



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος

ΔΠΜΣ: Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΟΔΗΓΙΑΣ ΓΙΑ ΤΑ ΝΕΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ
ΜΕ ΤΙΣ ΘΕΣΜΟΘΕΤΗΜΕΝΕΣ ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΑΠΟΔΕΚΤΕΣ ΤΙΜΕΣ**

ΠΟΛΥΤΙΜΗ ΚΛΙΝΑΚΗ

Επιβλέπων καθηγητής: Ανδρέας Ανδρεαδάκης

2018

Το περιεχόμενο της ανά χείρας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί προϊόν της δικής μου πνευματικής προσπάθειας. Η ενσωμάτωση σε αυτήν υλικού τρίτων, δημοσιευμένου ή μη, γίνεται με δόκιμη αναφορά στις πηγές, που δεν επιτρέπει ασάφειες ή παρερμηνείες.

Κλινάκη Πολυτίμη

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή, κο Ανδρέα Ανδρεαδάκη, καθώς και την κα Ευγενία Γαβαλάκη για την καθοδήγηση, τις χρήσιμες συμβουλές και το υλικό που μου παρείχαν κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Πηγή εικόνας εξωφύλλου: www.visitvatika.gr

(Πρόκειται για τη λίμνη Στρογγύλη στα Βάτικα Λακωνίας.)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία με τίτλο << Συσχέτιση χημικών και βιολογικών παραμέτρων παρακολούθησης επιφανειακών υδατικών συστημάτων στο πλαίσιο της Οδηγίας για τα νερά και αποτίμηση αποτελεσμάτων παρακολούθησης των υπόγειων υδατικών συστημάτων σε σχέση με τις θεσμοθετημένες ανώτερες αποδεκτές τιμές>> αποτελεί διπλωματική εργασία στα πλαίσια του Διεπιστημονικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», της Β' Κατεύθυνσης, του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των μετρήσεων που έχουν προκύψει από το εθνικό πρόγραμμα παρακολούθησης των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων. Στα επιφανειακά συστήματα (ποτάμια και λιμναία) αναζητείται η εύρεση συσχέτισης μεταξύ των χημικών και των βιολογικών παραμέτρων. Στα υπόγεια συστήματα γίνεται σύγκριση των μετρημένων τιμών διαφόρων παραμέτρων με τα θεσπισμένα ανώτερα αποδεκτά όρια και διερευνάται εάν τα όρια αυτά ικανοποιούνται στον ελληνικό χώρο και ακόμη εάν θα ήταν θεμιτό σε ορισμένες περιοχές να τεθούν αυστηρότερα όρια αυτών.

ΕΚΤΕΝΗΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία διερευνά τη συσχέτιση μεταξύ των χημικών και βιολογικών παραμέτρων που παρακολουθούνται στα επιφανειακά υδατικά συστήματα της χώρας στο πλαίσιο της Οδηγίας για τα Νερά 2000/60/ΕΚ και αξιολογεί τα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης των υπόγειων υδατικών συστημάτων ως προς τις θεσμοθετημένες ανώτερες αποδεκτές τιμές. Για την εν λόγω ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία και μετρήσεις που έχουν προκύψει από το εθνικό πρόγραμμα παρακολούθησης.

Τα επιφανειακά συστήματα περιλαμβάνουν τα λιμναία συστήματα και τα ποτάμια συστήματα. Παρουσιάζεται η τυπολογία λιμνών και ποταμών, η διαδικασία αξιολόγησης και ταξινόμησης της χημικής και της οικολογικής κατάστασής τους και οι φυσικοχημικές και βιολογικές παράμετροι που παρακολουθούνται στα συστήματα αυτά. Εάν διαπιστωθεί ότι υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ ορισμένων φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων στα επιφανειακά συστήματα, τότε ενδεχομένως είναι θεμιτό να μειωθεί το πλήθος των μετρούμενων παραμέτρων. Για παράδειγμα, σε περίπτωση που βρεθεί υψηλή συσχέτιση μεταξύ μιας φυσικοχημικής και μιας βιολογικής παραμέτρου, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι αρκεί να παρακολουθείται μόνο η φυσικοχημική παράμετρος, κάτι το οποίο είναι πιο εύκολο και πιο οικονομικό.

Σε αντιστοιχία με τα επιφανειακά συστήματα, παρουσιάζεται η τυπολογία των υπογείων υδάτινων σωμάτων, η διαδικασία αξιολόγησης και ταξινόμησης της ποσοτικής και της ποιοτικής κατάστασής τους και οι ρύποι που παρακολουθούνται σε αυτά. Όσον αφορά τα υπόγεια συστήματα αξιολογούνται τα αποτελέσματα του προγράμματος παρακολούθησης στην Ελλάδα λαμβάνοντας υπ' όψιν τις ανώτερες αποδεκτές τιμές των εξεταζόμενων παραμέτρων. Στόχος της εν λόγω επεξεργασίας ήταν να διερευνηθεί εάν είναι δυνατόν να οριστεί όριο αυστηρότερο του υπάρχοντος για κάποια ή κάποιες παραμέτρους, ώστε να τεθεί ένας πιο φιλόδοξος στόχος και να βελτιωθεί περαιτέρω η κατάσταση των εξεταζόμενων σωμάτων.

Οι παραπάνω αναλύσεις πραγματοποιούνται με γνώμονα την Οδηγία για τα Νερά 2000/60/ΕΚ. Αναλύονται οι βασικές ιδέες πάνω στις οποίες θεμελιώθηκε το συγκεκριμένο θεσμικό πλαίσιο, καθώς και οι στόχοι που φιλοδοξεί να επιτύχει.

EXTENDED ABSTRACT

This thesis examines the relation between the physical – chemical and the biological parameters, which are monitored at surface waters under the Water Framework Directive 2000/60/EC, and assesses the results of the monitoring program of groundwater in comparison with the superior values set by legislation. For this purpose, there were used data and measures produced by the national monitoring program.

Surface waters include both lakes and rivers. There is presented the typology of lakes and rivers, the classification systems of ecological and chemical status and the physical – chemical and biological parameters that need to be monitored. If it happens to exist important correlation between some of these parameters, then it may be proper to reduce the number of the tested parameters. For example, in case a certain physical – chemical parameter is highly correlated to a certain biological parameter, then someone could assume that they can only monitor this specific physical – chemical parameter, as it is easier and cheaper to measure this kind of parameters.

Like surface waters, there are presented the classification system of the status of groundwater bodies, the groundwater typology, the relevant legislation, the quality standards and the superior permitted values of many pollutants in groundwater. Furthermore, the most common pollutants found in groundwater are analysed. The data produced by the groundwater monitoring program are statistically processed and the results are compared to the legal superior values. The purpose of this analysis is to conclude whether it is feasible or not to implement stricter limit values for any of the monitored parameters.

All these reviews are conducted with the use of the Water Framework Directive 2000/60/EC. The principles and the objectives of the directive are analysed. Moreover, the directive was integrated into Greek legislation through the directive N3199/2003 and the presidential decree ΠΔ51/2007. In this chapter, the Greek aquatic compartments and the monitoring program are presented.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	Εισαγωγή	
1.1	Η δομή της εργασίας	7
1.2	Η αξία του νερού ως φυσικός πόρος	7
1.3	Κατηγορίες υδάτινων σωμάτων	10
1.4	Περιβαλλοντικά προβλήματα σε υδάτινα σώματα	13
1.5	Αναγκαιότητα ορθολογικής και βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων	15
2	Θεσμικό πλαίσιο	
2.2	Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ	17
2.2.1	Βασικές αρχές	17
2.2.2	Στόχοι	18
2.3	Οδηγία εναρμόνισης Ν3199/2003 και Προεδρικό διάταγμα ΠΔ51/2007	19
2.4	Τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας	19
2.5	Πρόγραμμα παρακολούθησης	21
3	Ελληνικά λιμναία συστήματα	
3.1	Θεσμικό υπόβαθρο	23
3.2	Εξεταζόμενες παράμετροι	38
3.3	Ανάλυση δεδομένων στον ελληνικό χώρο	42
4	Ελληνικά ποτάμια συστήματα	
4.2	Θεσμικό υπόβαθρο	50
4.3	Εξεταζόμενες παράμετροι	58
4.4	Ανάλυση δεδομένων στον ελληνικό χώρο	60
5	Ελληνικά υπόγεια συστήματα	
5.2	Θεσμικό υπόβαθρο	65
5.3	Εξεταζόμενοι ρύποι στα υπόγεια ύδατα	71
5.4	Ανάλυση δεδομένων στον ελληνικό χώρο	76
6	Συμπεράσματα	108
7	Βιβλιογραφία	110

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή

1.1 Η δομή της εργασίας

Το κεφάλαιο 1 έχει εισαγωγικό χαρακτήρα. Γίνεται μνεία στην αξία του νερού ως φυσικός πόρος, ενώ γίνεται διάκριση των υδατικών συστημάτων που απαντώνται στη φύση και αναφέρονται διάφορα περιβαλλοντικά προβλήματα που σχετίζονται με αυτά. Μάλιστα, τονίζεται η ανάγκη για ορθολογικής και βιώσιμης διαχείρισης των συστημάτων αυτών στα πλαίσια της προστασίας των οικοσυστημάτων και της αειφορίας του περιβάλλοντος.

Στο κεφάλαιο 2 γίνεται αναφορά στο σχετικό νομικό πλαίσιο και ειδικότερα στην Οδηγία για τα Νερά 2000/60/ΕΚ. Συγκεκριμένα, αναλύονται οι βασικές αρχές πάνω στις οποίες θεμελιώθηκε η Οδηγία καθώς και οι στόχοι που φιλοδοξεί να επιτύχει. Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ ενσωματώθηκε στην ελληνική νομοθεσία μέσω της οδηγίας εναρμόνισης Ν3199/2003 και του προεδρικού διατάγματος ΠΔ51/2007. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται επίσης τα υδατικά διαμερίσματα της Ελλάδας και γίνεται αναφορά στο πρόγραμμα παρακολούθησης.

Το κεφάλαιο 3 αφορά τα συστήματα λιμνών της χώρας. Παρουσιάζεται η διαδικασία αξιολόγησης της οικολογικής, της χημικής και εν τέλει της συνολικής κατάστασης των λιμνών της χώρας. Γίνεται αναφορά στους τύπους φυσικών λιμνών που διακρίνονται με στόχο την ομαδοποίηση υδάτινων σωμάτων κατά την εφαρμογή του προγράμματος παρακολούθησης. Στη συνέχεια, αναλύονται οι φυσικοχημικές και οι βιολογικές παράμετροι που εξετάζονται κατά την παρακολούθηση λιμνών και πραγματοποιείται προσπάθεια ανίχνευσης τυχόν συσχέτισης μεταξύ τους.

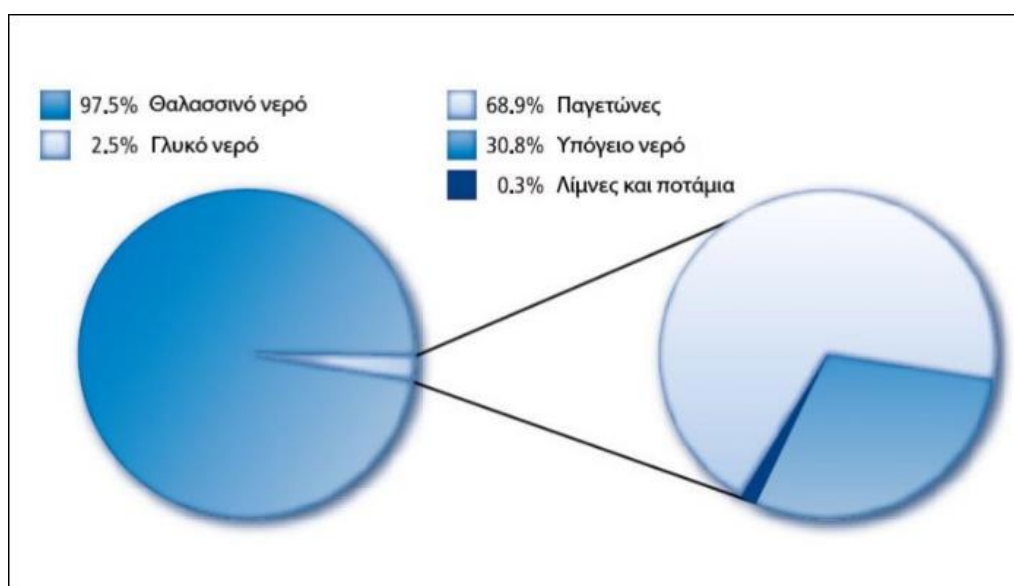
Το κεφάλαιο 4 αφορά τα ποτάμια συστήματα της χώρας. Ομοίως με το κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται η διαδικασία αξιολόγησης της κατάστασης των ποταμών (χημική, οικολογική και συνολική), οι τύποι των ποταμών και οι φυσικοχημικές και βιολογικές παράμετροι που εξετάζονται στα ποτάμια. Τέλος, πραγματοποιείται προσπάθεια τυχόν ανίχνευσης μεταξύ των παραμέτρων αυτών.

Το κεφάλαιο 5 αφορά τα ελληνικά υπόγεια συστήματα. Παρουσιάζεται η διαδικασία ταξινόμησης και αξιολόγησης της κατάστασης των υπόγειων σωμάτων, το σχετικό θεσμικό πλαίσιο και τα ποιοτικά πρότυπα και οι ανώτερες αποδεκτές τιμές για τους ρύπους στα υπόγεια ύδατα. Στη συνέχεια, αναφέρονται οι κατηγορίες υπόγειων υδατικών σωμάτων και αναλύονται οι βασικότεροι ρύποι που εξετάζονται στα υπόγεια νερά. Ακολουθεί στατιστική επεξεργασία των μετρήσεων για κάθε ρύπο, σύγκριση με τις θεσμοθετημένες ανώτερες τιμές και εξαγωγή συμπερασμάτων.

1.2 Η αξία του νερού ως φυσικός πόρος

Το υδάτινο στοιχείο καταλαμβάνει σημαντική έκταση της επιφάνειας της Γης και αποτελεί βασικό πυλώνα για την ανάπτυξη και τη διατήρηση ζωής σε αυτήν. Χάρη στην ύπαρξη του νερού στον πλανήτη έχουν σχηματιστεί με το πέρασμα των χρόνων διάφορα υδάτινα σώματα τα οποία αποτελούνται είτε από γλυκό είτε από αλμυρό νερό. Αλμυρό νερό συναντάται σε ωκεανούς, θάλασσες και λιμνοθάλασσες, ενώ το γλυκό νερό υπό αδιατάρακτες συνθήκες απαντάται στους υπόγειους υδροφορείς και στα επιφανειακά νερά, δηλαδή τους ποταμούς και τις λίμνες. Επίσης, το νερό, εκτός από την υγρή μορφή του, υπάρχει και σε στερεή φάση με τη μορφή πάγων, αλλά και στην αέρια φάση με τη μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα.

Συγκεκριμένα, υπολογίζεται ότι το νερό που υπάρχει στη Γη στις διάφορες μορφές του έχει συνολικό όγκο 1338000000 km^3 και καλύπτει το 70,9% της επιφάνειάς της. Όσον αφορά την κατανομή του εκτιμάται ότι το 96,5% των παγκόσμιων αποθεμάτων νερού βρίσκεται στους ωκεανούς, ενώ μόνο το 1,7% αφορά στα επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνες, έλη, χείμαρροι). Στα παγοκαλύμματα στην Ανταρκτική και στη Γροιλανδία βρίσκεται δεσμευμένο το υπόλοιπο 1,7% του παγκόσμιου νερού. Η υγρασία που βρίσκεται σε αέρια μορφή στην ατμόσφαιρα αποτελεί το 0,001% του συνολικού νερού παγκοσμίως. Συνεπώς είναι φανερό ότι το νερό του πλανήτη βρίσκεται κατά συντριπτικό ποσοστό στα θαλάσσια υδάτινα σώματα. Το αλμυρό νερό αποτελεί το 97,5% του παγκόσμιου αποθέματος νερού, ενώ μόλις το 2,5% είναι γλυκό.



Σχήμα 1.1: Η κατανομή του νερού παγκοσμίως

(Πηγή: enidrio.gr)

Κλάσμα του γλυκού νερού είναι το πόσιμο το οποίο είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωση όλων των έμβιων οργανισμών και φυσικά και του ανθρώπου. Ωστόσο, το 98,8% του πόσιμου νερού είναι εγκλωβισμένο στους πάγους των πόλων και στα υπόγεια ύδατα. Τα επιφανειακά υδάτινα σώματα (ποτάμια και λίμνες) περιέχουν λιγότερο από το 0,3% του γλυκού νερού του πλανήτη. Είναι υψίστης σημασίας για όλους τους ανθρώπους να έχουν πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό για την επιβίωσή τους αλλά και για την εξασφάλιση της απαραίτητης υγιεινής. Σε αντίθετη περίπτωση

ελλοχεύει ο κίνδυνος εξάπλωσης μολυσματικών ασθενειών και απώλειας ανθρώπινων ζωών. Η αξία του είναι ανυπολόγιστη για την ανάπτυξη και διατήρηση όλων των οικοσυστημάτων. Αποτελεί το περιβάλλον στο οποίο διαβιούν θαλάσσιοι, ποτάμιοι και λιμναίοι οργανισμοί, ενώ ταυτόχρονα είναι απαραίτητο και για τους χερσαίους οργανισμούς. Άλλωστε, το νερό είναι πηγή ζωής και υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό σε κάθε οργανισμό. Μάλιστα, είναι γνωστό ότι οι πρώτες μορφές ζωής εμφανίστηκαν στο νερό. Σε επίπεδο κυτταρικής δομής, το νερό αφορά ένα σημαντικό ποσοστό της κατά βάρος σύστασης του κυττάρου, το οποίο ποικίλλει ανάλογα με το είδος του κυττάρου και κυμαίνεται από 70% έως 90%. Σε επίπεδο οργανισμού, το νερό διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε πολλές μεταβολικές διεργασίες, τόσο αναβολικές όσο και καταβολικές. Στο ανθρώπινο σώμα το νερό περιέχεται σε ποσοστό 70%, ενώ στο αίμα υπάρχει σε ποσοστό 90%. Η ανεπαρκής πρόσληψη νερού προκαλεί αξιόλογες βλάβες στο ανθρώπινο σώμα. Εάν ένα άτομο δεν προσλαμβάνει την απαραίτητη ποσότητα νερού, τότε μετά από 2÷4 ημέρες ο οργανισμός του δε δύναται να αποβάλλει ουσίες όπως η ουρία, το ουρικό οξύ και η κρεατινίνη, οι οποίες αποβάλλονται μέσω των ούρων. Κάτι τέτοιο έχει ως αποτέλεσμα το εν λόγω άτομο να οδηγηθεί σε υπογλυκαιμία.

Το νερό ως φυσικός πόρος διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία. Ήδη από την αρχαιότητα οι σημαντικότεροι πολιτισμοί που αναπτύχθηκαν γειτνιάζαν με κάποιο υδάτινο σώμα, είτε γλυκού νερού (ποτάμια και λίμνες) είτε αλμυρού νερού (θάλασσα). Έτσι, ο εκάστοτε λαός εξασφάλιζε νερό για πόση, τόσο για ανθρώπινη κατανάλωση όσο και για τα οικόσιτα ζώα, αλλά και για άρδευση. Επομένως, αναπτύχθηκε η γεωργία και η κτηνοτροφία, δραστηριότητες οι οποίες παρείχαν πολύτιμα αγαθά στους αντίστοιχους πληθυσμούς. Αντίστοιχα, όσοι λαοί διέθεταν πρόσβαση στη θάλασσα μπόρεσαν να αναπτύξουν την αλιεία, τη ναυσιπλοΐα και το θαλάσσιο εμπόριο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο αρχαίος πολιτισμός της Μεσοποταμίας που αναπτύχθηκε ανάμεσα στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη, ο αρχαίος αιγυπτιακός πολιτισμός που αναπτύχθηκε στις όχθες του Νείλου και ο αρχαίος ελληνικός πολιτισμός που αναπτύχθηκε με έμφαση στη θαλάσσια οικονομία και το εμπόριο.



Σχήμα 1.2: Ο ποταμός Νείλος στην Αίγυπτο

(Πηγή: Ιστορία Α' Γενικού Λυκείου – Γενικής Παιδείας)

Οι υδάτινοι πόροι αποτελούν ακρογωνιαίο λίθο της σύγχρονης παγκόσμιας οικονομίας επίσης. Το νερό αποτελεί οικονομικό αγαθό καθώς χρησιμοποιείται για την άρδευση καλλιεργήσιμων εκτάσεων, ενώ παράλληλα ορισμένες λίμνες και παράκτια ύδατα αξιοποιούνται για την εφαρμογή ιχθυοκαλλιεργειών. Προκειμένου να ικανοποιηθούν οι ποικίλες ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας συχνά χρησιμοποιείται νερό από τα αποθέματα φυσικών ταμιευτήρων, δηλαδή λιμνών, και τεχνητών ταμιευτήρων, οι οποίοι δημιουργούνται ανακόπτοντας τη φυσική ροή ποταμών με τη δημιουργία φραγμάτων. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται έπειτα για να καλυφθούν οι ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης, αλλά και για να παραχθεί ηλεκτρική ενέργεια. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 70% της κατανάλωσης γλυκού νερού αφορά την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών. Στους ταμιευτήρες των φραγμάτων και γύρω από αυτούς σύντομα αναπτύσσεται χλωρίδα και πανίδα με αποτέλεσμα τα εν λόγω έργα να αποτελούν και πόλο τουριστικού ενδιαφέροντος. Είναι, επομένως, φανερό ότι ο υδάτινος πόρος έχει ιδιαίτερη σημασία τόσο από οικονομική όσο και από κοινωνική και γεωπολιτική άποψη. Άλλωστε, δεν είναι τυχαίο ότι ο εν λόγω φυσικός πόρος έχει αποτελέσει αρκετές φορές αντικείμενο πολιτικών και διακρατικών διενέξεων.

1.3 Κατηγορίες υδάτινων σωμάτων

Το νερό διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση του ανάγλυφου της γης, καθώς κινείται αέναα ανάμεσα στις θάλασσες, την ατμόσφαιρα και την ξηρά αλλάζοντας παράλληλα φάσεις (αέρια, υγρή και στερεή φάση). Το φαινόμενο αυτό αποκαλείται ως ο υδρολογικός κύκλος του νερού. Μέρος του νερού των θαλάσσιων υδάτων και των επιφανειακών γλυκών νερών της ξηράς εξατμίζεται και βρίσκεται

πλέον με τη μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Οι υδρατμοί αυτοί υπό κατάλληλες συνθήκες συμπυκνώνονται και δημιουργούν κατακρημνίσματα, δηλαδή βροχή, χιόνι και χαλάζι, τα οποία πέφτουν στην επιφάνεια της Γης.



Σχήμα 1.3: Ο κύκλος του νερού

(Πηγή: el.wikipedia.org)

Η παραπάνω διαδικασία με το πέρασμα των ετών έχει οδηγήσει στη διαμόρφωση της σημερινής μορφής του γεωανάγλυφου. Η πίεση που ασκείται πάνω στα πετρώματα από τα κατακρημνίσματα καθώς πέφτουν στην επιφάνεια της Γης οδηγεί σταδιακά στην αποσάθρωσή τους. Μέρος του νερού των βροχοπτώσεων, αλλά και του νερού που προέρχεται από την τήξη του χιονιού και του πάγου, διηθείται στο έδαφος. Το νερό αυτό απορροφάται εν μέρει από το ριζικό σύστημα των φυτών και των δέντρων, ενώ το υπόλοιπο τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφορείς. Το νερό το οποίο δεν διηθείται στο έδαφος κινείται επιφανειακά μεταφέροντας μάλιστα φερτά υλικά που έχουν προκύψει από τη διάβρωση των πετρωμάτων. Με άλλα λόγια, σχηματίζονται ρυάκια ή και ποταμοί, μόνιμης ή χειμερινής ροής, οι οποίοι είτε εκβάλλουν στη θάλασσα είτε σε κάποια κοιλότητα του εδάφους με αποτέλεσμα τη δημιουργία λιμνών. Η συνεχής αυτή κίνηση του νερού στην επιφάνεια του εδάφους μπορεί να προκαλέσει διάβρωση της κοίτης ή τη δημιουργία εύφορων πεδινών εκτάσεων μέσω της απόθεσης των μεταφερόμενων υλικών. Καθοριστικό ρόλο παίζουν η γεωλογία της εκάστοτε περιοχής και το είδος της ροής. Το βρόχινο νερό που πέφτει απευθείας πάνω σε κοιλότητες του εδάφους συνεισφέρει επίσης στη δημιουργία αλλά και στην τροφοδότηση λιμνών.

Το νερό, λοιπόν, σχηματίζει υδάτινα σώματα, γλυκού ή αλμυρού νερού, τα οποία μπορεί να είναι είτε επιφανειακά είτε υπόγεια και αποτελούν απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη και τη διατήρηση των οικοσυστημάτων. Σώματα αλμυρού νερού αποτελούν οι θάλασσες και οι ωκεανοί, ενώ σώματα γλυκού νερού αποτελούν τα ποτάμια, οι λίμνες και οι υπόγειοι υδροφορείς. Είναι βέβαια σημαντικό να αναφερθεί ότι είναι πιθανό ορισμένα υπόγεια νερά που βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές να

είναι υφάλμυρα λόγω της ανάμιξής τους με θαλασσίνο νερό που εισχωρεί στον υπόγειο υδροφορέα. Είναι ακόμη σύνηθες ορισμένες λίμνες οι οποίες βρίσκονται κοντά σε θαλάσσιες ακτές να τροφοδοτούνται με θαλάσσιο νερό. Τέτοια σώματα χαρακτηρίζονται ως λιμνοθάλασσες.

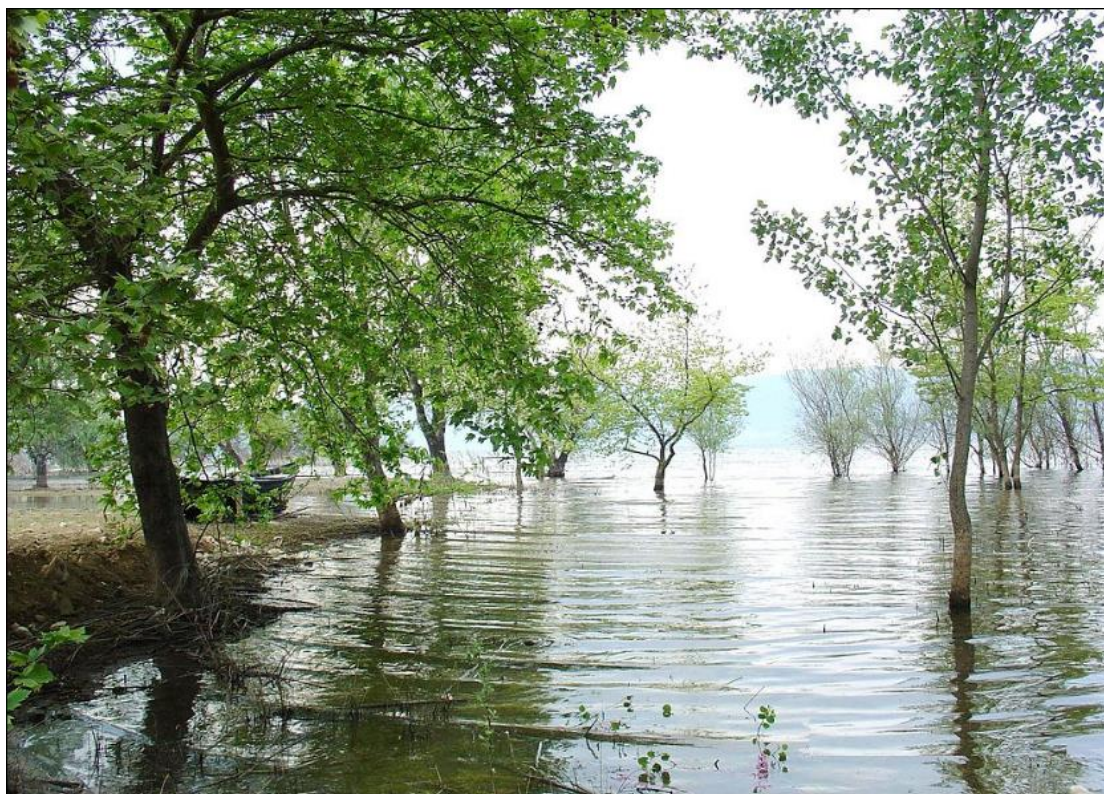


Σχήμα 1.4: Ο ποταμός Ευρώτας στη Λακωνία

(Πηγή: el.wikipedia.org)

Στην Οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τα Νερά 2000/60/ΕΚ έχουν δοθεί ορισμοί για τις κατηγορίες των υδάτων. Συγκεκριμένα, <<επιφανειακά ύδατα είναι τα εσωτερικά ύδατα, εκτός των υπόγειων υδάτων, τα μεταβατικά και τα παράκτια ύδατα, εκτός εάν πρόκειται για τη χημική τους κατάσταση, οπότε περιλαμβάνουν και τα χωρικά ύδατα>>. <<Υπόγεια ύδατα είναι το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή το υπέδαφος>>. Τα υπόγεια ύδατα είναι υποκατηγορία των εσωτερικών υδάτων τα οποία ορίζονται ως <<το σύνολο των στάσιμων ή των ρεόντων επιφανειακών υδάτων και όλα τα υπόγεια ύδατα που βρίσκονται προς την πλευρά της ξηράς σε σχέση με τη γραμμή βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών υδάτων>>. Επιπλέον, ορίζονται τα μεταβατικά ύδατα και τα παράκτια ύδατα. <<Τα μεταβατικά ύδατα είναι τα συστήματα επιφανειακών υδάτων πλησίον του στομίου ποταμών τα οποία είναι σχετικά αλμυρά λόγω της γειννιάσής τους με παράκτια ύδατα αλλά τα οποία επηρεάζονται ουσιαστικά από ρεύματα γλυκού νερού>>. <<Παράκτια ύδατα είναι τα επιφανειακά ύδατα που βρίσκονται στην πλευρά της ξηράς μιας γραμμής, κάθε σημείο της οποίας βρίσκεται σε απόσταση ενός ναυτικού μιλίου προς τη θάλασσα από το πλησιέστερο σημείο της γραμμής βάσης από την οποία μετράται το εύρος των χωρικών και τα οποία, κατά περίπτωση, εκτείνονται μέχρι του ανώτερου ορίου των

μεταβατικών υδάτων>>. Όσον αφορά στους επιφανειακούς σχηματισμούς, η λίμνη ορίζεται ως <<σύστημα στάσιμων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων>>, ενώ ο ποταμός ως <<σύστημα εσωτερικών υδάτων το οποίο ρέει, κατά το πλείστον, στην επιφάνεια του εδάφους αλλά το οποίο μπορεί, για ένα μέρος της διαδρομής του, να ρέει και υπογείως>>.



Σχήμα 1.5: Η λίμνη Βόλβη στη Μακεδονία

(Πηγή: el.wikipedia.org)

Στην Οδηγία 2000/60/EK αναφέρονται επίσης δύο κατηγορίες υδάτινων σωμάτων τα οποία είτε έχουν δημιουργηθεί είτε έχουν αλλάξει μορφή μέσω ανθρώπινης παρέμβασης. Πρόκειται για τα τεχνητά υδατικά συστήματα και τα ιδιαιτέρως τροποποιημένα υδατικά συστήματα. Οι αντίστοιχοι ορισμοί της Οδηγίας είναι οι εξής: <<τεχνητό υδατικό σύστημα είναι ένα σύστημα επιφανειακών υδάτων που δημιουργείται με δραστηριότητα του ανθρώπου>> και <<ιδιαιτέρως τροποποιημένο υδατικό σύστημα είναι ένα σύστημα επιφανειακών υδάτων του οποίου ο χαρακτήρας έχει μεταβληθεί ουσιαστικά λόγω των φυσικών αλλοιώσεων από τις δραστηριότητες του ανθρώπου>>.

1.4 Περιβαλλοντικά προβλήματα σε υδάτινα σώματα

Ο σύγχρονος πολιτισμός χαρακτηρίζεται από τεράστια τεχνολογικά επιτεύγματα. Η πρόοδος στις επιστήμες, όπως είναι η πληροφορική, η χημεία, η βιοτεχνολογία, η μηχανική, η ιατρική και η φυσική, έχει παράσχει στους ανθρώπους εργαλεία τα οποία έχουν οδηγήσει σε έκρηξη της ανάπτυξης της βιομηχανίας, της γεωργίας και του

αστικού περιβάλλοντος. Σύντομα, όμως, άρχισαν να διαφαίνονται προβλήματα τα οποία απορρέουν από αυτή την αλόγιστη εκμετάλλευση του φυσικού περιβάλλοντος. Πολλά από αυτά τα προβλήματα επηρεάζουν την κατάσταση των αποθεμάτων νερού τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά.

Ο σύγχρονος τρόπος ζωής έχει επιβάλει καταναλωτικά πρότυπα τα οποία έχουν προεκτάσεις και στην κατανάλωση νερού. Η υπερκατανάλωση με σκοπό την κάλυψη των αναγκών για οικιακή, δημοτική, βιομηχανική και αρδευτική χρήση έχει οδηγήσει σε δραστική μείωση των αποθεμάτων του προσβάσιμου ασφαλούς για χρήση γλυκού νερού. Η αυξημένη αυτή χρήση έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιαστεί σε αρκετές περιοχές πρόβλημα λειψυδρίας. Συχνά, πραγματοποιούνται γεωτρήσεις με σκοπό την άντληση υπόγειου νερού για την κάλυψη των παραπάνω αναγκών. Όταν η εν λόγω δραστηριότητα πραγματοποιείται με ρυθμό μεγαλύτερο από το ρυθμό επαναφόρτισης του υπόγειου υδροφορέα, τότε συμβαίνει ταπείνωση της στάθμης του. Σε παραθαλάσσιες περιοχές το φαινόμενο αυτό συνδέεται με την εισροή θαλασσινού νερού στο υπόγειο υδάτινο σώμα, το οποίο πλέον ως υφάλμυρο είναι ακατάλληλο για χρήση. Όσον αφορά τα επιφανειακά ύδατα, η χωρίς μέτρο χρήση νερού μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική μείωση της παροχής των ποταμών και σε αξιοσημείωτη πτώση της στάθμης των λιμνών.

Παράλληλα, στις συμβατικές καλλιέργειες χρησιμοποιούνται λιπάσματα και φυτοφάρμακα. Μέρος των ουσιών αυτών μπορεί να καταλήξει σε γειτονικούς ποταμούς και λίμνες μέσω της επιφανειακής απορροής των όμβριων υδάτων, ενώ ταυτόχρονα ορισμένη ποσότητα διηθείται στο έδαφος και καταλήγει στα υπόγεια νερά. Τα λιπάσματα περιέχουν αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών, και συγκεκριμένα αζωτούχων και φωσφορούχων ενώσεων, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν φαινόμενα ευτροφισμού στα υδάτινα οικοσυστήματα. Πρόκειται ουσιαστικά για υπέρμετρη ανάπτυξη φυτικών μικροοργανισμών (φυτοπλαγκτόν) και χλωρίδας (φύκη, καλαμιές, κ.τ.λ.), η οποία καθιστά το νερό ακατάλληλο για την αρχική του χρήση. Το φαινόμενο αυτό είναι πιθανόν να προκαλέσει επίσης πρόβλημα αποξυγόνωσης του αποδέκτη, καθώς οι παραπάνω φυτικοί οργανισμοί μετά το θάνατό τους τροφοδοτούν την υδάτινη στήλη με οργανικό φορτίο. Καθώς το οργανικό φορτίο διασπάται καταναλώνεται οξυγόνο το οποίο βρίσκεται διαλυμένο στο νερό. Εάν ο ρυθμός κατανάλωσης οξυγόνου είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό επαναερισμού από την ατμόσφαιρα, τότε σταδιακά μειώνεται η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Η πτώση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου θέτει σε κίνδυνο τη ζωή αρκετών οργανισμών (π.χ. ψαριών) που διαβιούν στο εκάστοτε οικοσύστημα.

Είναι ακόμη συνήθης πρακτική να απορρίπτονται τα αστικά λύματα σε κάποιο γειτονικό υδάτινο αποδέκτη. Εάν αυτό πραγματοποιηθεί χωρίς να προηγηθεί επεξεργασία των λυμάτων, τότε ελλοχεύει επίσης ο κίνδυνος αποξυγόνωσης του αποδέκτη καθώς τα αστικά λύματα είναι πλούσια σε οργανικό φορτίο.

