΟΣΜΠΟΣ	Γέφυρα Παγουριών	3,55	
29	ΝΕΣΤΟΣ	Τοξότες	24,39	
30		Χρυσούπολη	27,49	
31		Εκβολές	27	
32	ΡΕΜΑ ΣΟΥΛΟΥ	Γέφυρα Πενταβρύσου	2,99	3,02
33	ΤΑΦΡΟΣ 66	Ανάτη εκβολής στον Αλιάκμονα	2,83	
34	ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη	30,21	
35	ΦΡΑΓΜΑ ΒΟΖΒΟΖΗ		2,99	
36	ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΛΟΥΤΡΟΥ	Διπόταμος – φράγμα	3,37	

Τα ποσοστά των σημείων που χαρακτηρίζονται «ασφαλή», δηλαδή με συγκεντρώσεις μικρότερες αυτών που ορίζονται για την πρώτη κατηγορία σκληρότητας ύδατος, ανέρχονται στο 26,5% για το 2007, και στο 56,3% για το 2008. Για τα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψίας, εκτός των επισφαλών και των ασφαλών, απαιτείται γνώση της κατηγορίας σκληρότητας ύδατος στην οποία ανήκει το κάθε ένα για να εξαχθούν συμπεράσματα.

Αξίζει να σημειωθεί, πως στα σημεία στα οποία καταγράφηκε υπέρβαση της Μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης, επίσης παρατηρείται και υπέρβαση της Ετήσιας Μέσης συγκέντρωσης. Καθώς ο αριθμός δειγματοληψιών είναι μικρός (έως τέσσερις ετησίως) για να μας εξασφαλίσει με βεβαιότητα πως οι υπερβάσεις της Ετήσιας Μέσης συγκέντρωσης στο σύνολό τους είναι πραγματικές, οι παρατηρούμενες υπερβάσεις της Μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης θεωρούνται ενδεικτικότερες της κατάστασης των αντίστοιχων υδάτινων σωμάτων. Υπέρβαση της Μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης και στα δύο χρόνια δειγματοληψίας παρατηρήθηκε στον Αλιάκμονα, στο Ρέμα Σουλού και στη Λίμνη Βεγορίτιδα η οποία αποτελεί και τον τελικό αποδέκτη των νερών του Ρέματος. Και τα τρία αυτά υδάτινα σώματα ανήκουν στο Υδατικό Διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας.

Οι Μέσες Ετήσιες συγκεντρώσεις που αναγράφονται στον Πίνακα 6 δεν αποτελούν στο σύνολό τους πραγματικές υπερβάσεις, λόγω των ορίων ανίχνευσης και ποσοτικοποίησης των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν και του μικρού αριθμού δειγμάτων. Ερμηνεύοντας τις τιμές του Πίνακα 6, συνυπολογίζοντας αυτές τις παραμέτρους, θα χαρακτηρίζαμε ως «σε κίνδυνο», αναφορικά με το Κάδμιο, μόνο 13 σημεία από 103 που ελέγχθηκαν το 2007, και 6 από τα αντίστοιχα 49 του 2008.

Πίνακας 8: Υδάτινα σώματα «σε κίνδυνο» αναφορικά με το Κάδμιο (Cd)

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ Cd (µg/L)	
			2007	2008
1	ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μονή Ιλαρίωνα	3,02	1,06
2		Εκβολές	2,13	0,42
3	ΑΡΑΧΘΟΣ	Γέφυρα Πλάκας	13,04	
4	ΚΑΛΑΜΑΣ	Εκβολές	2,57	
5	ΛΙΜΝΗ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ	Είσοδος	2,44	
6		Χωριό Περαία	2,57	2,25
7	ΛΙΜΝΗ ΒΟΛΒΗ	Κοινότητα Μικρής Βόλβης		1,06
8	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Ανατολικό Άκρο		1,85
9	ΛΙΜΝΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Πλαζ ΕΟΤ	2,87	
10		Έξοδος Όρμου Ψαράδων	2,88	
11	ΛΙΜΝΗ ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	Άγιος Αχίλλειος	2,3	
12	ΛΙΜΝΗ ΠΕΤΡΩΝ	Έξοδος	2,69	
13	ΛΟΥΡΟΣ	Μετά τη συμβολή Λυμποχωτίτη	0,52	
14	ΡΕΜΑ ΣΟΥΛΟΥ	Γέφυρα Πενταβρύσου	2,77	1,34
15	ΤΑΦΡΟΣ 66	Ανάπτυξη εκβολής στον Αλιάκμονα	2,81	

4.1.2. Μόλυβδος (Pb)

Στην περίπτωση του Μολύβδου, τα όρια που προβλέπονται ώστε να υπάρχει εναρμόνιση με τις κατευθυντήριες της ευρωπαϊκής νομοθεσίας, αφορούν στην Ετήσια Μέση επιτρεπόμενη συγκέντρωση, ενώ δεν εφαρμόζονται αντίστοιχα όρια Μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης. Στις περιπτώσεις όπου δεν κρίνεται απαραίτητη η θέσπιση ορίου Μέγιστης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης, όπως στην περίπτωση του Μολύβδου, οι επιτρεπόμενες Μέσες τιμές θεωρούνται επαρκώς χαμηλές για την προστασία των υδάτινων σωμάτων έναντι βραχυπρόθεσμων αιχμών ρύπανσης, καθώς είναι σημαντικά χαμηλότερες από τις τιμές που προκύπτουν με βάση την οξεία τοξικότητα των μετάλλων. Η τιμή την οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει η Ετήσια Μέση συγκέντρωση του Μολύβδου στα υδάτινα σώματα είναι 7,2μg/L και οι καταγεγραμμένες υπερβάσεις της τιμής αυτής παρουσιάζονται στον Πίνακα 9.

Πίνακας 9: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Μολύβδου άνω των 7,2μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ Pb (μg/l)	
			2007	2008
1	ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μετά την εκβολή Γρεβενίτικου	10,9	
2	ΑΡΔΑΣ	Γέφυρα Κομάρων	14,99	
3		Συμβολή στον Έβρο	10,82	
4	ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ	Χωριό Περαία	9,82	
5	ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Δυτική Όχθη	126,4	
6		Λάγος	149,92	
7	ΕΒΡΟΣ	Δίκαια – ΣΑΜ	11,74	
8		Βύσσα	17,99	
9		Λαγυνά	14,21	
10		Κήποι – ΣΑΜ	15,59	
11		Δέλτα	15,94	
12	ΕΡΥΘΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	Ανάнти Διδυμότειχου	10,9	
13	ΚΟΜΨΑΤΟΣ	Χωριό Μωσαικό	11,42	
14	ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Δυτικό Άκρο - Άγιος Βασίλειος		106,85
15		Ανατολικό άκρο		24,4
16		Βόρειο άκρο	48,4	
17	ΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ	Κατάντι αποβλήτων ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου	7,6	
18	ΛΙΜΝΗ ΠΕΤΡΩΝ	Έξοδος	11,34	
19	ΛΙΜΝΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ	Υδατοφράκτης	7,6	
20	ΛΙΣΣΟΣ	Θέση Μαυρομάτη	9,48	
21		Χωριό Αρίσβη	7,55	
22	ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Πλαζ ΕΟΤ	10,11	
23	ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	Άγιος Αχιλλεως	9,08	
24	ΝΕΣΤΟΣ	Τοξότες	125,4	

25		Χρυσούπολη	107,8	
26		Εκβολές	115,88	
27	ΦΡΑΓΜΑ ΒΟΖΒΟΖΗ		10,37	
28	ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΛΟΥΤΡΟΥ	Διπόταμος - Φράγμα	14,01	

Όσον αφορά στο Μόλυβδο, **καμία** από τις υπερβάσεις που παρατηρήθηκαν στο δεν μπορούν να θεωρηθούν «πραγματικές» καθώς προκύπτουν από έναν και μοναδικό έλεγχο. Εντούτοις, στη Λίμνη Κορώνεια εντοπίζεται υπέρβαση του ορίου και την επόμενη χρονιά (αν και σε διαφορετικά σημεία). Περισσότεροι δειγματοληπτικοί έλεγχοι κρίνονται απαραίτητοι για τη διεξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και για την καλύτερη διερεύνηση της κατάστασης της Κορώνειας.

Εντούτοις, στο βαθμό που μπορούμε να θεωρήσουμε ικανοποιητικό τον αριθμό των δύο έως τεσσάρων δειγματοληπτικών ελέγχων ανά σημείο, μπορούμε να χαρακτηρίσουμε «ασφαλή» 40 και 45 σημεία όσον αφορά το Μόλυβδο για τα έτη 2007 και 2008 αντίστοιχα.

4.1.3. Νικέλιο (Ni)

Όπως και στην περίπτωση του Μολύβδου, εφαρμόζονται πρότυπα ποιότητας που αφορούν μόνο στην Ετήσια Μέση επιτρεπόμενη συγκέντρωση, η οποία ορίζεται ίση με 20µg/L. Οι υπερβάσεις που προκύπτουν από τα δεδομένα των δειγματοληψιών παρουσιάζονται στον Πίνακα 10.