Γενικά, τα αστικά λύματα, τα βιομηχανικά λύματα, τα στραγγίδια από τη διήθηση φυτοφαρμάκων στο έδαφος και τα στραγγίδια από χώρους υγειονομικής ταφής ρυπαίνουν τα υδάτινα σώματα διότι περιέχουν χημικές ουσίες βλαβερές για τα αντίστοιχα οικοσυστήματα. Μάλιστα, ορισμένες από αυτές είναι μη βιοδιασπάσιμες ή ακόμη και τοξικές. Όταν η συγκέντρωση τέτοιων ουσιών υπερβεί το αποδεκτό όριο,

τότε το νερό είναι ακατάλληλο για χρήση από τον άνθρωπο και άλλους οργανισμούς που το χρησιμοποιούν είτε για πόση είτε είναι το φυσικό τους περιβάλλον.

1.5 Αναγκαιότητα ορθολογικής και βιώσιμης διαχείρισης των υδατικών πόρων

Η ρύπανση πολλών υδάτινων σωμάτων έχει θέσει σε κίνδυνο αρκετά οικοσυστήματα, ενώ σημαντικό μέρος των αποθεμάτων δεν είναι πλέον ασφαλές για χρήση από τον άνθρωπο. Δεδομένου ότι δεν είναι θεμιτό να αναχαιτιστεί η πολιτιστική και η τεχνολογική ανάπτυξη, είναι αναγκαίο να βρεθούν τρόποι φιλικής προς το περιβάλλον διαχείρισης των υδατικών πόρων. Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας έχει αναπτυχθεί η ιδέα της πράσινης ή αειφόρου ανάπτυξης. Γνώμονας της αειφορίας είναι η μέγιστη δυνατή απολαβή αγαθών από το περιβάλλον υπό την προϋπόθεση ότι δεν εμποδίζεται η ικανοποιητική παροχή των ίδιων αγαθών μελλοντικά στις επόμενες γενιές.

Το γλυκό νερό είναι ανανεώσιμος φυσικός πόρος, αλλά τα παγκόσμια αποθέματά του σταδιακά στερεύουν. Σε πολλά μέρη του κόσμου η ζήτηση του νερού υπερβαίνει την προσφορά και παρατηρούνται φαινόμενα λειψυδρίας. Είναι ιδιαίτερα σοβαρό επίσης το γεγονός ότι πάνω από τους μισούς υγροτόπους της Γης έχουν χαθεί. Δεν είναι άλλωστε τυχαίο ότι ο έλεγχος του νερού πλέον αποτελεί το μήλο της έριδος για φορείς εξουσίας και αντικρουόμενων συμφερόντων τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η πρόσβαση σε ασφαλές πόσιμο νερό είναι ζωτικής σημασίας για την επιβίωση και τη διατήρηση της υγείας του ανθρώπου. Είναι ύψιστης σημασίας να παρέχεται σε όλους τους ανθρώπους πρόσβαση σε νερό κατάλληλο για πόση. Γενικά, το πόσιμο νερό θα πρέπει να είναι διαυγές, άοσμο, άχρωμο, άγευστο, απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς και να περιέχει μικρή ποσότητα αλάτων και ιχνοστοιχείων σημαντικών για τον οργανισμό. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος είναι απαραίτητα να διαφυλάσσονται τα υδάτινα σώματα και τα οικοσυστήματά τους και να πραγματοποιούνται έλεγχοι στο νερό πριν αυτό τροφοδοτηθεί στο δίκτυο ύδρευσης. Όταν δε πληρούνται οι απαραίτητες προϋποθέσεις, θα πρέπει το συγκεκριμένο νερό να υφίσταται επεξεργασία σε ειδική εγκατάσταση επεξεργασίας νερού. Έτσι, λοιπόν, σχεδόν σε ολόκληρο τον κόσμο υπάρχει πλέον η δυνατότητα πρόσβασης σε ασφαλές νερό. Παρ' όλα αυτά, εκτιμάται ότι περίπου 100000000 άνθρωποι δεν έχουν ακόμη πρόσβαση σε πόσιμο νερό. Ορισμένοι παρατηρητές υποστηρίζουν ότι έως το 2025 περισσότερο από το ήμισυ του παγκόσμιου πληθυσμού θα κληθεί να αντιμετωπίσει σημαντικά προβλήματα ποιότητας του νερού στο οποίο έχει πρόσβαση. Σύμφωνα με άλλη πρόβλεψη, έως το 2030 η ζήτηση του νερού σε πολλές περιοχές θα είναι κατά 50% μεγαλύτερη από την τοπική διαθεσιμότητα νερού. Ιδιαίτερα ανησυχητική είναι έρευνα της Unesco, που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, σύμφωνα με την οποία στα επόμενα 20 χρόνια προβλέπεται να μειωθεί η ποσότητα νερού που αντιστοιχεί ανά άτομο κατά 30%.

Η Ελλάδα υδρολογικά χαρακτηρίζεται από αναντιστοιχία της χωρικής και χρονικής κατανομής των βροχοπτώσεων με τη χωρική και χρονική κατανομή της ζήτησης. Συγκεκριμένα, στη δυτική Ελλάδα παρατηρούνται συχνότερες και εντονότερες βροχοπτώσεις σε σχέση με την ανατολική Ελλάδα. Παραδείγματος χάριν, ας

αναφερθεί ότι το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής στο διαμέρισμα της Ηπείρου είναι 1319 mm, ενώ το αντίστοιχο ύψος στην Αττική είναι 410 mm. Ωστόσο, στην Αττική υπάρχει αυξημένη ζήτηση νερού λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης πληθυσμού. Χρονικά, το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων παρατηρείται κατά τους φθινοπωρινούς και τους χειμερινούς μήνες του έτους, ενώ η ζήτηση παρουσιάζεται αυξημένη κατά τους θερινούς μήνες λόγω των υψηλών θερμοκρασιών και της σημαντικής προσέλευσης τουριστών. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η άνιση αυτή κατανομή των υδατικών πόρων απαιτείται να γίνουν έργα, όπως φράγματα, και να ληφθούν μέτρα για ορθολογική χρήση του νερού.

Είναι, επομένως, οφθαλμοφανές ότι είναι επιτακτική η ανάγκη να υιοθετηθούν πράσινες πολιτικές ανάπτυξης από όλα τα κράτη ώστε να προαχθεί η αειφορία του περιβάλλοντος. Προς αυτή την κατεύθυνση είναι απαραίτητη η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση της κοινωνίας, καθώς πρέπει όλοι οι πολίτες να προσαρμόσουν αναλόγως τις καθημερινές τους συνήθειες και να επιδείξουν προθυμία ηθικής και οικονομικής στήριξης των πράσινων προγραμμάτων. Άλλωστε, το νερό αποτελεί δώρο ζωής το οποίο πρέπει να προστατεύεται αποτελεσματικά καθώς αυξάνονται διαρκώς οι πιέσεις που υφίστανται τα υδατικά σώματα.

Κεφάλαιο 2 Θεσμικό πλαίσιο

2.1 Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/EK

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέδωσε και έθεσε σε ισχύ την 23^η Οκτωβρίου 2000 την Οδηγία 2000/60/EK για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Η Οδηγία αυτή αποτελεί νομικό πλαίσιο το οποίο διαμορφώθηκε με γνώμονα την ιδέα ότι το νερό δεν αποτελεί εμπορικό προϊόν, αλλά αγαθό το οποίο πρέπει να προστατεύεται.

Η Οδηγία αυτή δημιουργήθηκε ύστερα από μια σειρά συμβουλίων και αποφάσεων διαφόρων κρατών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και διοικητικών οργάνων αυτής που αναγνώριζαν την ανάγκη προστασίας του υδάτινου αγαθού και θέσπισης κοινοτικής νομοθεσίας. Συγκεκριμένα, τον Ιούνιο του 1988 το γερμανικό υπουργικό συμβούλιο στη Φρανκφούρτη τόνισε την ανάγκη θέσπισης κοινοτικής νομοθεσίας που θα αφορά την οικολογική ποιότητα των κοινοτικών επιφανειακών υδάτων. Ύστερα, στη Χάγη το 1991, σε υπουργικό σεμινάριο υπογράμμισε την απαίτηση να σχεδιαστεί δράση για την αποφυγή της υποβάθμισης των υπόγειων κοινοτικών υδάτων και να αναβαθμιστεί η υπάρχουσα οδηγία για τα υπόγεια νερά 80/60/ΕΟΚ. Ωστόσο, η ζήτηση νερού καλής ποιότητας διαρκώς αυξανόταν στην ΕΕ με αποτέλεσμα να είναι ζωτικής σημασίας η ανάγκη εξασφάλισης επαρκών ποσοτήτων νερού καλής ποιότητας στις χώρες της ΕΕ. Έτσι, το 1995 ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος σε σχετική έκθεση τόνισε την ανάγκη για ποιοτική αλλά και ποσοτική προστασία των υδάτων. Την ίδια χρονιά το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκρινε την εκπόνηση νέας Οδηγίας Πλαισίου η οποία θα θεσπίζει τις βασικές αρχές μιας βιώσιμης πολιτικής υδάτων σε κοινοτικό επίπεδο. Το 1996 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή όρισε τις αρχές για μια κοινοτική πολιτική υδάτων και υπέβαλε πρόταση για την ολοκληρωμένη προστασία των υπόγειων υδάτων. Μάλιστα, τόνισε ιδιαίτερα την ανάγκη να παρακολουθείται ο ρυθμός αντλήσεώς τους ώστε να διασφαλίζεται η καλή ποσοτική και οικολογική κατάστασή τους. Στις 29 Μαΐου 1995 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε ανακοίνωση σχετικά με την αναγκαιότητα προστασίας των υδροτόπων καθώς διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις διάφορες λειτουργίες των υδάτινων σωμάτων.

2.1.1 Βασικές αρχές

Η κατάσταση της εν λόγω Οδηγίας βασίστηκε σε ορισμένες βασικές αρχές.

Αρχικά, υιοθετήθηκε η οικοσυστημική προσέγγιση για την κατάσταση της Οδηγίας. Σε προγενέστερο θεσμικό πλαίσιο δινόταν ιδιαίτερη βαρύτητα στην προστασία των χρηστών του νερού. Ήταν ιδιαίτερα σημαντικό να καλυφθούν οι ανάγκες σε ύδωρ των χρηστών, είτε επρόκειτο για οικιακούς χρήστες είτε για αγροτικές καλλιέργειες, βιομηχανία, κ.τ.λ. Πλέον, το περιβάλλον θεωρείται ως <<χρήστης>> καθώς το νερό αποτελεί ύψιστο αγαθό για όλα τα οικοσυστήματα, τους έμβιους οργανισμούς και για την ομαλή λειτουργία όλων των περιβαλλοντικών και φυσικών διεργασιών. Υπό αυτή τη σκοπιά θα μπορούσε να υποστηρίξει κανείς ότι το περιβάλλον αποτελεί το σημαντικότερο <<χρήστη>> όλων διότι από αυτό εξαρτώνται όλοι οι υπόλοιποι χρήστες. Έτσι, περιγράφεται η οικοσυστημική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία

δίνεται προτεραιότητα στην προστασία των οικοσυστημάτων και οι ανάγκες των υπολοίπων χρηστών θα ικανοποιούνται υπό την προϋπόθεση ότι δεν τίθεται κίνδυνος για τα οικοσυστήματα. Θεσπίζονται, λοιπόν, όρια για διάφορες χημικές παραμέτρους με κριτήριο την προστασία του οικοσυστήματος, τη διατήρηση στο μέτρο του δυνατού των τιμών υποβάθρου και τον περιορισμό των βλαβερών για το περιβάλλον ανθρωπίνων δραστηριοτήτων. Η λογική αυτή έρχεται σε αντίθεση με το προγενέστερο θεσμικό πλαίσιο όπου τα αποδεκτά όρια των χημικών παραμέτρων διαμορφώνονταν με γνώμονα την αποδεκτή ποιότητα νερού για κάθε χρήση. Στα πλαίσια οικοσυστημικής προσέγγισης αναδεικνύεται η ανάγκη χρήσης επιπλέον ορισμένων άλλων παραμέτρων εκτός των φυσικοχημικών, ώστε να εξετάζεται σφαιρικά κάθε οικοσύστημα. Γι' αυτό το λόγο μελετώνται επίσης τα υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά των υδάτινων σωμάτων, καθώς και ενδεικτικές βιολογικές παράμετροι.

Ένας ακόμη πυλώνας της Οδηγίας 2000/60/EK είναι η αρχή της εντοπιότητας, της αυτάρκειας και της εξοικονόμησης. Οι υδατικοί πόροι στη φύση χαρακτηρίζονται από ορισμένη χωρική και χρονική κατανομή. Θεωρείται, επομένως, λογικό να πραγματοποιείται διαχείριση τοπικά σε επίπεδο λεκάνης απορροής ή σε επίπεδο υδατικού διαμερίσματος (αρχή εντοπιότητας). Μάλιστα, σύμφωνα με την αρχή της αυτάρκειας είναι συνετό για την κάθε περιοχή να αναπτύσσει δραστηριότητες σύμφωνα με τις δυνατότητές της και να λαμβάνει υπ' όψιν τις ποσότητες και την ποιότητα των υδάτινων αποθεμάτων της. Έτσι, αποφεύγονται ενδεχόμενες σπατάλες του πολύτιμου αυτού φυσικού πόρου. Αξίζει να σημειωθεί, βέβαια, ότι σε περιπτώσεις μεγάλης ανάγκης (π.χ. υγεία, ύδρευση, κ.λ.π.) είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί ανακατανομή του νερού είτε χρονικά είτε χωρικά. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το παραπάνω σκεπτικό εκπονούνται για κάθε υδατικό διαμέρισμα και για κάθε λεκάνη απορροής σχέδια διαχείρισης και προγράμματα μέτρων. Στην Ελλάδα ο αρμόδιος φορέας για την κατάρτιση των Σχεδίων Διαχείρισης και του Προγράμματος Μέτρων είναι το ΥΠΕΚΑ, το οποίο θα πρέπει να συνεργάζεται με τις Διευθύνσεις Υδάτων της αποκεντρωμένης διοίκησης.

Παράλληλα, το νερό αποτελεί οικονομικό αγαθό το οποίο θα πρέπει να κοστολογείται κατάλληλα ώστε να καλύπτεται το χρηματοοικονομικό κόστος και το περιβαλλοντικό κόστος. Μάλιστα, υιοθετείται η αρχή <<ο ρυπαίνων πληρώνει>>, σύμφωνα με την οποία εάν κάποιο φυσικό πρόσωπο ή κάποιος δημόσιος ή ιδιωτικός οργανισμός ρυπάνει ένα υδατικό σώμα τότε οφείλει να πληρώσει τα επισυρόμενα πρόστιμα και τις δαπάνες για την αποκατάστασή του. Κρίνεται ακόμη απαραίτητη η ορθολογική διαχείριση της ζήτησης νερού ώστε να εξοικονομείται όσο το δυνατόν ο πόρος αυτός.

Βασικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι ακόμη να πραγματοποιηθούν όλες οι σχετικές διαδικασίες με πλήρη διαφάνεια και με συμμετοχή του κοινού και των ενδιαφερόμενων φορέων. Επιδιώκεται, δηλαδή, η διαβούλευση με το κοινό, ενώ παράλληλα είναι απαραίτητα η δημοσιοποίηση του σχετικού θεσμικού πλαισίου και των σχεδίων διαχείρισης.

2.1.2 Στόχοι

Η Οδηγία Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ επιδιώκει τη διατήρηση, προστασία και βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, αλλά και την ορθολογική και βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Συγκεκριμένα, το εν λόγω νομοθετικό πλαίσιο έχει ως στόχο να προστατεύσει τα επιφανειακά, τα μεταβατικά, τα υπόγεια και τα παράκτια ύδατα έναντι περαιτέρω επιδείνωσης της κατάστασής τους, να τα βελτιώσει και να αποτρέψει την επιδείνωση της κατάστασης των εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων συστημάτων και υγροτόπων. Ζωτικής σημασίας αποτελεί επίσης η ανάγκη βιώσιμης διαχείρισης του νερού ώστε να διασφαλίζεται μακροπρόθεσμα επαρκής ποσότητα και ποιότητα του αγαθού αυτού σε όλα τα οικοσυστήματα και στους έμβιους οργανισμούς. Βασικός στόχος της Οδηγίας είναι ακόμη η προοδευτική μείωση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ρυπαντικών ουσιών στα διάφορα υδάτινα σώματα ή ακόμα και η εξάλειψη των εκπομπών αυτών. Όσον αφορά τα υπόγεια ύδατα, έχει τεθεί ο στόχος να μειωθεί σταδιακά η ρύπανσή τους και να αποτραπεί η περαιτέρω επιδείνωση της κατάστασής τους. Τέλος, είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα για τον μετριασμό των δυσμενών επιπτώσεων από ακραία φαινόμενα, όπως πλημμύρες και ξηρασίες.

2.2 Οδηγία εναρμόνισης Ν3199/2003 και Προεδρικό διάταγμα ΠΔ51/2007

Στις 9 Δεκεμβρίου 2003 δημοσιεύτηκε στην εφημερίδα της κυβέρνησης (ΦΕΚ Α' 280) ο υπ' αριθμ. 3199 νόμος << Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000>> σύμφωνα με τον οποίον εναρμονίστηκε το εθνικό δίκαιο προς τις διατάξεις της Οδηγίας – Πλαίσιο. Ο νόμος αυτός εκδόθηκε για την προστασία και διαχείριση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων σε συμμόρφωση με την Οδηγία – Πλαίσιο και με τις απαιτήσεις για αειφόρο και βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Αργότερα, στις 8 Μαρτίου 2007 εκδόθηκε το υπ' αριθμ. 51 προεδρικό διάταγμα << Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000>>. Το συγκεκριμένο διάταγμα συντάχθηκε με σκοπό τη θέσπιση των αναγκαίων μέτρων ώστε να επιτευχθεί αποτελεσματική προστασία και διαχείριση των επιφανειακών, των μεταβατικών, των παράκτιων και των υπόγειων υδάτων.

2.3 Τα υδατικά διαμερίσματα ενός Ελλάδας

Η ελληνική επικράτεια έχει διαιρεθεί σε 14 υδατικά διαμερίσματα με σκοπό την αποτελεσματικότερη κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης για τις λεκάνες απορροής των ελληνικών υδάτινων σωμάτων. Η κατάτμηση της επικράτειας σε αυτά τα συγκεκριμένα υδατικά διαμερίσματα έχει γίνει βάσει γεωγραφικών και διοικητικών κριτηρίων λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπ' όψιν τις λεκάνες απορροής που σχηματίζονται σε κάθε περιοχή.

Η μέση έκταση ενός υδατικού διαμερίσματος στην Ελλάδα είναι μικρότερη από 10000 km², ενώ στην Ευρώπη η μέση έκταση ενός υδατικού διαμερίσματος εκτιμάται περίπου 20000 km².

Τα ελληνικά υδατικά διαμερίσματα είναι:

- ΥΔ Δυτικής Πελοποννήσου (ΥΔ 01)
- ΥΔ Βόρειας Πελοποννήσου (ΥΔ 02)
- ΥΔ Ανατολικής Πελοποννήσου (ΥΔ 03)
- ΥΔ Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (ΥΔ 04)
- ΥΔ Ηπείρου (ΥΔ 05)
- ΥΔ Αττικής (ΥΔ 06)
- ΥΔ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (ΥΔ 07)
- ΥΔ Θεσσαλίας (ΥΔ 08)
- ΥΔ Δυτικής Μακεδονίας (ΥΔ 09)
- ΥΔ Κεντρικής Μακεδονίας (ΥΔ 10)
- ΥΔ Ανατολικής Μακεδονίας (ΥΔ 11)
- ΥΔ Θράκης (ΥΔ 12)
- ΥΔ Κρήτης (ΥΔ 13)
- ΥΔ Νήσων Αιγαίου (ΥΔ 14)



Σχήμα 2.1: Τα ελληνικά υδατικά διαμερίσματα

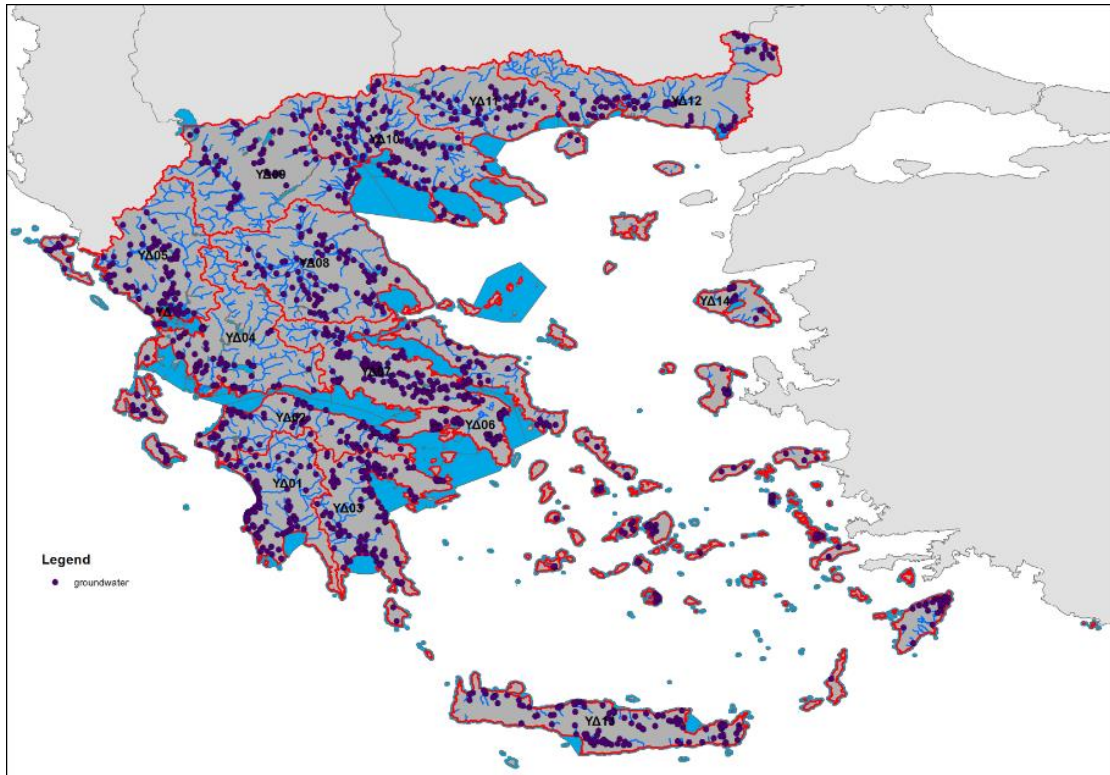
(Πηγή: mycourses.ntua.gr)

2.4 Πρόγραμμα παρακολούθησης

Η Οδηγία 2000/60/EK εισάγει τη λογική του χαρακτηρισμού της κατάστασης των υδάτινων σωμάτων ως εξαιρετική, καλή, μέτρια, ελλιπής ή κακή εξετάζοντας φυσικοχημικές, χημικές, βιολογικές και υδρομορφολογικές παραμέτρους. Στόχος είναι η επίτευξη τουλάχιστον της καλής χημικής και καλής οικολογικής κατάστασης σε όλα τα σώματα. Για την καταγραφή και αξιολόγηση των παραπάνω στοιχείων απαιτείται η συστηματοποίηση εθνικού δικτύου παρακολούθησης. Μάλιστα, στις 9 Σεπτεμβρίου 2011 εκδόθηκε κοινή υπουργική απόφαση (ΦΕΚ 2017 Β 09.09.2011) για τον ορισμό του εθνικού δικτύου παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων και τον καθορισμό των θέσεων (σταθμών) μετρήσεων και των υπεύθυνων για την ομαλή λειτουργία τους φορέων. Επίσης, στις 6 Σεπτεμβρίου εκδόθηκε κοινή υπουργική απόφαση σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 2009/90/EK η οποία ορίζει τις τεχνικές προδιαγραφές για την παρακολούθηση και την ανάλυση των εξεταζόμενων παραμέτρων στα ύδατα.

Το εθνικό δίκτυο παρακολούθησης περιλαμβάνει 2000 θέσεις δειγματοληψιών για τη μέτρηση χημικών και βιολογικών παραμέτρων.

Οι υπεύθυνοι φορείς υπό την εποπτεία της Γενικής Γραμματείας Υδάτων είναι το Γενικό Χημείο του κράτους, το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων, η Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Λάρισας και το Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων του Εθνικού Ιδρύματος Αγροτικής Έρευνας.



Σχήμα 2.2: Το δίκτυο παρακολούθησης των υπόγειων υδάτων στην Ελλάδα

(Πηγή: ypeka.gr)

Κεφάλαιο 3 Ελληνικά λιμναία συστήματα

3.1 Θεσμικό υπόβαθρο

Στην Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ καθορίζονται περιβαλλοντικοί στόχοι για τα επιφανειακά ύδατα, συμπεριλαμβανομένου των λιμνών, ώστε να καταρτιστούν εν συνεχεία προγράμματα μέτρων. Σύμφωνα με αυτούς τους στόχους τα κράτη μέλη οφείλουν να εφαρμόζουν τα αναγκαία μέτρα για την πρόληψη της υποβάθμισης των λιμνών, αλλά και να προστατεύουν, να αναβαθμίζουν και να αποκαθιστούν όσα υδάτινα σώματα χρήζουν αποκατάστασης. Σκοπός είναι η επίτευξη καλού οικολογικού δυναμικού και καλής χημικής κατάστασης των λιμνών και η προοδευτική μείωση της ρύπανσης από τις ουσίες προτεραιότητας. Επιπλέον, επιζητείται η σταδιακή εξάλειψη των εκπομπών επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων απαιτείται να παρακολουθείται η κατάστασή τους με κατάλληλο πρόγραμμα παρακολούθησης. Το πρόγραμμα αυτό θα αφορά την παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης, της χημικής κατάστασης, και ορισμένων υδρολογικών στοιχείων, όπως είναι ο όγκος, η στάθμη και ο ρυθμός ροής.

Σύμφωνα με την Οδηγία-Πλαίσιο, τα συστήματα των λιμνών χωρίζονται σε δύο τύπους. Οι τύποι αυτοί ορίζονται ως το <<Σύστημα Α>> και το <<Σύστημα Β>>.

Σύστημα Α	
Σταθερή τυπολογία	Περιγραφείς
Οικοπεριοχή	Οικοπεριοχές του χάρτη Α του παραρτήματος XI
Τύπος	<p>Τυπολογία υψομέτρου υψηλός > 800 m μέσου υψομέτρου 200-800 m πεδινός < 200 m</p> <p>Τυπολογία βάθους βάσει του μέσου βάθους < 3 m 3-15 m > 15 m</p> <p>Τυπολογία μεγέθους βάσει της επιφάνειας 0,5-1 km² 1-10 km² 10-100 km² > 100 km²</p> <p>Γεωλογία ασβεστολιθικός πυριτικός οργανικός</p>

Σχήμα 3.1: Σύστημα Α' λιμνών

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ)

Σύστημα Β	
Εναλλακτικός χαρακτηρισμός	Φυσικοί και χημικοί παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τα χαρακτηριστικά της λίμνης και, κατά συνέπεια, τη δομή και τη σύνθεση του βιολογικού πληθυσμού
Υποχρεωτικοί παράγοντες	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος Γεωγραφικό μήκος Βάθος Γεωλογία Μέγεθος
Προαιρετικοί παράγοντες	Μέσο βάθος νερού Σχήμα λίμνης Χρόνος παραμονής Μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία Φάσμα ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας Μεικτικά χαρακτηριστικά (π.χ. μονομεικτική, διμεικτική, πολυμεικτική) Ικανότητα εξουδετέρωσης οξέων Βασική κατάσταση θρεπτικών ουσιών Μέση σύνθεση υποστρώματος Διακύμανση της στάθμης του νερού

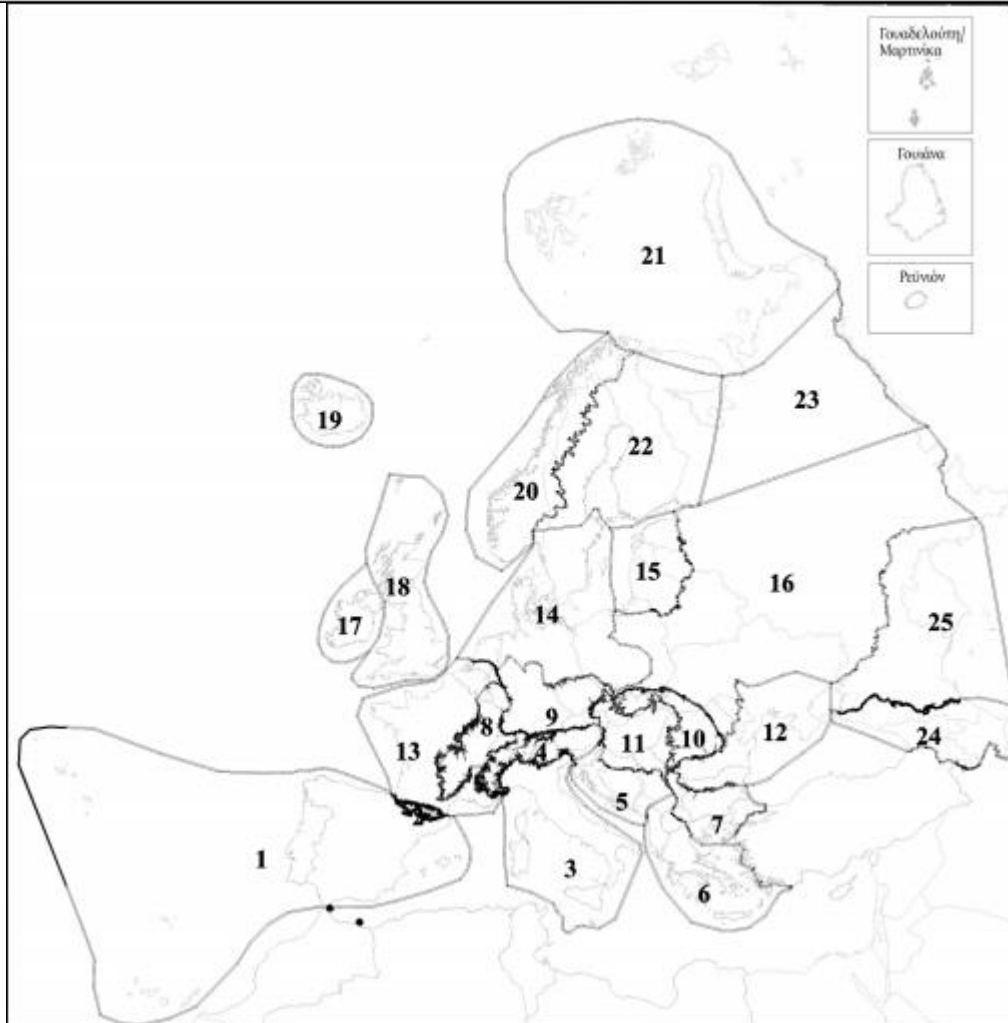
Σχήμα 3.2: Σύστημα Β' λιμνών

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ)

Το παράρτημα ΧΙ που αναφέρεται στους παραπάνω πίνακες περιλαμβάνεται στην Οδηγία και είναι το ακόλουθο:

Σύστημα Α: Οικοπεριοχές για ποταμούς και λίμνες

- | | | |
|---------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Ιβηρική-Μακρονησιακή περιοχή | 10. Καρπάθια | 19. Ισλανδία |
| 2. Πυρηναία | 11. Ουγγρικά πεδινά | 20. Σκανδιναβικά υψίπεδα |
| 3. Ιταλία, Κορσική και Μάλτα | 12. Ποντιακή περιοχή | 21. Τούνδρα |
| 4. Άλπεις | 13. Δυτικές πεδιάδες | 22. Φιννοσκανδιναβική ασπίδα |
| 5. Δειναρικά δυτικά Βαλκάνια | 14. Κεντρικές πεδιάδες | 23. Τάιγκα |
| 6. Ελληνικά δυτικά Βαλκάνια | 15. Βαλτική περιοχή | 24. Καύκασος |
| 7. Ανατολικά Βαλκάνια | 16. Ανατολικές πεδιάδες | 25. Κασπικό κώλωμα |
| 8. Δυτικά υψίπεδα | 17. Ιρλανδία και Βόρεια Ιρλανδία | |
| 9. Κεντρικά υψίπεδα | 18. Μεγάλη Βρετανία | |



Σχήμα 3.3: Οι οικοπεριοχές για ποταμούς και λίμνες όπως ορίζονται στην Οδηγία-Πλαίσιο (Παράρτημα XI)

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ)

Όταν χρησιμοποιείται το Σύστημα Α', το εκάστοτε λιμναίο σύστημα κατατάσσεται στην αντίστοιχη οικοπεριοχή σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα και στη συνέχεια λαμβάνει τους κατάλληλους χαρακτηρισμούς όπως ορίζεται στον πίνακα του Συστήματος Α'. Όταν χρησιμοποιείται το Σύστημα Β', τα λιμναία συστήματα διαχωρίζονται σε τύπους βάσει των τιμών των υποχρεωτικών περιγραφών και των

προαιρετικών περιγραφών ή συνδυασμών περιγραφών που απαιτούνται για να επιτευχθεί έγκυρος υπολογισμός των τυποχαρακτηριστικών συνθηκών αναφοράς.

Αφού γίνει αυτός ο διαχωρισμός σε τύπους, ορίζονται για κάθε τύπο οι τυποχαρακτηριστικές υδρομορφολογικές, φυσικοχημικές και βιολογικές συνθήκες που αντιστοιχούν σε οικολογική κατάσταση που χαρακτηρίζεται ως υψηλή.

Στις λίμνες τα βιολογικά στοιχεία που εξετάζονται κατά κύριο λόγο είναι η σύνθεση, η αφθονία και η βιομάζα του φυτοπλαγκτού, της λοιπής υδατικής χλωρίδας και της πανίδας των ασπόνδυλων και η σύνθεση, η αφθονία και η κατανομή κατά ηλικίες της ιχθυοπανίδας. Βέβαια, παρακολουθούνται επίσης αρκετά υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά των λιμνών διότι επηρεάζουν καθοριστικά την ισορροπία του εκάστοτε οικοσυστήματος. Συγκεκριμένα, παρακολουθείται η δυναμική των ροών και ο υδραυλικός χρόνος παραμονής της λίμνης, η ενδεχόμενη επικοινωνία της με υπόγεια υδάτινα σώματα ή άλλα επιφανειακά σώματα, το βάθος της, η διακύμανση του βάθους από θέση σε θέση και η γεωλογική δομή του πυθμένα και της όχθης. Καταγράφονται ακόμη στοιχεία που αφορούν τη διαφάνεια, τη θερμοκρασία, την αλατότητα, το pH και τα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών (φυσικοχημικές παράμετροι). Τέλος, είναι απαραίτητο να παρακολουθούνται όσες ουσίες προτεραιότητας ή άλλες ουσίες είναι γνωστό ότι απορρίπτονται στην κάθε λίμνη. Με βάση αυτά τα στοιχεία μπορεί να χαρακτηριστεί η οικολογική κατάσταση των λιμνών.