Πίνακας 10: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Νικελίου άνω των 20µg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ Ni (µg/L)	
			2007	2008
1	ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μετά την εκβολή Γρεβενίτικου	45,1	
2		Μονή Ιλαρίωνα	26,67	
3	ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Δυτικό Άκρο – Άγιος Βασίλειος		25,1
4		Ανατολικό Άκρο		29,25
5	ΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΑΜΑΙΔΑΣ	Κατάντη αποβλήτων ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου	30,8	
6	ΝΕΣΤΟΣ	Τοξότες	123,05	

Από τα 92 σημεία που συμπεριλήφθηκαν στους δειγματοληπτικούς ελέγχους μόνο στα 4 ανιχνεύτηκαν Μέσες Ετήσιες συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν το όριο, και από αυτά μόνο η περίπτωση του Αλιάκμονα στο σημείο «Μονή Ιλαρίωνα» βασίζεται σε δεδομένα που προέκυψαν από περισσότερους του ενός ελέγχους και επομένως μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστη. Αντίστοιχα για το 2008, παρατηρήθηκαν μόνο 2 υπερβάσεις στο σύνολο 47 Μέσων Ετήσιων συγκεντρώσεων. Οι τιμές που παρουσιάζονται στον Αλιάκμονα στο σημείο «Μονή Ιλαρίωνα», και στο Δυτικό άκρο της Λίμνης Κορώνειας, είναι αρκετά κοντά στην επιτρεπόμενη τιμή. Ιδιαίτερα για το σημείο «Μονή Ιλαρίωνα», αναφέρουμε πως την επόμενη χρονιά, στον υπολογισμό της Ετήσιας Μέσης συγκέντρωσης Νικελίου, πραγματοποιήθηκαν περισσότεροι δειγματοληπτικοί έλεγχοι και δεν εμφανίστηκε αντίστοιχη υπέρβαση. Τα «ασφαλή» σημεία για τα έτη 2007 και 2008, βάση των δεδομένων μας, εκτιμώνται σε 39 και 44 αντίστοιχα.

4.1.4. Υδράργυρος (Hg)

Στους Πίνακες 11 και 12 παρουσιάζονται τα υδάτινα σώματα στα οποία καταγράφηκαν υπερβάσεις της επιτρεπόμενης Ετήσιας Μέσης (0,05μg/L) και της Μέγιστης (0,07μg/L) συγκέντρωσης Υδραργύρου αντίστοιχα.

Πίνακας 11: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Υδραργύρου άνω των 0,05μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ Hg (μg/L)	
			2007	2008
1	ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μονή Ιλαρίωνα		0,05
2		Εκβολές		0,05
3	ΑΛΦΕΙΟΣ	Εκβολές		0,19
4	ΑΕΙΟΣ	Γέφυρα Αξιούπολης	0,15	0,61
5		Γέφυρα Χαλάστρας – Εθνικής Οδού	0,15	0,15
6	ΑΡΑΧΘΟΣ	Γέφυρα Πλάκας	0,16	0,12
7		Γέφυρα Νεοχωρίου	0,12	0,16
8		Φράγμα Πουρναρίου	0,12	0,16
9	ΑΡΔΑΣ	Γέφυρα Κομάρων		3,2
10		Συμβολή στον Έβρο		2,4
11	ΑΣΩΠΙΟΣ	Εκβολές – Γέφυρα Εθνικής Οδού		0,15
12	ΑΧΕΛΩΟΣ	Γέφυρα Ματσουκίου		0,15
13		Γέφυρα Κατοχής		0,15
14	ΑΧΕΡΟΝΤΑΣ	Γέφυρα Καστρίου	0,16	0,13
15	ΑΩΟΣ	Γέφυρα Κόνιτσας	0,16	0,16
16		Γέφυρα Μπουραζανίου	0,16	0,12
17		Λίμνη πηγών Αώου	0,12	0,16
18	ΒΟΙΔΟΜΑΤΗΣ	Αρίστη	0,12	0,12
19	ΒΟΙΩΤΙΚΟΣ	Εκβολή στην Υλίκη		0,15
20	ΒΩΒΟΣ – ΛΟΥΡΟΣ	Εκβολές	0,19	0,13
21	ΓΛΑΥΚΟΣ	Φράγμα		0,12
22	ΕΒΡΟΣ	Βύσσα		1,87
23		Γέφυρα Πυθίου		1,52
24		Δίκαια –ΣΑΜ		4,75
25		Κατάνη Διδυμότειχου		3,35
26		Λαγυνά		3,75
27		Κήποι – ΣΑΜ		4,35
28		Δέλτα		4,8
29	ΕΥΡΩΤΑΣ	Κατάνη συμβολής με ρέμα Γερακάρι	0,08	
30		Εκβολές – Θέση Σκάλα	1,3	0,09
31	ΚΑΛΑΜΑΣ	Καλπάκι	0,12	0,16
32		Γέφυρα Βροσίνας	0,12	0,12
33		Εκβολές	0,16	0,16
34	ΚΟΜΨΑΤΟΣ	Χωριό Μωσαϊκό		4,8
35	ΚΟΣΣΥΝΘΟΣ	Κατάνη Γέφυρας Πολυσίτου		2,4

36	ΛΙΜΝΗ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ	Είσοδος		0,05
37		Χωριό Περαία		0,05
38	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Δυτική Όχθη		8,3
39		Λάγος		0,48
40	ΛΙΜΝΗ ΒΟΛΒΗ	Κοινότητα Μικρής Βόλβης	0,15	0,15
41	ΛΙΜΝΗ ΔΟΙΡΑΝΗ	Κοινότητα Δοιράνης	0,15	0,26
42	ΛΙΜΝΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	Κέντρο	0,13	0,25
43	ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	Κέντρο		0,15
44	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Άγιος Βασίλειος		0,05
45		Ανατολικό Άκρο		0,05
46		Βόρειο Άκρο	0,15	
47	ΛΙΜΝΗ ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Πλαζ ΕΟΤ		0,05
48	ΛΙΜΝΗ ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	Άγιος Αχιλλεϊος		0,05
49	ΛΙΜΝΗ ΠΕΤΡΩΝ	Έξοδος		0,05
50	ΛΙΜΝΗ ΤΡΙΧΩΝΙΔΑ	Κανάλι απορροής		0,15
51	ΛΙΣΣΟΣ	Χωριό Αρίσβη		0,16
52		Θέση Μαυρομάτη		7,9
53	ΛΟΥΔΙΑΣ	Όρια Πέλλας-Ημαθίας	0,15	0,26
54	ΛΟΥΡΟΣ	Γέφυρα Αγίου Γεωργίου	0,12	0,19
55		Μετά τη συμβολή Λυμποχωτίτη	0,16	0,13
56	ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Έξοδος όρμου Ψαράδων		0,05
57	ΜΕΓΑΝΙΤΗΣ	Κατάντη Γέφυρας Κουνινιώτη	0,05	
58	ΜΠΟΣΜΠΟΣ	Γέφυρα Παγουριών		0,39
59	ΝΕΣΤΟΣ	Ποταμοί	0,15	0,25
60		Τοξότας		0,78
61		Χρυσούπολη		8,43
62		Εκβολές		0,44
63	ΠΗΝΕΙΟΣ	Εκβολές		0,12
64	ΡΕΜΑ ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ	Τάφος Λαψίστας	0,16	0,08
65	ΡΕΜΑ ΣΟΥΛΟΥ	Γέφυρα Πενταβρύσου		0,05
66	ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ	Εκβολές – ανάντη βιομ. ΕΛΚΕ		0,15
67	ΣΤΡΥΜΩΝΑΣ	Αμφίπολη	0,15	0,25
68		Προμαχώνας	0,15	0,25
69	ΤΑΦΡΟΣ 66	Ανάντη εκβολής στον Αλιάκμονα		0,05
70	ΤΑΦΡΟΣ ΚΑΣΤΡΙΤΣΑΣ		0,19	0,16
71	ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη		4,5
72	ΦΡΑΓΜΑ ΒΟΖΒΟΖΗ			0,25
73	ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΛΟΥΤΡΟΥ	Διπόταμος - φράγμα		1,3

Πίνακας 12: Περιπτώσεις Μέγιστης Επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Υδραργύρου άνω των 0,07μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ Hg (μg/L)	
			2007	2008
1	ΑΛΦΕΙΟΣ	Εκβολές		0,15
2	ΑΞΙΟΣ	Γέφυρα Αξιούπολης	0,15	2,1
3		Γέφυρα Χαλάστρας – Εθνικής Οδού	0,15	0,25
4	ΑΡΑΧΘΟΣ	Γέφυρα Πλάκας	0,25	0,25
5		Γέφυρα Νεοχωρίου	0,25	0,25
6		Φράγμα Πουρναρίου	0,25	0,25
7	ΑΡΔΑΣ	Γέφυρα Κομάρων		5,2
8		Συμβολή στον Έβρο		2,8
9	ΑΣΩΠΟΣ	Εκβολές – Γέφυρα Εθνικής Οδού		0,15
10	ΑΧΕΛΩΟΣ	Γέφυρα Ματσουκίου		0,15
11		Γέφυρα Κατοχής		0,15
12	ΑΧΕΡΟΝΤΑΣ	Γέφυρα Καστρίου	0,25	0,25
13	ΑΩΟΣ	Γέφυρα Κόνιτσας	0,25	0,25
14		Γέφυρα Μπουραζανίου	0,25	0,25
15		Λίμνη πηγών Αώου	0,25	0,25
16	ΒΟΙΔΟΜΑΤΗΣ	Αρίστη	0,25	0,25
17	ΒΟΙΩΤΙΚΟΣ	Εκβολή στην Υλίκη		0,15
18	ΒΩΒΟΣ – ΛΟΥΡΟΣ	Εκβολές	0,25	0,25
19	ΓΛΑΥΚΟΣ	Φράγμα		0,15
20	ΕΒΡΟΣ	Βύσσα		3,5
21		Γέφυρα Πυθίου		2,8
22		Δίκαια –ΣΑΜ		5,8
23		Κατάντη Διδυμότειχου		6,2
24		Λαγυνά		6,9
25		Κήποι – ΣΑΜ		6,5
26		Δέλτα		8,1
27	ΕΥΡΩΤΑΣ	Κατάντη συμβολής με ρέμα Γερακάρι	0,08	
28		Εκβολές – Θέση Σκάλα	1,3	0,15
29	ΚΑΛΑΜΑΣ	Καλπάκι	0,25	0,25
30		Γέφυρα Βροσίνας	0,25	0,25
31		Εκβολές	0,25	0,25
32	ΚΟΜΨΑΤΟΣ	Χωριό Μωσαϊκό		4,8
33	ΚΟΣΣΥΝΘΟΣ	Κατάντη Γέφυρας Πολυσίτου		2,4
34	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Δυτική Όχθη		10,6
35		Λάγος		0,7
36	ΛΙΜΝΗ ΒΟΛΒΗ	Κοινότητα Μικρής Βόλβης	0,15	0,25
37	ΛΙΜΝΗ ΔΟΙΡΑΝΗ	Κοινότητα Δοιράνης	0,15	0,7
38	ΛΙΜΝΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	Κέντρο	0,25	0,25
39	ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	Κέντρο		0,15
40	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Βόρειο Άκρο	0,15	
41	ΛΙΜΝΗ ΤΡΙΧΩΝΙΔΑ	Κανάλι απορροής		0,15
42	ΛΙΣΣΟΣ	Χωριό Αρίσβη		0,25
43		Θέση Μαυρομάτη		7,9
44	ΛΟΥΔΙΑΣ	Όρια Πέλλας-Ημαθίας	0,15	0,7
45	ΛΟΥΡΟΣ	Γέφυρα Αγίου Γεωργίου	0,25	0,25

46		Μετά τη συμβολή Λυμποχωτίτη	0,25	0,25
47	ΜΕΓΑΝΙΤΗΣ	Κατάντη Γέφυρας Κουνινιώτη	0,08	
48	ΜΠΟΣΜΠΟΣ	Γέφυρα Παγουριών		0,7
49	ΝΕΣΤΟΣ	Ποταμοί	0,15	0,25
50		Τοξότες		1,3
51		Χρυσούπολη		16,6
52		Εκβολές		0,8
53	ΠΗΝΕΙΟΣ	Εκβολές		0,15
54	ΡΕΜΑ ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ	Τάφος Λαψίστας	0,25	0,08
55	ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ	Εκβολές – ανάντη βιομ. ΕΛΚΕ		0,15
56	ΣΤΡΥΜΩΝΑΣ	Αμφίπολη	0,15	0,25
57		Προμαχώνας	0,15	0,25
58	ΤΑΦΡΟΣ ΚΑΣΤΡΙΤΣΑΣ		0,25	0,25
59	ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη		4,5
60	ΦΡΑΓΜΑ ΒΟΖΒΟΖΗ			0,25
61	ΧΕΙΜΑΡΡΟΣ ΛΟΥΤΡΟΥ	Διπόταμος - φράγμα		1,8

Όσον αφορά στις μετρήσεις του 2007, παρουσιάζεται και πάλι το πρόβλημα της έλλειψης επαρκών δειγματοληπτικών ελέγχων που θα καθιστούσαν τα οποιαδήποτε συμπεράσματα σαφή. Στο σύνολο των 29 υπερβάσεων (από τα 93 σημεία που εξετάστηκαν) του ορίου για τη Μέγιστη Επιτρεπόμενη συγκέντρωση Υδραργύρου, παρατηρείται ταυτόχρονα υπέρβαση και του ορίου της Μέσης Ετήσιας, γεγονός που πιθανώς να οφείλεται στην έλλειψη δεδομένων (στις 9 από τις 29 περιπτώσεις αυτές, έχουν καταγραφεί μόνο μία μέτρηση καθ' όλη τη διάρκεια του έτους).

Το φαινόμενο ακατάλληλων ορίων ανίχνευσης και ποσοτικοποίησης σε σχέση με τα όρια Προτύπων Ποιότητας είναι ιδιαίτερα έντονο στην περίπτωση του Υδραργύρου. Συνεκτιμώντας τις παραμέτρους «ελλειπίς έλεγχοι» και «αδυναμία αναλυτικής μεθόδου», στην πραγματικότητα, σε κανένα σημείο από αυτά που ελέγχθηκαν το 2007 δεν μπορεί να θεωρηθεί πως υπάρχει «πραγματική» υπέρβαση. Αντίστοιχα, για το 2008, τα σημεία αυτά περιορίζονται στα 14 (θεωρώντας πάντα επαρκείς τους λίγους δειγματοληπτικούς ελέγχους).

4.2. ΕΙΔΙΚΟΙ ΡΥΠΟΙ

Για τους Ειδικούς Ρύπους, εφαρμόζονται Πρότυπα Ποιότητας που αφορούν μόνο στην επιτρεπόμενη Ετήσια Μέση συγκέντρωσή τους στα υδάτινα σώματα.

4.2.1. Αρσενικό (As)

Η Ετήσια Μέση συγκέντρωση Αρσενικού την οποία δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα υδάτινα σώματα, είναι 30µg/L. Το 2007 ελέγχθηκαν για Αρσενικό 86 σημεία ενώ το 2008 ελέγχθηκαν 70 σημεία. Στο το σύνολο αυτών παρατηρήθηκαν 7 και μία υπερβάσεις αντίστοιχα (Πίνακας 13).

Πίνακας 13: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Αρσενικού άνω των 30µg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ As (µg/L)	
			2007	2008
1	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Δυτική Όχθη	205,69	
2		Λάγος	125,81	
3	ΛΙΜΝΗ ΔΟΪΡΑΝΗ	Κοινότητα Δοϊράνης	69,1	47,34
4	ΝΕΣΤΟΣ	Τοξότες	205,69	
5		Χρυσούπολη	235,55	
6		Εκβολές	166,81	
7	ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη	110,46	

Για τις υπερβάσεις αυτές, πρέπει να σημειωθεί πως ο αριθμός των δειγματοληψιών είναι ανεπαρκής για να θεωρηθούν «πραγματικές». Εντούτοις, το μόνο υδάτινο σώμα στο οποίο καταγράφηκε υπέρβαση, έστω και «πλασματική», και τις δύο χρονιές ήταν η Λίμνη Δοϊράνη. Αν και οι συγκεντρώσεις Αρσενικού στη Δοϊράνη αποτελούν τις μικρότερες από τις παρατηρούμενες «υπερβάσεις», το γεγονός πως αυτές εμφανίζονται και στις δύο χρονιές καθιστά τη Λίμνη, πιθανό επισφαλή πόρο (τον μόνο ίσως για το μέταλλο αυτό) και απαιτεί περαιτέρω διερεύνηση.

4.2.2. Κοβάλτιο (Co)

Για Κοβάλτιο, ελέγχθηκαν 46 σημεία το 2007, από τα οποία 6 παρουσίασαν, φαινομενικά, υπέρβαση της Ετήσιας Μέσης τιμής 20μg/L, ενώ το 2008 δεν εντοπίστηκε καμία υπέρβαση σε κανένα από τα μόλις 10 σημεία δειγματοληπτικού ελέγχου (Πίνακας 14).

Πίνακας 14: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Κοβαλτίου άνω των 20μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ Co (μg/L)	
			2007	2008
1	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Δυτική Όχθη	31,31	
2		Λάγος	28,17	
3	ΝΕΣΤΟΣ	Τοξότες	31,31	
4		Χρυσούπολη	28,33	
5		Εκβολές	31,72	
6	ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη	30,21	

Η εξαγωγή συμπερασμάτων για την κατάσταση των εσωτερικών υδάτων της χώρας βάση των συγκεντρώσεων Κοβαλτίου, θα ήταν παρακινδυνευμένη, καθώς τα σημεία για τα οποία υπάρχουν δεδομένα είναι λίγα, και ο αριθμός δειγματοληψιών στις οποίες παρατηρείται υπέρβαση είναι πολύ μικρός. Λόγω έλλειψης στοιχείων, καμία από τις παραπάνω περιπτώσεις καταγεγραμμένης συγκέντρωσης Κοβαλτίου, μεγαλύτερης του ορίου δεν μπορεί να θεωρηθεί πραγματική υπέρβαση. Επιπλέον, η Λίμνη Βιστονίδα και οι ποταμοί Νέστος και Τράβος δε συμπεριλαμβάνονται στις δειγματοληψίες του 2008 για Κοβάλτιο.