Βιολογικά ποιοτικά στοιχεία			
Στοιχείο	Υψηλή κατάσταση	Καλή κατάσταση	Μέτρια κατάσταση
Φυτοπλαγκτόν	<p>Η ταξονομική σύνθεση και αφθονία του φυτοπλαγκτού αντιστοιχεί πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Η μέση αφθονία φυτοπλαγκτού αντιστοιχεί προς τις τυποχαρακτηριστικές φυσικοχημικές συνθήκες και δεν αλλοιώνει σημαντικά τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες διαφάνειας.</p> <p>Οι εξανθήσεις πλαγκτού εμφανίζονται με συχνότητα και ένταση που αντιστοιχεί προς τις τυποχαρακτηριστικές φυσικοχημικές συνθήκες.</p>	<p>Παρατηρούνται ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ταξονομικών κατηγοριών του πλαγκτού σε σχέση με τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες. Οι αλλαγές αυτές δεν υποδηλώνουν ταχύτερη αύξηση φυκών η οποία οδηγεί σε ανεπιθύμητη διατάραξη της ισορροπίας των οργανισμών που υπάρχουν στο υδατικό σύστημα ή της φυσικοχημικής ποιότητας του νερού ή του κλίματος.</p> <p>Ενδέχεται να εμφανίζεται ελαφρά αύξηση της συχνότητας και της έντασης των τυποχαρακτηριστικών εξανθήσεων πλαγκτού.</p>	<p>Η σύνθεση και αφθονία των ταξονομικών κατηγοριών του πλαγκτού διαφέρει μετρίως από τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες.</p> <p>Παρατηρείται μέτρια διατάραξη της βιομάζας, η οποία ενδέχεται να οδηγεί σε σημαντική ανεπιθύμητη διατάραξη της κατάστασης άλλων βιολογικών ποιοτικών στοιχείων και της φυσικοχημικής ποιότητας του νερού ή του κλίματος.</p> <p>Ενδέχεται να παρατηρείται μέτρια αύξηση της συχνότητας και της έντασης των εξανθήσεων πλαγκτού, κατά τους θερινούς μήνες, ενδέχεται να παρατηρείται μόνιμη εξάνθηση πλαγκτού.</p>
Μακροφύκια και φωτοβένδους	<p>Η ταξονομική σύνθεση αντιστοιχεί πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Δεν παρατηρούνται ανεπιθύμητες αλλαγές της μέσης μακροφυτικής και της μέσης φωτοβενθικής αφθονίας.</p>	<p>Παρατηρούνται ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ταξονομικών κατηγοριών των μακροφύτων και του φωτοβένδους σε σχέση με τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες. Οι αλλαγές αυτές δεν υποδηλώνουν ταχύτερη αύξηση φωτοβένδους ή ανώτερων φυτών η οποία οδηγεί σε ανεπιθύμητη διατάραξη της ισορροπίας των οργανισμών που υπάρχουν στο υδατικό σύστημα ή της φυσικοχημικής ποιότητας του νερού ή του κλίματος.</p> <p>Η φωτοβενθική κοινότητα δεν επηρεάζεται αρνητικά από βακτηριακή ανάπτυξη λόγω ανθρακικών δραστηριοτήτων.</p>	<p>Η σύνθεση των μακροφυτικών και φωτοβενθικών ταξονομικών κατηγοριών διαφέρει μετρίως από τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες και είναι σημαντικά αλλοιωμένη σε σχέση με εκείνη που παρατηρείται στην καλή κατάσταση.</p> <p>Παρατηρούνται μέτριες αλλαγές της μέσης μακροφυτικής και της μέσης φωτοβενθικής αφθονίας.</p> <p>Η φωτοβενθική κοινότητα ενδέχεται να παρεμποδίζεται και, σε μερικές περιοχές, να εκτοπίζεται από βακτηριακή ανάπτυξη που εμφανίζεται λόγω ανθρακικών δραστηριοτήτων.</p>
Πανίδα βενθικών ασπονδύλων	<p>Η ταξονομική σύνθεση αντιστοιχεί πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Ο λόγος των ευαισθητών στη διατάραξη ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες δεν παρουσιάζει ενδείξεις αλλαγής σε σχέση με τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Η στάθμη ποικιλότητας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων δεν παρουσιάζει ενδείξεις αλλαγής σε σχέση με τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p>	<p>Ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων σε σχέση με τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες.</p> <p>Ο λόγος των ευαισθητών στη διατάραξη ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες παρουσιάζει ελαφρές ενδείξεις αλλαγής από τα τυποχαρακτηριστικά επίπεδα.</p> <p>Η στάθμη ποικιλότητας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων διαφέρει ελαφρώς από τα τυποχαρακτηριστικά επίπεδα.</p>	<p>Η σύνθεση και η αφθονία των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων διαφέρουν μετρίως από τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες.</p> <p>Απουσία σημαντικών ταξονομικών ομάδων της τυποχαρακτηριστικής κοινότητας.</p> <p>Ο λόγος των ευαισθητών στη διατάραξη ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες, καθώς και η στάθμη ποικιλότητας, είναι ουσιαστικά χαμηλότερα από τα τυποχαρακτηριστικά επίπεδα και σημαντικά χαμηλότερα από ότι στην καλή κατάσταση.</p>
Στοιχείο	Υψηλή κατάσταση	Καλή κατάσταση	Μέτρια κατάσταση
Ιχθυοπανίδα	<p>Η σύνθεση και η αφθονία των ειδών αντιστοιχούν πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Παρουσία όλων των τυποχαρακτηριστικών ειδών που είναι ευαίσθητα στη διατάραξη.</p> <p>Η κατανομή κατά ηλικίες των ιχθυοκοινοτήτων δεν παρουσιάζει ενδείξεις ανθρακικών διαταραχών, ούτε ενδείξεις για αδυναμία αναπαραγωγής ή ανάπτυξης ενός συγκεκριμένου είδους.</p>	<p>Ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ειδών σε σχέση με τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες, λόγω ανθρακικών επιπτώσεων στα φυσικοχημικά ή τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία.</p> <p>Η κατανομή κατά ηλικίες των ιχθυοκοινοτήτων παρουσιάζει ενδείξεις διατάραξης λόγω ανθρακικών επιπτώσεων στα φυσικοχημικά ή τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία, και, σε μερικές περιπτώσεις, ενδείξεις για αδυναμία αναπαραγωγής ή ανάπτυξης ορισμένων ειδών, στο μέτρο που ενδέχεται να απουσιάζουν ορισμένες κατηγορίες ηλικίας.</p>	<p>Η σύνθεση και η αφθονία των ειδών γθύν διαφέρουν μετρίως από τις τυποχαρακτηριστικές συνθήκες λόγω ανθρακικών επιπτώσεων στα φυσικοχημικά ή τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία.</p> <p>Η κατανομή κατά ηλικίες των ιχθυοκοινοτήτων παρουσιάζει σημαντικές ενδείξεις διατάραξης λόγω ανθρακικών επιπτώσεων στα φυσικοχημικά ή τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία, στο μέτρο που ένα μέτρο ποσοστό τυποχαρακτηριστικών ειδών απουσιάζει ή απουσιάζει με πολύ χαμηλή αφθονία.</p>

Σχήμα 3.4: Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης λιμνών με βάση τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/EK)

Υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία			
Στοιχείο	Υψηλή κατάσταση	Καλή κατάσταση	Μέτρια κατάσταση
Υδρολογικό καθεστώς	Η ποσότητα και η δυναμική της ροής, η στάθμη, ο χρόνος παραμονής καθώς και η συνακόλουθη σύνδεση με τα υπόγεια ύδατα, αντικατοπτρίζουν πλήρως ή σχεδόν πλήρως τις μη διαταραγμένες συνθήκες.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.
Μορφολογικές συνθήκες	Η διακρίση του βόθρου της λίμνης, η ποσότητα και η δομή του υποστρώματος και η δομή και οι συνθήκες της παρόχθιας ζώνης αντιστοιχούν πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.

Σχήμα 3.5: Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης λιμνών με βάση τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/EK)

Φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία (*)			
Στοιχείο	Υψηλή κατάσταση	Καλή κατάσταση	Μέτρια κατάσταση
Γενικές συνθήκες	Οι τιμές των φυσικοχημικών στοιχείων αντιστοιχούν πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες. Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών παραμένουν εντός των ορίων που συνήθως χαρακτηρίζουν τις μη διαταραγμένες συνθήκες. Τα επίπεδα αλατότητας, pH, ισοζυγίου οξυγόνου, ικανότητας εξουδετέρωσης οξέων, διαφάνειας και θερμοκρασίας δεν παρουσιάζουν ενδείξεις ανθρωπογενούς διατάραξης και παραμένουν εντός των ορίων που συνήθως χαρακτηρίζουν τις μη διαταραγμένες συνθήκες.	Η θερμοκρασία, το ισοζύγιο οξυγόνου, το pH, η ικανότητα εξουδετέρωσης οξέων, η διαφάνεια και η αλατότητα δεν φθάνουν τα όρια που καθορίζονται για να εξασφαλιστεί η λειτουργία του οικοσυστήματος και η επίτευξη των τιμών που ορίζονται ανωτέρω για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία. Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών δεν υπερβαίνουν τα όρια που καθορίζονται για να εξασφαλιστεί η λειτουργία του τυποποιημένου οικοσυστήματος και η επίτευξη των τιμών που ορίζονται ανωτέρω για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.
Συγκεκριμένοι συνθετικοί ρόποι	Συγκεντρώσεις σχεδόν μηδενικές και οπωσδήποτε κάτω των ορίων ανόγκου των πλέον προηγμένων αναλυτικών μεθόδων γενικής χρήσης.	Οι συγκεντρώσεις δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα που καθορίζονται με τη διαδικασία του σημείου 1.2.6, με την επιφύλαξη των οδηγιών 91/414/EK και 98/8/EK (< πηπ).	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.
Συγκεκριμένοι μη συνθετικοί ρόποι	Συγκεντρώσεις εντός των ορίων που συνήθως χαρακτηρίζουν τις μη διαταραγμένες συνθήκες (βασικά επίπεδα = ββ).	Οι συγκεντρώσεις δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα που καθορίζονται με τη διαδικασία του σημείου 1.2.6 (β), με την επιφύλαξη των οδηγιών 91/414/EK και 98/8/EK (< πηπ).	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.

(*) Συντομογραφίες: βε = βασικό επίπεδο, πηπ = ποσοτικό περιβαλλοντικό πρότυπο.

(β) Η εφαρμογή των προτύπων που καθορίζονται δυνάμει του πρωτοκόλλου αυτού δεν συνεπάγεται μείωση των συγκεντρώσεων των ρέτων κάτω του βασικού επιπέδου.

Σχήμα 3.6: Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης λιμνών με βάση τα φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/EK)

Έπειτα, τα κράτη μέλη συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με τις πιέσεις που ασκούνται στα διάφορα υδάτινα σώματα και αξιολογούν τις επιπτώσεις τους.

Γενικά, για την αξιολόγηση της κατάστασης μιας λίμνης (επιφανειακό σύστημα) απαιτείται επιμέρους αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασής της και της χημικής κατάστασής της.



Σχήμα 3.7: Οι χρησιμοποιούμενες παράμετροι για το χαρακτηρισμό της κατάστασης λίμνης

(Πηγή: wfdver.ypeka.gr)

Η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης πραγματοποιείται εξετάζοντας τα φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία, τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία, τα υδρομορφολογικά στοιχεία και συγκεκριμένους ρύπους. Με τον όρο <<φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία>> εννοούμε φυσικές και χημικές παραμέτρους του ύδατος, όπως για παράδειγμα το pH, τη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου και τη συγκέντρωση ιόντων και θρεπτικών, οι οποίες υποδεικνύουν τη σύσταση του και επηρεάζουν τη διαβίωση της τοπικής χλωρίδας και πανίδας. Με τον όρο <<βιολογικά ποιοτικά στοιχεία>> εννοούμε στοιχεία των πληθυσμών των μακροασπόνδουλων, των ασπόνδουλων και των ψαριών που διαβιούν στο εκάστοτε οικοσύστημα, καθώς και του φυτοπλαγκτόν. Τα παραπάνω είδη εμφανίζονται στα υδάτινα οικοσυστήματα και επηρεάζονται άμεσα από τις φυσικοχημικές και υδρομορφολογικές μεταβολές του οικοσυστήματός τους και από την παρουσία ρύπων. Έτσι, η συλλογή και επεξεργασία στοιχείων σχετικά με την αφθονία των πληθυσμών αυτών σε ένα οικοσύστημα μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την οικολογική κατάσταση ενός λιμναίου συστήματος. Ο όρος <<υδρομορφολογικά στοιχεία>> αφορά το βάθος μιας λίμνης, την έκτασή της, τις υδραυλικές συνθήκες ροής και τη γεωλογία της. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, καθώς και οι ενδεχόμενες μεταβολές τους λόγω φυσικών ή ανθρωπογενών δράσεων, επηρεάζουν σημαντικά την κατάσταση ενός οικοσυστήματος. Με τον όρο <<συγκεκριμένοι ρύποι>> ή <<ειδικοί ρύποι>> ή <<εθνικοί ρύποι>> αναφερόμαστε σε έναν κατάλογο ουσιών, ο οποίος θεσπίζεται από κάθε κράτος μέλος ξεχωριστά και περιλαμβάνει ουσίες που παρατηρούνται σε κάποιες περιπτώσεις οικοσυστημάτων τοπικά και δεν έχουν περιληφθεί στις λεγόμενες ουσίες προτεραιότητας. Πρόκειται για διάφορα μέταλλα και ενώσεις τους και διάφορες μικροοργανικές ενώσεις. Για την αξιολόγηση της χημικής κατάστασης ενός λιμναίου οικοσυστήματος συλλέγονται στοιχεία για την παρουσία και τη συγκέντρωση ουσιών οι οποίες αναφέρονται ως <<ουσίες προτεραιότητας>>. Η συγκεκριμένη λίστα ουσιών έχει θεσπιστεί σε κοινοτικό επίπεδο και θα πρέπει όλα τα κράτη μέλη να διεξάγουν την αντίστοιχη έρευνα στα υδατικά οικοσυστήματά τους.

Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης λιμναίου υδατικού συστήματος

Η οικολογική κατάσταση μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής ή κακή. Καθένας από τους παραπάνω χαρακτηρισμούς έχει καθιερωθεί να συμβολίζεται με ορισμένο χρώμα. Ο εν λόγω χρωματικός κώδικας φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Κατάταξη οικολογικής ποιότητας	Χρωματισμός
Υψηλή	Blue
Καλή	Green
Μέτρια	Yellow
Ελλιπής	Orange
Κακή	Red

Σχήμα 3.8: Ο χρωματικός κώδικας για τον χαρακτηρισμό της οικολογικής κατάστασης λίμνης

(Πηγή: wfdver.ypeka.gr)

Στην <<υψηλή κατάσταση>> παρατηρείται έλλειψη ή αμελητέας σημασίας ανθρωπογενείς μεταβολές των φυσικοχημικών και των υδρομορφολογικών ποιοτικών στοιχείων. Επιπλέον οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων συμφωνούν με εκείνες των συνθηκών αναφοράς (αδιατάρακτες συνθήκες).

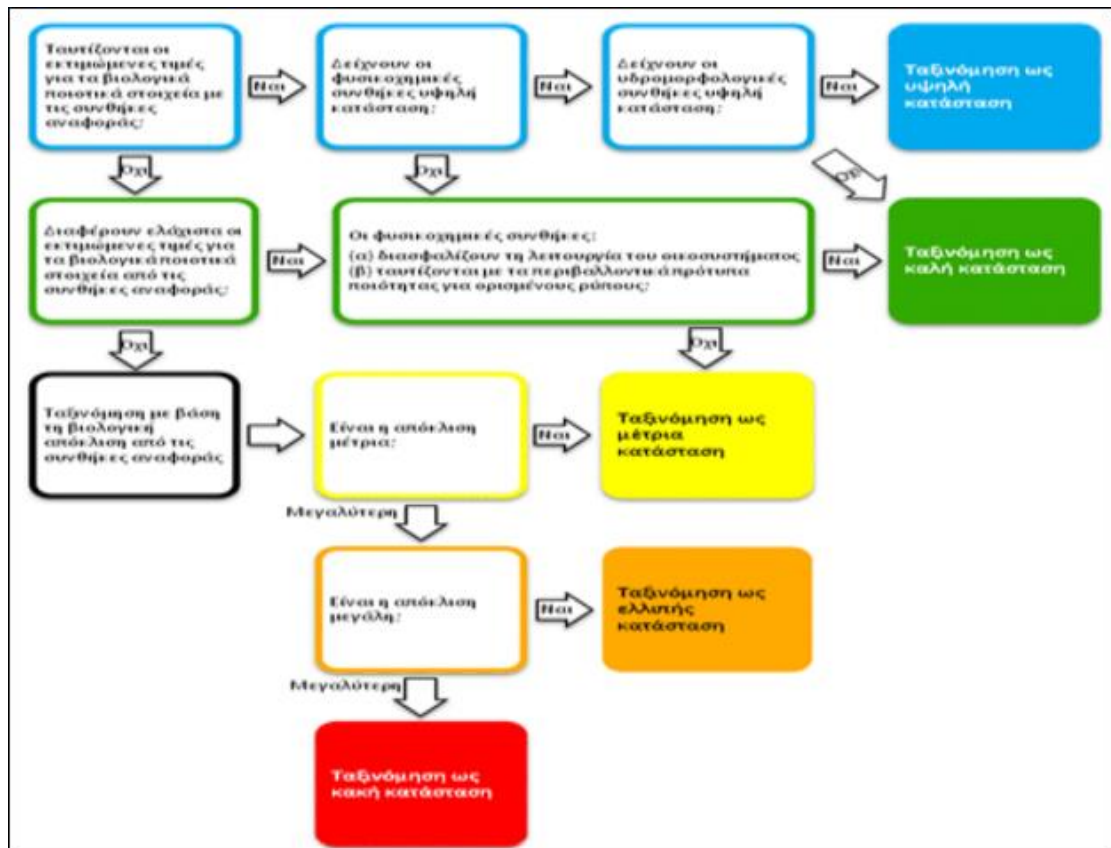
Στην <<καλή κατάσταση>> οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων παρεκκλίνουν σε μικρό βαθμό από τις αντίστοιχες τιμές των συνθηκών αναφοράς.

Στην <<μέτρια κατάσταση>> οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων παρεκκλίνουν μετρίως από τις τιμές αναφοράς υπό μη διαταραγμένες συνθήκες.

Στην <<ελλιπή κατάσταση>> τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία διαφέρουν σημαντικά από τις τιμές των αδιατάρακτων συνθηκών.

Τέλος, στην <<κακή κατάσταση>> εμφανίζονται σοβαρές αλλοιώσεις των τιμών των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων, ενώ απουσιάζουν παντελώς πληθυσμοί χαρακτηριστικοί των αδιατάρακτων συνθηκών.

Ο χαρακτηρισμός της οικολογικής κατάστασης λίμνης μπορεί να γίνει επίσης με τη βοήθεια του ακόλουθου λογικού διαγράμματος.



Σχήμα 3.9: Λογικό διάγραμμα αξιολόγησης της οικολογικής κατάστασης λίμνης

(Πηγή: wfdver.ypeka.gr)

Εάν πρόκειται για ιδιαίτερος τροποποιημένο ή τεχνητό σύστημα, τότε χρησιμοποιείται ο όρος <<οικολογικό δυναμικό>> αντί του όρου <<οικολογική κατάσταση>>. Στα συστήματα ΤΥΣ ή ΙΤΥΣ το οικολογικό δυναμικό χαρακτηρίζεται ως μέγιστο, καλό ή μέτριο. Ως μέγιστο χαρακτηρίζεται το οικολογικό δυναμικό ενός τέτοιου συστήματος όταν οι τιμές των βιολογικών στοιχείων αντικατοπτρίζουν (όσο είναι αυτό δυνατό) τις αντίστοιχες τιμές στον πλέον συγκρίσιμο τύπο επιφανειακού υδατικού συστήματος, ενώ παράλληλα λαμβάνονται υπ' όψιν οι φυσικές συνθήκες που επικρατούν λόγω των τεχνητών ή ιδιαίτερος τροποποιημένων χαρακτηριστικών του. Το οικολογικό δυναμικό χαρακτηρίζεται ως καλό όταν οι τιμές των βιολογικών στοιχείων παρεκκλίνουν ελαφρά από αυτές που αντιστοιχούν στο μέγιστο οικολογικό δυναμικό, ενώ χαρακτηρίζεται ως μέτριο όταν παρατηρούνται μέτριες αλλοιώσεις συγκριτικά με τις τιμές του μέγιστου οικολογικού δυναμικού.

Σύμφωνα με το λογικό διάγραμμα που παρατέθηκε παραπάνω, οι υδρομορφολογικές συνθήκες εξετάζονται μόνο στην περίπτωση κατά την οποία ένα συγκεκριμένο σύστημα πρόκειται να καταταχθεί στην υψηλή οικολογική κατάσταση ή στο μέγιστο οικολογικό δυναμικό. Για τον χαρακτηρισμό της οικολογικής κατάστασης μιας λίμνης ως καλή, μέτρια, ελλιπή ή κακή απαιτείται η εξέταση μόνο των βιολογικών και των φυσικοχημικών παραμέτρων. Αυτό συμβαίνει διότι θεωρείται ότι οι υδρομορφολογικές συνθήκες ικανοποιούνται όταν οι τιμές των βιολογικών στοιχείων

συμφωνούν με αυτές που οδηγούν αντίστοιχα στο χαρακτηρισμό της κατάστασης ως καλή, μέτρια, ελλιπή ή κακή και συνεπώς δεν επηρεάζουν την ταξινόμηση.

Αξιολόγηση της χημικής κατάστασης λιμναίου υδατικού συστήματος

Η αξιολόγηση της χημικής κατάστασης ορισμένου επιφανειακού υδατικού συστήματος (συμπεριλαμβανομένου των λιμνών) βασίζεται στην τήρηση ή μη των μέγιστων επιτρεπόμενων ορίων συγκεκριμένων ουσιών οι οποίες έχουν θεσπιστεί να ελέγχονται σε κοινοτικό επίπεδο και καθορίζονται στο παράρτημα X της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Το παράρτημα αυτό εξειδικεύτηκε στην ΚΥΑ Η.Π. 51354/2641/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β' 1909) <<Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος ΠΠΠ για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2008>>.

Τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος ΠΠΠ αφορούν στην Ετήσια Μέση Συγκέντρωση (ΕΜΣ) και στη Μέγιστη Επιτρεπόμενη Συγκέντρωση (ΜΕΣ). Η ΕΜΣ είναι ο αριθμητικός μέσος των μετρούμενων συγκεντρώσεων στη διάρκεια του έτους. Στην ΚΥΑ που αναφέρθηκε προηγουμένως καθορίζονται τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος ΠΠΠ για 101 χημικές ενώσεις και ομάδες ενώσεων. Οι 41 ουσίες εξ αυτών χαρακτηρίζονται ως ουσίες προτεραιότητας και έχουν θεσπιστεί σε κοινοτικό επίπεδο, ενώ οι υπόλοιπες 60 αφορούν σε ειδικούς ρύπους οι οποίοι θεσπίζονται σε εθνικό επίπεδο εφ' όσον ανιχνεύονται στα υδατικά συστήματα της χώρας αυτής.

Η χημική κατάσταση ενός συστήματος χαρακτηρίζεται λοιπόν είτε ως καλή είτε ως κατώτερη της καλής. Ο χαρακτηρισμός της χημικής κατάστασης εξαρτάται από τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις που καταγράφονται. Εάν δεν υπερβαίνουν τις ανώτερες επιτρεπτές τιμές που έχουν θεσμοθετηθεί, τότε η χημική κατάσταση χαρακτηρίζεται ως καλή. Αντίθετα, εάν σε οποιοδήποτε σημείο του συστήματος συμβαίνει υπέρβαση κάποιου θεσπισμένου ορίου, τότε η χημική κατάσταση ορίζεται ως κατώτερη της καλής.

A/A	Ονομασία ουσίας	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	ΕΜΣ-ΠΠ ⁽²⁾ Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα ⁽²⁾	ΕΜΣ-ΠΠ ⁽²⁾ Λοιπά επιφανειακά ύδατα	ΜΕΣ-ΠΠ ⁽⁴⁾ Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα ⁽²⁾	ΜΕΣ-ΠΠ ⁽⁴⁾ Λοιπά επιφανειακά ύδατα
(1)	Alachlor	15972-60-8	0,3	0,3	0,7	0,7
(2)	Ανθρακένιο	120-12-7	0,1	0,1	0,4	0,4
(3)	Ατραζίνη	1912-24-9	0,6	0,6	2	2
(4)	Βενζόλιο	71-43-2	10	8	50	50
(5)	Βρωμιούχος διφαινυλαθέρας ⁽⁵⁾	32534-81-9	0,0005	0,0002	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
(6)	Κάδμιο και ενώσεις του (Ανάλογα με τις κατηγορίες σκληρότητας ύδατος) ⁽⁶⁾	7440-43-9	≤0,08 (Κατηγορία 1) 0,08 (Κατηγορία 2) 0,09 (Κατηγορία 3) 0,15 (Κατηγορία 4) 0,25 (Κατηγορία 5)	0,2	≤0,45 (Κατηγορία 1) 0,45 (Κατηγορία 2) 0,60 (Κατηγορία 3) 0,90 (Κατηγορία 4) 1,50 (Κατηγορία 5)	≤0,45 (Κατηγορία 1) 0,45 (Κατηγορία 2) 0,60 (Κατηγορία 3) 0,90 (Κατηγορία 4) 1,50 (Κατηγορία 5)
(6α)	Ανθρακο-τετραχλωρίδιο ⁷	56-23-5	12	12	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
(7)	C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	0,4	0,4	1,4	1,4
(8)	Chlorfenvinphos	470-90-6	0,1	0,1	0,3	0,3
(9)	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0,03	0,03	0,1	0,1
(9α)	Φυτοφάρμακα κυκλοδιενίου: Aldrin ⁽⁷⁾ Dieldrin ⁽⁷⁾ Endrin ⁽⁷⁾ Isodrin ⁽⁷⁾	309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6	Σ = 0,01	Σ = 0,005	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
(9β)	DDT ολικό ^{(7) (8)}	Δεν εφαρμόζεται	0,025	0,025	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
	para-para-DDT ⁽⁷⁾	50-29-3	0,01	0,01	Δεν εφαρμόζεται	Δεν

10	1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	10	10	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
11	Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	20	20	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
12	Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ-DEHP)	117-81-7	1,3	1,3	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
13	Διυγρόν	330-54-1	0,2	0,2	1,8	1,8
14	Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0,006	0,0005	0,01	0,004
15	Φλουορανθένιο	206-44-0	0,1	0,1	1	1
16	Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	0,01 ⁽⁹⁾	0,01 ⁽⁹⁾	0,05	0,05
17	Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0,1 ⁽⁹⁾	0,1 ⁽⁹⁾	0,6	0,6
18	Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	0,02	0,002	0,04	0,02
19	Ισοπυρρόν	34123-59-6	0,3	0,3	1	1
20	Μόλυβδος και ενώσεις του	7439-92-1	7,2	7,2	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
21	Υδράργυρος και ενώσεις του	7439-97-6	0,05 ⁽⁹⁾	0,05 ⁽⁹⁾	0,07	0,07
22	Ναφθαλένιο	91-20-3	2,4	1,2	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
23	Νικέλιο και ενώσεις του	7440-02-0	20	20	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
24	Εννεύλοφαινόλη [4-εννεύλοφαινόλη]	104-40-5	0,3	0,3	2	2
25	Οκτυλοφαινόλη [(4-(1,1',3,3'-τετραμεθυλοβουτυλική)-φαινόλη)]	140-66-9	0,1	0,01	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
26	Πενταχλωροβενζόλιο	608-93-5	0,007	0,0007	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
27	Πενταχλωροφαινόλη	87-86-5	0,4	0,4	1	1
28	Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ-ΡΑΗ) ⁽¹⁰⁾	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
	Βενζο(α)πυρένιο	50-32-8	0,05	0,05	0,1	0,1
	Βενζο(β)φλουορανθένιο	205-99-2	Σ=0,03	Σ=0,03	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
	Βενζο(κ)φλουορανθένιο	207-08-9				εφαρμόζεται
	Βενζο(ζ,η,θ)-περιλένιο	191-24-2	Σ=0,002	Σ=0,002	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
	ΙνδENO(1,2,3-γδ)πυρένιο	193-39-5				
29	Σιμαζίνη	122-34-9	1	1	4	4
(29α)	Τετραχλωροαιθυλένιο ⁽⁷⁾	127-18-4	10	10	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
(29β)	Τριχλωροαιθυλένιο ⁽⁷⁾	79-01-6	10	10	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
30	Ενώσεις τριβουτυλίνης (καθόν τριβουτυλίνης)	36643-28-4	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015
31	Τριχλωροβενζόλιο (όλα ισομερή)	12002-48-1	0,4	0,4	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
32	Τριχλωρομεθάνιο	67-66-3	2,5	2,5	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
33	Τριφθοραλίνη	1582-09-8	0,03	0,03	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται

- (1) Κωδικός εγγραφής χημικών ουσιών (CAS Registry Number).
- (2) Η παράμετρος αυτή είναι το ΠΠΠ εκφραζόμενο ως ετήσια μέση συγκέντρωση (ΕΜΣ-ΠΠΠ). Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά, ισχύει για την ολική συγκέντρωση όλων των ισομερών.
- (3) Τα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα καλύπτουν τους ποταμούς και τις λίμνες και τα συναφή τεχνητά ή ιδιαίτερος τροποποιημένα υδατικά συστήματα.
- (4) Η παράμετρος αυτή είναι το πρότυπο ποιότητας περιβάλλοντος εκφραζόμενο ως μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση (ΜΕΣ-ΠΠΠ). Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες για το ΜΕΣ-ΠΠΠ σημειώνεται «δεν εφαρμόζεται», οι τιμές ΕΜΣ-ΠΠΠ θεωρούνται ότι προστατεύουν έναντι βραχυπρόθεσμων αιχμών ρύπανσης σε συνεχείς απορρίψεις, καθώς είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με τις τιμές που προκύπτουν με βάση την οξεία τοξικότητα.
- (5) Για την ομάδα ουσιών προτεραιότητας που καλύπτεται από βρωμιούχους διφαινυλαιθέρες (αριθ. 5) και αναφέρεται στην απόφαση αριθ. 2455/2001/ΕΚ, καθορίζεται ΠΠΠ μόνο για τις συγγενείς ουσίες 28, 47, 99, 100, 153 και 154.
- (6) Για το κάδμιο και τις ενώσεις του (αριθ. 6) οι τιμές ΠΠΠ κυμαίνονται ανάλογα με τη σκληρότητα του ύδατος όπως ορίζεται στις 5 κατηγορίες κατάταξης (Κατηγορία 1: < 40 mg CaCO₃/l, Κατηγορία 2: 40 έως < 50 mg CaCO₃/l, Κατηγορία 3: 50 έως < 100 mg CaCO₃/l, Κατηγορία 4: 100 έως < 200 mg CaCO₃/l και Κατηγορία 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l).
- (7) Η ουσία αυτή δεν είναι ουσία προτεραιότητας αλλά ρύπος για τον οποίο υπάρχουν ρυθμίσεις στο εθνικό δίκαιο.
- (8) Το ολικό DDT περιλαμβάνει το άθροισμα των ισομερών 1,1,1-τριχλωρο-2,2 δις (p-χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 50-29-3)· αριθμός ΕΕ 200-024-3) 1,1,1-τριχλωρο-2 (o-χλωροφαινυλο)-2-(p-χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 789-02-6· αριθμός ΕΕ 212-332-5, 1,1-διχλωρο-2,2 δις (p-χλωροφαινυλο) αιθυλένιο (αριθμός CAS 72-55-9· αριθμός ΕΕ 200-784-6 και 1,1-διχλωρο-2,2 δις (l-χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 72-54-8, αριθμός ΕΕ 200-783-0).
- (9) Στην περίπτωση που δεν εφαρμόζονται ΠΠΠ για τους ζώντες οργανισμούς εισάγονται αυστηρότερα ΠΠΠ για τα ύδατα, ούτως ώστε να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο προστασίας με εκείνο που επιτυγχάνουν τα ΠΠΠ για τους ζώντες οργανισμούς του άρθρου 3 παράγραφος 2 της παρούσας. Τα εναλλακτικά ΠΠΠ για τα ύδατα που έχουν ορισθεί, συμπεριλαμβανομένων των δεδωμένων και της μεθοδολογίας δια των οποίων επιτεύχθησαν τα εναλλακτικά ΠΠΠ, και τις κατηγορίες επιφανειακών υδάτων στις οποίες θα εφαρμόζονται, καθώς και οι λόγοι και η βάση για τη χρήση της προσέγγισης αυτής, γνωστοποιούνται στην Επιτροπή και τα άλλα κράτη μέλη, μέσω της επιτροπής του άρθρου 21 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ.
- (10) Για την ομάδα ουσιών προτεραιότητας πολυαρωματικών υδρογονανθράκων (ΠΑΥ — ΡΑΗ) (αριθ. 28), εφαρμόζεται κάθε μεμονωμένο ΠΠΠ, π.χ. το ΠΠΠ για το βενζο(α)πυρένιο, το ΠΠΠ για το άθροισμα βενζο(β)φθορανθένιο και βενζο(κ)φθορανθένιο, και το ΠΠΠ για το άθροισμα βενζο(ζ,η,θ)περυλένιο και ινδENO(1,2,3-γδ)πυρένιο.

Σχήμα 3.10: Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος ουσιών προτεραιότητας και ορισμένων άλλων ρύπων

(Πηγή: ΚΥΑ Η.Π. 51354/2641/Ε103/2010)

A/A	Χημική Παράμετρος	Αριθμός CAS⁽¹⁾	ΠΠΠ - ΕΜΣ^{(2),(3)}
1	1,1,1-Τριχλωροαιθάνιο	71-55-6	10
2	1,1,2- Τριχλωροαιθάνιο	79-00-5	10
3	1,1-Διχλωροαιθυλένιο	75-35-4	10
4	1,2- Διχλωροαιθυλένιο	540-59-0	10
5	1,2-Διχλωροβενζόλιο	95-50-1	10
6	1,3- Διχλωροβενζόλιο	541-73-1	10
7	1,4- Διχλωροβενζόλιο	106-46-7	10
8	2,4,5-T (τριχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και εστέρες	93-76-5	0,1
9	2,4-D (2,4-διχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και εστέρες	94-75-7	0,1
10	2-χλωροτολουόλιο	95-49-8	1
11	3,4-διχλωροανιλίνη	95-76-1	0,5
12	4- χλωροτολουόλιο	106-43-4	1,0
13	4-χλωροανιλίνη	106-47-8	0,05
14	AzinphosenthyI	2642-71-79	0,005
15	Azinphosmethyl	86-50-0	0,005
16	Bentazone	25057-89-0	0,1
17	Coumaphos	56-72-4	0,07
18	Demeton (O+S)	8065-48-3	0,05
19	Demeton-S-Methyl	919-86-8	0,1
20	Dichlorprop	120-36-5	0,1
21	Dimethoate	60-51-5	0,5
22	Disulfoton	298-04-4	0,004
23	Fenitrothion	122-14-5	0,003
24	Fenthion	55-38-9	0,001
25	Heptaclor	76-44-8	0,05
26	Heptaclor hepoxide	102-45-73	0,05
27	Linuron	330-55-2	0,5
28	Malathion	121-75-5	0,01
29	MCPA	94-74-6	0,1
30	Mecoprop	7085-19-0	0,1
31	Methamidofhos	10265-92-6	0,1
32	Mevinphos	7786-34-7	0,01
33	Monolinuron	1746-81-2	0,1

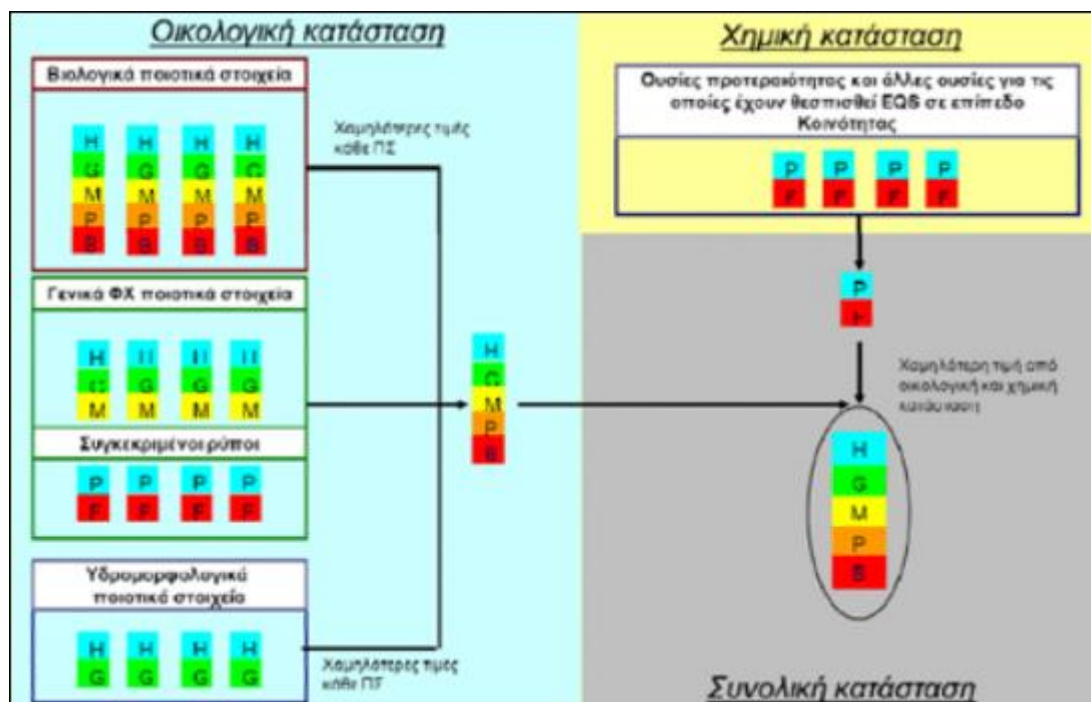
34	Omethoate	1113-02-6	0,1
35	Oxydemeton-methyl	301-12-2	0,1
36	Parathion	56-38-2	0,01
37	Parathion methyl	298-00-0	0,01
38	Propanil	709-98-8	0,1
39	Pyrazon	1698-60-8	0,1
40	Triazophos	24017-47-8	0,03
41	Trichlorfon	52-68-6	0,002
42	Αιθυλοβενζόλιο	100-41-4	10
43	Επιφανειοδραστικοί παράγοντες – Γραμμικά Αλκυλοβενζοσουλφονικά άλατα (LAS)		270
44	Κυανιούχα	74-90-8	10
45	Ξυλόλια (m+p)	108-38-3, 106-42-3	10
46	Ξυλόλια (o)	95-47-6	10
47	Ολικές φαινόλες		50
48	Πολυχλωριωμένα διφαινόλια		0,014
49	Τολουόλιο	108-88-3	10
50	Φαινόλη	108-95-2	8
51	Χλωροβενζόλιο	108-90-7	1
52	Αρσενικό	7440-38-2	30
53	Κασσίτερος	7440-31-5	2,2
54	Κοβάλτιο	7440-48-4	20
55	Μολυβδένιο	7439-98-7	4,4
56	Σελήνιο	7782-49-2	5
57	Χαλκός	7440-50-8	3 (<40 mgCaCO ₃ /l) 6 (40-50 mgCaCO ₃ /l) 9 (50-100 mgCaCO ₃ /l) 17 (100-200 mgCaCO ₃ /l) 26 (>200 mgCaCO ₃ /l)
58	Χρώμιο VI		3
59	Χρώμιο ολικό	7440-47-3	23 (<40 mgCaCO ₃ /l) 42 (40-50 mgCaCO ₃ /l) 50 (>50 mgCaCO ₃ /l)
60	Ψευδάργυρος	7440-66-6	8 (<50 mgCaCO ₃ /l) 50 (50-100 mgCaCO ₃ /l) 75 (100-200 mgCaCO ₃ /l) 125 (>200 mgCaCO ₃ /l)

(1) Κωδικός εγγραφής χημικών ουσιών (CAS Registry Number).
(2) Η παράμετρος αυτή είναι το ΠΠΠ εκφραζόμενο ως ετήσια μέση συγκέντρωση (ΕΜΣ-ΠΠΠ). Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά, ισχύει για την ολική συγκέντρωση όλων των ισομερών.
(3) Τα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα καλύπτουν τους ποταμούς και τις λίμνες και τα συναφή τεχνητά ή ιδιαίτερος τροποποιημένα υδατικά συστήματα.