4.2.3. Χαλκός (Cu)

Τα κριτήρια ποιότητας που αφορούν στην επιτρεπόμενη Μέση Ετήσια συγκέντρωση Χαλκού σε ένα υδάτινο σώμα εξαρτώνται από την κατηγορία σκληρότητας ύδατος στην οποία κατατάσσεται. Στον Πίνακα 15 παρουσιάζονται οι περιπτώσεις στις οποίες παρατηρήθηκε υπέρβαση της ανώτατης επιτρεπόμενης Μέσης Ετήσιας συγκέντρωσης για όλες τις κατηγορίες (κατηγορία 5 - 26μg/L).

Πίνακας 15: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Χαλκού άνω των 26μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ (Cu) μg/L	
			2007	2008
1	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Λάγος	56,45	
2	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Βόρειο Άκρο	48	
3		Δυτικό Άκρο- Άγιος Βασίλειος		39,55
4	ΝΕΣΤΟΣ	Χρυσούπολη	27,28	
5		Εκβολές	43,46	
6	ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη	31,16	

Καμία από τις ανωτέρω συγκεντρώσεις της Ετήσιας Μέσης συγκέντρωσης Χαλκού του 2007 δεν αποτελεί πραγματική υπέρβαση, καθώς προέρχονται από δεδομένα μίας και μόνο δειγματοληψίας. Ακόμα και αυτές οι περιπτώσεις, είναι πολύ λιγότερες από τις περιπτώσεις στις οποίες οι αντίστοιχες τιμές είναι χαμηλότερες από το όριο που έχει θεσπιστεί για την κατηγορία 1 (3μg/L) και κατά συνέπεια τους ασφαλής υδατικούς όγκους ως προς το μέταλλο αυτό. Τα εκατοστιαία ποσοστά των «ασφαλών» σημείων για τις δειγματοληψίες των ετών 2007 και 2008 είναι 22,5% και 41,7% αντίστοιχα.

4.2.4. Χρώμιο (Cr)

Πίνακας 16: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Χρωμίου άνω των 3μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ (Cr) μg/L	
			2007	2008
1	ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μετά την εκβολή Γρεβενίτικου	3,98	3,2
2		Μονή Ιλαρίωνα	3,2	
3		Εκβολές	3,35	
4	ΑΞΙΟΣ - ΣΑΚΟΥΛΕΒΑΣ	Ανάτη Τριπόταμου	3,02	
5	ΑΡΑΠΙΤΣΑ	Ανάτη συμβολής με Τάφρο 66		3,07
6	ΑΣΩΠΟΣ	Ανάτη Οινοφύτων	4,7	
7		Εκβολές – Γέφυρα Εθνικής Οδού	4,2	
8	ΒΟΙΩΤΙΚΟΣ - ΚΗΦΙΣΟΣ	Εκβολή στην Υλίκη	3,75	
9		Ανάτη Κωπαΐδας	3,43	
10	ΕΒΡΟΣ	Δικαία - ΣΑΜ		3,2
11		Γέφυρα Πυθίου		3,65
12		Κήποι - ΣΑΜ		4,48
13		Δέλτα		5,43
14	ΚΗΡΕΑΣ	Προκόπι Ευβοίας	5,97	
15	ΚΟΜΨΑΤΟΣ	Χωριό Μωσαϊκό	3	
16	ΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ – ΣΟΥΛΟΥ	Κατάτη αποβλήτων ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου	4,13	5,18
17	ΛΙΜΝΗ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ	Χωριό Άρνισσα	3,01	
18	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Λάγος		9,4
19	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Ανατολικό Άκρο		6,24
20		Βόρειο Άκρο	38,13	
21		Δυτικό Άκρο – Άγιος Βασίλειος		5,68
22	ΛΙΜΝΗ ΠΕΤΡΩΝ	Είσοδος	3,06	
23		Έξοδος	3,04	
24	ΛΙΣΣΟΣ	Χωριό Αρίσβη	3,89	
25	ΝΕΣΤΟΣ	Χρυσούπολη		5,78
26		Εκβολές		5,28
27	ΠΕΤΑΛΟΥΔΕΣ ΡΟΔΟΥ			4,61
28	ΠΟΤΑΜΟΣ ΚΡΕΜΑΣΤΗΣ ΡΟΔΟΥ		5,88	3,56
29	ΡΕΜΑ ΣΟΥΛΟΥ	Γέφυρα Πενταβρύσου		3,35
30	ΤΑΦΡΟΣ 66	Ανάτη εκβολής στον Αλιάκμονα	3,15	
31		Περιοχή Κάτω Λιποχωρίου	3,01	
32		Αγγελοχώρι		3,28
33	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	Ανάτη συμβολής με Τάφρο 66	5,28	5,28
34	ΦΡΑΓΜΑ ΒΟΖΒΟΖΗ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	Χείμαρρος Πος-πος		7,68
35	ΦΡΑΓΜΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΚΟ			5,22

Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται οι φαινομενικές υπερβάσεις της Μέσης Ετήσιας συγκέντρωσης Χρωμίου που παρατηρήθηκαν τη διετία 2007-2008. Από αυτά τα σημεία, πιθανότερα για «πραγματικές» υπερβάσεις, αποτελούν μόνο 10 και 15 για το 2007 και 2008 αντίστοιχα, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 17.

Πίνακας 17: Υδάτινα σώματα «σε κίνδυνο» αναφορικά με το Χρώμιο (Cr)

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ ΤΙΜΗ (Cr) µg/L	
			2007	2008
1	ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μετά την εκβολή Γρεβενίτικου	3,98	3,2
2		Μονή Ιλαρίωνα	3,2	
3	ΑΡΑΠΙΤΣΑ	Ανάτη συμβολής με Τάφρο 66		3,07
4	ΑΣΩΠΟΣ	Εκβολές – Γέφυρα Εθνικής Οδού	4,2	
5	ΒΟΙΩΤΙΚΟΣ – ΚΗΦΙΣΟΣ	Ανάτη Κωπαΐδας	3,43	
6	ΕΒΡΟΣ	Κήποι – ΣΑΜ		4,48
7		Δέλτα		5,43
8	ΚΗΡΕΑΣ	Προκόπι Ευβοίας	5,97	
9	ΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ – ΣΟΥΛΟΥ	Κατάτη αποβλήτων ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου	4,13	5,18
10	ΛΙΜΝΗ ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Ανατολικό Άκρο		6,24
11		Βόρειο Άκρο	38,13	
12		Δυτικό Άκρο – Άγιος Βασίλειος		5,68
13	ΛΙΣΣΟΣ	Χωριό Αρίσβη	3,89	
14	ΝΕΣΤΟΣ	Χρυσούπολη		5,78
15	ΠΕΤΑΛΟΥΔΕΣ ΡΟΔΟΥ			4,61
16	ΠΟΤΑΜΟΣ ΚΡΕΜΑΣΤΗΣ ΡΟΔΟΥ		5,88	3,56
17	ΡΕΜΑ ΣΟΥΛΟΥ	Γέφυρα Πενταβρύσου		3,35
18	ΤΑΦΡΟΣ 66	Αγγελοχώρι		3,28
19	ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	Ανάτη συμβολής με Τάφρο 66	5,28	5,28
20	ΦΡΑΓΜΑ ΒΟΖΒΟΖΗ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	Χείμαρρος Πος-πος		7,68
21	ΦΡΑΓΜΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΚΟ			5,22

Υδάτινα σώματα που φαίνεται πως αντιμετωπίζουν πρόβλημα από ρύπανση με το Μέταλλο αυτό, είναι ο Αλιάκμονας, η Λεκάνη Σουλού, η Λίμνη Κορώνεια, ο Ποταμός Κρεμαστής Ρόδου και ο Τριπόταμος, καθώς εμφανίστηκαν υπερβάσεις και στα δύο έτη δειγματοληπτικού ελέγχου.

Ωστόσο, σε πολλές περιπτώσεις, οι υπερβάσεις δεν απέχουν κατά πολύ από τις επιτρεπόμενες τιμές, επομένως, μεγαλύτερος αριθμός ελέγχων ανά έτος μπορεί να ανέτρεπαν την εικόνα αυτή.

4.2.5. Ψευδάργυρος (Zn)

Τα υδάτινα σώματα που περιέχουν Ετήσια Μέση συγκέντρωση Ψευδαργύρου μεγαλύτερη από 125μg/L θεωρούνται επισφαλής καθώς αυτή είναι και η ανώτερη επιτρεπόμενη τιμή για όλες τις κατηγορίες σκληρότητας νερών. Οι περιπτώσεις όπου καταγράφηκε υπέρβαση αυτής της συγκέντρωσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 18. Οι περιπτώσεις των υδάτινων σωμάτων όπου καταγράφηκε Ετήσια Μέση συγκέντρωση μικρότερη από 8μg/L θεωρούνται ασφαλή, ανεξαρτήτως της κατηγορίας σκληρότητας ύδατος στην οποία ανήκουν.

Πίνακας 18: Περιπτώσεις Ετήσιας Μέσης επιτρεπόμενης συγκέντρωσης Ψευδαργύρου άνω των 125μg/L

	ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΤΟΠΟΘΕΣΙΑ	ΕΤΗΣΙΑ ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ Zn (μg/L)	
			2007	2008
1	ΛΙΜΝΗ ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ	Είσοδος	271,5	
2	ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Δυτική όχθη	217,1	
3		Λάγος	373,52	
4	ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ	Κέντρο		255,19
5	ΝΕΣΤΟΣ	Τοξότες	217,1	
6		Χρυσούπολη	157,89	
7		Εκβολές	217,86	
8	ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη	100,83	
Εκατοστιαίο ποσοστό παρατηρούμενων υπερβάσεων στο σύνολο των σημείων δειγματοληψίας			7,8%	1,4%

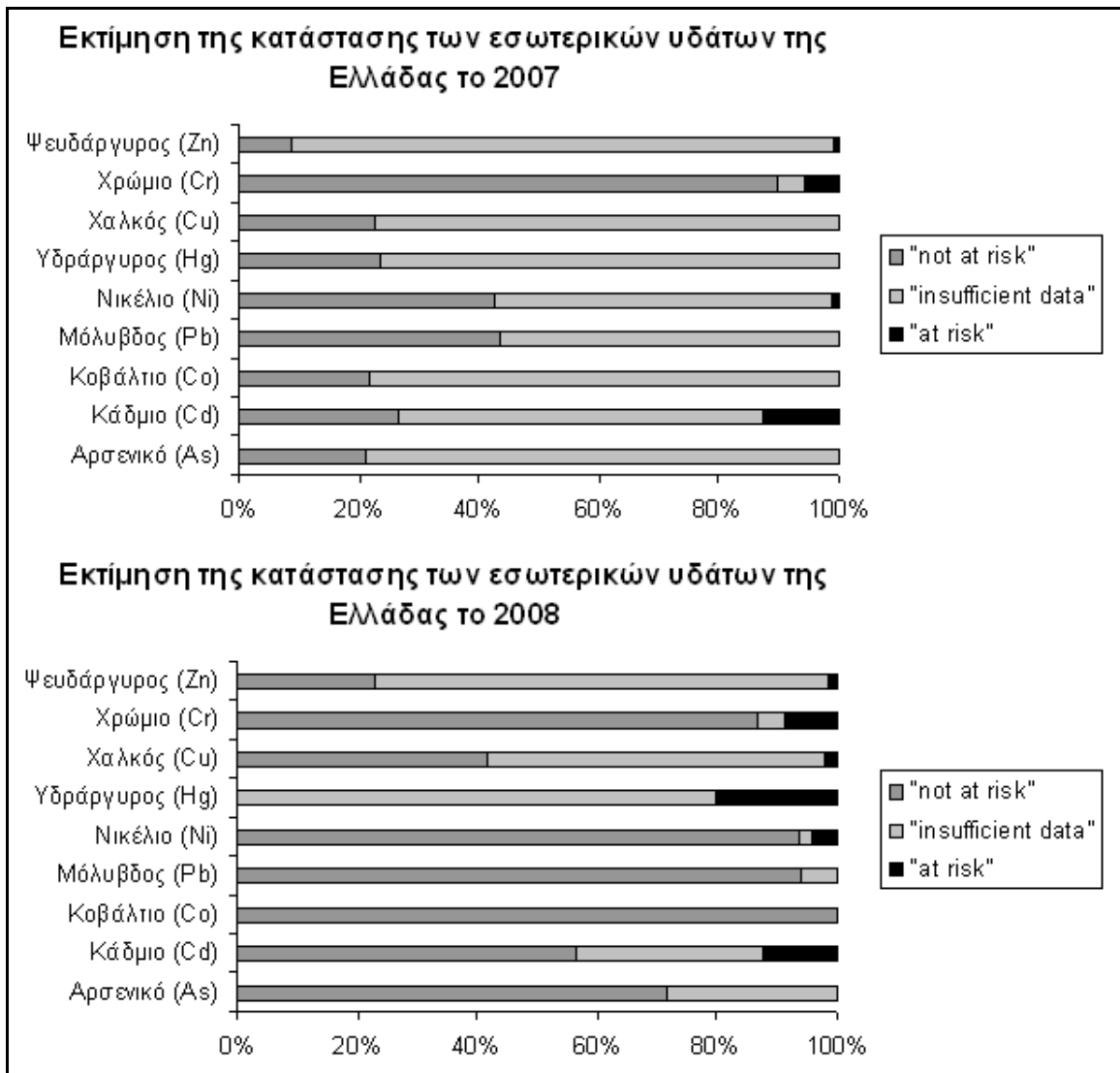
Σε ό,τι αφορά τον Ψευδάργυρο, εντοπίστηκε μικρός αριθμός υπερβάσεων συγκριτικά με το μέγεθος του συνόλου των σημείων δειγματοληψίας. Όλες οι υπερβάσεις του 2007 είναι «πλασματικές», καθώς δεν προκύπτουν από επαρκή δεδομένα. Τα ποσοστά των εξεταζόμενων σημείων που δεν υπερβαίνουν το όριο της πρώτης κατηγορίας σκληρότητας ύδατος είναι 8,7% και 22,8% για το 2007 και το 2008 αντίστοιχα και τα σώματα αυτά χαρακτηρίζονται ως ασφαλή. Για τα υπόλοιπα σημεία, απαιτείται γνώση της σκληρότητας και περισσότεροι έλεγχοι για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Σημειώνουμε πως σε κανένα υδάτινο σώμα που εξετάστηκε δεν παρατηρήθηκε υπέρβαση και τις δύο χρονιές δειγματοληπτικού ελέγχου.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, και λαμβάνοντας υπόψη τόσο την έλλειψη επαρκών δεδομένων όσο και τις αδυναμίες που μπορεί να εμπεριέχουν οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν, παραθέτουμε στον Πίνακα 19 τα υδάτινα σώματα στα οποία φαίνεται να παρατηρούνται υπερβάσεις των Ορίων των Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος τη διετία 2007-2008.

Πίνακας 19: Υδάτινα Σώματα «σε κίνδυνο» ανά εξεταζόμενο ρύπο

	Υδάτινο Σώμα	Cd	Ni	Hg	Cu	Cr	Zn
1	Ασωπός					+	
2	Βοιωτικός-Κηφισός					+	
3	Αλιάκμονας	+	+			+	
4	Βεγορίτιδα	+					+
5	Ορεστιάδα (Λίμνη Καστοριάς)						+
6	Μεγάλη Πρέσπα	+					
7	Μικρή Πρέσπα	+					
8	Ρέμα Σουλού	+				+	
9	Λεκάνη Πτολεμαΐδας					+	
10	Άραχθος	+					
11	Καλαμάς	+					
12	Άρδας			+			
13	Έβρος			+		+	
14	Βιστωνίδα			+			
15	Λίσσος					+	
16	Νέστος			+		+	
17	Φράγμα Βοζβόζη					+	
18	Αξιός			+			
19	Αράπιτσα					+	
20	Βόλβη	+					
21	Κορώνεια	+	+		+	+	
22	Τάφρος 66	+				+	
23	Πεταλούδες Ρόδου					+	
24	Ποταμός Κρεμαστής					+	

Στο γράφημα της Εικόνας 6, παρουσιάζουμε την εκτίμησή μας για την κατάσταση των εσωτερικών υδάτων της χώρας με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα από τις δειγματοληψίες της διατροφής 2007-2008. Η εκτίμηση έγινε για κάθε ρύπο ξεχωριστά και τα υδάτινα σώματα διαχωρίζονται σε σώματα «σε κίνδυνο» (at risk) και «ασφαλή» (not at risk), με την παραδοχή πως τουλάχιστον δύο δειγματοληπτικοί έλεγχοι ανά έτος ήταν επαρκείς, και πως οι αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ικανές να εξασφαλίσουν τιμές συγκεντρώσεων που μας επιτρέπουν να εξάγουμε σαφή συμπεράσματα. Όλες οι υπόλοιπες περιπτώσεις εμπίπτουν στη κατηγορία των «ελλιπών δεδομένων» (insufficient data).



Εικόνα 6: Εκτίμηση της κατάστασης των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας, τη διατροφή 2007-2008

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60 αποτελεί προσπάθεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης να εδραιώσει κοινή περιβαλλοντική πολιτική μεταξύ των Κρατών-Μελών της, ώστε να επιτευχθεί καλή οικολογική κατάσταση των υδάτων έως το έτος 2015. Για την επίτευξη του στόχου αυτού, απαιτείται η εναρμόνιση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας κάθε Κράτους-Μέλους με την Οδηγία, καθώς και η δημιουργία των κατάλληλων υποδομών και φορέων.

Απαραίτητο εργαλείο για την εφαρμογή της Οδηγίας, αποτελεί η δημιουργία ενός συντονισμένου δικτύου παρακολούθησης της κατάστασης του συνόλου των εσωτερικών υδάτων. Η γνώση της ήδη υπάρχουσας κατάστασης αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση. Μόνο μέσω συστηματικών ελέγχων είναι δυνατός ο εντοπισμός των επισφαλών υδατικών πόρων και κατ' επέκταση η οργανωμένη και ορθολογική λήψη αποφάσεων και μέτρων ως προς την εξυγίανσή τους.