Σχήμα 3.11: Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος ειδικών ρύπων για την υποβοήθηση του προσδιορισμού της οικολογικής κατάστασης συστημάτων εσωτερικών επιφανειακών υδάτων

Αξιολόγηση της συνολικής κατάστασης λιμναίου υδατικού συστήματος

Αφού προσδιοριστεί η οικολογική και η χημική κατάσταση ενός υδατικού συστήματος είναι δυνατόν να εξαχθεί συμπέρασμα σχετικά με τη συνολική κατάστασή του. Η αξιολόγηση, όπως φαίνεται στο ακόλουθο λογικό διάγραμμα εξαρτάται από το χαμηλότερο εκ των δύο χαρακτηρισμών.



Σχήμα 3.12: Λογικό διάγραμμα προσδιορισμού της συνολικής ποιοτικής κατάστασης λιμναίου υδατικού συστήματος

(Πηγή: wfdver.ypeka.gr)

Οι λίμνες διακρίνονται σε τρεις τύπους: GR-DNL, GR-SNL και GR-VSNL. Τα κριτήρια με τα οποία ένα λιμναίο σύστημα κατατάσσεται σε ορισμένο τύπο είναι χαρακτηριστικά όπως το βάθος ροής και το είδος της στρωμάτωσης.

Οι τύποι των φυσικών λιμνών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Τύπος	Γνωρίσματα λίμνης	Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Μέσο βάθος (m)	Γνωρίσματα μίξης
GR-DNL	Φυσικές λίμνες, βαθιές	0 – 1000	> 0.5	>9	Θερμές μονομεικτικές
GR-SNL	Φυσικές λίμνες, ρηχές	0 – 1000	> 0.5	3 - 9	Πολυμεικτικές
GR-VSNL	Φυσικές λίμνες, πολύ ρηχές	0 – 1000	> 0.5	<3	Πολυμεικτικές

Σχήμα 3.13: Οι τύποι των φυσικών λιμνών

3.2 Εξεταζόμενες παράμετροι

Η επιτυχής παρακολούθηση των λιμναίων συστημάτων απαιτεί την κατάστρωση δικτύου παρακολούθησης με στόχο την καταγραφή σημαντικών φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων στα οικοσυστήματα αυτά. Ενδιαφέρον έχει, μάλιστα, η σύγκριση μεταξύ αυτών των στοιχείων και η ανίχνευση πιθανής λογικής συσχέτισης μεταξύ τους.

Οι συνήθεις φυσικοχημικές παράμετροι που εξετάζονται είναι η αλκαλικότητα, η συγκέντρωση αμμωνίου, η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, ο βαθμός κορεσμού του οξυγόνου στο νερό, το pH, το βάθος Secchi, η συγκέντρωση νιτρικών, η συγκέντρωση φωσφορικών και η θερμοκρασία. Τα μεγέθη αυτά περιγράφονται ακολούθως.

Το pH στο νερό κυμαίνεται σε τιμές από 6,5 έως 9,5. Αποτελεί δείκτη της ισορροπίας των όξινων και αλκαλικών ενώσεων που βρίσκονται σε διάλυση στο νερό. Το ελαφρώς όξινο νερό μπορεί να προκαλέσει διάβρωση στους σωλήνες της ύδρευσης, ενώ το αλκαλικό νερό σχετίζεται με αποθέσεις αλάτων στους σωλήνες.

Η αλκαλικότητα είναι η ικανότητα του νερού να αντιστέκεται στις μεταβολές του pH οι οποίες θα μπορούσαν να κάνουν το νερό περισσότερο όξινο. Η συγκεκριμένη παράμετρος είναι πολύ χρήσιμη στην υδρολογία καθώς δείχνει την ικανότητα ενός υδάτινου όγκου να εξουδετερώνει ενδεχόμενη όξινη ρύπανση, όπως για παράδειγμα οξέα και ιόντα τα οποία θα μπορούσαν να μειώσουν το pH απειλώντας την ισορροπία του συστήματος. Αποτελεί ουσιαστικά μέτρο της ευαισθησίας του υδάτινου σώματος σε όξινους ρύπους.

Το κατιόν αμμωνίου είναι ουσιαστικά ένα θετικά φορτισμένο πολυατομικό κατιόν με χημικό τύπο NH_4^+ , το οποίο παράγεται ύστερα από την πρόσθεση πρωτονίων στην αμμωνία. Το ποσοστό μετατροπής της αμμωνίας σε αμμώνιο εξαρτάται από το pH του διαλύματος στο οποίο βρίσκεται. Σε χαμηλό pH παράγεται περισσότερο αμμώνιο. Βιολογικά, το αμμώνιο προκύπτει ως απόβλητο του μεταβολισμού πολλών οργανισμών. Η αμμωνία είναι τοξική για τον άνθρωπο σε υψηλές συγκεντρώσεις και μπορεί να βλάψει τους βλεννογόνους των πνευμόνων. Η παρουσία αμμωνίου στο νερό αποτελεί συχνά ένδειξη κοπρανώδους ρύπανσης.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει ορισμένο υλικό και είναι αντίστροφο μέγεθος της ηλεκτρικής αντίστασης. Σε ένα υδατικό διάλυμα η ηλεκτρική αγωγιμότητα του υδατικού διαλύματος εκφράζει την ικανότητα του υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σχετίζεται επίσης με τη σκληρότητα του συγκεκριμένου νερού, διότι επηρεάζεται από την παρουσία ιόντων σε αυτό. Μάλιστα, όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση αλάτων σε κάποιο νερό, τόσο αυξάνεται η ηλεκτρική αγωγιμότητά του.

Με τον όρο <<νιτρικά>> αναφερόμαστε στο πολυατομικό ιόν με χημικό τύπο NO_3^- . Τα νιτρικά χρησιμοποιούνται ευρέως σε λιπάσματα στη γεωργία, καθώς είναι ιδιαίτερα διαλυτά και το άζωτο που περιέχουν είναι απαραίτητο για την κυτταρική ανάπτυξη και κατά συνέπεια και για την ανάπτυξη των φυτών. Αυξημένες ποσότητες νιτρικών παρατηρούνται επίσης σε περιοχές με αυξημένες συγκεντρώσεις ζωικών αποβλήτων. Βέβαια, χρησιμοποιούνται και για την παραγωγή διάφορων άλλων προϊόντων, όπως για παράδειγμα εκρηκτικών υλών.

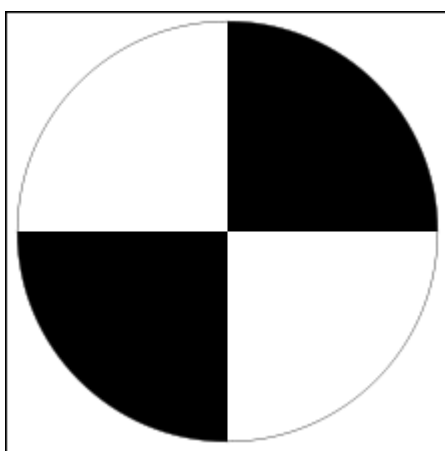
Η υπερβολική χρήση νιτρικών, και γενικά αζωτούχων, λιπασμάτων έχει σε αρκετές περιοχές προκαλέσει ρύπανση, γνωστή ως νιτρορύπανση. Όταν οι γεωργικές καλλιέργειες τροφοδοτούνται με περισσότερο άζωτο από αυτό που μπορούν να αφομοιώσουν, τότε το εν λόγω πλεόνασμα παραμένει στο έδαφος και στη συνέχεια μέσω της βροχής διηθείται στο υπέδαφος. έτσι, καταλήγει να ρυπαίνει τον υπόγειο υδροφορέα, αλλά και γειτνιάζοντα επιφανειακά υδάτινα σώματα. Η παρουσία περίσσειας αζώτου στα υδάτινα οικοσυστήματα πυροδοτεί συνήθως υπέρμετρη ανάπτυξη των αλγών και της χλωρίδας του συστήματος γενικότερα. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως ευτροφισμός και αποτελεί σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε αποξυγόνωση του υδάτινου σώματος λόγω της έντονης μεταβολικής δραστηριότητας και της αυξημένης κατανάλωσης οξυγόνου που αυτή συνεπάγεται. Η αποξυγόνωση ενός υδάτινου σώματος οδηγεί στο θάνατο πολλών υδρόβιων οργανισμών (ιχθυοπανίδα) που διαβιούν σε αυτό. Πρέπει, επιπλέον, να σημειωθεί ότι τα νιτρικά σε αυξημένη συγκέντρωση είναι τοξικά για τους έμβιους οργανισμούς, αν και σε μικρότερο βαθμό από την αμμωνία.

Επίσης, η παρουσία νιτρικών στο πόσιμο νερό εγκυμονεί σημαντικούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Στο ανθρώπινο στομάχι τα νιτρικά μετατρέπονται σε νιτρώδη και στη συνέχεια σε νιτροζαμίνες. Οι ουσίες αυτές έχουν χαρακτηριστεί ως ηπατοτοξικές, ενώ θεωρούνται ύποπτες για καρκινογένεση.

Με τον όρο <<φωσφορικά>> εννοούμε το ανόργανο ιόν PO_4^{3-} . Ο φώσφορος μπορεί να καταλήξει σε ένα υδάτινο σώμα μέσω της γειτνίασής του σώματος αυτού με φωσφορούχο γεωλογικό σχηματισμό ο οποίος υφίσταται διάβρωση ή μέσω της διάθεσης σε αυτό λυμάτων τα οποία περιέχουν φώσφορο. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ρύπανση υδάτινων σωμάτων με νιτρικά λόγω της αλόγιστης χρήσης φωσφορούχων λιπασμάτων σε γεωργικές καλλιέργειες. Γενικά, ο φώσφορος εξορύσσεται για να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή λιπασμάτων και άλλων προϊόντων, όπως απορρυπαντικά. Η εκτεταμένη χρήση φωσφορούχων λιπασμάτων στη γεωργία αποτελεί διάχυτη πηγή ρύπανσης για τους υπόγειους υδροφορείς και τα επιφανειακά υδάτινα σώματα. Αντίθετα, η ρύπανση από βιομηχανικά ή αστικά λύματα αποτελεί σημειακή πηγή ρύπανσης. Μάλιστα, θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα αστικά οργανικά λύματα είναι πλούσια σε φώσφορο.

Ο φώσφορος είναι στοιχείο απαραίτητο για την κυτταρική ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν και κατ' επέκταση του ζωοπλαγκτόν, της χλωρίδας και της πανίδας ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Ωστόσο, αυξημένες συγκεντρώσεις φωσφόρου μπορεί να οδηγήσουν σε υπέρμετρη αύξηση των αλγών και κατά συνέπεια σε ευτροφισμό. Μάλιστα, ο ευτροφισμός συχνά προκαλεί αποξυγόνωση.

Το βάθος Secchi αποτελεί μέτρο της θολότητας ή αντίστροφα της διαύγειας σε φυσικά νερά, όπως λίμνες, ποτάμια, κτλ. Υπολογίζεται με τη βοήθεια ενός απλού οργάνου το οποίο αποκαλείται δίσκος secchi. Πρόκειται για έναν απλό κυκλικό ασπρόμαυρο δίσκο διαμέτρου 30 cm, ο οποίος δημιουργήθηκε έτσι από τον Angelo Secchi το 1865. Ο δίσκος αυτός βυθίζεται αργά και σταθερά στη στήλη του νερού (π.χ. λίμνη) του οποίου ερευνάται η θολότητα κατά μήκος ενός σχοινιού που έχει κόμβους. Το βάθος στο οποίο ο δίσκος παύει πλέον να είναι ορατός ορίζεται ως βάθος secchi. Τα ευτροφικά νερά χαρακτηρίζονται από μικρότερο βάθος secchi. Καθώς οι ακτίνες του φωτός εισέρχονται στην υδάτινη στήλη, υφίστανται απορρόφηση και σκέδαση. Μάλιστα, η σκέδαση και η απορρόφηση του ηλιακού φωτός στο νερό εξαρτώνται από τη σύνθεση του νερού. Συγκεκριμένα, η συγκέντρωση φυτοπλαγκτόν, η συγκέντρωση νεκρού σωματιδιακού υλικού και η συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών στην υδάτινη στήλη επηρεάζουν την εξασθένηση που υφίσταται το φως στη στήλη του νερού.



Σχήμα 3.14: Δίσκος Secchi

(Πηγή: Wikipedia)

Η θερμοκρασία είναι μια ακόμη φυσική παράμετρος που παρακολουθείται στα υδάτινα οικοσυστήματα. Η θερμοκρασία επηρεάζει άμεσα τον μεταβολικό ρυθμό των οργανισμών που διαβιούν σε ένα υδάτινο οικοσύστημα. Συγκεκριμένα, αυξανόμενη της θερμοκρασίας αυξάνεται ο ρυθμός της αναπνοής τους και οι οργανισμοί καταναλώνουν περισσότερο οξυγόνο. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο είναι πιθανό η θερμική ρύπανση (διάθεση θερμού νερού ή θερμών αποβλήτων σε υδροφορέα) μπορεί σταδιακά να προκαλέσει αποξυγόνωση του υδάτινου σώματος και θάνατο των οργανισμών λόγω ασφυξίας. Επίσης, είναι λογικά προφανές ότι ενδεχόμενη σημαντική μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού (μείωση ή αύξηση) δημιουργεί πρόβλημα στην επιβίωση των οργανισμών που ζουν σε αυτό.

Τέλος, είναι ιδιαίτερα σημαντικό να παρακολουθείται η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου και ο βαθμός κορεσμού του νερού σε οξυγόνο στο υπό μελέτη υδατικό σύστημα, καθώς όλοι οι αερόβιοι οργανισμοί χρησιμοποιούν το οξυγόνο κατά τη διαδικασία της αναπνοής τους. Η μείωση του οξυγόνου μπορεί να προκαλέσει το θάνατο μεγάλου μέρους της ιχθυοπανίδας ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Επιπλέον, ελλοχεύει ο κίνδυνος να δημιουργηθούν ανοξικές συνθήκες στον υδροφορέα. Σε αυτή την περίπτωση αναερόβια βακτήρια αποκτούν πλεονέκτημα επιβίωσης και

κυριαρχούν έναντι των αερόβιων βακτηρίων. Οι συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί ακολουθούν αναερόβιες μεταβολικές διεργασίες προϊόντα των οποίων είναι το μεθάνιο και το τοξικό υδρόθειο, τα οποία είναι δύσσομα αέρια. Αξίζει να αναφερθεί ότι η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία. Αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό (Αρχή Le Chatelier).

Οι βιολογικές παράμετροι που παρακολουθούνται στις λίμνες είναι η χλωροφύλλη, το φυτοπλαγκτόν, τα κυανοβακτήρια και τα χαρόφυτα.

Στη βιολογία με τον όρο χλωροφύλλη χαρακτηρίζεται μια ομάδα χρωστικών οι οποίες εμφανίζονται σε όσα μέρη ενός φυτού βρίσκονται εκτεθειμένα στο φως και προσδίδουν πράσινο χρώμα στα φυτά. Η χλωροφύλλη περιέχεται στους χλωροπλάστες των φυτών και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να παρακολουθείται η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στις λίμνες. Αυξημένες συγκεντρώσεις χλωροφύλλης καταγράφονται όταν υπάρχει έξαρση της ανάπτυξης των αλγών και των άλλων φυτικών οργανισμών, κάτι το οποίο ενδεχομένως αποτελεί ένδειξη ευτροφικής ανάπτυξης.

Για τον ίδιο λόγο χρειάζεται να παρακολουθείται η ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν στις λίμνες. Πρόκειται για φωτοσυνθετικούς μικροοργανισμούς οι οποίοι παρουσία φωτός και περίσσειας αζώτου και φωσφόρου αναπτύσσονται ανεξέλεγκτα και μπορεί να οδηγήσουν σε ευτροφισμό του εκάστοτε υδάτινου σώματος. Μάλιστα, ορισμένα είδη φυτοπλαγκτού, όπως τα δινομαστιγωτά, εκλύουν τοξίνες στο νερό. Ενδεχόμενη πληθυσμιακή έκρηξή τους είναι πιθανό να οδηγήσει σε συσσώρευση βιοτοξινών οι οποίες επηρεάζουν την ανάπτυξη των ψαριών και τη θνησιμότητά τους.



Σχήμα 3.15: Άνθιση φυτοπλαγκτού στη Βαλτική

(Πηγή: Wikipedia)

Τα κυανοβακτήρια ή αλλιώς κυανοφύκη αποτελούν φωτοσυνθετικούς προκαρυωτικούς οργανισμούς οι οποίοι επιτελούν φωτοσύνθεση. Εάν σε μια λίμνη επικρατούν ευτροφικές συνθήκες διεγείρεται ιδιαίτερα η ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων και διακρίνονται σαν πράσινοι επιπλέοντες κόκκοι. Ορισμένα είδη κυανοβακτηρίων εκλύουν τοξικές ουσίες στο περιβάλλον, ενώ άλλα εκλύουν χαρακτηριστικές δυσάρεστες οσμές, οι οποίες ωστόσο δε σχετίζονται με τοξικότητα.



Σχήμα 3.16: Αποικίες κυανοβακτηρίων

(Πηγή: Wikipedia)

Τα χαρόφυτα αποτελούν είδος φυκών. Συγκεκριμένα πρόκειται για πράσινα άλγη, ο πληθυσμός των οποίων παρακολουθείται διότι ενδεχόμενη έξαρση του πληθυσμού τους μπορεί να αποτελεί ένδειξη ευτροφικών συνθηκών.

Όλα τα παραπάνω είδη μπορεί να υπάρχουν φυσιολογικά σε ένα υδάτινο οικοσύστημα. Ανησυχητικό θα είναι το φαινόμενο έκρηξης της ανάπτυξής τους λόγω πιθανής περίσσειας φωσφόρου ή και αζώτου στην υδάτινη στήλη.

3.3 Ανάλυση δεδομένων στον ελληνικό χώρο

Στην Ελλάδα έχει γίνει καταγραφή των περισσότερων λιμνών και πραγματοποιείται παρακολούθησή τους. Συγκεκριμένα, παρακολουθούνται φυσικές, αλλά και τεχνητές λίμνες και ταμιευτήρες. Στην παρούσα ενότητα χρησιμοποιούνται στοιχεία και μετρήσεις των φυσικοχημικών και των βιολογικών παραμέτρων που έχουν προκύψει από το εθνικό πρόγραμμα παρακολούθησης κατά τα έτη 2012 – 2013 – 2014 – 2015 και διερευνάται η συσχέτιση ή μη μεταξύ τους. Σε αυτή τη διαδικασία δεν θα γίνει διάκριση των σωμάτων σε φυσικές ή τεχνητές λίμνες.

Τα λιμναία συστήματα για τα οποία υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία και με βάση τα οποία εξάχθηκαν συμπεράσματα είναι τα ακόλουθα:

- Τεχνητή λίμνη Λάδωνα
- Τεχνητή λίμνη Πηνειού
- Λίμνη Στυμφαλία
- Τεχνητή λίμνη Φενεού
- Τεχνητή λίμνη Κρεμαστών
- Τεχνητή λίμνη Καστρακίου
- Τεχνητή λίμνη Στράτου

- Τεχνητή λίμνη Ταυρωπού
- Λίμνη Λυσιμαχια
- Λίμνη Οζερος
- Λίμνη Τριχωνίδα
- Λίμνη Αμβρακία
- Λίμνη Βουλκαρια
- Λίμνη Σαλτινη
- Τεχνητή λίμνη Μόρνου
- Τεχνητή λίμνη Ευήνου
- Τεχνητή λίμνη πηγών Αώου
- Τεχνητή λίμνη Πουρναρίου
- Λίμνη Παμβώτιδα
- Τεχνητή λίμνη Πουρναριου ι
- Τεχνητή λίμνη Μαραθώνα
- Δύστος
- Υλίκη
- Παραλίμνη
- Τεχνητή λίμνη Κάρλας
- Τεχνητή λίμνη Σμοκοβου
- Λίμνη Βεγορίτιδα
- Λίμνη Πετρων
- Λίμνη Ζαζαρη
- Λίμνη Χειμαδίτιδα
- Λίμνη Καστοριάς
- Τεχνητή λίμνη Σφηκιας
- Τεχνητή λίμνη Ασωμάτων
- Τεχνητή λίμνη Πολυφύτου
- Λίμνη Μικρή Πρέσπα
- Λίμνη Μεγάλη Πρέσπα
- Λίμνη Δοϊράνη
- Λίμνη Πικρολίμνη
- Λίμνη Κορώνεια
- Λίμνη Βόλβη
- Λίμνη Κερκίνη
- Ταμιευτήρας Λευκογειων
- Λίμνη Ισμαριδα
- Ταμιευτήρας Πλατανόβρυσης
- Ταμιευτήρας Θησαυρού
- Ταμιευτήρας Γρατινης
- Ταμιευτήρας ν. Αδριανής
- Κουρνα
- Φράγμα Μπραμιανων
- Φράγμα Φανερωμενης
- Τεχνητή λίμνη Φιλιατρινων
- Τεχνητή λίμνη Ασωπού
- Λίμνη Λαμια
- Τεχνητή λίμνη Αστεριου
- Τεχνητή λίμνη Τακα
- Τεχνητή λίμνη Αργυροπουλιου

- Τεχνητή λίμνη Παπαδια
- Τεχνητή λίμνη Αγ. Βαρβαρα
- Τεχνητή λίμνη Ιλαριωνα
- Τεχνητή λίμνη Πραμοριτσα
- Τεχνητή λίμνη Αρτζαν
- Λίμνη Μαυρουδα
- Ταμειυτήρας Αισυμης
- Φράγμα Κονδιας
- Φράγμα Ερεσσού
- Φράγμα Καλαμωτης - Κατραρη
- Φράγμα Ραχων - Πεζιου
- Φράγμα Μαραθιάς
- Φράγμα Λειβαδιου
- Φράγμα Γαδουρα
- Φράγμα Ποταμών
- Φράγμα Αποσελεμη

Σε φύλλο Excel έχει υπολογιστεί ο συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των καταγεγραμμένων τιμών φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων. Θεωρείται ότι υπάρχει καλή συσχέτιση μεταξύ δύο μεγεθών όταν ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει τιμή μεγαλύτερη από $0,5 \div 0,6$. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών που πραγματοποιήθηκαν στο φύλλο Excel φαίνονται συνοπτικά παρακάτω:

Συντελεστής συσχέτισης		Αμμώνιο	Διαλυμένο οξυγόνο	Ηλεκτρική αγωγιμότητα	Νιτρικά	Φωσφορικά	Κορεσμός νερού σε οξυγόνο	pH	Βάθος Secchi	Θερμοκρασία νερού	Χλωροφύλλη - α	Βιομάζα κυανοβακτηρίων	Cyanobacteria Proportion	Ολική βιομάζα φυτοπλαγκτόν	Isoetides Presence	Macrophyte Depth Limit
Διαλυτικότητα	-0,012	0,145	0,445	-0,077	-0,081	0,037	0,497	-0,210	-0,176	-0,012	-	-	-	-	-	-
Αμμώνιο		0,103	-0,018	0,023	-0,007	-0,017	-0,039	-0,008	-0,139	0,033	0,002	0,077	0,016	-	-	-
Διαλυμένο οξυγόνο			0,168	0,091	0,080	0,844	0,238	-0,114	-0,187	0,025	-0,106	-0,098	-0,047	-	-	1,000
Ηλεκτρική αγωγιμότητα				-0,046	0,837	0,232	0,145	-0,176	0,086	0,043	-0,026	-0,061	0,033	-	-	1,000
Νιτρικά					-0,023	-0,090	-0,146	0,009	-0,270	-0,065	-0,034	-0,118	-0,042	-	-	-
Φωσφορικά						0,146	0,101	-0,222	0,096	-0,024	-0,005	0,042	0,001	-	-	-
Κορεσμός νερού σε οξυγόνο							0,304	-0,062	0,326	0,017	-0,089	-0,063	-0,034	-	-	1,000
pH								-0,296	0,149	0,303	0,260	0,527	0,258	-	-	-
Βάθος Secchi								0,085	-0,309	0,303	-0,177	-0,399	-0,220	-	-	-1,000
Θερμοκρασία νερού									0,085	-0,309	0,303	-0,177	-0,399	-	-	-1,000
Χλωροφύλλη - α									0,021	0,021	0,044	0,171	0,057	-	-	-1,000
Βιομάζα κυανοβακτηρίων											0,886	0,353	0,903	-	-	1,000
Cyanobacteria Proportion												0,346	0,980	-	-	1,000
Ολική βιομάζα φυτοπλαγκτόν													0,322	-	-	1,000
Isoetides Presence														0,772	-	0,909
Macrophyte Depth Limit																0,582

Σχήμα 3.17: Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των βιολογικών και χημικών παραμέτρων στις ελληνικές λίμνες βάσει των μετρήσεων του προγράμματος παρακολούθησης 2012 – 2013 – 2014 - 2015

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα η αλκαλικότητα δεν εμφανίζει ιδιαίτερη συσχέτιση με καμία παράμετρο. Μάλιστα, ο συντελεστής συσχέτισης της αλκαλικότητας με το αμμώνιο, τα νιτρικά, τα φωσφορικά, το βάθος Secchi, τη θερμοκρασία του νερού και τη χλωροφύλλη – α πρόεκυψε αρνητικός, γεγονός που σημαίνει ότι η αλκαλικότητα δεν σχετίζεται καθόλου με τα παραπάνω μεγέθη. Αξίζει να αναφερθεί, ωστόσο, ότι μόνο ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της αλκαλικότητας και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έλαβε σχετικά σημαντική τιμή ($r^2 = 0,445$). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί λογικά διότι η αλκαλικότητα ως μέτρο της αντίστασης του νερού στις μεταβολές του pH εκφράζει την ισορροπία μεταξύ των ιόντων H^+ και OH^- και η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υγρού εξαρτάται από την περιεκτικότητά του σε ιόντα.

Στον παραπάνω πίνακα ο συντελεστής συσχέτισης των ζευγών μεγεθών <<αμμώνιο – διαλυμένο οξυγόνο>>, <<αμμώνιο – ηλεκτρική αγωγιμότητα>>, <<αμμώνιο – νιτρικά>>, <<αμμώνιο – φωσφορικά>>, <<αμμώνιο – κορεσμός νερού σε οξυγόνο>>, <<αμμώνιο – pH>>, <<αμμώνιο – βάθος Secchi>>, <<αμμώνιο – θερμοκρασία νερού>>, <<αμμώνιο – χλωροφύλλη-α>>, <<αμμώνιο – κυανοβακτήρια>> και <<αμμώνιο – φυτοπλαγκτόν>> προέκυψε είτε πολύ χαμηλός είτε αρνητικός. Συνεπώς, θεωρείται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των παραπάνω παραμέτρων.

Μεταξύ των ζευγών μεγεθών <<διαλυμένο οξυγόνο – ηλεκτρική αγωγιμότητα>>, <<διαλυμένο οξυγόνο – νιτρικά>>, <<διαλυμένο οξυγόνο – φωσφορικά>>, <<διαλυμένο οξυγόνο – pH>>, <<διαλυμένο οξυγόνο – βάθος Secchi >>, <<διαλυμένο οξυγόνο – θερμοκρασία νερού>>, <<διαλυμένο οξυγόνο – χλωροφύλλη-α>>, <<διαλυμένο οξυγόνο – κυανοβακτήρια>> και <<διαλυμένο οξυγόνο – φυτοπλαγκτόν>> προέκυψε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση, διότι ο συντελεστής συσχέτισης ήταν είτε πολύ χαμηλός είτε αρνητικός. Υψηλή συσχέτιση εμφανίζεται να υπάρχει μεταξύ της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου και του βαθμού κορεσμού του οξυγόνου στο νερό ($r^2 = 0,844$), κάτι το οποίο είναι λογικό διότι όσο περισσότερο οξυγόνο είναι διαλυμένο στο νερό τόσο περισσότερο προσεγγίζεται η συγκέντρωση κορεσμού του συγκεκριμένου ύδατος σε οξυγόνο. Επίσης, βρέθηκε απόλυτη συσχέτιση μεταξύ του διαλυμένου οξυγόνου και του βάθους στο οποίο αναπτύσσονται μακρόφυτα ($r^2 = 1$). Με άλλα λόγια, όσο περισσότερο οξυγόνο περιέχεται στην υδάτινη στήλη, τόσο τα μακρόφυτα αναπτύσσονται σε μεγαλύτερο βάθος.

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, προέκυψε ότι η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν σχετίζεται με τη συγκέντρωση νιτρικών, το βαθμό κορεσμού του νερού σε οξυγόνο, το βάθος Secchi, το pH, τη θερμοκρασία του νερού, τη χλωροφύλλη-α, τα κυανοβακτήρια και το φυτοπλαγκτόν. Ωστόσο, βρέθηκε ότι όσο αυξάνεται η συγκέντρωση των φωσφορικών, τόσο αυξάνεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού ($r^2 = 0,837$). Απόλυτη συσχέτιση ($r^2 = 1$) βρέθηκε μεταξύ της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του οριακού βάθους μέχρι το οποίο αναπτύσσονται μακρόφυτα.

Όσον αφορά στα νιτρικά, διαπιστώθηκε ότι η τιμή της συγκέντρωσής τους δεν επηρεάζεται από καμία παράμετρο (φυσικοχημική ή βιολογική). Αυτό μπορεί να εξηγηθεί με το σκεπτικό ότι η συγκέντρωση των νιτρικών σε ένα λιμναίο σύστημα

επηρεάζεται μόνο από την ποσότητα νιτρικών που εισρέει στο σώμα αυτό μέσω αστικών ή αγροτικών λυμάτων.

Παρομοίως, εξάχθηκε αντίστοιχο συμπέρασμα για τα φωσφορικά. Η συγκέντρωση των φωσφορικών σε ένα λιμναίο σύστημα δεν επηρεάζεται από καμία άλλη παράμετρο. Εξαρτάται αποκλειστικά από την είσοδο στο σύστημα λυμάτων πλούσια σε φώσφορο.

Ο βαθμός κορεσμού του νερού σε οξυγόνο επηρεάζει απόλυτα την ανάπτυξη των μακρόφυτων ($r^2 = 1$). Όσο περισσότερο οξυγόνο περιέχεται στην υδάτινη στήλη, τόσο αυξάνει το οριακό βάθος μέχρι το οποίο αναπτύσσονται τα μακρόφυτα. Κατά τα άλλα, στον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι ο βαθμός κορεσμού του νερού σε οξυγόνο δεν σχετίζεται με καμία άλλη παράμετρο (φυσικοχημική ή βιολογική) με εξαίρεση τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου προφανώς.

Όσον αφορά στην τιμή του pH προέκυψε ότι δεν υπάρχει συσχέτιση με καμία παράμετρο εκτός από μικρή συσχέτιση με την αναλογία κυανοβακτηρίων ($r^2 = 0,527$). Η συγκεκριμένη τιμή του r^2 βέβαια δηλώνει χαμηλό επίπεδο συσχέτισης. Αυτό σημαίνει ότι ο πληθυσμός των κυανοβακτηρίων επηρεάζεται λίγο από τις μεταβολές στην τιμή του pH του νερού.

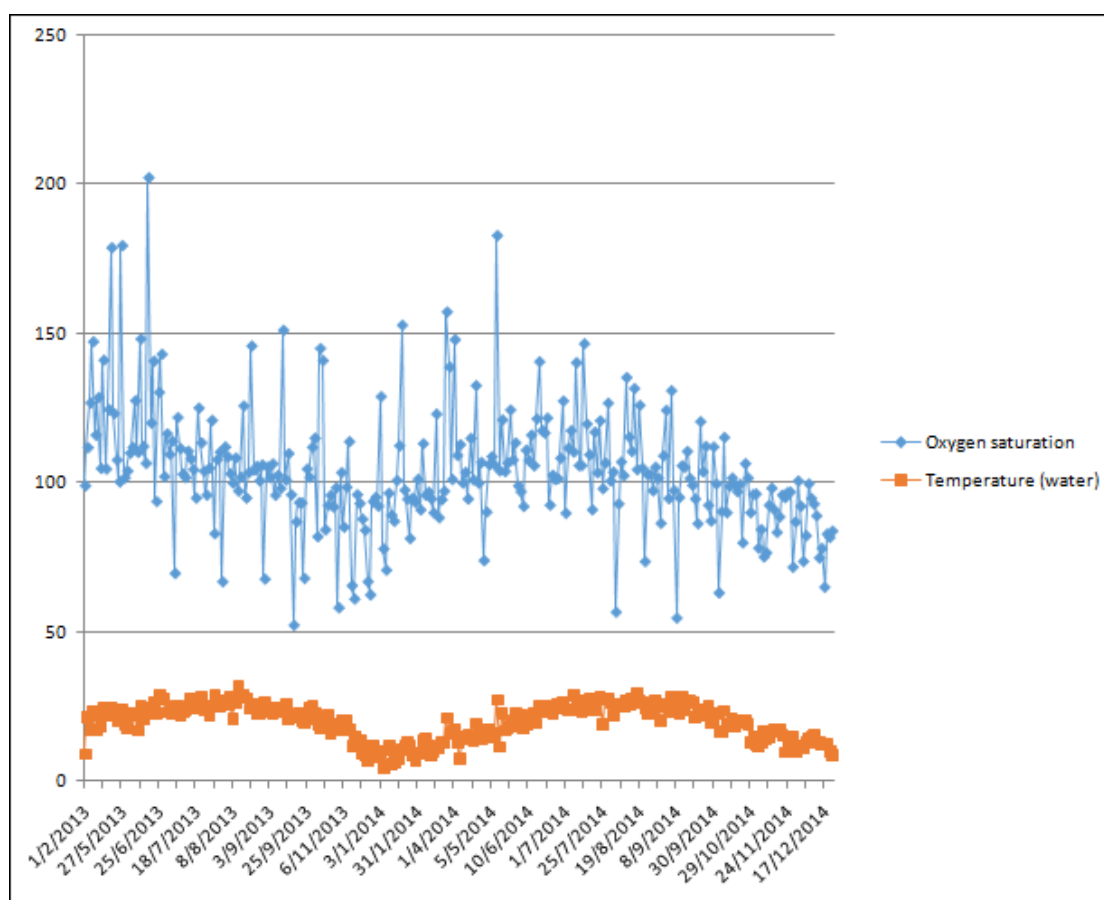
Το βάθος Secchi αποτελεί μέτρο της θολότητας ή αντίστροφα της διαύγειας του νερού. Οι υπολογισμοί έδειξαν ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του συγκεκριμένου δείκτη με καμία παράμετρο. Μάλιστα, προέκυψε ότι το βάθος Secchi και το οριακό βάθος μέχρι το οποίο αναπτύσσονται τα μακρόφυτα είναι εντελώς ασυσχέτιστα μεγέθη ($r^2 = -1$).