Τα δεδομένα που διαχειριστήκαμε στα πλαίσια της εργασίας, αφορούσαν σε μία μόνο κατηγορία χημικών παραγόντων που επηρεάζουν την κατάσταση των υδάτων, αυτή των Βαρέων Μετάλλων. Σε πενήντα έξι από τα ογδόντα εννέα υδάτινα σώματα που ελέγχθηκαν, παρατηρήθηκαν υπερβάσεις τουλάχιστον ενός των προτύπων ποιότητας που θέτει η Οδηγία για τα Βαρέα Μέταλλα. Το ποσοστό αυτό, που αγγίζει το 62%, είναι ιδιαίτερα δυσοίωνα για το μέλλον των εσωτερικών υδάτων της χώρας και την επίτευξη των στόχων της Οδηγίας, εφόσον όμως αντικατοπτρίζει όντως την πραγματικότητα.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι υπερβάσεις δεν είναι πραγματικές και τα δεδομένα δεν επαρκούν για να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα. Οι δειγματοληπτικοί έλεγχοι δεν ξεπερνούν τους τέσσερις ετησίως ανά σημείο. Ακόμα και αν οι εποχικές αυτές δειγματοληψίες θεωρηθούν αρκετές, δεν είναι λίγες οι φορές που απουσιάζουν. Το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται «πλασματικές» υπερβάσεις των ορίων των επιτρεπόμενων συγκεντρώσεων.

Το φαινόμενο αυτό γίνεται καλύτερα αντιληπτό στις περιπτώσεις όπου εξετάσαμε όρια τόσο για την επιτρεπόμενη Μέση συγκέντρωση μίας ουσίας, όσο και για την επιτρεπόμενη Μέγιστη (Κάδμιο, Υδράργυρος). Οι παρατηρήσεις υπερβάσεων των

Μέγιστων επιτρεπόμενων συγκεντρώσεων είναι φυσικά αδιαμφισβήτητες και θεωρούνται περισσότερο αξιόπιστες για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων. Παρατηρούμε ωστόσο (και για τα δύο μέταλλα), πως στο μεγαλύτερο ποσοστό των σημείων ελέγχου όπου εντοπίστηκαν υπερβάσεις των Μέσων επιτρεπόμενων συγκεντρώσεων, έχουμε ταυτόχρονα αντίστοιχες υπερβάσεις των Μέγιστων. Λόγω του μικρού αριθμού των δειγμάτων, δεν αποκλείεται οι Μέσες Ετήσιες συγκεντρώσεις να συμπαράσφρονται άνω του ορίου από τις αντίστοιχες Μέγιστες.

Επιπλέον, σε ορισμένες περιπτώσεις όπου το σημείο στο οποίο είχε παρατηρηθεί υπέρβαση την πρώτη χρονιά, επανελεγχόταν και τη δεύτερη, οι τιμές βρίσκονταν εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Το γεγονός αυτό μπορεί να καθιστά τις υπερβάσεις της πρώτης χρονιάς «τυχαίες», καθώς δε φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα χρόνιας ρύπανσης (αναφερόμαστε στις περιπτώσεις όπου αντιμετωπίζουμε υπερβάσεις των Ετήσιων Μέσων συγκεντρώσεων). Για τους λόγους αυτούς είμαστε επιφυλακτικοί ως προς το χαρακτηρισμό υδατικών σωμάτων ως επισφαλών.

Παρατηρήθηκε επίσης η μη αντιστοιχία ελεγχόμενων σημείων από τη μία χρονιά στην άλλη. Ακόμα και αν συμπεριλαμβανόταν το ίδιο υδάτινο σώμα στους ελέγχους των δύο ετών, άλλαζε το σημείο από το οποίο λαμβάνονταν τα δείγματα. Κάτι τέτοιο δυσχεραίνει τον εντοπισμό πιθανών πηγών ρύπανσης για τους υδάτινους αποδέκτες. Μόνο στις περιπτώσεις που εντοπίζονται υπερβάσεις σε όλη τη διάρκεια της διατήρας στο ίδιο υδάτινο σώμα, ακόμα και αν πρόκειται για διαφορετικά σημεία, θα μπορούσαμε να το θεωρήσουμε ως επισφαλές.

Στην ανάλυση των δειγμάτων, συμμετείχαν διάφορα εργαστήρια από διαφορετικές πόλεις της Ελλάδας. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένα θετικό βήμα προς τη δημιουργία ενός ενιαίου και συντονισμένου δικτύου παρακολούθησης. Εγείρει όμως και ερωτήματα ως προς το κατά πόσο τα αποτελέσματα που προκύπτουν από διαφορετικά εργαστήρια είναι συγκρίσιμα μεταξύ τους. Διαφορετικές αναλυτικές μέθοδοι έχουν διαφορετικά όρια ανίχνευσης και ποσοτικοποίησης και επομένως θα έπρεπε να έχει ακολουθηθεί κοινή προσέγγιση στις αναλύσεις, χρησιμοποιώντας ανά περίπτωση την καταλληλότερη αναλυτική μέθοδο, που θα εξασφάλιζε τιμές συγκεντρώσεων κατάλληλες για να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα για τον κάθε ρύπο.

Για τις συγκεντρώσεις των Βαρέων Μετάλλων: Κάδμιο, Χαλκός και Ψευδάργυρος, η Οδηγία έχει θέσει Πρότυπα Ποιότητας, τα οποία εξαρτώνται από τη σκληρότητα του ύδατος το οποίο ελέγχεται. Για τις εκτιμήσεις μας επιλέξαμε το ανώτατο και το κατώτατο δυνατό όριο από αυτές τις κατηγορίες. Σαν αποτέλεσμα, υπάρχει ένα εύρος δεδομένων για τα οποία δεν μπορούμε να κάνουμε καμία υπόθεση. Είναι πιθανό κατ' επέκταση, οι εκτιμήσεις μας σχετικά με τα επισφαλή υδάτινα σώματα αυτών των κατηγοριών να είναι συντηρητικές. Λαμβάνοντας όλα τα παραπάνω υπόψη θα μπορούσαμε να συνοψίσουμε πως:

Δεν είναι μεγάλο το ποσοστό των εσωτερικών επιφανειακών υδάτων της Ελλάδας που φαίνεται να αντιμετωπίζει προβλήματα ρύπανσης από Βαρέα Μέταλλα. Τονίζουμε πάντως την έλλειψη επαρκών δεδομένων, καθώς για το μεγαλύτερο μέρος των υδάτινων σωμάτων που εξετάσαμε δεν μπορούν να εξαχθούν σαφή συμπεράσματα.

Οι περισσότερες περιπτώσεις, στις οποίες θεωρούμε πως οι υπερβάσεις των συγκεντρώσεων που καταγράφηκαν, προσεγγίζουν την πραγματικότητα, αφορούν στα μέταλλα Χρώμιο και Κάδμιο για τα οποία υπήρχαν και τα περισσότερα δεδομένα.

Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δύο ετών μεταξύ τους, φαίνεται πως το 2008 τα ποσοστά των υδάτινων σωμάτων που δε διατρέχουν κίνδυνο είναι μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα του 2007 για τους περισσότερους ρύπους της κατηγορίας Βαρέων Μετάλλων. Επομένως, αν υποθέσουμε πως για τις διαφορές αυτές δεν ευθύνεται η ανομοιογένεια των σημείων δειγματοληψίας, παρατηρούμε βελτίωση στην ποιότητα των εσωτερικών υδάτων της χώρας.

Σε κάθε περίπτωση, κρίνεται απαραίτητη η θέσπιση ενιαίου δικτύου παρακολούθησης των εσωτερικών υδάτων της χώρας, ώστε να γίνει δυνατός και με σαφήνεια ο εντοπισμός των επισφαλών υδάτινων σωμάτων της χώρας, ώστε να ληφθούν τα κατάλληλα κατά περίπτωση μέτρα για την εξυγίανση τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΑ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΓΓΙΤΗΣ	Σπήλαιο Μααρά
ΚΕΡΚΙΝΗ	Ι.Μ. Προδρόμου Βροντού Κέντρο
ΣΤΡΥΜΩΝΑΣ	Αμφίπολη
	Προμαχώνας
	Μπελίτσα
	Υδατοφράκτης
	Πηγές Σιδηρόκαστρου
	Ρούπελ Εκβολές

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΣΩΠΟΣ	Γέφυρα Εθνικής Οδού – Εκβολές
	Ανάτη Οινοφύτων
	Ανάμεσα στα δύο ανωτέρω σημεία
ΒΟΙΩΤΙΚΟΣ – ΚΗΦΙΣΟΣ	Ανάτη Κωπαΐδας
	Εκβολή στην Υλίκη
	Ερκύνα – Κατάνη βιομηχανίας Μάρκου
ΓΟΡΓΟΠΟΤΑΜΟΣ	Ύδρευση Λαμίας
ΜΕΛΑΝΑΣ	Κατάνη βιομηχ. Τοματοπολτού Κωπαΐδας
ΠΑΡΑΛΙΜΝΗ	Κέντρο
ΣΠΕΡΧΕΙΟΣ	Εκβολές – Ανάτη βιομηχ. ΕΛΚΕ
	Μεταξύ Φτέρης και Βιτόλης
	Συμβολή Γοργοπόταμου
	Γέφυρα Παλαιάς Εθνικής Οδού
ΥΛΙΚΗ	Κέντρο
ΚΗΡΕΑΣ	Προκόπι Ευβοίας