Μια ακόμη παράμετρος που φαίνεται να μη σχετίζεται με καμία φυσικοχημική ή βιολογική παράμετρο είναι η θερμοκρασία του νερού. Χαρακτηριστικά, αναφέρω ότι προέκυψε ότι τα μακρόφυτα δεν επηρεάζονται καθόλου από τη θερμοκρασία της υδάτινης στήλης ούτε ως προς το οριακό βάθος μέχρι το οποίο αναπτύσσονται ($r^2 = -1$).

Αξιόλογη συσχέτιση εντοπίστηκε μεταξύ αρκετών βιολογικών παραμέτρων. Συγκεκριμένα, βρέθηκε πολύ υψηλή συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης και των κυανοβακτηρίων, του φυτοπλαγκτού και των μακρόφυτων. Το συμπέρασμα αυτό είναι πολύ λογικό διότι οι παραπάνω οργανισμοί είναι φωτοσυνθετικοί, δηλαδή χρησιμοποιούν τη χλωροφύλλη στις μεταβολικές τους διεργασίες. Επομένως, όσο περισσότερο εξαπλώνονται οι συγκεκριμένοι οργανισμοί σε μια λίμνη, τόσο περισσότερο θα αυξάνεται η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στο νερό της λίμνης. Διαπιστώθηκε ακόμη ότι υπάρχει εξαιρετικά υψηλή συσχέτιση (από 0,909 έως 1) μεταξύ του οριακού βάθους στο οποίο αναπτύσσονται τα μακρόφυτα και του πληθυσμού των κυανοβακτηρίων, του φυτοπλαγκτού και των χαρόφυτων. Η συσχέτιση αυτή ενδεχομένως υποδηλώνει ότι όταν ένα λιμναίο οικοσύστημα διαθέτει τις απαραίτητες συνθήκες για την ανάπτυξη φυτικών οργανισμών, τότε ευνοείται η παράλληλη ανάπτυξη των ειδών αυτών. Ένα ακόμη συμπέρασμα που προέκυψε είναι ότι όταν ευνοείται η ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού, ευνοείται παράλληλα η ανάπτυξη

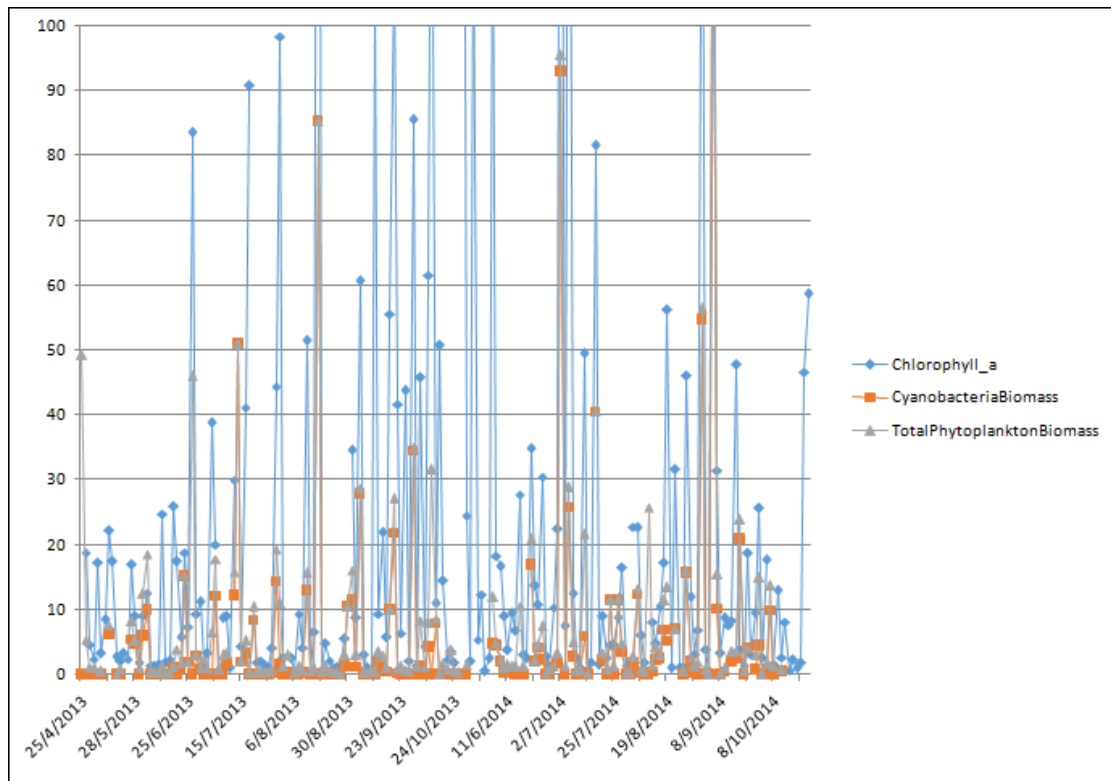
κυανοβακτηρίων και αντίστροφα ($r^2 = 0,98$). Τέλος, αξιόλογη συσχέτιση βρέθηκε ότι υπάρχει μεταξύ των χαρόφυτων και των isoetides ($r^2 = 0,772$). Η συσχέτιση αυτή σημαίνει ότι όταν σε ένα λιμναίο οικοσύστημα εντοπιστεί το ένα από αυτά τα δύο είδη, τότε είναι πολύ πιθανό να διαβιεί και το άλλο είδος στο εν λόγω οικοσύστημα.

Δημιουργήθηκαν επίσης διαγράμματα χρησιμοποιώντας τις δεδομένες μετρήσεις στα συστήματα λιμνών με σκοπό να εξεταστεί τυχόν σχέση μεταξύ των παραμέτρων από μια ακόμη σκοπιά. Σε γενικές γραμμές, τα διαγράμματα δεν έδειξαν κάποια ιδιαίτερη εξάρτηση για τα περισσότερα ζεύγη παραμέτρων που εξετάστηκαν. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 3.18: Χρονική μεταβολή των τιμών της θερμοκρασίας και της τιμής κορεσμού του νερού σε οξυγόνο

Όπως είναι φυσικό, η θερμοκρασία μεταβάλλεται στη διάρκεια ενός έτους λόγω της εναλλαγής των εποχών. Τις μεταβολές αυτές ακολουθεί η τιμή κορεσμού του νερού σε οξυγόνο. Αυτό είναι λογικό καθώς όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται αντίστοιχα η ποσότητα οξυγόνου που μπορεί να διαλυθεί στο νερό.



Σχήμα 3.19: Χρονική μεταβολή της χλωροφύλλης, της βιομάζας κυανοβακτηρίων και της βιομάζας φυτοπλαγκτού και συσχέτισή τους

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι όταν αυξάνεται η βιομάζα φυτοπλαγκτού και κυανοβακτηρίων στο νερό, τότε αυξάνεται και η συγκέντρωση της χλωροφύλλης σε αυτό.

Κεφάλαιο 4 Ελληνικά ποτάμια συστήματα

4.1 Θεσμικό υπόβαθρο

Στην Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ, κατ' αντιστοιχία με τις λίμνες, καθορίζονται περιβαλλοντικοί στόχοι και για τα ποτάμια, ώστε να καταρτιστούν εν συνεχεία προγράμματα μέτρων. Συνεπώς, τα κράτη μέλη έχουν την υποχρέωση να εφαρμόζουν τα αναγκαία μέτρα για την πρόληψη της υποβάθμισης των ποταμών, αλλά και να προστατεύουν, να αναβαθμίζουν και να αποκαθιστούν όσα υδάτινα σώματα χρήζουν αποκατάστασης. Σκοπός είναι η επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης και καλής χημικής κατάστασης όλων των ποτάμιων συστημάτων και η προοδευτική μείωση της ρύπανσης από τις ουσίες προτεραιότητας.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων απαιτείται να παρακολουθείται η κατάστασή τους με κατάλληλο πρόγραμμα παρακολούθησης. Το πρόγραμμα αυτό θα αφορά την παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης και της χημικής κατάστασης.

Σύμφωνα με την Οδηγία-Πλαίσιο, τα συστήματα των ποταμών χωρίζονται σε δύο τύπους. Οι τύποι αυτοί ορίζονται ως το <<Σύστημα Α>> και το <<Σύστημα Β>>.

Σύστημα Α	
Σταθερή τυπολογία	Περιγραφείς
Οικοπεριοχή	Οικοπεριοχές του χάρτη Α του παραρτήματος XI
Τύπος	<p>Τυπολογία υψομέτρου υψηλός > 800 m μέσου υψομέτρου 200-800 m πεδινός < 200 m</p> <p>Τυπολογία μεγέθους βάσει της υδρολογικής λεκάνης μικρός 10-100 km² μέτριος > 100-1 000 km² μεγάλος > 1 000-10 000 km² πολύ μεγάλος > 10 000 km²</p> <p>Γεωλογία ασβεστολιθικός πυρρτικός οργανικός</p>

Σχήμα 4.1: Σύστημα Α' ποταμών

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ)

Σύστημα Β	
Εναλλακτικός χαρακτηρισμός	Φυσικοί και χημικοί παράγοντες οι οποίοι καθορίζουν τα χαρακτηριστικά του ποταμού ή τμήματος του ποταμού και, κατά συνέπεια, τη δομή και τη σύνθεση του βιολογικού πληθυσμού
Υποχρεωτικοί παράγοντες	Υψόμετρο Γεωγραφικό πλάτος Γεωγραφικό μήκος Γεωλογία Μέγεθος
Προαιρετικοί παράγοντες	Απόσταση από την πηγή του ποταμού Ενέργεια του ρεύματος (συνάρτηση του ρεύματος και της κλίσης) Μέσο πλάτος νερού Μέσο βάθος νερού Μέση κλίση νερού Μορφή και σχήμα της κύριας κοίτης του ποταμού Κατηγορία παροχής (ροής) ποταμού Σχήμα κοιλάδας Μεταφορά στερεών Ικανότητα εξουδετέρωσης οξέων Μέση σύνθεση υποστρώματος Χλωριούχες ενώσεις Φάσμα ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας Μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία Βροχόπτωση

Σχήμα 4.2: Σύστημα Β' ποταμών

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ)

Όσον αφορά στο παράρτημα XI που αναφέρεται στους παραπάνω πίνακες περιλαμβάνεται στην Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ. Πρόκειται για το ίδιο παράρτημα που ισχύει και για τις λίμνες (ισχύει για όλα τα επιφανειακά νερά) και είναι το Σχήμα 3.3.

Σε αντιστοιχία με τις λίμνες, για τα ποτάμια όταν χρησιμοποιείται το Σύστημα Α', το εκάστοτε ποτάμιο σύστημα κατατάσσεται στην αντίστοιχη οικοπεριοχή σύμφωνα με το παραπάνω σχήμα και στη συνέχεια λαμβάνει τους κατάλληλους χαρακτηρισμούς όπως ορίζεται στον πίνακα του Συστήματος Α'. Όταν χρησιμοποιείται το Σύστημα Β', τα ποτάμια συστήματα διαχωρίζονται σε τύπους βάσει των τιμών των υποχρεωτικών περιγραφών και των προαιρετικών περιγραφών ή συνδυασμών περιγραφών που απαιτούνται για να επιτευχθεί έγκυρος υπολογισμός των τυποχαρακτηριστικών συνθηκών αναφοράς.

Αφού γίνει αυτός ο διαχωρισμός σε τύπους, ορίζονται για κάθε τύπο οι τυποχαρακτηριστικές υδρομορφολογικές, φυσικοχημικές και βιολογικές συνθήκες που αντιστοιχούν σε οικολογική κατάσταση που χαρακτηρίζεται ως υψηλή.

Στα ποτάμια τα βιολογικά στοιχεία που εξετάζονται κατά κύριο λόγο είναι η σύνθεση και η αφθονία της υδατικής χλωρίδας, της πανίδας των βενθικών ασπόνδυλων και της ιχθυοπανίδας. Επιπλέον, εξετάζεται και η κατανομή κατά ηλικίες της ιχθυοπανίδας. Βέβαια, παρακολουθούνται επίσης αρκετά υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά των ποταμών διότι επηρεάζουν καθοριστικά την ισορροπία του εκάστοτε οικοσυστήματος. Συγκεκριμένα, παρακολουθείται η ποσότητα και η δυναμική των ροών, καθώς και τυχούσες συνδέσεις του υπό παρακολούθηση υδάτινου σώματος με υπόγεια υδάτινα σώματα ή άλλα επιφανειακά σώματα. Άλλες υδρομορφολογικές παράμετροι που εξετάζονται είναι το βάθος του ποταμού, το πλάτος του, οι μεταβολές του βάθους και του πλάτους από θέση σε θέση και η γεωλογική δομή του πυθμένα και της παρόχθιας ζώνης. Καταγράφονται ακόμη φυσικοχημικά στοιχεία που επηρεάζουν την ανάπτυξη και επιβίωση της πανίδας και της χλωρίδας. Συγκεκριμένα, καταγράφονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα οι τιμές της θερμοκρασίας, της αλατότητας, του pH και των θρεπτικών ουσιών, ενώ παρακολουθούνται και οι συνθήκες οξυγόνωσης του νερού στο εκάστοτε ποτάμι. Τέλος, είναι απαραίτητο να παρακολουθούνται όσες ουσίες προτεραιότητας ή άλλες ουσίες είναι γνωστό ότι απορρίπτονται στο κάθε ποτάμι. Με βάση αυτά τα στοιχεία μπορεί να χαρακτηριστεί η οικολογική κατάσταση των ποταμών.

Βιολογικά ποιοτικά στοιχεία			
Στοιχείο	Τυφή κατάσταση	Καλή κατάσταση	Μέτρια κατάσταση
Φυτοπλαγκτόν	<p>Η ταξονομική σύνθεση του φυτοπλαγκτού αντιστοιχεί πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Η μέση αφθονία φυτοπλαγκτού αντιστοιχεί πλήρως προς τις τυπογραφημένες φυτοκοσμικές συνθήκες και δεν αλλοιώνει σημαντικά τις τυπογραφημένες συνθήκες διαρρύθμισης.</p> <p>Οι ελάνθησις πλαγκτού εμφανίζονται με συχνότητα και ένταση που αντιστοιχεί προς τις τυπογραφημένες φυτοκοσμικές συνθήκες.</p>	<p>Παρατηρούνται ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ταξονομικών κατηγοριών του πλαγκτού σε σχέση με τις τυπογραφημένες συνθήκες. Οι αλλαγές αυτές δεν υποδηλώνουν ταχύτερη αύξηση φυκών ή οποία οδηγεί σε ανεπάρχη διατήρησης της ισορροπίας των οργανισμών που υπάρχουν στο υδατικό σύστημα ή της φυσικοχημικής ποιότητας του νερού ή του κλίματος.</p> <p>Ενδέχεται να εμφανίζεται ελαφρά αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ελάνθησις πλαγκτού.</p>	<p>Η σύνθεση των ταξονομικών κατηγοριών του πλαγκτού διαφέρει μετρίως από τις τυπογραφημένες συνθήκες.</p> <p>Παρατηρείται μέτρια διατήρηση της αφθονίας, η οποία ενδέχεται να οδηγεί σε σημαντική ανεπάρχη διατήρησης των τιμών των λοιπών βιολογικών και φυσικοχημικών ποιοτικών στοιχείων.</p> <p>Ενδέχεται να παρατηρείται μέτρια αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ελάνθησις πλαγκτού. Κατά τους θερινούς μήνες, ενδέχεται να παρατηρείται μόνιμη ελάνθησις πλαγκτού.</p>
Μακροφύκη και φωτοβένθος	<p>Η ταξονομική σύνθεση αντιστοιχεί πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Δεν παρατηρούνται εννοσημικές αλλαγές της μέσης μακροφυτικής και της μέσης φωτοβενθικής αφθονίας.</p>	<p>Παρατηρούνται ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ταξονομικών κατηγοριών των μακροφύτων και του φωτοβένθου σε σχέση με τις τυπογραφημένες συνθήκες. Οι αλλαγές αυτές δεν υποδηλώνουν ταχύτερη αύξηση φωτοβένθου ή ανώτερων φυτών η οποία οδηγεί σε ανεπάρχη διατήρησης της ισορροπίας των οργανισμών που υπάρχουν στο υδατικό σύστημα ή της φυσικοχημικής ποιότητας του νερού ή του κλίματος.</p> <p>Η φωτοβενθική κοινότητα δεν επηρεάζεται αρνητικά από βακτηριακή ανάπτυξη λόγω ανθρακογενών δραστηριοτήτων.</p>	<p>Η σύνθεση των μακροφυτικών και φωτοβενθικών ταξονομικών κατηγοριών διαφέρει μετρίως από την τυπογραφημένη κοινότητα και είναι σημαντικά αλλοιωμένη σε σχέση με την καλή κατάσταση.</p> <p>Παρατηρούνται μέτριες αλλαγές της μέσης μακροφυτικής και της μέσης φωτοβενθικής αφθονίας.</p> <p>Η φωτοβενθική κοινότητα ενδέχεται να παρεμποδίζεται και, σε μερικά περιπτώσεις, να εκτοπίζεται από βακτηριακή ανάπτυξη που εμφανίζεται λόγω ανθρακογενών δραστηριοτήτων.</p>
Παύσα βενθικών ασπονδύλων	<p>Η ταξονομική σύνθεση αντιστοιχεί πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Ο λόγος των ευαισθητών στη διατήρηση ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες δεν παρουσιάζει ενδείξεις αλλαγής σε σχέση με τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Η στάθμη ποικιλότητας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων δεν παρουσιάζει ενδείξεις αλλαγής σε σχέση με τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p>	<p>Ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων σε σχέση με τις τυπογραφημένες συνθήκες.</p> <p>Ο λόγος των ευαισθητών στη διατήρηση ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες διαφέρει ελαφρώς από τις τυπογραφημένες συνθήκες.</p> <p>Η στάθμη ποικιλότητας των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων διαφέρει ελαφρώς από τις τυπογραφημένες συνθήκες.</p>	<p>Η σύνθεση και η αφθονία των ταξονομικών κατηγοριών ασπονδύλων διαφέρουν μετρίως από τις τυπογραφημένες συνθήκες.</p> <p>Απουσία σημαντικών ταξονομικών ομάδων της τυπογραφημένης κοινότητας.</p> <p>Ο λόγος των ευαισθητών στη διατήρηση ταξονομικών κατηγοριών προς τις μη ευαίσθητες, καθώς και η στάθμη ποικιλότητας, είναι ουσιαστικά χαμηλότερα από τις τυπογραφημένες συνθήκες και σημαντικά χαμηλότερα από ό,τι στην καλή κατάσταση.</p>
Ιχθυοπανίδα	<p>Η σύνθεση και η αφθονία των ειδών αντιστοιχεί πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.</p> <p>Παρουσία όλων των τυπογραφημένων ειδών που είναι ευαίσθητα στη διατήρηση.</p> <p>Η κατανομή κατά ηλικίες των ιχθυοκοιτητών δεν παρουσιάζει ενδείξεις ανθρακογενούς διατήρησης, ούτε ενδείξεις για αδυναμία αναπαραγωγής ή ανάπτυξης οσοδήποτε είδους.</p>	<p>Ελαφρές αλλαγές της σύνθεσης και της αφθονίας των ειδών σε σχέση με τις τυπογραφημένες συνθήκες, λόγω ανθρακογενών επιπτώσεων στα φυσικοχημικά και τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία.</p> <p>Η κατανομή κατά ηλικίες των ιχθυοκοιτητών παρουσιάζει ενδείξεις διατήρησης λόγω ανθρακογενών επιπτώσεων στα φυσικοχημικά ή τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία και, σε μερικά περιπτώσεις, ενδείξεις για αδυναμία αναπαραγωγής ή ανάπτυξης ορισμένων ειδών, στο μέτρο που ενδέχεται να αποσυνθέτουν ορισμένες κατηγορίες ηλικίας.</p>	<p>Η σύνθεση και η αφθονία των ειδών ιχθύων διαφέρουν μετρίως από τις τυπογραφημένες συνθήκες λόγω ανθρακογενών επιπτώσεων στα φυσικοχημικά ή τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία.</p> <p>Η κατανομή κατά ηλικίες των ιχθυοκοιτητών παρουσιάζει σημαντικές ενδείξεις ανθρακογενούς διατήρησης, στο μέτρο που ένα μέτρο ποσοστό τυπογραφημένων ειδών αποσυνθέτει ή απειλεί με πολύ υψηλή αφθονία.</p>

Σχήμα 4.3: Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης ποταμών με βάση τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ)

Υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία			
Στοιχείο	Υψηλή κατάσταση	Καλή κατάσταση	Μέτρια κατάσταση
Υδρολογικό καθεστώς	Η ποσότητα και η δυναμική της ροής, καθώς και η συνεκτικότητα σύνδεση με τα υπόγεια ύδατα, αντικατοπτρίζουν πλήρως ή σχεδόν πλήρως τις μη διαταραγμένες συνθήκες.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.
Συνέχεια του ποταμού	Η συνέχεια του ποταμού δεν επηρεάζεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και επιτρέπει την απρόσκοπτη μετακίνηση υδρόβιων οργανισμών και μεταφορά ιζήματος.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.
Μορφολογικές συνθήκες	Η μορφή των διαύλων, η διακύμανση του πλάτους και του βάθους, η ταχύτητα του ρεύματος, οι συνθήκες υποστράματος και η δομή και οι συνθήκες των παράχθων ζωνών αντιστοιχούν πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.

Σχήμα 4.4: Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης ποταμών με βάση τα υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ)

Φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία (*)			
Στοιχείο	Υψηλή κατάσταση	Καλή κατάσταση	Μέτρια κατάσταση
Γενικές συνθήκες	Οι τιμές των φυσικοχημικών στοιχείων αντιστοιχούν πλήρως ή σχεδόν πλήρως προς τις μη διαταραγμένες συνθήκες. Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών παραμένουν εντός των ορίων που συνήθως χαρακτηρίζουν τις μη διαταραγμένες συνθήκες. Τα επίπεδα αλατότητας, pH, ισοζυγίου οξυγόνου, ικανότητας εξουδετέρωσης οξέων, διαφάνειας και θερμοκρασίας δεν παρουσιάζουν ενδείξεις ανθρωπογενούς διατάραξης και παραμένουν εντός των ορίων που συνήθως χαρακτηρίζουν τις μη διαταραγμένες συνθήκες.	Η θερμοκρασία, το ισοζύγιο οξυγόνου, το pH, η ικανότητα εξουδετέρωσης οξέων, η διαφάνεια και η αλατότητα δεν φθάνουν τα όρια που καθορίζονται για να εξασφαλιστεί η λειτουργία του οικοσυστήματος και η επίτευξη των τιμών που ορίζονται ανωτέρω για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία. Οι συγκεντρώσεις θρεπτικών ουσιών δεν υπερβαίνουν τα όρια που καθορίζονται για να εξασφαλιστεί η λειτουργία του τυπομακροσκοπικού οικοσυστήματος και η επίτευξη των τιμών που ορίζονται ανωτέρω για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.
Συγκεντρώσιμα συνθετικοί ρύποι	Συγκεντρώσεις σχεδόν μηδενικές και σποαδόποτε κάτω των ορίων ανίχνευσης των πλέον προηγμένων αναλυτικών μεθόδων γενικής χρήσης.	Οι συγκεντρώσεις δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα που καθορίζονται με τη διαδικασία του σημείου 1.2.6 (2), με την επιφύλαξη των οδηγιών 91/414/ΕΚ και 98/8/ΕΚ (C_{max}).	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.
Συγκεντρώσιμα μη συνθετικοί ρύποι	Συγκεντρώσεις εντός των ορίων που συνήθως χαρακτηρίζουν τις μη διαταραγμένες συνθήκες (βασιικά επίπεδα = βε).	Οι συγκεντρώσεις δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα που καθορίζονται με τη διαδικασία του σημείου 1.2.6 (2), με την επιφύλαξη των οδηγιών 91/414/ΕΚ και 98/8/ΕΚ (C_{max}).	Συνθήκες που αντιστοιχούν στην επίτευξη των παραπάνω οριζόμενων τιμών για τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία.

(*) Στοιχειογραφίες: βε = βασικό επίπεδο, σππ = ποσοτά περιβαλλοντικά πρότυπα.

(2) Η εφαρμογή των προτύπων που καθορίζονται δυνάμει του πρωτοκόλλου αυτού δεν συνεπάγεται μείωση των συγκεντρώσεων των ρύπων κάτω του βασικού επιπέδου (βππ >βε).

Σχήμα 4.5: Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης ποταμών με βάση τα φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία

(Πηγή: Οδηγία-Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ)

Έπειτα, τα κράτη μέλη συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με τις πιέσεις που ασκούνται στα διάφορα υδάτινα σώματα και αξιολογούν τις επιπτώσεις τους.

Γενικά, για την αξιολόγηση της κατάστασης ενός ποταμού (επιφανειακό σύστημα) απαιτείται επιμέρους αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασής του και της χημικής κατάστασής του.



Σχήμα 4.6: Οι χρησιμοποιούμενες παράμετροι για το χαρακτηρισμό της κατάστασης ποταμού

(Πηγή: wfdver.ypeka.gr)

Το περιεχόμενο των όρων <<φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία>>, <<βιολογικά ποιοτικά στοιχεία>>, <<υδρομορφολογικά στοιχεία>> και <<συγκεκριμένοι ρύποι>> (ή αλλιώς <<ειδικοί ρύποι>> ή <<εθνικοί ρύποι>>) έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3.

Αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης ποτάμιου υδατικού συστήματος

Πρόκειται για παρόμοια μεθοδολογία με τη διαδικασία ταξινόμησης των λιμνών. Η οικολογική κατάσταση μπορεί να χαρακτηριστεί ως υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής ή κακή. Καθένας από τους παραπάνω χαρακτηρισμούς έχει καθιερωθεί να συμβολίζεται με ορισμένο χρώμα. Μάλιστα, ο χρωματικός κώδικας είναι ο ίδιος που χρησιμοποιείται και για το χαρακτηρισμό των λιμνών (Σχήμα 3.8).

Στην <<υψηλή κατάσταση>> παρατηρείται έλλειψη ή αμελητέας σημασίας ανθρωπογενείς μεταβολές των φυσικοχημικών και των υδρομορφολογικών ποιοτικών στοιχείων. Επιπλέον οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων συμφωνούν με εκείνες των συνθηκών αναφοράς (αδιατάρακτες συνθήκες).

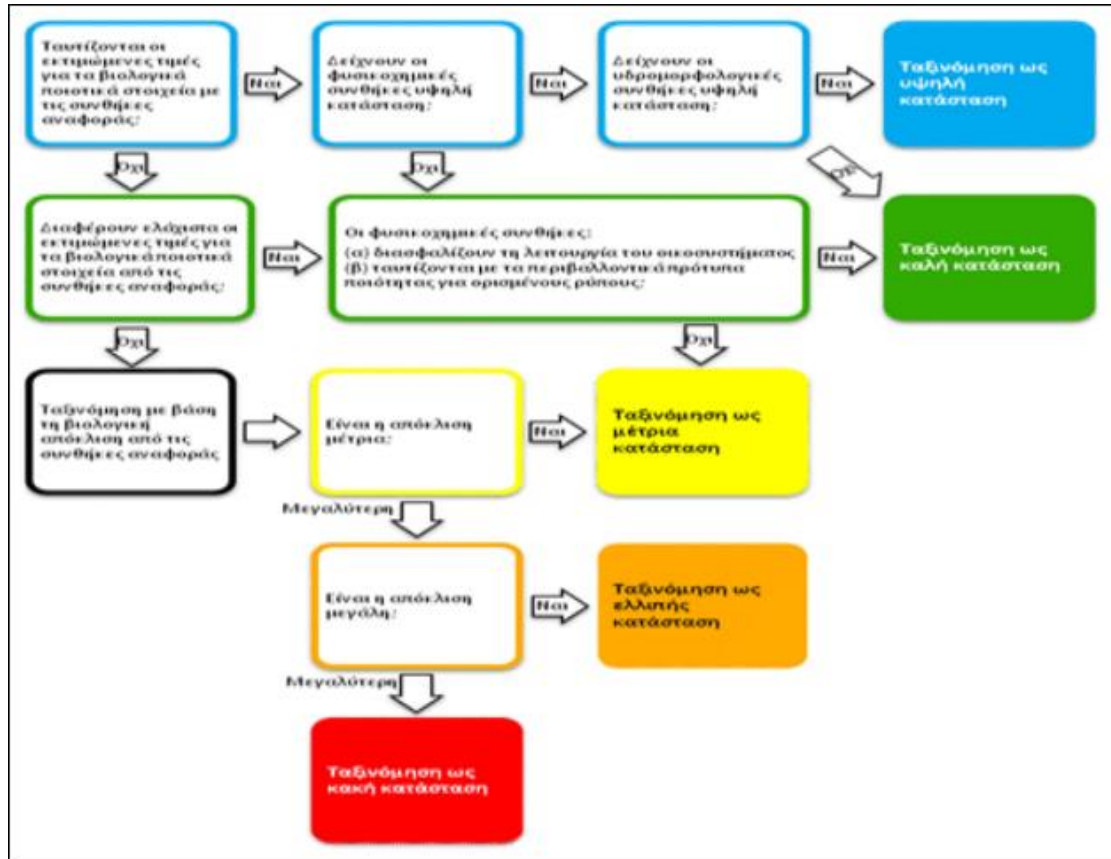
Στην <<καλή κατάσταση>> οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων παρεκκλίνουν σε μικρό βαθμό από τις αντίστοιχες τιμές των συνθηκών αναφοράς.

Στην <<μέτρια κατάσταση>> οι τιμές των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων παρεκκλίνουν μετρίως από τις τιμές αναφοράς υπό μη διαταραγμένες συνθήκες.

Στην <<ελλιπή κατάσταση>> τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία διαφέρουν σημαντικά από τις τιμές των αδιατάρακτων συνθηκών.

Τέλος, στην <<κακή κατάσταση>> εμφανίζονται σοβαρές αλλοιώσεις των τιμών των βιολογικών ποιοτικών στοιχείων, ενώ απουσιάζουν παντελώς πληθυσμοί χαρακτηριστικοί των αδιατάρακτων συνθηκών.

Ο χαρακτηρισμός της οικολογικής κατάστασης ποταμού μπορεί να γίνει επίσης με τη βοήθεια του ακόλουθου λογικού διαγράμματος.

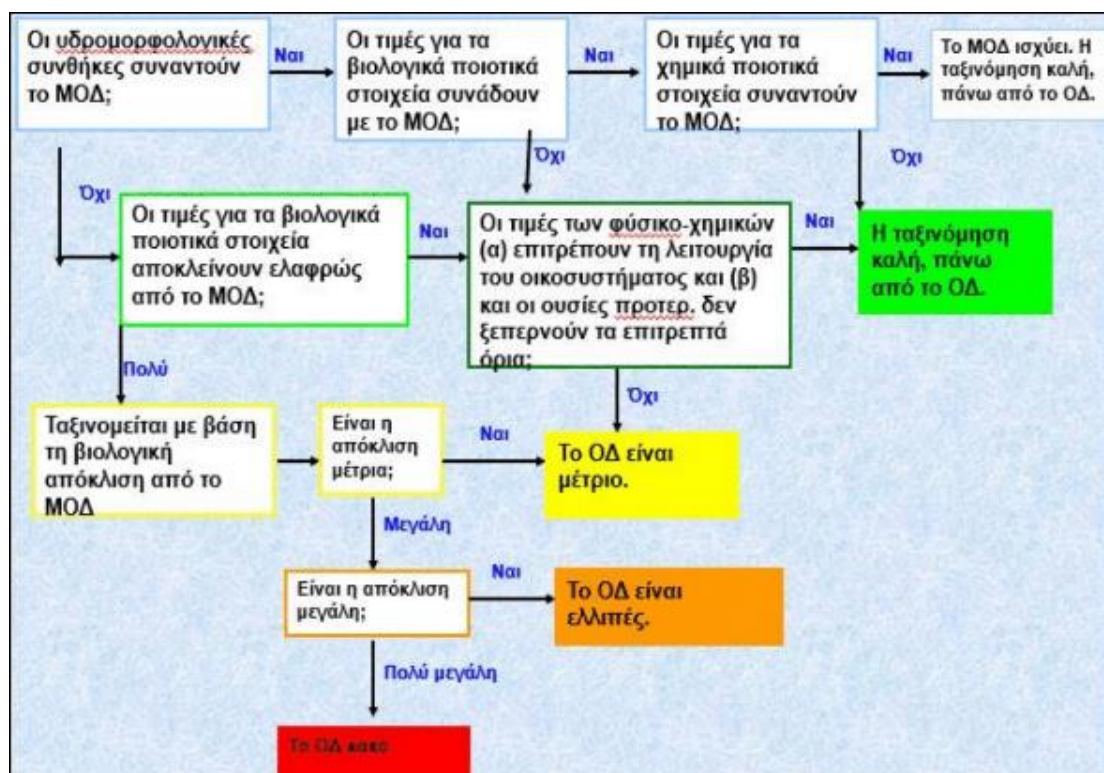


Σχήμα 4.7: Λογικό διάγραμμα αξιολόγησης της οικολογικής κατάστασης ποταμού

(Πηγή: wfdver.ypeka.gr)

Εάν πρόκειται για ιδιαίτερος τροποποιημένο ή τεχνητό σύστημα, τότε χρησιμοποιείται ο όρος <<οικολογικό δυναμικό>> αντί του όρου <<οικολογική κατάσταση>>. Στα συστήματα ΤΥΣ ή ΙΤΥΣ το οικολογικό δυναμικό χαρακτηρίζεται ως μέγιστο, καλό ή μέτριο. Ως μέγιστο χαρακτηρίζεται το οικολογικό δυναμικό (Μέγιστο Οικολογικό Δυναμικό - ΜΟΔ) ενός τέτοιου συστήματος όταν οι τιμές των βιολογικών στοιχείων αντικατοπτρίζουν (όσο είναι αυτό δυνατό) τις αντίστοιχες τιμές στο πλέον συγκρίσιμο τύπο επιφανειακού υδατικού συστήματος, ενώ παράλληλα λαμβάνονται υπ' όψιν οι φυσικές συνθήκες που επικρατούν λόγω των τεχνητών ή ιδιαίτερος τροποποιημένων χαρακτηριστικών του. Το οικολογικό δυναμικό χαρακτηρίζεται ως καλό όταν οι τιμές των βιολογικών στοιχείων παρεκκλίνουν ελαφρά από αυτές που αντιστοιχούν στο μέγιστο οικολογικό δυναμικό, ενώ χαρακτηρίζεται ως μέτριο, ελλιπές ή κακό όταν παρατηρούνται μέτριες, σημαντικές ή σοβαρές αλλοιώσεις συγκριτικά με τις τιμές του μέγιστου οικολογικού δυναμικού.

Με τη βοήθεια του λογικού διαγράμματος που ακολουθεί γίνεται η αξιολόγηση των τροποποιημένων ή τεχνητών υδατικών σωμάτων.



Σχήμα 4.8: Αξιολόγηση των τροποποιημένων ή τεχνητών υδατικών σωμάτων

(Πηγή: wfdver.ypeka.gr)

Αξιολόγηση της χημικής κατάστασης ποτάμιου υδατικού συστήματος

Η αξιολόγηση της χημικής κατάστασης των ποτάμιων συστημάτων (όπως και των λιμναίων) βασίζεται στην τήρηση ή μη των μέγιστων επιτρεπόμενων ορίων συγκεκριμένων ουσιών οι οποίες έχουν θεσπιστεί να ελέγχονται σε κοινοτικό επίπεδο και καθορίζονται στο παράρτημα Χ της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Το παράρτημα αυτό εξειδικεύτηκε στην ΚΥΑ Η.Π. 51354/2641/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β΄ 1909) <<Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος ΠΠΠ για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2008>>.