ΑΤΤΙΚΗ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΚΗΦΙΣΟΣ	Χελιδονού
ΛΙΜΝΗ ΜΑΡΑΘΩΝΑ	Υδατόπυργος

ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Άργος Ορεστικό
	Μετά την εκβολή Γρεβενίτικου
	Μονή Ιλαρίωνα
ΑΞΙΟΣ – ΣΑΚΟΥΛΕΒΑΣ	Ανάντη Τριπόταμου
ΒΕΓΟΡΙΤΙΔΑ	Είσοδος
	Χωριό Περαία
	Χωριό Αρνισσα
ΖΑΖΑΡΗ	Έξοδος
ΟΡΕΣΤΙΑΔΑ (ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΟΡΙΑΣ)	Κέντρο
ΛΙΜΝΗ ΠΟΛΥΦΥΤΟΥ	Υδατοφράκτης
ΜΕΓΑΛΗ ΠΡΕΣΠΑ	Έξοδος όρμου Παράδων
	Σημείο Τριεθνές
	Πλαζ ΕΟΤ
ΜΙΚΡΗ ΠΡΕΣΠΑ	Άγιος Αχιλλεϊος
ΛΙΜΝΗ ΠΕΤΡΩΝ	Είσοδος
	Έξοδος
ΡΕΜΑ ΣΟΥΛΟΥ	Γέφυρα Πενταβρύσου
ΧΕΙΜΑΔΙΤΙΔΑ	Προκουμαία
ΛΕΚΑΝΗ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ – ΣΟΥΛΟΥ	Κατάντη αποβλήτων ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου

ΔΥΤΙΚΗ ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΓΡΑΦΙΩΤΗΣ	Γέφυρα Μανώλη
ΑΜΒΡΑΚΙΑ	Χωριό Ρίβιο
ΑΧΕΛΩΟΣ	Γέφυρα Ματσουκίου
	Γέφυρα Κατοχής
	Γέφυρα Στράτου
	Γέφυρα Τέμπλας
	Εκβολές
	Ευηνοχώρι
ΕΥΗΝΟΣ	Φράγμα
	Μπαμπαλιό
ΛΙΜΝΗ ΚΑΣΤΡΑΚΙΟΥ	Φράγμα αντλιοστάσιου
	Επισκοπή
ΛΙΜΝΗ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ	Γέφυρα Τατάρνας
	Κατάντη εκβολών Αγραφιότη
	Φράγμα Κρεμαστών – Λουτρά
ΛΙΜΝΗ ΜΟΡΝΟΥ	Αντλιοστάσιο
ΛΥΣΙΜΑΧΙΑ	Δίμκος
ΜΟΡΝΟΣ	Συκέα
ΟΖΕΡΟΣ	Κέντρο
	Έξοδος
ΤΡΙΧΩΝΙΔΑ	Δαφνιάς
	Κανάλι απορροής
ΤΡΙΚΕΡΙΩΤΗΣ (ΚΑΡΠΕΝΗΣΙΩΤΗΣ)	

ΗΠΕΙΡΟΣ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΡΑΧΘΟΣ	Γέφυρα Πλάκας
	Γέφυρα Νεοχωρίου
	Φράγμα Πουρναρίου
ΑΧΕΡΟΝΤΑΣ	Γέφυρα Καστρίου
ΑΩΟΣ	Γέφυρα Κόνιτσας
	Γέφυρα Μπουραζανίου
	Λίμνη πηγών Αώου
ΒΟΙΔΟΜΑΤΗΣ	Αρίστη
ΚΑΛΑΜΑΣ	Καλπάκι
	Γέφυρα Βροσίνας
	Εκβολές
ΛΟΥΡΟΣ	Γέφυρα Αγίου Γεωργίου
	Μετά τη συμβολή Λιμποχωρίτη
	Εκβολές – ΒΩΒΟΣ
ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ (ΛΙΜΝΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ)	Κέντρο
ΡΕΜΑ ΑΓΙΟΥ ΙΩΑΝΝΗ	Τάφος Λαμίστας

ΘΡΑΚΗ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΡΔΑΣ	Γέφυρα Κομάρων
	Συμβολή στον Έβρο
ΕΒΡΟΣ	Δίκαια – Σταθμός Αυτόματης Μέτρησης
	Βύσσα
	Κατάντη Διδυμότειχου
	Λαγυνά
	Κήποι – Σταθμός Αυτόματης Μέτρησης
	Δέλτα
	Γέφυρα Πυθίου
ΕΡΥΘΡΟΠΟΤΑΜΟΣ	Ανάτη Διδυμότειχου
ΚΟΜΨΑΤΟΣ	Χωριό Μωσαϊκό
ΚΟΣΣΥΝΘΟΣ	Κατάντη γέφυρας Πολυσίτου
ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ	Δυτική όχθη
	Λάγος
ΛΙΣΣΟΣ	Χωριό Αρίσβη
	Θέση Μαυρομάτη
ΜΠΟΣΜΠΟΣ	Γέφυρα Παγουριών
ΝΕΣΤΟΣ	Ποταμοί
	Τοξότες
	Χρυσούπολη
	Εκβολές
ΤΡΑΒΟΣ	Νέα Καλλίστη
ΦΡΑΓΜΑ ΒΟΣΒΟΖΗ ΚΟΜΟΤΗΝΗΣ	Χείμαρρος Πος-Πος

ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΛΙΑΚΜΟΝΑΣ	Μετά την εκβολή Τάφρου 66 Εκβολές
ΑΞΙΟΣ	Γέφυρα Αξιούπολης Γέφυρα Κουφαλίων Γέφυρα Χαλάστρας – Εθνικής Οδού
ΑΡΑΠΙΤΣΑ	Ανάτη συμβολής Τάφρου 66
ΒΟΛΒΗ	Κοινότητα Μικρής Βόλβης
ΓΑΛΛΙΚΟΣ	Ανάτη συμβολής με Ξηροπόταμο
ΔΟΪΡΑΝΗ	Κοινότητα Δοϊράνης
ΕΔΕΣΣΑΙΟΣ	Φράγμα Άγρα
ΚΟΡΩΝΕΙΑ	Βόρειο Άκρο Δυτικό Άκρο – Άγιος Βασίλειος Ανατολικό Άκρο
ΛΟΥΔΙΑΣ	Όρια Πέλλας – Ημαθίας Κατάντη Πλατεώς Εκβολές
ΤΑΦΡΟΣ 66	Ανάτη εκβολής στον Αλιάκμονα Αγγελοχώρι Περιοχή Κάτω Λιτοχωρίου
ΤΡΙΠΟΤΑΜΟΣ	Ανάτη συμβολής με Τάφρο 66

ΝΗΣΟΙ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	
ΕΠΤΑ ΠΗΓΕΣ ΡΟΔΟΥ	ΦΡΑΓΜΑ ΑΠΟΛΑΚΚΙΑΣ ΡΟΔΟΥ
ΛΙΜΝΗ ΚΟΛΥΜΠΗΘΡΑΣ ΤΗΝΟΥ	ΦΡΑΓΜΑ ΕΠΤΑΡΩΝ ΝΑΞΟΥ
ΛΙΜΝΗ ΝΑΝΩΝ ΡΟΔΟΥ	ΦΡΑΓΜΑ ΖΥΦΙΑ ΧΙΟΥ
ΛΙΜΝΟΔΕΞΑΜΕΝΗ ΜΑΡΑΘΟΚΑΜΠΟΥ ΣΑΜΟΥ	ΦΡΑΓΜΑ ΛΕΙΒΑΔΙ ΑΣΤΥΠΑΛΛΙΑΣ
ΝΥΜΦΗ ΣΑΛΑΚΟΣ ΡΟΔΟΥ	ΦΡΑΓΜΑ ΛΗΜΝΟΥ
ΠΕΤΑΛΟΥΔΕΣ ΡΟΔΟΥ	ΦΡΑΓΜΑ ΜΥΚΟΝΟΥ
ΠΥΓΗ ΥΔΑΤΑ ΛΕΣΒΟΥ	ΦΡΑΓΜΑ ΡΑΧΕΣ ΙΚΑΡΙΕΣ
ΠΟΤΑΜΟΣ ΚΡΕΜΑΣΤΗΣ ΡΟΔΟΥ	ΦΡΑΓΜΑ ΦΑΝΕΡΩΜΕΝΗΣ ΝΑΞΟΥ
ΦΡΑΓΜΑ ΑΝΩ ΜΕΡΑΣ ΜΥΚΟΝΟΥ	

ΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΕΥΡΩΤΑΣ	Συμβολή με Ρέμα Ελληνίτσα – Γέφυρα Σπάρτης Κατάντη συμβολής με Ρέμα Γερακάρι Εκβολές – θέση Σκάλα
ΙΝΑΧΟΣ	Ανάτη Ν.Ε.Ο. Τριπόλεως

ΒΟΡΕΙΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΣΩΠΟΣ ΚΟΡΙΝΘΙΑΣ	Έξοδος Στυμφαλίας
ΒΟΥΡΑΙΚΟΣ	Ανάτη γέφυρας εκβολών
ΓΛΑΥΚΟΣ	Φράγμα
ΜΕΓΑΝΙΤΗΣ	Κατάτη γέφυρας Κουνιάτη
ΠΗΝΕΙΟΣ ΗΛΕΙΑΣ	Έξοδος τεχνητής λίμνης
	Ανάτη εκβολής Ρέματος Μαργαρίτας
	Καλέντζι
	Εκβολές
ΠΥΡΡΟΣ	Εκβολές
ΣΕΛΙΝΟΥΣ	Ανάτη εκβολών

ΔΥΤΙΚΗ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΑΛΦΕΙΟΣ	Κατάτη συμβολής Λάδωνα και Ερύμανθου
	Εκβολές
	Ανάτη εκβολής βιομηχ. Αποβλήτων ΔΕΗ
ΝΕΔΑΣ	Εκβολές
ΠΑΜΙΣΟΣ	Εκβολές

ΘΕΣΣΑΛΙΑ

ΥΔΑΤΙΝΟ ΣΩΜΑ	ΣΗΜΕΙΟ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΕΙΑΣ
ΕΝΙΠΠΕΑΣ	

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ

ΑΡΘΡΑ

Akhtar N., Ahmad T., Gulfraz M. and Khanum R. (2005) “*Adverse Effects of Metal Ions Pollution on Aquatic Biota and Seasonal Variations.*” Pakistan Journal of Biological Sciences 8 (8): 1086-1089, 2005.

Backlaus B., Backlaus R. (1986) “*Is atmospheric lead contributing to mid-European forest decline?*” Sci. Total Environ. 1986, 50: 223-228.

Bartlett R. J. and Kimble J. M., (1976) “*Behavior of chromium in soils*”. II. Hexavalent forms. J. Environ. Qual. 5(4), 383–386.

Bodaly, R.A., Hecky R.E., and Fudge, R.J.P. (1984) “*Increases in fish mercury levels in lakes flooded by the Churchill River diversion. Northern Manitoba.*” Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41(4). 682-691.

Carroll J.J., Ellis S.J., and Oliver W.S. (1979) “*Influences of hardness constituents on the acute toxicity of cadmium to brook trout (Salvelinus fontinalis).*” Bull Environ. Contam. Toxicol., 22, 575-581.

Davies P.H., Goettl J.P., Sinley J.R., and Smith N. (1976) “*Acute and chronic toxicity of lead to rainbow trout (Salmo gairdneri) in hard and soft water.*” Water Research, 10, 199-206

D'Itri, P.A., and D'Itri F.M. (1977) “*Mercury Contamination: A Human Tragedy.*” John Wiley & Sons, New York. 311 pages.

Edison D. Bidone, Luciano Laybauer, Zuleica C. Castilhos and John L. Maddock (2001) “*Environmental risk increase due to heavy metal contamination caused by a copper mining activity in Southern Brazil.*” *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, junho 2001, ano/vol. 73, numero 002, pp. 277-286.

Gulfraz, M., Y. Mussaddeq, T. Ahamad, R. Khanum and T. Ahmad (2003) “*Metal contamination in wheat crops (Triticum aestivum L) irrigated with industrial effluents*”. *Online J. Biol. Sci.*, 3: 335-339.

Hmoud, F.A. (1995) “*Acute and sublethal exposure of catfish (Clarias gariepinus) to cadmium chlorid: Survival, behavioural and physiological responses*”. *Pak. J. Zool.*, 27: 33-37.

Howarth R.S., and Sprague J.P. (1978) “*Copper lethality to Rainbow trout in waters of various hardness and p.H.*” *Water Res.*, 12, 455-462.

Ierotheos Zacharias, Ilias Bertachas, Nikolaos Skoulikidis and Theodoros Koussouris (2002) “*Greek Lakes: Limnological overview*”, *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 2002 7: 55–62

Kanakoudis V., Tsitsifli S. and Kallia A. (2007) “*A review of the WFD 2000/60 EC implementation progress in the EU member states.*” *Proceedings of the 10th International Conference on Environmental Science and Technology Kos island, Greece, 5-7 September 2007*

Kanakoudis V. and Tsitsifli S. (2010) “*On-going evaluation of the WFD 2000/60/EC implementation process in the European Union, seven years after its launch: are we behind schedule?*” *Water Policy* 12 (2010) 70-91

Kloke A, Sauerbeck DR, Vetter H. (1984) "*The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains.*" Changing Metal Cycles and Human Health, 1984: 113-141.

Lindqvist, O., Jernelov A., Johanson K., and Rodhe H. (1984) "*Mercury in the Swedish Environment*" Nat. Swedish Env. Protect. Bd. Report SNV PM 1846, 105 pages.

Lockhart, W.L., Uthe, J.F. Kenny, A.R., and Mehrle, P.M. (1972) "*Methylmercury in northern pike (Esox luciuc): distribution, elimination and some biogeochemical characteristics of contaminated fish.*" J.Fish. Res. Can., 27, 677-684.

Norstrom R.J., McKinnon A.F., and Defreitas A.S.W. (1976) "*A bioenergenics based model for pollutant accumulation by fish. Simulation of PCB and methylmercury residues in Ottawa River perch.*" J. Fish. Res. Bd. Can., 33. 248-267.

Nriagu, J. O. (1979) "*The Biochemistry of Merucry in the Environment.*" Elsevier North-Holland Biomedical Press, New York, 696 pages.

Nussey, G., J. Vuren and D.H. HawPreez (2000) "*Bioaccumulation of chromium, managanese, nickel and lead in the tissues of moggel, Labeo umbratus (Cyprinidae), from Witbank Dam, Mpumalanga*". Water Sci. Technol., 26: 269-284.

Olsson PE, Hogstrand C. (1987) "*Subcellular distribution and binding of cadmium to metallothionein in tissues of rainbow trout after exposure to Cd-109 in water.*" Environ Toxicol Chem, 1987, 6: 867-874.

Pain DJ. (1995) "*Lead in the environment.*" In : Hoffman DJ, Rattner BA, Burton GA, Cairns J, Jr., eds. Handbook of Ecotoxicology. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, 1995: 356-391.

Pickering, Q.H. (1974) "*Chronic toxicity of nickel to the fathead minnow.*" J. Water Pollut. Control Fed., 46, 760-765.

Ribeyre. F., and Boudou, A. (1983) "*Concepts and methodology for a systemic experimental approach towards the study of the bioaccumulation of mercury compounds in aquatic ecosystems.*" In Proc. Internat. Conf. on Heavy Metals in the Environment, CEP Consultants, Heidelberg. Sept. 1983.

Rodgers D.W., and Beamish F.W. (1982) "*Dynamics of dietary methylmercury in Rainbow Trout, Salmo gaidneri.*" Aquatic Toxicology. 2, 271-290.

Rolfe GL, Bazzaz FA. (1975) "*Effect of lead contamination on transpiration and photosynthesis of Lobolly pine and Autumn olive.*" Forest Sci ,1975, 21: 33-38.

Taylor D. "*The significance of the accumulation of cadmium by aquatic organisms*" ICI Brixham Laboratory, Freshwater Quarry, Brixham, Devon TQ5 8BA, United Kingdom Available online 16 December 2004

van Leeuwen CJ, Griffioen PS, Vergouw WHA, Maas-Diepeveen JL. (1985) "*Differences in susceptibility of early life stages of rainbow trout (Salmo gaidneri) to environmental pollutants.*" Aquat Toxicol, 1985, 7: 59-78.

Westoo. G. (1966). "*Determination of methylmercury compounds in foodstuffs.*" Acta. Chem. Scand., 20, 211-213.

White DH, Finley MT, Ferrell JF. (1978) "*Histopathologic effects of dietary cadmium on kidneys and testes of mallard ducks.*" J Toxicol Environ Health, 1978, 4: 551-558.

Wilson A.R. (1991) "*Environmental Risk: Identification and Management.*" Chelsea: Lewis Publishers, 431p.

Witter E. (1989) “*Agricultural use of sewage sludge: Controlling metal contamination of soils*”. Naturvasdsverket Rapport 3620. Statens Naturvardsverk, Solna.

BIBΛΙΑ

Κάγκαλου Ι., “Σημειώσεις Λιμνολογίας”, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα 2004

Σίνης Απόστολος Ι., “Λιμνολογία”, Έκδοση του Αριστοτέλειου Πανεπιστήμιου Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, 1999

Χατζημήτρος Κ., “Σημειώσεις Οικολογίας”, Έκδοση Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 2000

Quevauviller P., Borchers., Thompson K.C. and Simonart T., “The Water Framework Directive Action Programmes and Adaptation to Climate Change”, Proceedings from the International Conference on WFD- Action Programmes and Adaptation to Climate Change, Lille 26-28 April 2010, published by the Royal Society of Chemistry