Τα Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος περιγράφονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3.

Η χημική κατάσταση ενός ποταμού χαρακτηρίζεται είτε ως καλή είτε ως κατώτερη της καλής. Ο χαρακτηρισμός της χημικής κατάστασης εξαρτάται από τις μέσες ετήσιες συγκεντρώσεις που καταγράφονται. Εάν δεν υπερβαίνουν τα ΠΠΠ και τις οριακές τιμές έκθεσης που έχουν θεσμοθετηθεί, τότε η χημική κατάσταση χαρακτηρίζεται ως καλή. Αντίθετα, εάν σε οποιοδήποτε σημείο του συστήματος συμβαίνει υπέρβαση

κάποιου θεσπισμένου ορίου, τότε η χημική κατάσταση ορίζεται ως κατώτερη της καλής.

Αξιολόγηση της συνολικής κατάστασης ποτάμιου υδατικού συστήματος

Αφού προσδιοριστεί η οικολογική και η χημική κατάσταση ενός υδατικού συστήματος είναι δυνατόν να εξαχθεί συμπέρασμα σχετικά με τη συνολική κατάστασή του. Η αξιολόγηση εξαρτάται από το χαμηλότερο εκ των δύο χαρακτηρισμών, όπως φαίνεται στο σχετικό λογικό διάγραμμα του Κεφαλαίου 3 (Σχήμα 3.12).

Για τη Μεσόγειο καθορίστηκαν 5 τύποι ποταμών από την Μεσογειακή Γεωγραφική Ομάδα Διαβαθμονόμησης σε συμμόρφωση με την Ευρωπαϊκή Απόφαση 2008/915/ΕΚ. Ωστόσο, το 2013 εκδόθηκε απόφαση που καταργεί την παραπάνω απόφαση διότι τα σχετιζόμενα κράτη αντιμετώπιζαν δυσκολίες όσον αφορά την κατάταξη των ποταμών τους σε αυτές τις κατηγορίες. Πρόκειται για την απόφαση 2013/480/ΕΚ σύμφωνα με την οποία τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για την διακριτοποίηση των ποταμών είναι η έκταση της λεκάνης απορροής, η γεωλογία και το καθεστώς ροής. Οι τύποι αυτοί είναι: α) R-M1, β) R-M2, γ) R-M3, δ) R-M4 και ε) R-M5.

Ο τύπος R-M1 αφορά μικρά μεσογειακά ρέματα των οποίων η λεκάνη απορροής έχει έκταση μικρότερη των 100 km² και μικτή γεωλογία (εκτός από πυριτικά). Το καθεστώς ροής θα είναι έντονα εποχικό.

Ο τύπος R-M2 αφορά μεσαία μεσογειακά ρέματα των οποίων η λεκάνη απορροής έχει έκταση που κυμαίνεται μεταξύ 100 km² και 1000 km² και μικτή γεωλογία (εκτός από πυριτικά). Το καθεστώς ροής θα είναι έντονα εποχικό.

Ο τύπος R-M3 αφορά μεγάλα ποτάμια των οποίων η λεκάνη απορροής έχει έκταση που κυμαίνεται μεγαλύτερη των 1000 km² και μικτή γεωλογία (εκτός από πυριτικά). Το καθεστώς ροής θα είναι έντονα εποχικό.

Ο τύπος R-M4 αφορά ορεινά μεσογειακά ρέματα με μη πυριτικό υπόβαθρο και έντονα εποχικό καθεστώς ροής.

Ο τύπος R-M5 αφορά εποχικά ρέματα με περιοδικό καθεστώς ροής. Πρόκειται δηλαδή για ποτάμια συστήματα διακοπτόμενης ή εφήμερης ροής. Τα ποτάμια διακοπτόμενης ροής είναι αυτά που ρέουν κατά την υγρή περίοδο του υδρολογικού έτους, αλλά στερεύουν κατά την ξηρή περίοδο. Τα ποτάμια εφήμερης ροής είναι ουσιαστικά οι χείμαρροι που εμφανίζουν ροή μικρής διάρκειας ύστερα από γεγονότα έντονης βροχοπτώσεως ή τήξης χιονιού για ημέρες.

Γενικά, έχει καθοριστεί ένας ακόμη τύπος ποταμού ο οποίος είναι ιδιαίτερα σπάνιος στην Ελλάδα. Πρόκειται για τον τύπο R-L2 ο οποίος στην Ελλάδα αφορά μόνο στα τελευταία τμήματα των ποταμών διασυνοριακών λεκανών. Πρόκειται για ποτάμια με λεκάνη απορροής μεγαλύτερη των 10000 km².

4.2 Εξεταζόμενες παράμετροι

Η επιτυχής παρακολούθηση των ποτάμιων συστημάτων απαιτεί την κατάστρωση δικτύου παρακολούθησης με στόχο την καταγραφή σημαντικών φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων στα οικοσυστήματα αυτά. Ενδιαφέρον έχει, μάλιστα, η σύγκριση μεταξύ αυτών των στοιχείων και η ανίχνευση πιθανής λογικής συσχέτισης μεταξύ τους.

Οι συνήθεις φυσικοχημικές παράμετροι που εξετάζονται είναι η συγκέντρωση αμμωνίου, η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH, η συγκέντρωση νιτρικών, η συγκέντρωση νιτρωδών, η συγκέντρωση φωσφορικών, η συγκέντρωση ολικών διαλυμένων στερεών, η τιμή του BOD₅ και η θερμοκρασία.

Τα νιτρώδη (χημικός τύπος NO₂⁻) χρησιμοποιούνται ως συντηρητικό σε αρκετά τρόφιμα, κυρίως αλλαντικά, ενώ επίσης παράγονται ύστερα από αναγωγή των νιτρικών. Συνεισφέρουν στη νιτρορύπανση και στο φαινόμενο του ευτροφισμού, ενώ επιπλέον είναι τοξικά για πολλούς έμβιους οργανισμούς. Γενικά, τα νιτρώδη είναι ιδιαίτερα ασταθή στο περιβάλλον καθώς εμφανίζονται σε ενδιάμεσο στάδιο οξειδωσης της αμμωνίας. Η παρουσία τους σε κάποια υδάτινο σώμα υποδεικνύει πρόσφατη ρύπανση.

Η εισροή γεωργικών, αστικών ή βιομηχανικών αποβλήτων σε ένα ποτάμι εμπλουτίζει την υδάτινη στήλη με οργανικό φορτίο. Πρόκειται για βιοαποδομήσιμα οργανικά συστατικά τα οποία οξειδώνονται στο νερό του τελικού αποδέκτη καταναλώνοντας οξυγόνο που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό του υδάτινου σώματος. Ακόμη και οργανικά υλικά όπως φύλλα και περιττώματα ζώων που καταλήγουν φυσικά στον αποδέκτη συμβάλλουν στη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου. Η ποσότητα του οξυγόνου που χρειάζονται να καταναλώσουν οι μικροοργανισμοί ώστε να διασπάσουν το υπάρχον οργανικό φορτίο ορίζεται ως <<βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο>> ή αλλιώς <<BOD₅>>

Με τον όρο <<Ολικά διαλυμένα στερεά (Total Dissolved Solids - TDS)>> εννοούμε το σύνολο των ανόργανων ή οργανικών ουσιών οι οποίες περιέχονται στο νερό σε μοριακή, ιονισμένη ή μικροκοκκώδη αιωρούμενη μορφή. Τα πιο συνηθισμένα διαλυμένα στερεά που εντοπίζονται στο νερό είναι ασβέστιο, νάτριο, κάλιο, χλώριο, νιτρικά, φωσφορικά, παρασιτοκτόνα, κ.τ.λ.

Οι υπόλοιπες φυσικοχημικές παράμετροι έχουν ήδη αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3.

Οι βιολογικές παράμετροι που παρακολουθούνται στις λίμνες είναι τα μακροασπόνδυλα, το φυτοβένθος και τα μακρόφυτα.

Τα μακρόφυτα είναι υδρόβιοι φυτικοί οργανισμοί που αναπτύσσονται σε παράκτια και μεταβατικά ύδατα. Χωρίζονται σε δύο βασικές ομάδες: τα μακροφύκη (θαλλόφυτα με δομικά χαρακτηριστικά θαλλό και σύστημα στήριξης) και τα θαλάσσια φανερόγαμα

(αγγειόσπερμα με ρίζες, ορθότροπα και πλαγιότροπα ριζώματα, φύλλα, αναπαραγωγικά όργανα). Τα μακρόφυτα κατατάσσονται μεταξύ των οργανισμών που προτείνονται από την Οδηγία της ΕΕ (2000/60/ΕΚ) για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης για την προστασία των υδάτων. Μεταξύ των βιολογικών κριτηρίων που προτείνονται είναι η αφθονία των μακροφύτων. Για τον προσδιορισμό ενός βιολογικού δείκτη απαιτείται αυτός να αντανakλά τη βιολογική ευστάθεια, να ανταποκρίνεται στην περιβαλλοντική καταπόνηση, να μετριέται με μικρή πιθανότητα λάθους, να μην είναι πολύπλοκος, να είναι καλά μελετημένος και με οικονομικό/εμπορικό ενδιαφέρον. Οι δείκτες που έχουν προταθεί με τη χρήση μακροφυκών: BENTHOS, CARLIT, R-MaQI (Rapid – Macrophyte Quality Index), EEI, ενώ με τη χρήση θαλάσσιων φανερόγαμων : Posware, POMI, Valencian CS, BiPo, PREI, Rapid easy index, κ.τ.λ. Τα φανερόγαμα προσροφούν, συσσωρεύουν και απομακρύνουν μέταλλα από το νερό με τα φύλλα, τα κατακόρυφα ριζώματα και τα επίφυτα που είναι πάνω σε αυτά, και με τις ρίζες από το ίζημα και το μεσοδιαστηματικό νερό. Τα μακρόφυκη προσροφούν μέταλλα κυρίως από το νερό, αλλά και από το ίζημα. Έτσι, τα μέταλλα συσσωρεύονται στους ιστούς των μακρόφυτων και συχνά αντανakλούν το βαθμό ρύπανσης σε παράκτιες περιοχές και σε εκβολές ποταμών. Ορισμένα από τα μακρόφυτα που χρησιμοποιούνται ως βιοδείκτες για ρύπανση από μέταλλα είναι τα φανερόγαμα *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanic* και *Ruppia maritime*, και τα μακρόφυκη *Ulva rigida* και *Gracilaria bursa pastoris*. Συγκεκριμένα, στον κόλπο των Αντικύρων το φανερόγαμο *Halophila stipulacea* χρησιμοποιείται ως δείκτης για τα Al και Fe, ενώ η *Posidonia oceanic* για τα Cu, Cd και Pd. Αξίζει να σημειωθεί ότι ορισμένα είδη μακρόφυτων συνθέτουν μηχανισμούς αποτοξίνωσης από μέταλλα μέσω της σύνθεσης φυτοχελατινών και μεταλλοθειονών, οι οποίες δεσμεύουν μέταλλα με τη μορφή χημικών συμπλόκων.



Σχήμα 4.9: Το μακρόφυτο *Posidonia oceanica*

(Πηγή: Wikipedia.org)

Ως βένθος ορίζεται το σύνολο των έμβιων που ζουν και αναπτύσσονται στο βυθό των ωκεανών, των θαλασσών, των λιμνών και των ποταμών. Διακρίνεται σε φυτοβένθος και ζωοβένθος. Το φυτοβένθος αφορά στα φυτά που αναπτύσσονται στον πυθμένα.

Τα βενθικά μακροασπόνδυλα διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των λιμνών, των ποταμών και των παράκτιων συστημάτων. Στο εκάστοτε οικοσύστημα στο οποίο εντοπίζονται συνεισφέρουν στη δυναμική της τροφικής αλυσίδας, στην ανακύκλωση θρεπτικών αλάτων και στην αποσύνθεση οργανικής ύλης. Μάλιστα, η παρουσία σπάνιων ειδών μακροασπόνδυλων σε ένα υδατικό σώμα αποτελεί ένδειξη ότι το εν λόγω σύστημα προσεγγίζει τις συνθήκες αναφοράς. Η ικανότητα τους να αντανακλούν τις μεταβολές που επιφέρει η ρύπανση και διάφορες ανθρωπογενείς πιέσεις γενικότερα (π.χ. ναυσιπλοΐα) σε ορισμένο υδατικό σύστημα τα καθιστούν αποτελεσματικούς βιολογικούς δείκτες.

4.3 Ανάλυση δεδομένων στον ελληνικό χώρο

Στην Ελλάδα έχει γίνει καταγραφή των περισσότερων ποταμών και πραγματοποιείται παρακολούθησή τους. Συγκεκριμένα, παρακολουθούνται φυσικές, αλλά και τεχνητές λίμνες και ταμιευτήρες. Στην παρούσα ενότητα χρησιμοποιούνται στοιχεία και μετρήσεις των φυσικοχημικών και των βιολογικών παραμέτρων που έχουν προκύψει από το εθνικό πρόγραμμα παρακολούθησης κατά τα έτη 2014 – 2015 και διερευνάται η συσχέτιση ή μη μεταξύ τους.

Σε φύλλο Excel έχει υπολογιστεί ο συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των καταγεγραμμένων τιμών φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων. Θεωρείται ότι υπάρχει καλή συσχέτιση μεταξύ δύο μεγεθών όταν ο συντελεστής συσχέτισης λαμβάνει τιμή μεγαλύτερη από $0,5 \div 0,6$. Τα αποτελέσματα των υπολογισμών που πραγματοποιήθηκαν στο φύλλο Excel φαίνονται συνοπτικά παρακάτω:

Συντελεστής συσχέτισης													
Αμμώνιο	BOD5	0,23	-0,23	0,16	0,23	0,20	0,27	-0,05	0,07	0,15	-0,12	-0,14	
BOD5	Διαλυμένο οξυγόνο		-0,16	0,14	0,10	0,12	0,37	0,03	0,03	0,20	-0,33	-0,19	
Διαλυμένο οξυγόνο	Ηλεκτρική αγωγιμότητα			-0,16	-0,04	-0,10	-0,18	0,18	-0,44	-0,21	0,22	0,13	
Ηλεκτρική αγωγιμότητα	Νιτρικά				0,22	0,09	0,12	-0,12	0,16	1,00	-0,17	-0,09	
Νιτρικά	Νιτρώδη					0,09	0,19	-0,02	0,00	0,19	-0,19	-0,09	
Νιτρώδη	Φωσφορικά						0,20	-0,03	0,06	0,08	-0,01	-0,12	
Φωσφορικά	pH						-0,04	0,10	0,08	0,08	-0,22	-0,46	
pH	Θερμοκρασία νερού							-0,18	-0,09	-0,09	0,02	-0,13	
Θερμοκρασία νερού	Ολικά διαλυμένα στερεά								0,19	-0,23	-0,23	0,13	
Ολικά διαλυμένα στερεά	Μακροαποτόνυα										-0,16	-0,09	
Μακροαποτόνυα	Φυτοβένθος											0,37	
Φυτοβένθος													

Σχήμα 4.10: Συντελεστής συσχέτισης μεταξύ των βιολογικών και χημικών παραμέτρων στους ελληνικούς ποταμούς βάσει των μετρήσεων του προγράμματος παρακολούθησης 2014 - 2015

Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι η συγκέντρωση αμμωνίου δεν σχετίζεται με καμία φυσικοχημική παράμετρο (BOD₅, διαλυμένο οξυγόνο, ηλεκτρική αγωγιμότητα, νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά, pH, θερμοκρασία νερού, ολικά διαλυμένα στερεά). Μάλιστα, προέκυψε αρνητικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ της συγκέντρωσης του αμμωνίου και των βιολογικών παραμέτρων <<μακροασπόνδυλα>> και <<φυτοβένθος>>. Αυτό σημαίνει ότι οι συγκεκριμένοι πληθυσμοί δεν επηρεάζονται από τη συγκέντρωση του αμμωνίου στο νερό.

Διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση BOD₅ δεν σχετίζεται με καμία από τις φυσικοχημικές που μετρήθηκαν, αλλά ούτε και επηρεάζει τους πληθυσμούς των μακροασπόνδουλων και του φυτοβένθους. Αξιοπεριεργο είναι το γεγονός ότι προέκυψε αρνητικός συντελεστής συσχέτισης μεταξύ του BOD₅ και της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου ($r^2 = -0,16$). Η τιμή του BOD₅ εκφράζει το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο για να διασπαστεί το υπάρχον οργανικό φορτίο. Επομένως, υποτίθεται ότι θα πρέπει να υπάρχει αξιόλογη συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών μεγεθών, καθώς όσο περισσότερο οργανικό φορτίο υπάρχει τόσο περισσότερο οξυγόνο καταναλώνεται. Το παράδοξο αυτό ίσως υποδηλώνει ότι στην πλειοψηφία των ελληνικών ποταμών και ρεμάτων δεν υπάρχει ουσιαστικά ρύπανση από οργανικό φορτίο ή ότι οι συνθήκες ροής στα περισσότερα ποτάμια είναι τέτοιες ώστε ο ρυθμός επαναερισμού είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου.

Βρέθηκε επίσης ότι η συγκέντρωση νιτρικών, η συγκέντρωση νιτρωδών και η συγκέντρωση φωσφορικών στην υδάτινη στήλη δεν σχετίζονται μεταξύ τους. Επίσης δεν σχετίζονται με καμία άλλη από τις μετρημένες φυσικοχημικές παραμέτρους. Διαπιστώθηκε ακόμη ότι η ανάπτυξη του φυτοβένθους και των μακροασπόνδουλων δεν επηρεάζεται από τις συγκεντρώσεις των παραπάνω ιόντων.

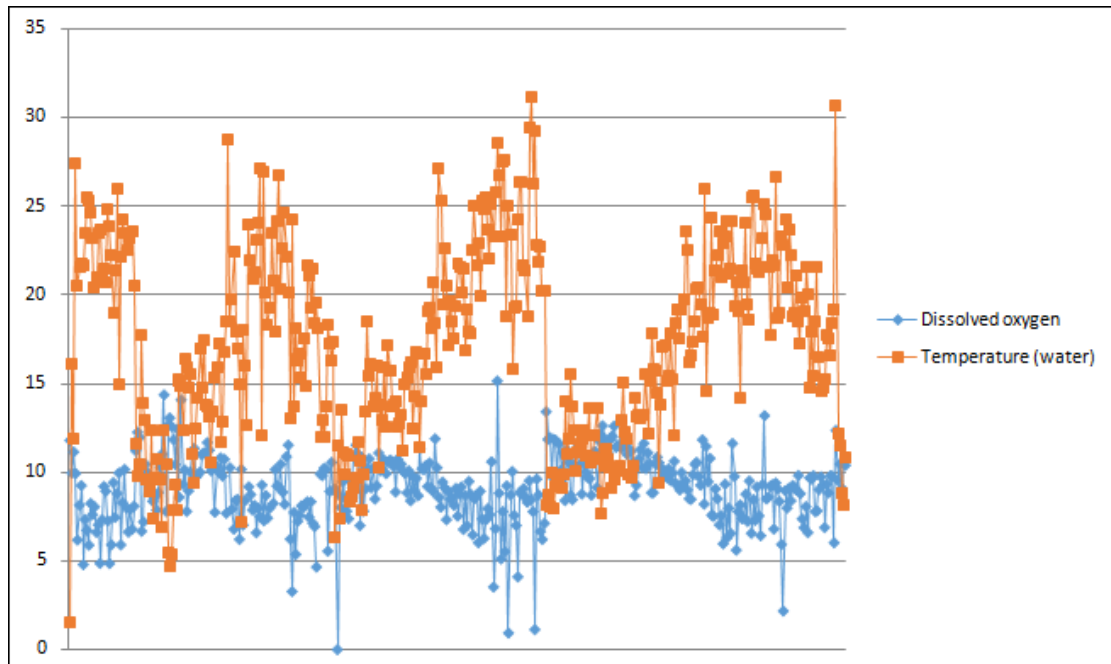
Η επεξεργασία των υπάρχοντων στοιχείων έδειξε επιπλέον ότι οι φυσικοχημικές παράμετροι <<διαλυμένο οξυγόνο>>, <<pH>> και <<θερμοκρασία νερού>> δεν σχετίζονται μεταξύ τους. Επίσης, δεν παρουσιάζουν συσχέτιση με καμία άλλη φυσικοχημική παράμετρο, ενώ δεν επηρεάζουν ούτε τους πληθυσμούς των μακροασπόνδουλων και του φυτοβένθους.

Απόλυτη συσχέτιση ($r^2 = 1$) καταγράφεται μεταξύ της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Φαίνεται, δηλαδή, ότι αυξανόμενη της συγκέντρωσης των διαλυμένων στερεών αυξάνεται αντίστοιχα η αγωγιμότητα του ύδατος. Ωστόσο, τόσο η ηλεκτρική αγωγιμότητα όσο και η συγκέντρωση διαλυμένων στερεών προκύπτει ότι δεν συσχετίζονται με καμία άλλη παράμετρο (βιολογική ή φυσικοχημική).

Μεταξύ των μακροασπόνδουλων και του φυτοβένθους εμφανίζεται πολύ χαμηλή συσχέτιση ($r^2 = 0,37$) η οποία αγνοείται.

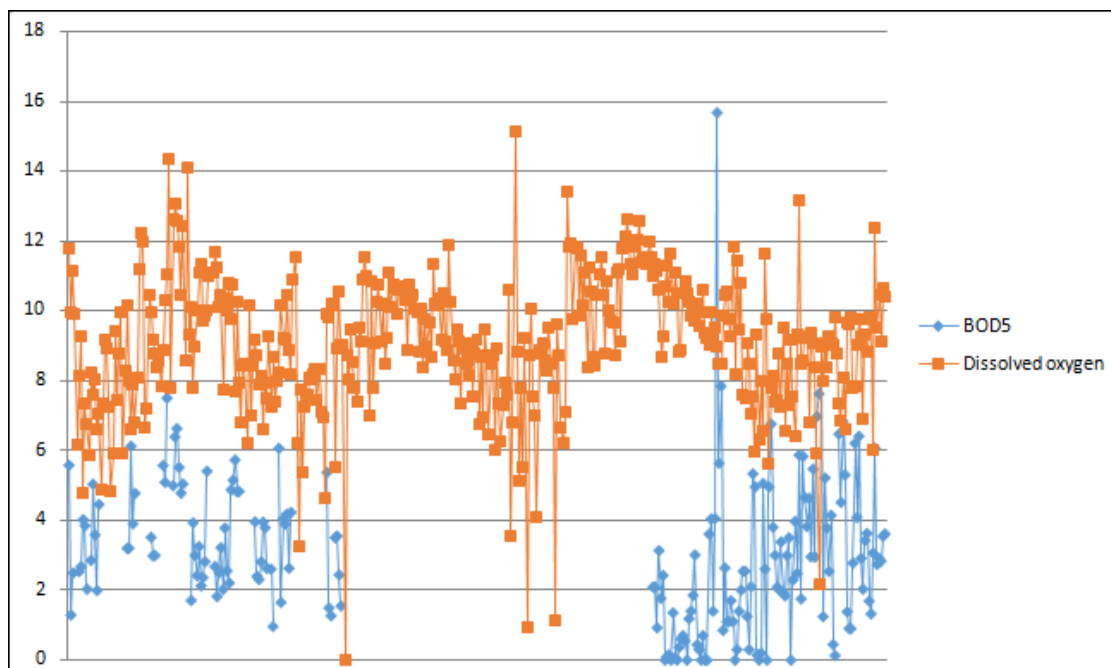
Δημιουργήθηκαν επίσης διαγράμματα χρησιμοποιώντας τις δεδομένες μετρήσεις στα συστήματα ποταμών με σκοπό να εξεταστεί τυχόν σχέση μεταξύ των παραμέτρων από μια ακόμη σκοπιά. Σε γενικές γραμμές, τα διαγράμματα δεν έδειξαν κάποια ιδιαίτερη

εξάρτηση για τα περισσότερα ζεύγη παραμέτρων που εξετάστηκαν. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν φαίνονται παρακάτω.



Σχήμα 4.11: Χρονική μεταβολή των τιμών της θερμοκρασίας και της τιμής κορεσμού του νερού σε οξυγόνο

Όπως είναι φυσικό, η θερμοκρασία μεταβάλλεται στη διάρκεια ενός έτους λόγω της εναλλαγής των εποχών. Τις μεταβολές αυτές ακολουθεί η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Αυτό είναι λογικό καθώς όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται αντίστοιχα η ποσότητα οξυγόνου που μπορεί να διαλυθεί στο νερό.



Σχήμα 4.12: Διαγραμματική απεικόνιση της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου και του BOD₅ και συσχέτιση των δύο μεγεθών

Το παραπάνω διάγραμμα δεν παρέχει ξεκάθαρα συμπεράσματα, αν και σε ένα τμήμα του φαίνεται η τάση να μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο στον νερό όταν αυξάνεται το οργανικό φορτίο. Κάτι τέτοιο θεωρείται λογικό διότι το οργανικό φορτίο απαιτεί οξυγόνο για να βιοδιασπαστεί.

Κεφάλαιο 5 Ελληνικά υπόγεια συστήματα

5.1 Θεσμικό υπόβαθρο

Η στρωμάτωση γεωλογικών στειβάδων επαρκούς πορώδους και διαπερατότητας στο υπέδαφος επιτρέπει τη συσσώρευση και την κίνηση όγκου νερού σε αυτό. Έτσι, σχηματίζεται ο υδροφόρος ορίζοντας. Σύμφωνα με την Οδηγία – Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ, τα υπόγεια ύδατα ορίζονται ως το σύνολο των υδάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους στη ζώνη κορεσμού και σε άμεση επαφή με το έδαφος ή με το υπέδαφος. Προς διευκόλυνση της έρευνας για την αξιολόγηση της κατάστασης των υπόγειων υδάτων είναι δυνατόν να ομαδοποιούνται υδάτινα σώματα και να εξετάζονται συνολικά ως σύστημα υπόγειων υδάτων εντός ενός ή περισσότερων υδροφόρων οριζόντων.

Αντιστοίχως με τα επιφανειακά ύδατα, τίθενται περιβαλλοντικοί στόχοι και για τα υπόγεια ύδατα σύμφωνα με την Οδηγία - Πλαίσιο 2000/60/ΕΚ. Αρχικά, τα κράτη μέλη οφείλουν να λαμβάνουν μέτρα ώστε να προλαμβάνεται η υποβάθμιση της κατάστασης των υπόγειων υδάτων και να περιορίζεται η διοχέτευση ρύπων σε αυτά. Εξίσου σημαντική με την πρόληψη είναι η αναβάθμιση και η αποκατάσταση των συστημάτων τα οποία έχουν διαταραχθεί είτε ποσοτικά είτε ποιοτικά. Μάλιστα, σε περιπτώσεις ανθρωπογενούς μεταβολής του όγκου του υδάτινου σώματος λόγω άντλησης ή ανατροφοδότησης θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να διασφαλίζεται η ισορροπία του συστήματος. Επιπλέον, τα κράτη μέλη οφείλουν να εφαρμόζουν κατάλληλο πρόγραμμα μέτρων ώστε να αντιστραφεί οποιαδήποτε έμμονη ή ανοδική τάση συγκέντρωσης ρύπου σε υπόγειο υδάτινο σώμα. Εάν κάποιο υπόγειο σύστημα χαρακτηρίζεται από τέτοια κατάσταση που να απαιτεί την ταυτόχρονη εφαρμογή δύο ή περισσότερων στόχων, τότε εφαρμόζεται ο αυστηρότερος.

Η Οδηγία – Πλαίσιο θέτει χρονικά όρια εντός των οποίων θα πρέπει να έχουν επιτευχθεί οι στόχοι που αφορούν το κάθε υδάτινο σώμα. Ωστόσο, είναι δυνατόν οι προθεσμίες αυτές να παραταθούν σε περίπτωση που οι απαιτούμενες βελτιώσεις είναι τεχνικά αδύνατον ή εξαιρετικά δαπανηρό να επιτευχθούν στο προβλεπόμενο χρονικό πλαίσιο ή σε περίπτωση που οι φυσικές συνθήκες δεν επιτρέπουν την έγκαιρη βελτίωση της καταστάσεως του συστήματος. Παράλληλα, η Οδηγία δίνει τη δυνατότητα στα κράτη-μέλη να επιδιώκουν περιβαλλοντικούς στόχους λιγότερο αυστηρούς από τους γενικά απαιτούμενους όταν η φυσική κατάσταση του υπό εξέταση συστήματος είναι τέτοια που η επίτευξη του αρχικού στόχου είναι αδύνατη ή δυσανάλογα δαπανηρή. Βέβαια, η υποχώρηση αυτή μπορεί να εφαρμοστεί εάν τα κράτη - μέλη έχουν εξασφαλίσει τις όσο το δυνατόν λιγότερες μεταβολές στην καλή κατάσταση των υπόγειων δεδομένων των επιπτώσεων που δε θα μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί λόγω της φύσεως της ανθρώπινης δραστηριότητας ή ρύπανσης, αλλά και ότι δε θα σημειώνεται περαιτέρω υποβάθμιση του επιβαρυσμένου υδατικού συστήματος.

Για την αξιολόγηση των συστημάτων υπόγειων υδάτων τα κράτη – μέλη θα πρέπει να αποδώσουν έναν αρχικό χαρακτηρισμό στα συστήματα της επικράτειάς τους. Μάλιστα, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, μπορούν να ομαδοποιούν συστήματα

υπόγειων υδάτων ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία. Ο αρχικός χαρακτηρισμός ορισμένου υπόγειου υδάτινου σώματος μπορεί να εξαχθεί λαμβάνοντας υπ' όψιν τη θέση του συστήματος και τις πιέσεις που δέχεται. Ποιοτικά, ένα υπόγειο υδάτινο σώμα επιβαρύνεται από σημειακές και διάχυτες πηγές ρύπανσης. Αντίστοιχα, οι πιέσεις που επηρεάζουν την ποσοτική κατάστασή του είναι η περίπτωση υδροληψίας από αυτό και η τεχνητή ανατροφοδότηση/εισπίεση νερού σε αυτό. Το είδος των υπερκείμενων πετρωμάτων στην υδρολογική λεκάνη από την οποία τροφοδοτείται το σύστημα, καθώς και η ενδεχόμενη εξάρτηση του από κάποιο επιφανειακό υδάτινο ή χερσαίο οικοσύστημα, επηρεάζουν επίσης την κατάστασή του. Τα συστήματα υπόγειων υδάτων που θεωρούνται απειλούμενα θα πρέπει να λάβουν περαιτέρω χαρακτηρισμό, χρησιμοποιώντας στοιχεία σχετικά με τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του συστήματος (υδραυλική αγωγιμότητα, πορώδες, στεγανότητα, κ.τ.λ.), στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά των επιφανειακών αποθέσεων και του εδάφους στην υδρολογική λεκάνη από την οποία τροφοδοτείται το υπόγειο υδάτινο σώμα (πάχος, πορώδες, κ.τ.λ.), χαρακτηριστικά της χημικής σύνθεσης και στοιχεία που αφορούν τη στρωμάτωση του ύδατος του υπόγειου συστήματος και την ανταλλαγή υδάτων μεταξύ του εκάστοτε υπόγειου σώματος και των συνδεδόμενων επιφανειακών.

Έπειτα, συλλέγονται οι απαραίτητες πληροφορίες για όσα συστήματα υπόγειων υδάτων θεωρείται ότι διατρέχουν κίνδυνο με βάση το χαρακτηρισμό τους και για τα διακρατικά συστήματα. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν τις θέσεις υδροληψίας από τα εκάστοτε υπόγεια συστήματα, τους μέσους ετήσιους ρυθμούς υδροληψίας από αυτά και τη χημική σύσταση του νερού που αντλείται. Ας σημειωθεί ότι δεν συγκεντρώνονται οι πληροφορίες για τη θέση υδροληψίας εάν αυτή παρέχει λιγότερα από 10 m³ ημερησίως κατά μέσο όρο ή εάν προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση και παρέχει λιγότερα από 10 m³ ετησίως ή εξυπηρετεί λιγότερα από 50 άτομα. Απαραίτητα στοιχεία είναι επίσης αυτά που αφορούν τις θέσεις στις οποίες γίνεται ανατροφοδότηση του υπόγειου υδροφορέα με νερό, οι παροχές που εισάγονται σε αυτές και η ποιότητα του ανατροφοδοτούμενου νερού. Ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δίνεται στις χρήσεις γης στις υδρολογικές λεκάνες από τις οποίες ανατροφοδοτείται καθώς ενδέχεται να επιβαρύνουν το νερό που αποστραγγίζεται και εισρέει στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα με ρύπους. Τέλος, ποικίλες ανθρώπινες επεμβάσεις στο φυσικό ανάγλυφο όπως εκτροπές ποταμών, στεγανοποιήσεις εδαφών για τη συλλογή ομβρίων, φράγματα και έργα αποστράγγισης έχουν σημαντικές επιπτώσεις στα υπόγεια υδατικά συστήματα και θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω. Τέτοιες ανθρωπογενείς μεταβολές οδηγούν σε μεταβολές της στάθμης των υπόγειων υδάτων.

Η στάθμη των υπόγειων υδάτων είναι καθοριστική παράμετρος για την αξιολόγηση και ταξινόμηση της ποσοτικής κατάστασής τους. Ένα υπόγειο υδατικό σύστημα θεωρείται ότι βρίσκεται σε καλή κατάσταση ποσοτικά όταν η στάθμη του διατηρείται σε επίπεδο το οποίο υποδηλώνει ότι τα υδατικά αποθέματα δεν εξαντλούνται από το μακροπρόθεσμο ετήσιο μέσο όρο άντλησης. Αυτό σημαίνει ότι οι τυχούσες ανθρωπογενείς δραστηριότητες δεν οδηγούν σε ταπείνωση του υπόγειου υδροφορέα ή σε βλάβη των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται από αυτόν και μη τήρηση των περιβαλλοντικών στόχων για τα συνδεδόμενα επιφανειακά ύδατα.

Η παρακολούθηση της ποσοτικής κατάστασης των υπόγειων υδατικών συστημάτων απαιτεί την κατασκευή δικτύου παρακολούθησης το οποίο θα πρέπει να εκτιμά

αξιόπιστα την ποσοτική κατάσταση όλων των υπόγειων υδατικών οικοσυστημάτων και να παρέχει πληροφορίες για την ποσότητα του υδατικού πόρου. Για το σκοπό αυτό θα πρέπει να επιλέγονται αντιπροσωπευτικά σημεία παρακολούθησης ώστε να καταγράφονται με ακρίβεια η στάθμη του διαθέσιμου πόρου και οι διακυμάνσεις της λόγω αντλήσεων και ανατροφοδοτήσεων. Συγκεκριμένα, στις περιπτώσεις των διακρατικών νερών θα πρέπει να υπάρχουν επαρκή σημεία παρακολούθησης ώστε να εντοπίζεται η κατεύθυνση και ο ρυθμός ροής δια των ορίων του κράτους μέλους. Η συχνότητα της παρακολούθησης θα πρέπει να είναι τέτοια ώστε να μπορούν να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στη στάθμη των υπόγειων υδάτων λόγω αντλήσεων και ανατροφοδοτήσεων και ο ρυθμός ροής τους δια των ορίων του κράτους μέλους στην περίπτωση των διακρατικών νερών.

Αξιολογώντας τα παραπάνω στοιχεία τα κράτη - μέλη είναι σε θέση να καταρτίσουν χάρτες οι οποίοι θα απεικονίζουν την ποσοτική κατάσταση των υπόγειων υδατικών συστημάτων τους. Η ποσοτική κατάσταση ενός υπόγειου συστήματος από ποσοτική άποψη χαρακτηρίζεται ως καλή ή κακή σύμφωνα με την Οδηγία – Πλαίσιο. Στους χάρτες αυτούς η καλή κατάσταση αποτυπώνεται με πράσινο χρώμα, ενώ η κακή κατάσταση αποτυπώνεται με κόκκινο χρώμα.

Για την αξιολόγηση της χημικής κατάστασης των υπόγειων υδατικών συστημάτων εξετάζονται η αγωγιμότητα και οι συγκεντρώσεις ρύπων σε αυτά. Ως καλή ορίζεται η χημική σύσταση ορισμένου υπόγειου συστήματος στο οποίο οι συγκεντρώσεις ρύπων δεν υποδηλώνουν εισροή αλμυρού νερού ή λυμάτων, δεν υπερβαίνουν τα θεσμοθετημένα πρότυπα ποιότητας, δεν οδηγούν σε μη επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων των συνδεδεμένων επιφανειακών υδάτων και δεν βλάπτουν τα αντίστοιχα χερσαία οικοσυστήματα και η αγωγιμότητα δεν υποδεικνύει εισροή αλμυρού νερού ή άλλων υλών.

Για την αξιολόγηση της χημικής κατάστασης των υπόγειων συστημάτων αξιοποιούνται τα δεδομένα που συλλέγονται από το δίκτυο παρακολούθησης, τα οποία αφορούν μετρήσεις ρύπων και ανίχνευση ενδεχόμενης αυξητικής τάσης της συγκέντρωσής τους. Καταρτίζεται, λοιπόν, πρόγραμμα εποπτικής παρακολούθησης, για τη διενέργεια του οποίου απαιτούνται επαρκείς θέσεις παρακολούθησης. Οι βασικές παράμετροι που παρακολουθούνται σε όλα τα συστήματα υπόγειων υδάτων είναι η περιεκτικότητα σε οξυγόνο, η τιμή pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, οι νιτρικές ενώσεις και το αμμώνιο. Σε όσα συστήματα διαπιστώνεται ότι ελλοχεύει ο κίνδυνος να μην ικανοποιούν τους περιβαλλοντικούς στόχους και να αποκλίνουν από την καλή χημική κατάσταση εξετάζονται επιπλέον παράμετροι, όπως για παράδειγμα ρύποι που σχετίζονται με πιέσεις που δέχεται το υδάτινο σώμα από το ανθρωπογενές αλλά και το φυσικό περιβάλλον.

Τα αποτελέσματα του προγράμματος εποπτικής παρακολούθησης αξιοποιούνται για την εφαρμογή προγράμματος επιχειρησιακής παρακολούθησης προκειμένου να διαπιστωθεί η χημική κατάσταση όσων συστημάτων κινδυνεύουν και να ανιχνευθούν ενδεχόμενα φαινόμενα ανοδικής τάσης της συγκέντρωσης ρύπων. Η επιχειρησιακή παρακολούθηση πραγματοποιείται κατά τις ενδιάμεσες περιόδους μεταξύ των προγραμμάτων εποπτικής παρακολούθησης και μάλιστα τουλάχιστον μία φορά το χρόνο.

Τα δεδομένα που συλλέγονται αξιοποιούνται για τη λήψη και εφαρμογή μέτρων ώστε να περιοριστεί η ρύπανση των εκάστοτε υπόγειων υδατικών συστημάτων και να αντιστραφούν ενδεχόμενες αυξητικές τάσεις ρύπων.

Το σύνολο των μετρήσεων του δικτύου παρακολούθησης χρησιμοποιείται ώστε να αξιολογηθεί η χημική κατάσταση του κάθε υπόγειου συστήματος. Η χημική κατάσταση των υπόγειων υδάτων μπορεί να χαρακτηριστεί ως καλή ή κακή. Τα σχετικά αποτελέσματα απεικονίζονται σε σχετικούς χάρτες με καθορισμένους χρωματικούς κώδικες και ενσωματώνονται στα αντίστοιχα σχέδια διαχείρισης. Στους χάρτες αυτούς η καλή χημική κατάσταση δηλώνεται με πράσινο χρώμα και η κακή χημική κατάσταση με κόκκινο χρώμα. Επιπλέον, τα συστήματα στα οποία παρατηρείται μόνιμη και ανοδική τάση της συγκέντρωσης κάποιου ρύπου σημειώνονται με μαύρη κουκίδα. Αντίστοιχα, η αντιστροφή μιας τέτοιας τάσης σημειώνεται με γαλάζια κουκίδα.

Το 2011 δημοσιεύθηκε στην εφημερίδα της κυβερνήσεως (ΦΕΚ Β 3322/2011) απόφαση με αριθμό απόφασης 1811, σύμφωνα με την οποία ορίζονται οι ανώτερες αποδεκτές τιμές για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα, σε εφαρμογή της παραγράφου 2 του Άρθρου 3 της υπ' αριθμ.: 39626/2208/Ε130/2009 κοινής υπουργικής απόφασης (Β' 2075) και φυσικά λαμβάνοντας υπ' όψιν το Ν.3199/2003 <<Προστασία και διαχείριση των υδάτων – εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000>> και το Π.Δ. 51/2007 <<Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/ΕΚ>>.

Ο σκοπός της συγκεκριμένης απόφασης ήταν ο καθορισμός των ανώτερων τιμών ρύπων, ομάδων ρύπων και δεικτών ρύπανσης στα υπόγεια νερά ώστε να είναι εφικτή η αξιολόγηση της χημικής κατάστασης των συστημάτων αυτών. Η απόφαση αυτή, λοιπόν, περιείχε κατάλογο ρύπων συνοδευόμενων από τις αντίστοιχες ανώτερες επιτρεπτές τιμές τους. Αναφέρεται, μάλιστα, ότι σε περίπτωση που νέα δεδομένα επιτάσσουν την τροποποίηση υφιστάμενης ανώτερης τιμής ή την εισαγωγή ανώτερης τιμής για κάποια πρόσθετη ουσία, τότε ο κατάλογος αυτός μπορεί να τροποποιηθεί. Οι τιμές αυτές καθορίστηκαν λαμβάνοντας υπ' όψιν και τις τιμές υποβάθρου και μπορούν να διαφοροποιούνται κατά γεωγραφικές περιοχές ύστερα από απόφαση της Αποκεντρωμένης Διοίκησης και τη σύμφωνη γνώμη της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων. Επιπλέον, είναι δυνατόν σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού ή σε επίπεδο υπόγειων υδατικών συστημάτων να οριστούν αυστηρότερες ανώτερες αποδεκτές τιμές ή ανώτερες αποδεκτές τιμές για πρόσθετες παραμέτρους ώστε να προστατευτεί το περιβάλλον.

Τα ποιοτικά πρότυπα και οι ανώτερες αποδεκτές τιμές για τους ρύπους των υπόγειων υδάτων φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες.

ΡΥΠΟΣ	ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΠΡΟΤΥΠΑ
Νιτρικά Άλατα	50 mg/l
Δραστικές ουσίες φυτοφαρμάκων (συμπεριλαμβάνονται αντίστοιχοι μεταβολίτες, προϊόντα αποικοδόμησης και αντιδράσεων) ¹	0,1 µg/l 0,5 µg/l (συνολικό ²)

Σχήμα 5.1: Ποιοτικά πρότυπα υπόγειων υδάτων

(Πηγή: Εφημερίς της Κυβερνήσεως, Αρ. Φύλλου 3322)

Με τον όρο φυτοφάρμακα δηλώνονται τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα και τα βιοκτόνα, όπως ορίζονται στις σχετικές διατάξεις της κείμενης εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας. Ως <<συνολικό>> νοείται το άθροισμα όλων των επιμέρους φυτοφαρμάκων που ανιχνεύονται και ποσοτικοποιούνται, συμπεριλαμβανομένων προϊόντων μεταβολισμού, προϊόντων αποδόμησης και προϊόντων αντίδρασης.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΠΟΔΕΚΤΗ ΤΙΜΗ
ρΗ	6,50-9,50
Αγωγιμότητα	2500µS/cm
Αρσενικό	10 µg/l
Κάδμιο	5 µg/l
Μόλυβδος	25 µg/l
Υδράργυρος	1,0µg/l
Νικέλιο	20µg/l
Ολικό χρώμιο	50µg/l
Αργίλιο	200µg/l
Αμμώνιο	0,50 mg/l
Νιτρώδη	0,50mg/l
Χλωριούχα ιόντα	250 mg/l
Θειικά ιόντα	250 mg/l
Άθροισμα Τριχλωροαιθυλένιου και Τετραχλωροαιθυλένιου	10 µg/l

Σχήμα 5.2: Ανώτερες αποδεκτές τιμές και δείκτες ρύπανσης στα υπόγεια ύδατα

Με την Οδηγία 116/2008/ΕΚ για τα υπόγεια νερά θεσπίστηκαν Ανώτερες Αποδεκτές Τιμές ΑΑΤ για τα νιτρικά, τα φυτοφάρμακα και άλλους ρύπους, ενώ δίνεται η δυνατότητα να θεσπιστούν ΑΑΤ και για πρόσθετες παραμέτρους σε συστήματα υπόγειων υδάτων που διατρέχουν τον κίνδυνο να μην επιτύχουν καλή χημική κατάσταση. Όπως και στα επιφανειακά ύδατα, η παρουσία διαφόρων ρύπων στα υπόγεια ύδατα μπορεί να είναι είτε ανθρωπογενούς είτε φυσικής προελεύσεως. Η ρύπανση φυσικής προελεύσεως στα υπόγεια νερά οφείλεται στην επαφή του νερού με πετρώματα που περιέχουν σχετικές ουσίες. Αντίθετα, η ρύπανση ανθρωπογενούς προελεύσεως σχετίζεται με την απόρριψη αστικών ή γεωργικών ή βιομηχανικών ή νοσοκομειακών αποβλήτων σε υπόγειο υδάτινο σώμα.

Τα υπόγεια υδατικά συστήματα ταξινομούνται ως προς τη χημική τους κατάσταση και ως προς την ποσοτική τους κατάσταση.

Όσον αφορά τη χημική κατάσταση, θα πρέπει να τηρούνται τα όρια (Ποιοτικά Πρότυπα) που έχουν καθοριστεί με την Οδηγία 2006/118/ΕΚ. Συγκεκριμένα, η απαίτηση αυτή εξασφαλίζει την αποτροπή επιδείνωσης της χημικής κατάστασης των υπόγειων υδάτων και των σχετιζόμενων χερσαίων συστημάτων, αλλά και εμφάνιση φαινομένων υφαλμύρινσης ή εισροής λυμάτων οποιασδήποτε φύσεως. Εάν η ρύπανση οφείλεται σε φυσικά αίτια (αυξημένες τιμές φυσικού υποβάθρου σχηματισμών), τότε οι αντίστοιχες υπερβάσεις ορίων δεν λαμβάνονται υπόξιν ως επιβαρυντικές για την ταξινόμηση του υπόγειου σώματος. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η χημική κατάσταση ενός υπόγειου σώματος χαρακτηρίζεται ως <<καλή>> ή <<κατώτερη της καλής>>.

Για την αξιολόγηση της ποσοτικής κατάστασης μελετάται το ισοζύγιο εισροών και εκροών στο εκάστοτε υπόγειο σύστημα. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν παρεμποδίζεται η συμβολή των υπόγειων νερών στα γειτονικά χερσαία συστήματα και ότι ο ρυθμός αντλήσεως από το υπόγειο σώμα δεν οδηγεί μακροπρόθεσμα σε εξάντληση του πόρου. Χρησιμοποιώντας τα παραπάνω κριτήρια, η ποσοτική κατάσταση ενός υπόγειου σώματος χαρακτηρίζεται ως <<καλή>> ή <<κατώτερη της καλής>>.

Λαμβάνοντας ως κριτήριο το είδος και τα χαρακτηριστικά των διάφορων γεωλογικών χαρακτηρισμών τα υπόγεια υδάτινα σώματα διακρίνονται σε 4 κατηγορίες:

- i. Καρστικά συστήματα: Αφορά τους υπόγειους υδροφορείς που συναντώνται σε ασβεστολιθικά πετρώματα κυρίως ορεινών εκτάσεων. Η κυκλοφορία του νερού πραγματοποιείται διαμέσου των ρωγμών και των καρστικών κενών.
- ii. Κοκκώδη συστήματα: Αφορά του υδροφορείς που συναντώνται κυρίως σε πεδινές και λοφώδεις εκτάσεις. Η κυκλοφορία του νερού γίνεται μέσω του πορώδους (κενά
- iii. Ρωγματώδη συστήματα: Αφορά ασθενείς υδροφορείς που συναντώνται σε ζώνες τεκτονισμού ή αποσάθρωσης των στρωμάτων του φλύσχη σε ορεινούς κυρίως

όγκους. Η κυκλοφορία του υπόγειου ύδατος γίνεται μέσω του δευτερογενούς πορώδους (ρωγμές, διακλάσεις, τεκτονισμένες ζώνες κ.λπ.).

- iv. Μεικτά συστήματα: Πρόκειται για συνδυασμούς των παραπάνω τύπων υπόγειων υδροφορέων.

5.2 Εξεταζόμενοι ρύποι στα υπόγεια ύδατα

Στα ελληνικά υπόγεια ύδατα εξετάζονται εν γένει οι εξής ουσίες: αρσενικό, κάδμιο, χλωροϊόντα, εξασθενές χρώμιο, ολικό χρώμιο, μόλυβδος, υδράργυρος, νικέλιο, θειικά ιόντα, αμμώνιο, νιτρικά και νιτρώδη ιόντα, καθώς και οι φυσικές παράμετροι pH και ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Το αρσενικό (χημικό σύμβολο As) ανήκει στα μεταλλοειδή και απαντάται στη φύση σε πολλά ορυκτά. Βιομηχανικά, χρησιμοποιείται για την ενίσχυση κραμάτων του χαλκού και κραμάτων του μολύβδου, τα οποία εμπλέκονται στην παραγωγή μπαταριών αυτοκινήτου. Επιπλέον, ενώσεις του αρσενικού χρησιμοποιούνται στην παραγωγή εντομοκτόνων, ζιζανιοκτόνων και προϊόντων συντήρησης ξύλου. Το αρσενικό σε υψηλή καθαρότητα χρησιμοποιείται μαζί με το πυρίτιο και το γερμάνιο σε ημιαγωγούς. Χρησιμοποιείται, επίσης, ως κύρια ύλη βεγγαλικών, στην υαλουργία για την κατασκευή φακών και για τον αποχρωματισμό γυαλιών.

Το αρσενικό σε ίχνη είναι απαραίτητο διατροφικά για τον άνθρωπο και για αρκετά είδη της πανίδας. Ωστόσο, σε συγκεντρώσεις υψηλότερες από τις απαραίτητες είναι τοξικό για τις πολυκυτταρικές μορφές ζωής. Μάλιστα, η ρύπανση των υπόγειων νερών με αρσενικό αποτελεί απειλή για την παγκόσμια υγεία. Η κατάποση αρσενικού, για παράδειγμα μέσω της πόσης ρυπασμένου νερού, συνδέεται με διάφορες μορφές καρκίνου, όπως ο καρκίνος του δέρματος, του ήπατος, της ουροδόχου κύστεως και του πνεύμονα. Επιπλέον, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις στο καρδιαγγειακό και στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, ενώ έχει ακόμη παρατηρηθεί συσχέτιση μεταξύ της δηλητηρίασης με αρσενικό και της αβιταμίνωσης B1.

Το κάδμιο (χημικό σύμβολο Cd) είναι ένα σχετικά σπάνιο, μαλακό και τοξικό μέταλλο, το οποίο απαντάται συνήθως σε ορυκτά του ψευδαργύρου από τα οποία λαμβάνεται με κλασματική απόσταξη. Χρησιμοποιείται ευρέως σε κράματα (επικαδμίωση μετάλλων) και στην κατασκευή των ηλεκτροδίων μπαταριών.

Το κάδμιο κατατάσσεται στη δεύτερη θέση από πλευράς τοξικότητας μετά τον υδράργυρο. Θεωρείται ότι εισέρχεται στην τροφική αλυσίδα μέσω των ρυπασμένων εδαφών και της συσσώρευσής του στα φύλλα και στου σπόρους των φυτών. Σχετίζεται, επίσης, με τα φωσφορικά λιπάσματα, γεγονός που εξηγεί την παρουσία του στα υπόγεια και στα θαλάσσια ύδατα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προσλαμβάνεται από το φυτοπλαγκτόν και να συσσωρεύεται σε πολλούς θαλάσσιους οργανισμούς. Το κάδμιο είναι τοξικό για τους υδρόβιους οργανισμούς σε βαθμό που εξαρτάται από το είδος του οργανισμού και το μέγεθός του. Στον άνθρωπο συσσωρεύεται στο ήπαρ, στη σπλήνα, στα νεφρά και στο θυρεοειδή αδέν. Έχει

τοξική δράση και μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα, όπως ναυτία, εμετό, διάρροια, κεφαλαλγία και κοιλιακό άλγος. Σχετίζεται με περιπτώσεις απασβέστωσης και παραμορφώσεως των οστών, ενώ είναι ύποπτο ακόμη και για καρκίνο.



Σχήμα 5.3: Παραμορφώσεις οστών λόγω καδμίου

(Πηγή: Υψηλάντη, 2012)

Τα χλωροϊόντα βρίσκονται στη φύση με τη μορφή αλάτων του νατρίου (NaCl), του καλίου (KCl) και του ασβεστίου (CaCl_2). Τα χλωροϊόντα περιέχονται σε διάφορα πετρώματα και μέσω της διάβρωσης καταλήγουν στο έδαφος και στα γειτονικά επιφανειακά, υπόγεια και παράκτια νερά. Επίσης, χρησιμοποιούνται ευρέως βιομηχανικά στην παραγωγή διάφορων ουσιών, όπως η καυστική σόδα και η χλωρίνη, καθώς και σε πολλά λιπάσματα.

Τα ιόντα χλωρίου είναι απαραίτητα σε μια ισορροπημένη διατροφή. Η υπερβολική πρόσληψη μπορεί να προκαλέσει υπέρταση, αλλά γενικά δεν έχουν καταγραφεί ιδιαίτερα σοβαρές επιπτώσεις. Βέβαια, η περίπτωση της υφαλμύρινσης του υπόγειου υδροφορέα είναι ιδιαίτερα σοβαρή, καθώς πρόκειται για μη αντιστρεπτή κατάσταση που καθιστά το εκάστοτε υδάτινο απόθεμα ακατάλληλο τόσο για πόση όσο και για άρδευση.

Το χρώμιο έχει χημικό σύμβολο Cr και στην καθαρή στοιχειακή του μορφή σε συνήθεις συνθήκες είναι ασημογκρί, γυαλιστερό, σκληρό και εύθραυστο μέταλλο. Εμφανίζεται τόσο ως τρισθενές ιόν όσο και ως εξασθενές ιόν. Έτσι, χρησιμοποιείται ο όρος <<ολικό χρώμιο>>, ο οποίος περιλαμβάνει τις δύο αυτές μορφές. Χρησιμοποιείται σε οδοντοτεχνικά κράματα, αλλά και στην κατασκευή

χρωμιοχαλύβων και στην επιχρωμίωση μετάλλων για προστασία από τη διάβρωση. Μάλιστα, υπολογίζεται ότι κατά προσέγγιση 170000 τόνοι χρωμίου (ολικού) απελευθερώνονται κάθε χρόνο στο περιβάλλον. Ένα μέρος αυτής της ποσότητας προέρχεται από φυσικές πηγές, όπως είναι τα ασβεστολιθικά, τα ψαμμιτικά και τα οφιολιθικά πετρώματα. Το τρισθενές χρώμιο είναι σταθερής μορφής και αναφέρεται ως χαμηλής τοξικότητας. Άλλωστε, απαιτείται σε πολύ μικρές ποσότητες για το μεταβολισμό της ζάχαρης και των λιπιδίων, ενώ η ανεπαρκής πρόσληψη μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές στον ανθρώπινο οργανισμό. Αντίθετα, το εξασθενές χρώμιο είναι ασταθές και πολύ τοξικό, ενώ θεωρείται ύποπτο για καρκινογενέσεις, τερατογενέσεις και μεταλλάξεις. Η είσοδος του στον οργανισμό μέσω της εισπνοής θεωρείται ότι μπορεί να προκαλέσει καρκίνο. Ωστόσο, οι επιπτώσεις της εισόδου του εξασθενούς χρωμίου στον οργανισμό σε υγρή μορφή μέσω κατάποσης είναι αμφιλεγόμενες. Σε αυτή την περίπτωση το εξασθενές χρώμιο ανάγεται σε τρισθενές στην γαστροοισοφαγική δίοδο, το οποίο δεν θεωρείται επικίνδυνο. Ωστόσο, τα προϊόντα των ενδιάμεσων αντιδράσεων θεωρούνται τοξικά και γι' αυτό το λόγο ακόμη και η είσοδος στον οργανισμό μέσω κατάποσης θα πρέπει να εξεταστεί με προσοχή και επιφυλακτικότητα.

Ο μόλυβδος έχει χημικό σύμβολο Pb. Εντοπίζεται αρκετά συχνά σε πετρώματα που περιέχουν θείο, ενώ το ορυκτό στο οποίο υπάρχει σε αφθονία και από το οποίο εξάγεται είναι ο γαληνίτης. Χρησιμοποιείται ευρέως σε μπαταρίες, καθώς και σε ηλεκτρικό και ηλεκτρονικό εξοπλισμό, υλικά τα οποία θα πρέπει να ανακυκλώνονται στο τέλος του κύκλου ζωής τους διότι ο μόλυβδος αποτελεί τοξική ουσία. Παλαιότερα, χρησιμοποιούνταν στη βενζίνη ως αντικροτικό, χρήση η οποία έχει καταργηθεί λόγω της τοξικότητάς του. Αξίζει να σημειωθεί ότι απελευθερώνεται μόλυβδος στο περιβάλλον μέσω φυσικών διαδικασιών επίσης, όπως είναι οι εκρήξεις των ηφαιστειών και οι δασικές πυρκαγιές. Βέβαια, οι ποσότητες μολύβδου που εκλύονται σε αυτές τις περιπτώσεις είναι αμελητέες συγκριτικά με αυτές που προέρχονται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Μόλυβδος μπορεί να βρεθεί τόσο στο έδαφος όσο και στο νερό και στον αέρα, με αποτέλεσμα να εκτίθενται σε αυτόν τα φυτά, τα χερσαία ζώα αλλά και τα υδρόβια ζώα. Τα φυτά προσλαμβάνουν φώσφορο μέσω του ριζικού συστήματος και μέσω των φύλλων στα οποία επικάθεται το εν λόγω στοιχείο μέσω των κατακρημνίσεων. Τα ζώα προσλαμβάνουν φώσφορο μέσω της εισπνοής και της κατάποσης. Σε κάθε περίπτωση ο μόλυβδος είναι βλαβερός για τους ζωντανούς οργανισμούς. Μάλιστα, συσσωρεύεται στο ανθρώπινο σώμα και μπορεί να προκαλέσει βλάβες στα νεφρά, στο συκώτι, στο αίμα, στους πνεύμονες, αλλεργίες, δερματίτιδες, ακόμη και καρκινογενέσεις.

Ο υδράργυρος (χημικό σύμβολο Hg) είναι το μοναδικό μέταλλο που βρίσκεται σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασία δωματίου και κανονικές συνθήκες πίεσης. Εξάγεται από τα κοιτάσματα κινναβαρίτη και έχει πολλές πρακτικές εφαρμογές. Χρησιμοποιείται εκτεταμένα στην παραγωγή θερμομέτρων, μανομέτρων, βαρομέτρων, λαμπτήρων φθορισμού, κ.λ.π. Το μέταλλο αυτό είναι ιδιαίτερα γνωστό για την τοξικότητά του, λόγο που έχει οδηγήσει στη σταδιακή αντικατάσταση των συμβατικών θερμομέτρων υδραργύρου από ηλεκτρονικά. Ο μηχανισμός τοξικής δράσης του έγκειται στο γεγονός ότι αντιδρά με πολλά ένζυμα του οργανισμού,

αναστέλλει την ενζυμική τους δράση και συνεπώς παρεμποδίζει την πραγματοποίηση πολλών μεταβολικών αντιδράσεων.



Σχήμα 5.4: Υδράργυρος

(Πηγή: www.bionews.gr)

Το νικέλιο (χημικό σύμβολο Ni) είναι ένα αργυρόλευκο, ελατό και ανθεκτικότερο του σιδήρου μέταλλο. Απαντάται σε θειούχα κοιτάσματα (πεντλαδίτες), σε λατεριτικά κοιτάσματα (λειμωνίτες, γαρνιερίτες) και σε ιζηματογενή κοιτάσματα. Στην Ελλάδα υπάρχουν κάποια φτωχά σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα με περιεκτικότητα σε νικέλιο περίπου 1%. Το νικέλιο χρησιμοποιείται σε συσσωρευτές και σε καταλύτες. Παράλληλα, αξιοποιείται σε επιμεταλλώσεις (επινικέλωση) διαφόρων αντικειμένων όπως εργαλεία οικιακής χρήσης, αντικείμενα πολυτελείας, κοσμήματα και όργανα χημείας για προστασία από τη διάβρωση. Παράγονται ακόμη κράματα νικελίου με το χάλυβα με στόχο την αύξηση της αντοχής και τη σκληρότητας του χάλυβα. Γενικά, τα κράματα του νικελίου είναι πολυάριθμα αλλά παράγονται σε μικρές ποσότητες λόγω των ειδικών τους χρήσεων. Ορισμένα από αυτά είναι το χρωμονικέλιο, το ινκονέλ, το χμπερνίκ, ο νικελιούχος ορείχαλκος και το χαλκονικέλιο.

Το νικέλιο είναι ευαισθητοποιητική ουσία και μπορεί να προκαλέσει αλλεργία, δερματίτιδα εξ επαφής ή άλλα δερματικά προβλήματα. Τέτοιες περιπτώσεις εμφανίζονται κυρίως ύστερα από δερματική επαφή με κοσμήματα ή κέρματα που περιέχουν νικέλιο. Μάλιστα, θεωρείται καρκινογόνος ουσία και θα πρέπει να ελεγχθεί η διάθεσή της στο περιβάλλον. Ιδιαίτερα εκτεθειμένοι στο στοιχείο αυτό είναι οι απασχολούμενοι σε επινικέλωση ή ηλεκτροεπικάλυψη με νικέλιο και οι εργάτες σε εργοστάσια συσσωρευτών. Μάλιστα, υποστηρίζεται ότι υπάρχει 2,6 φορές μεγαλύτερος κίνδυνος για καρκίνο του πνεύμονα και 40 φορές μεγαλύτερος κίνδυνος για καρκίνο του ρινοφάρυγγα σε εργάτες απασχολούμενους στην τήξη νικελίου και τη διεργασία εξευγενισμού μετάλλων (ραφινάρισμα).

Μέταλλο	Κατηγοριοποίηση IARC
Αρσενικό Νικέλιο Κάδμιο Χρώμιο Αλουμίνιο Βηρύλλιο Πυρίτιο	Ομάδα 1 Η ουσία, μίγμα κ.λπ. είναι καρκινογόνος στον άνθρωπο
Κοβάλτιο με καρβίδιο του βολφραμίου Ενώσεις μολύβδου (ανόργανες)	Ομάδα 2A Η ουσία, μίγμα κ.λπ. είναι πιθανόν καρκινογόνος στον άνθρωπο
Βανάδιο Κοβάλτιο και ενώσεις κοβαλτίου	Ομάδα 2B Η ουσία, μίγμα κ.λπ. είναι ενδεχόμενα καρκινογόνος στον άνθρωπο
Ενώσεις χρωμίου Ενώσεις μολύβδου (οργανικές)	Ομάδα 3 Η ουσία, μίγμα κ.λπ. δεν μπορεί να ταξινομηθεί ως προς την ικανότητα καρκινογένεσης

Σχήμα 5.5: Κατάταξη της IARC για το βαθμό καρκινικότητας των βαρέων μετάλλων

(Πηγή: Κουρουτού, Κάλης, Χατζησταύρου και Λινού, 2012)

Αρσενικό	Χρωστικές και χρώματα, εντομοκτόνα/ ζιζανιοκτόνα, μεταλλουργική επεξεργασία μετάλλων, γυαλί και κεραμικά, βυρσοδεψία
Χρώμιο και ενώσεις του	Ανοδίωση, τσιμέντο, χρωστικές, χρώματα, επιμεταλλώσεις, βυρσοδεψία
Κοβάλτιο και ενώσεις του	Καταλύτες, ίνες, χρώματα, χαρτί και χαρτοπολτός
Χαλκός και ενώσεις του	Επιμεταλλώσεις, ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά, επεξεργασία επιφανειών, εντομοκτόνα, απόσταξη άνθρακα, οξείδωση κυανιούχων, πλαστικά
Σίδηρος και ενώσεις του	Αλουμίνιο, επιμεταλλώσεις, χρωστικές, ηλεκτρονικά, διοξείδιο του τιτανίου
Μόλυβδος και ενώσεις του	Συσσωρευτές, τυπογραφία, εξάτμιση αυτοκινήτων, εκρηκτικά, πυροτεχνήματα, εντομοκτόνα, χρώματα, διυλιστήρια, πετροχημικά
Μαγγάνιο και ενώσεις του	Καταλύτες, συσσωρευτές, γυαλί, χρώματα, πυροτεχνήματα
Υδράργυρος: Οργανικός	Εντομοκτόνα
Υδράργυρος: Ανόργανος	Ηλεκτρικά/ηλεκτρονικά, εντομοκτόνα, συσσωρευτές, φωτογραφικά, επιστημονικά όργανα, χρώματα, φαρμακευτικά υλικά, χαρτί/χαρτοπολτός, καταλύτες, τσιμέντο, καύση άνθρακα/πετρελαίου
Κασσίτερος και ενώσεις του	Επιμεταλλώσεις
Ψευδάργυρος και ενώσεις του	Συνθετικές ίνες, επιμεταλλώσεις, χαρτί/χαρτοπολτός, επεξεργασία ελαστικών
Βηρύλλιο και ενώσεις του	Πυρηνική βιομηχανία, σιδηρούχα και μη κράματα αεροναυπηγικής
Νικέλιο και ενώσεις του	Επιμεταλλώσεις, συσσωρευτές, καταλύτες
Κάδμιο και ενώσεις του	Χρωστικές, χρώματα, επιμεταλλώσεις, πολυμερή

Σχήμα 5.6: Βαρέα μέταλλα και βιομηχανική δραστηριότητα

Με τον όρο <<θειικά>> αναφερόμαστε στο θειικό ανιόν SO_4^{2-} . Θειικά οξέα και θειικά άλατα συναντώνται σε προϊόντα της καθημερινής ζωής, αλλά και χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία. Για παράδειγμα, αναφέρεται ο γύψος. Πρόκειται ουσιαστικά για το άνυδρο θειικό ασβέστιο. Επίσης, χρησιμοποιούνται εκτεταμένα ο θειικός χαλκός ως ηλεκτρολύτης, ο θειικός σίδηρος ως συμπλήρωμα σιδήρου για τον άνθρωπο (συμπλήρωμα διατροφής) και τα φυτά (για τα οποία τοποθετείται στο έδαφος τους), ο θειικός μόλυβδος σε μπαταρίες και το θειικό μαγνήσιο το οποίο είναι ιδιαίτερα γνωστό ως άλας Epsom και χρησιμοποιείται σε θεραπευτικά λουτρά. Τα θειικά άλατα καταλήγουν στα ύδατα κυρίως μέσω της απόρριψής τους από ορυχεία και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Ορισμένα από αυτά, όπως το θειικό νάτριο, το θειικό κάλιο και το θειικό μαγνήσιο, είναι πολύ διαλυτά στο νερό, ενώ άλλα, όπως το θειικό ασβέστιο, είναι λιγότερο διαλυτά. Μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων απελευθερώνεται διοξείδιο του θείου στην ατμόσφαιρα, το οποίο οξειδώνεται φωτολυτικά σε τριοξείδιο του θείου. Το τριοξείδιο του θείου έρχεται σε επαφή με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να σχηματίζεται θειικό οξύ. Οι χημικές αυτές αντιδράσεις ουσιαστικά οδηγούν στη δημιουργία της λεγόμενης όξινης βροχής. Η συγκεκριμένη κατακρήμνιση συνεισφέρει στην αύξηση της ποσότητας των θεικών αλάτων που περιέχονται σε διάφορα υπόγεια και επιφανειακά υδάτινα συστήματα. Η εν λόγω συγκέντρωση αυξάνεται επίσης σε υδάτινα σώματα που γειτνιάζουν με πετρώματα που περιέχουν θειικές ενώσεις. Τα θειικά άλατα σε περίπτωση που καταναλωθούν από τον άνθρωπο σε μια σεβαστή ποσότητα, για παράδειγμα μέσω του πόσιμου νερού μπορεί να οδηγήσουν σε αφυδάτωση, ενώ έχουν και καθαριστική δράση.

Στα υπόγεια ύδατα εξετάζονται επίσης η συγκέντρωση αμμωνίου, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα νιτρώδη, το pH και η συγκέντρωση νιτρικών. Οι συγκεκριμένες παράμετροι έχουν αναλυθεί εκτενέστερα στο Κεφάλαιο 3, με εξαίρεση τα νιτρώδη που αναλύονται στο Κεφάλαιο 4.

5.3 Ανάλυση δεδομένων στον ελληνικό χώρο

Χρησιμοποιώντας στοιχεία που έχουν συλλεχθεί για τα υπόγεια υδατικά συστήματα της Ελλάδας κατά τα έτη 2013 – 2014 – 2015 είναι δυνατόν να εκτιμηθεί η κατάσταση των συστημάτων της χώρας, αλλά και να διαπιστωθεί εάν τα υφιστάμενα ανώτερα επιτρεπτά όρια ρύπων σε αυτά συνεισφέρουν στην επίτευξη και διατήρηση καλής χημικής κατάστασης σε αυτά.

Οι παράμετροι που εξετάζονται είναι το αρσενικό, το κάδμιο, τα χλωροϊόντα, το ολικό χρώμιο, το εξασθενές χρώμιο, ο μόλυβδος, ο υδράργυρος, το νικέλιο, τα θειικά, το αμμώνιο, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα νιτρικά, τα νιτρώδη και η τιμή pH.

Αρσενικό

Σε πολλά υπόγεια νερά στην Ελλάδα ανιχνεύθηκε αρσενικό σε διαλυμένη μορφή. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 10 $\mu\text{g/l}$. Ύστερα

από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων αρσενικού σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	3501
Μέγιστη τιμή	4000
Ελάχιστη τιμή	0,5
Μέση τιμή	9,645134
Διάμεσος	5
Τυπική απόκλιση	97,60075
90% (ποσοστημόριο)	7
75% (ποσοστημόριο)	5

Σχήμα 5.7: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων διαλυμένου αρσενικού

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

$$0,75 \times 10 \frac{\mu g}{l} = 7,5 \mu g/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (9,645 $\mu g/l$) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (10 $\mu g/l$), αλλά μεγαλύτερη του 75% αυτής (7,5 $\mu g/l$). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3501 μετρήσεις διαλυμένου αρσενικού. Από αυτές οι 243 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 216 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 337 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το ανώτερο επιτρεπτό όριο που έχει θεσπιστεί είναι λογικό βάσει των μετρήσεων που προέκυψαν. Βέβαια, θα μπορούσε να υιοθετηθεί το 75% της τιμής αυτής ως νέο ανώτατο όριο (7,5 $\mu g/l$) στα πλαίσια μιας αυστηρότερης πολιτικής για την περαιτέρω αναβάθμιση των υπόγειων υδάτινων σωμάτων. Το σκεπτικό αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι ένα μικρό μέρος των μετρήσεων υπερβαίνει την υφιστάμενη ανώτερη επιτρεπτή τιμή.

Η μέγιστη τιμή 4000 $\mu g/l$ καταγράφηκε δύο φορές (Ιούνιος 2015 και Δεκέμβριος 2015) στο υδατικό σύστημα Επανομής – Μουδανιών με κωδικό EL1006. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (μg/l)
0,05	5,00
0,10	5,00
0,15	5,00
0,20	5,00
0,25	5,00
0,30	5,00
0,35	5,00
0,40	5,00
0,45	5,00
0,50	5,00
0,55	5,00
0,60	5,00
0,65	5,00
0,70	5,00
0,75	5,00
0,80	5,00
0,85	5,00
0,90	7,00
0,95	12,00
1,00	4000,00



Σχήμα 5.8: Αθροιστική καμπύλη κατανομής αρσενικού

Κάδμιο

Ένας άλλος ρύπος που χρήζει παρακολούθησης στα υπόγεια ύδατα είναι το κάδμιο. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 5 μg/l. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων αρσενικού σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	3663
Μέγιστη τιμή	19
Ελάχιστη τιμή	0
Μέση τιμή	0,952882
Διάμεσος	0,5
Τυπική απόκλιση	1,824115
90% (ποσοστημόριο)	1
75% (ποσοστημόριο)	0,5

Σχήμα 5.9: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων διαλυμένου καδμίου

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

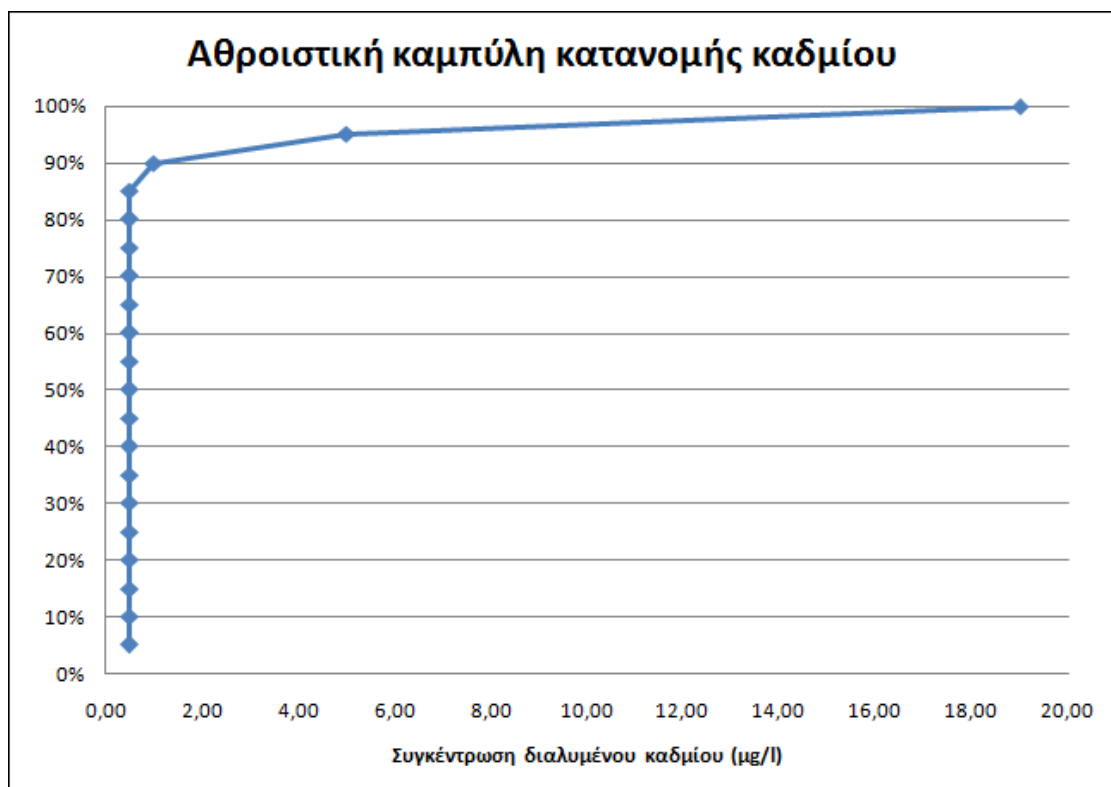
$$0,75 \times 5 \frac{\mu g}{l} = 3,75 \mu g/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (0,953 μg/l) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (5 μg/l), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (3,75 μg/l). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3663 μετρήσεις διαλυμένου κάδμιου. Από αυτές οι 422 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 127 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 188 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Συνεπώς, παρατηρείται ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών μετρήσεων υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής. Ταυτόχρονα, η μέση τιμή των μετρήσεων διαφέρει σημαντικά από το ανώτερο επιτρεπτό όριο. Συμπερασματικά, το ανώτερο επιτρεπτό όριο θα μπορούσε να τροποποιηθεί και να γίνει πιο αυστηρό, ώστε να τεθεί ένας πιο φιλόδοξος στόχος στα κράτη – μέλη για την εξυγίανση των υπόγειων υδάτων τους. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λάβει τιμή παραπλήσια με τον υπολογισμένο μέσο όρο 1 μg/l.

Η μέγιστη τιμή 19 μg/l καταγράφηκε το Νοέμβριο του 2013 στο υδατικό σύστημα Ζεφυριάς στη Μήλο. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα των Νήσων Αιγαίου.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (μg/l)
0,05	0,50
0,10	0,50
0,15	0,50
0,20	0,50
0,25	0,50
0,30	0,50
0,35	0,50
0,40	0,50
0,45	0,50
0,50	0,50
0,55	0,50
0,60	0,50
0,65	0,50
0,70	0,50
0,75	0,50
0,80	0,50
0,85	0,50
0,90	1,00
0,95	5,00
1,00	19,00



Σχήμα 5.10: Αθροιστική καμπύλη κατανομής καδμίου

Χλωροϊόντα

Σε πολλά υπόγεια υδάτινα σώματα στην Ελλάδα καταγράφονται αξιόλογες συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου λόγω της εισροής θαλασσινού νερού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 250 mg/l. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων αρσενικού σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	7505
Μέγιστη τιμή	8014
Ελάχιστη τιμή	0,3
Μέση τιμή	180,6281
Διάμεσος	42,55
Τυπική απόκλιση	477,3822
90% (ποσοστημόριο)	407,8
75% (ποσοστημόριο)	124,1

Σχήμα 5.11: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων ιόντων χλωρίου

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

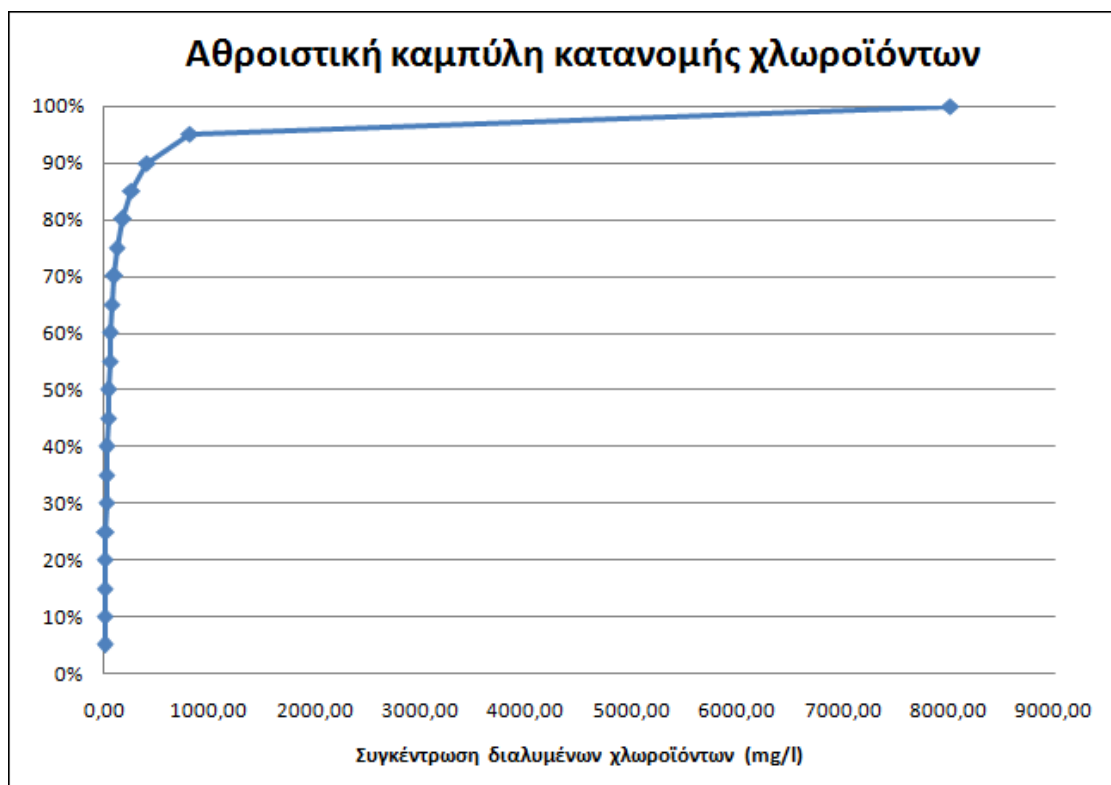
$$0,75 \times 250 \frac{mg}{l} = 187,5 mg/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (180,63 mg/l) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (250 mg/l), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (187,5 mg/l). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 7505 μετρήσεις διαλυμένων χλωροϊόντων. Από αυτές οι 1483 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 1160 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 1456 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι το ανώτερο επιτρεπτό όριο που έχει θεσπιστεί είναι λογικό βάσει των μετρήσεων που προέκυψαν. Βέβαια, θα μπορούσε να υιοθετηθεί το 75% της τιμής αυτής ως νέο ανώτατο όριο (7,5 mg/l) στα πλαίσια μιας αυστηρότερης πολιτικής για την περαιτέρω αναβάθμιση των υπόγειων υδάτινων σωμάτων. Το σκεπτικό αυτό βασίζεται στο γεγονός ότι ένα μικρό μέρος των μετρήσεων υπερβαίνει την υφιστάμενη ανώτερη επιτρεπτή τιμή.

Η μέγιστη τιμή 8014 mg/l καταγράφηκε δύο φορές (Φεβρουάριος 2014, Ιούλιος 2014 και Οκτώβριος 2014) στο υδατικό σύστημα Παρνασσού με κωδικό EL0708. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (mg/l)
0,05	5,30
0,10	7,10
0,15	9,90
0,20	13,00
0,25	15,97
0,30	19,50
0,35	23,10
0,40	28,40
0,45	35,46
0,50	42,55
0,55	51,40
0,60	60,30
0,65	74,50
0,70	95,70
0,75	124,10
0,80	177,30
0,85	262,40
0,90	407,80
0,95	815,80
1,00	8014,00



Σχήμα 5.12: Αθροιστική καμπύλη κατανομής χλωροϊόντων

Εξασθενές χρώμιο

Μολονότι το εξασθενές χρώμιο σύμφωνα με τελευταίες έρευνες είναι ύποπτο ως καρκινογόνο ουσία, δεν έχει θεσπιστεί ανώτερη επιτρεπτή τιμή στο πόσιμο νερό. Θεσμοθετημένο όριο υπάρχει μόνο για το ολικό χρώμιο το οποίο μπορεί να μετρηθεί ευκολότερα σε αντίθεση με το εξασθενές χρώμιο το οποίο είναι ιδιαίτερα ασταθές. Το όριο στο νερό για το ολικό χρώμιο είναι 50 µg/l. Το όριο αυτό έχει προταθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και έχει υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση μέσω της Οδηγίας 98/83/ΕΚ. Αξίζει να αναφερθεί ότι το 2011 ο Οργανισμός Περιβαλλοντικής Προστασίας της Καλιφόρνιας έθεσε ως όριο για το εξασθενές χρώμιο την τιμή συγκέντρωσης 0,02 µg/l λαμβάνοντας υπ' όψιν τις σοβαρές επιπτώσεις.

Στην Ελλάδα εκφράζουν ανησυχίες σχετικά με το ζήτημα αυτό αρκετοί οργανισμοί αλλά και πολίτες. Ειδικά σε περιοχές όπου παρατηρείται ρύπανση λόγω εξασθενούς χρωμίου, όπως είναι η λεκάνη απορροής του Ασωπού, οι ανησυχίες είναι ευλόγως αυξημένες. Έτσι, τον Ιανουάριο του 2011 το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής σε συνεργασία με το Υπουργείο Υγείας διοργάνωσε ένα διεθνές συνέδριο στο οποίο παραβρέθηκαν επιστήμονες από διάφορες χώρες για να συζητήσουν τα ζητήματα που σχετίζονται με την παρουσία του εξασθενούς χρωμίου στο πόσιμο νερό. Όλοι οι συμμετέχοντες συμφώνησαν ότι υπάρχουν αρκετές έρευνες που τεκμηριώνουν την τοξικότητα του εξασθενούς χρωμίου τόσο μέσω εισπνοής όσο και μέσω κατάποσης. Επίσης, κατά γενική ομοφωνία αναγνωρίστηκε η ανάγκη ότι πιθανότατα θα πρέπει να υιοθετηθεί όριο αυστηρότερο του θεσμοθετημένου στην Ελλάδα.

Συνήθως, στα υπόγεια νερά παρατηρείται ότι η συγκέντρωση εξασθενούς χρωμίου είναι το 80% της συγκέντρωσης του ολικού χρωμίου. . Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων εξασθενούς χρωμίου σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

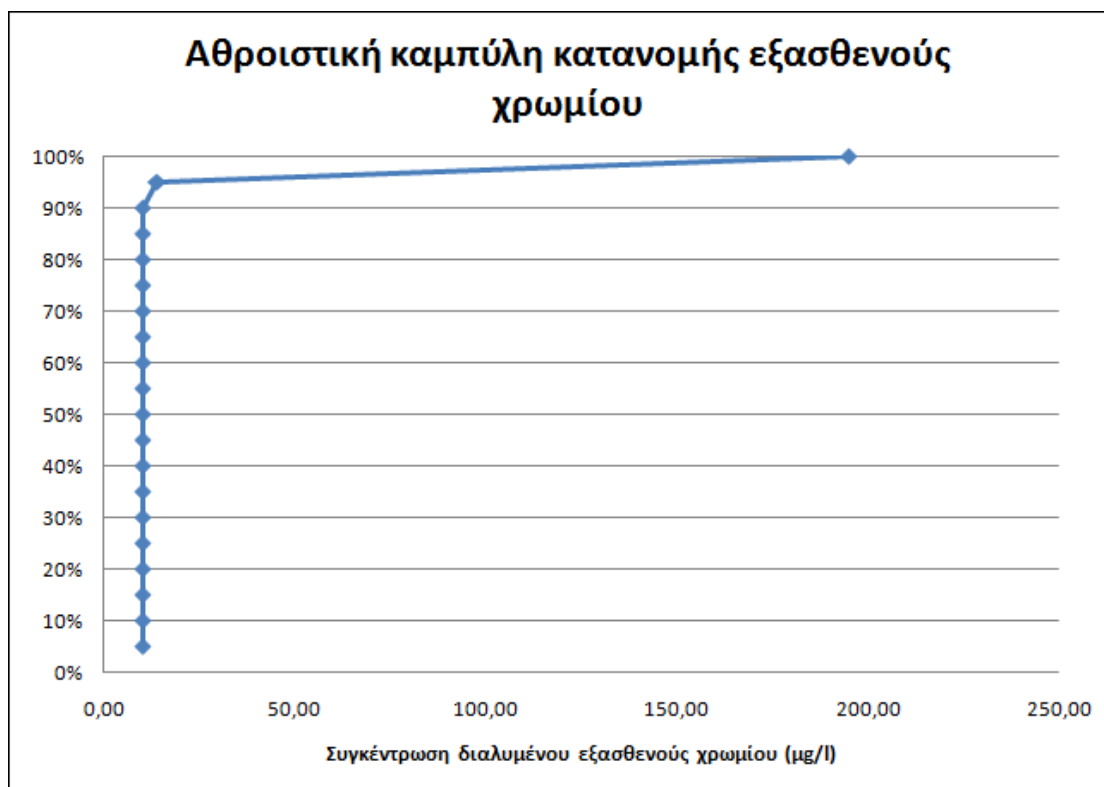
Πλήθος μετρήσεων	3515
Μέγιστη τιμή	195
Ελάχιστη τιμή	0,5
Μέση τιμή	11,05673
Διάμεσος	10
Τυπική απόκλιση	8,469612
90% (ποσοστημόριο)	10
75% (ποσοστημόριο)	10

Σχήμα 5.13: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων διαλυμένου εξασθενούς χρωμίου

Λόγω απουσίας θεσμοθετημένης ανώτερης επιτρεπτής τιμής οι σχετικές μετρήσεις θα συγκριθούν με τα όρια 37,5 µg/l, 30 µg/l, 10 µg/l και 5 µg/l.

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 3515 μετρήσεις. Η μέση τιμή των μετρήσεων προέκυψε 11,05 μg/l, δηλαδή μικρότερη του ορίου 37,5 μg/l και του ορίου 30 μg/l, αλλά μεγαλύτερη των ορίων 10 μg/l και 5 μg/l. Μάλιστα, 57 μετρήσεις μόνο βρέθηκαν να υπερβαίνουν το όριο 37,5 μg/l, 73 μετρήσεις βρέθηκαν να υπερβαίνουν το όριο 30 μg/l, 203 μετρήσεις βρέθηκαν να υπερβαίνουν το όριο 10 μg/l και 3411 μετρήσεις βρέθηκαν να υπερβαίνουν το όριο 5 μg/l. Συνεπώς, θα μπορούσε να υιοθετηθεί ως όριο υπέρ της ασφαλείας στην Ελλάδα η τιμή 10 μg/l.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (μg/l)
0,05	10,00
0,10	10,00
0,15	10,00
0,20	10,00
0,25	10,00
0,30	10,00
0,35	10,00
0,40	10,00
0,45	10,00
0,50	10,00
0,55	10,00
0,60	10,00
0,65	10,00
0,70	10,00
0,75	10,00
0,80	10,00
0,85	10,00
0,90	10,00
0,95	14,00
1,00	195,00



Σχήμα 5.14: Αθροιστική καμπύλη κατανομής εξασθενούς χρωμίου

Ολικό χρώμιο

Ένας άλλος ρύπος που χρήζει παρακολούθησης στα υπόγεια ύδατα είναι το ολικό χρώμιο. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 50 μg/l. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων αρσενικού σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	3606
Μέγιστη τιμή	600
Ελάχιστη τιμή	0,5
Μέση τιμή	7,629937
Διάμεσος	5
Τυπική απόκλιση	15,63692
90% (ποσοστημόριο)	9
75% (ποσοστημόριο)	5

Σχήμα 5.15: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων διαλυμένου χρωμίου (ολικού)

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

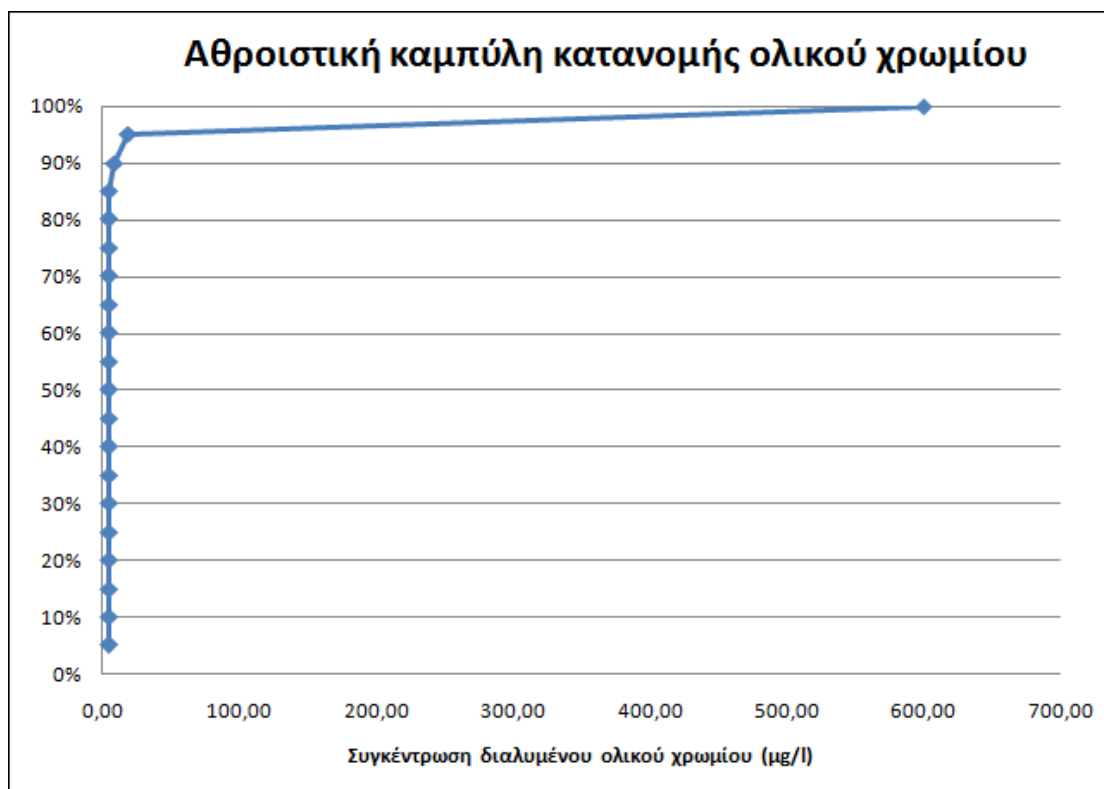
$$0,75 \times 50 \frac{\mu g}{l} = 37,5 \mu g/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (7,63 μg/l) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (50 μg/l), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (37,5 μg/l). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3606 μετρήσεις διαλυμένου ολικού χρωμίου. Από αυτές οι 412 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 48 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 79 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Συνεπώς, παρατηρείται ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών μετρήσεων υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής. Ταυτόχρονα, η μέση τιμή των μετρήσεων είναι σημαντικά μικρότερη από το ανώτερο επιτρεπτό όριο. Συμπερασματικά, το ανώτερο επιτρεπτό όριο θα μπορούσε να γίνει πιο αυστηρό, με στόχο την περαιτέρω αναβάθμιση των υπόγειων υδάτων. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λάβει τιμή παραπλήσια με τον υπολογισμένο μέσο όρο (7,63μg/l), όπως 8 μg/l.

Η μέγιστη τιμή 600 μg/l καταγράφηκε το Νοέμβριο του 2013 στο υδατικό σύστημα Καρστικού υποσυστήματος ΝΔ Βερμίου – Άσκιου όρους με κωδικό EL0907. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (μg/l)
0,05	5,00
0,10	5,00
0,15	5,00
0,20	5,00
0,25	5,00
0,30	5,00
0,35	5,00
0,40	5,00
0,45	5,00
0,50	5,00
0,55	5,00
0,60	5,00
0,65	5,00
0,70	5,00
0,75	5,00
0,80	5,00
0,85	5,00
0,90	9,00
0,95	18,75
1,00	600,00



Σχήμα 5.16: Αθροιστική καμπύλη κατανομής ολικού χρωμίου

Μόλυβδος

Ο μόλυβδος είναι ένας ακόμη ρύπος που θα πρέπει να παρακολουθείται στα υπόγεια ύδατα. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 25 μg/l. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων αρσενικού σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	3580
Μέγιστη τιμή	590
Ελάχιστη τιμή	1,6
Μέση τιμή	7,168378
Διάμεσος	5
Τυπική απόκλιση	16,59986
90% (ποσοστημόριο)	5
75% (ποσοστημόριο)	5

Σχήμα 5.17: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων διαλυμένου μολύβδου

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

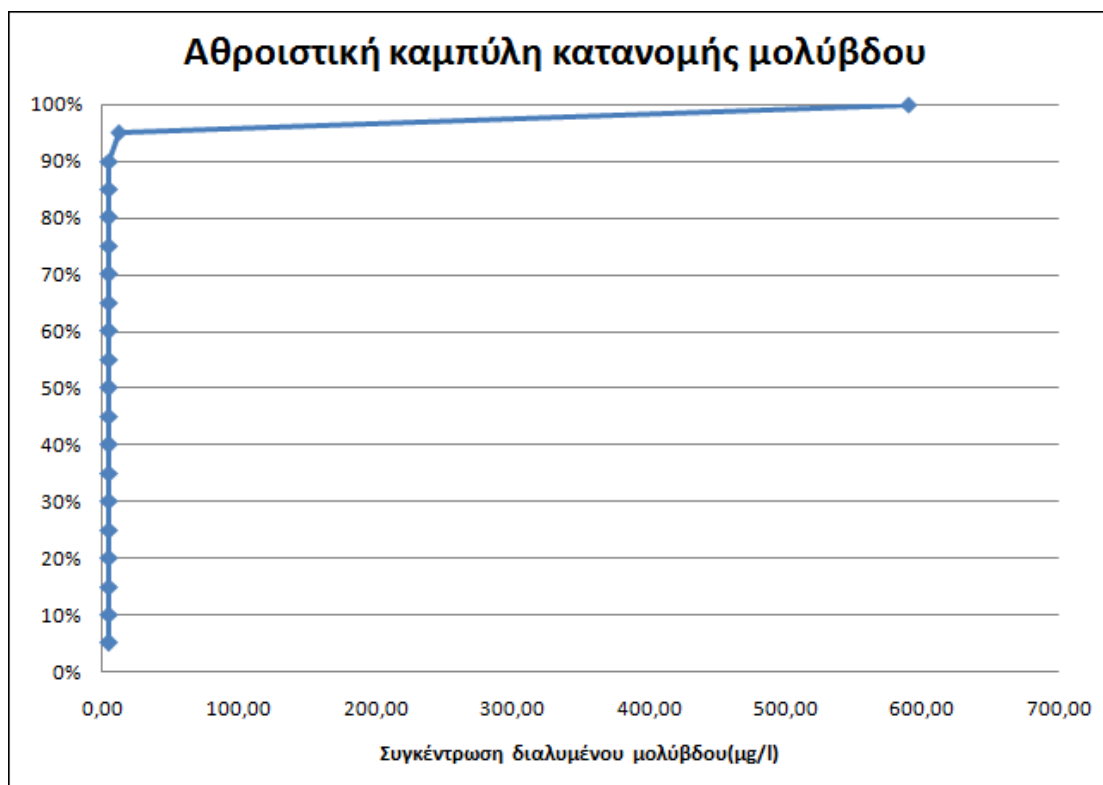
$$0,75 \times 25 \frac{\mu g}{l} = 18,75 \mu g/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (7,17 $\mu g/l$) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (25 $\mu g/l$), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (18,75 $\mu g/l$). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3580 μετρήσεις διαλυμένου μολύβδου. Από αυτές οι 275 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 92 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 128 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Συνεπώς, παρατηρείται ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών μετρήσεων υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής. Ταυτόχρονα, η μέση τιμή των μετρήσεων είναι σημαντικά μικρότερη από το ανώτερο επιτρεπτό όριο. Συμπερασματικά, το ανώτερο επιτρεπτό όριο θα μπορούσε να γίνει πιο αυστηρό, με στόχο την περαιτέρω αναβάθμιση των υπόγειων υδάτων. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λάβει τιμή παραπλήσια με τον υπολογισμένο μέσο όρο, όπως 7 $\mu g/l$ ή 8 $\mu g/l$.

Η μέγιστη τιμή 590 $\mu g/l$ καταγράφηκε το Νοέμβριο του 2013 στο υδατικό σύστημα Ξάνθης - Κομοτηνής με κωδικό EL1205. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Θράκης.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου ($\mu g/l$)
0,05	5,00
0,10	5,00
0,15	5,00
0,20	5,00
0,25	5,00
0,30	5,00
0,35	5,00
0,40	5,00
0,45	5,00
0,50	5,00
0,55	5,00
0,60	5,00
0,65	5,00
0,70	5,00
0,75	5,00
0,80	5,00
0,85	5,00
0,90	5,00
0,95	12,14
1,00	590,00



Σχήμα 5.18: Αθροιστική καμπύλη κατανομής μολύβδου

Υδράργυρος

Ο υδράργυρος χρήζει επίσης παρακολούθησης στα υπόγεια ύδατα. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 1 μγ/λ. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων αρσενικού σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	3359
Μέγιστη τιμή	18,9
Ελάχιστη τιμή	0
Μέση τιμή	0,5134951
Διάμεσος	0,5
Τυπική απόκλιση	0,4330478
90% (ποσοστημόριο)	0,5
75% (ποσοστημόριο)	0,5

Σχήμα 5.19: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων διαλυμένου υδραργύρου

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

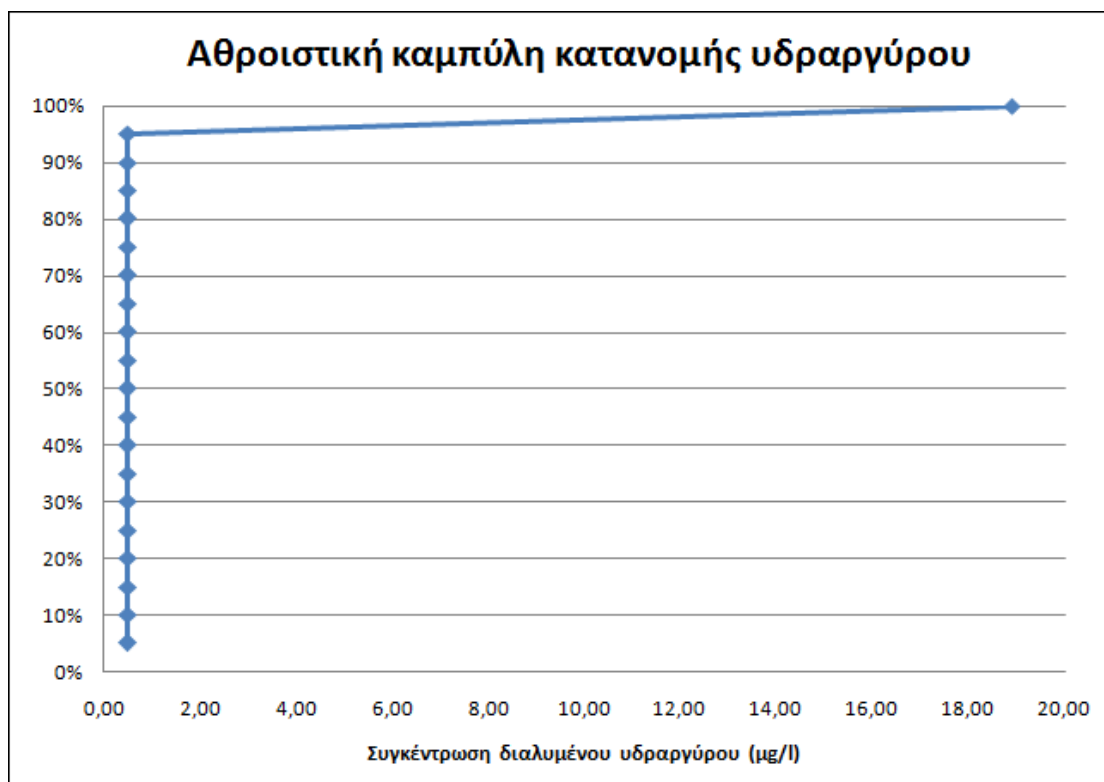
$$0,75 \times 1 \frac{\mu g}{l} = 0,75 \mu g/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (0,513 $\mu g/l$) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (1 $\mu g/l$), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (0,75 $\mu g/l$). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3359 μετρήσεις διαλυμένου υδραργύρου. Από αυτές οι 21 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 8 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 16 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Παρατηρείται ότι το πλήθος των μετρήσεων που υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής είναι εξαιρετικά μικρό συγκριτικά με το συνολικό πλήθος των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν. Κατά συνέπεια, είναι λογικό να μειωθεί το ανώτερο επιτρεπτό όριο και να γίνει πιο αυστηρό, με στόχο την περαιτέρω αναβάθμιση των υπόγειων υδάτων. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λάβει τιμή παραπλήσια με τον υπολογισμένο μέσο όρο, όπως 0,5 $\mu g/l$.

Η μέγιστη τιμή 18,9 $\mu g/l$ καταγράφηκε τον Ιούνιο του 2015 στο υδατικό σύστημα Ορεστιάδας με κωδικό EL1201. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Θράκης.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου ($\mu g/l$)
0,05	0,50
0,10	0,50
0,15	0,50
0,20	0,50
0,25	0,50
0,30	0,50
0,35	0,50
0,40	0,50
0,45	0,50
0,50	0,50
0,55	0,50
0,60	0,50
0,65	0,50
0,70	0,50
0,75	0,50
0,80	0,50
0,85	0,50
0,90	0,50
0,95	0,50
1,00	18,90



Σχήμα 5.20: Αθροιστική καμπύλη κατανομής υδραργύρου

Νικέλιο

Ένας ακόμη ρύπος που θα πρέπει να παρακολουθείται στα υπόγεια ύδατα είναι το νικέλιο. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 20 μγ/λ. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων αρσενικού σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	3581
Μέγιστη τιμή	2000
Ελάχιστη τιμή	1
Μέση τιμή	8,347786
Διάμεσος	5
Τυπική απόκλιση	34,10551
90% (ποσοστημόριο)	13
75% (ποσοστημόριο)	8

Σχήμα 5.21: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων διαλυμένου νικελίου

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

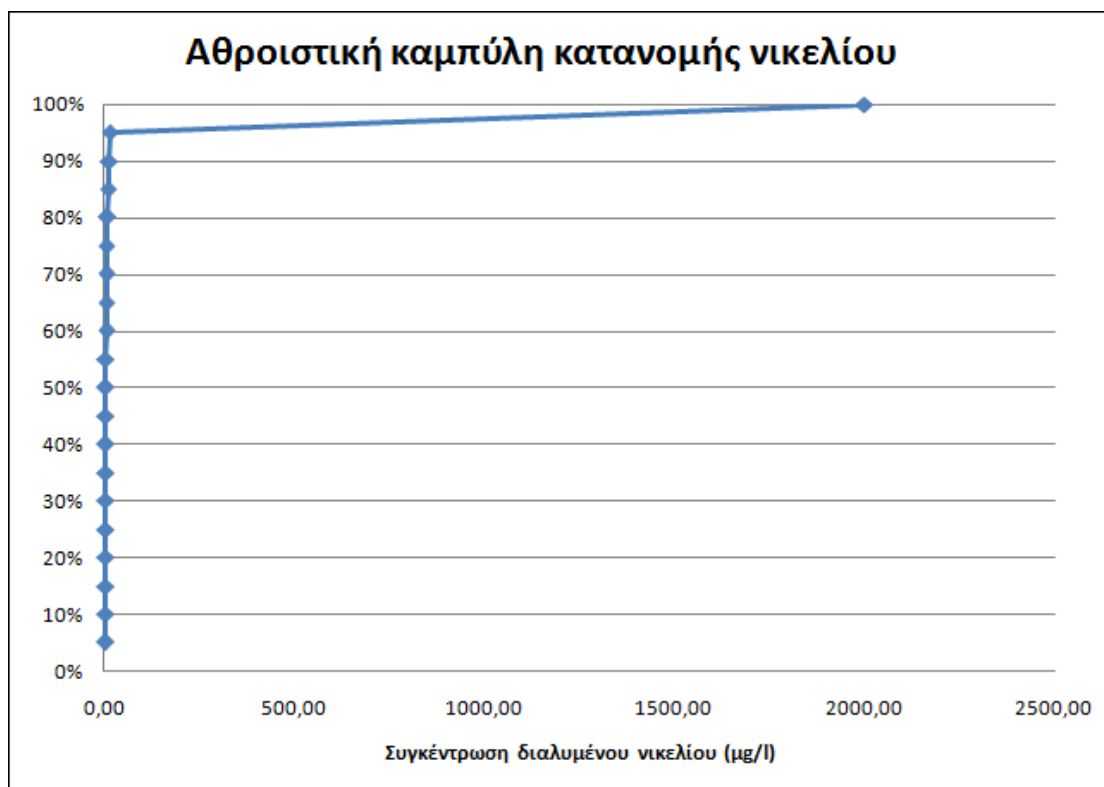
$$0,75 \times 20 \frac{\mu g}{l} = 15 \mu g/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (8,348 $\mu g/l$) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (20 $\mu g/l$), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (15 $\mu g/l$). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 3581 μετρήσεις διαλυμένου νικελίου. Από αυτές οι 798 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 123 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 240 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Παρατηρείται ότι το πλήθος των μετρήσεων που υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής είναι εξαιρετικά μικρό συγκριτικά με το συνολικό πλήθος των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν. Η μέση τιμή των μετρήσεων είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, καθώς και μικρότερη του 75% αυτής. Κατά συνέπεια, το ανώτερο επιτρεπτό όριο θα μπορούσε να τροποποιηθεί και να γίνει πιο αυστηρό. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λάβει τιμή παραπλήσια με τον υπολογισμένο μέσο όρο, όπως 8,5 $\mu g/l$.

Η μέγιστη τιμή 2000 $\mu g/l$ καταγράφηκε το Φεβρουάριο του 2013 στο υδατικό σύστημα Κοκκώδες σύστημα Κολινδρού με κωδικό EL0916. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου ($\mu g/l$)
0,05	5,00
0,10	5,00
0,15	5,00
0,20	5,00
0,25	5,00
0,30	5,00
0,35	5,00
0,40	5,00
0,45	5,00
0,50	5,00
0,55	5,00
0,60	6,00
0,65	6,05
0,70	7,00
0,75	8,00
0,80	9,00
0,85	10,00
0,90	13,00
0,95	17,08
1,00	2000,00



Σχήμα 5.22: Αθροιστική καμπύλη κατανομής νικελίου

Θειικά ιόντα

Τα θειικά ιόντα θα πρέπει επίσης να παρακολουθούνται στα υπόγεια ύδατα. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 250 mg/l. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων θειικών ιόντων σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	7481
Μέγιστη τιμή	2305
Ελάχιστη τιμή	0,1
Μέση τιμή	76,67517
Διάμεσος	41,05
Τυπική απόκλιση	130,3965
90% (ποσοστημόριο)	169
75% (ποσοστημόριο)	88,3

Σχήμα 5.23: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων θειικών ιόντων

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

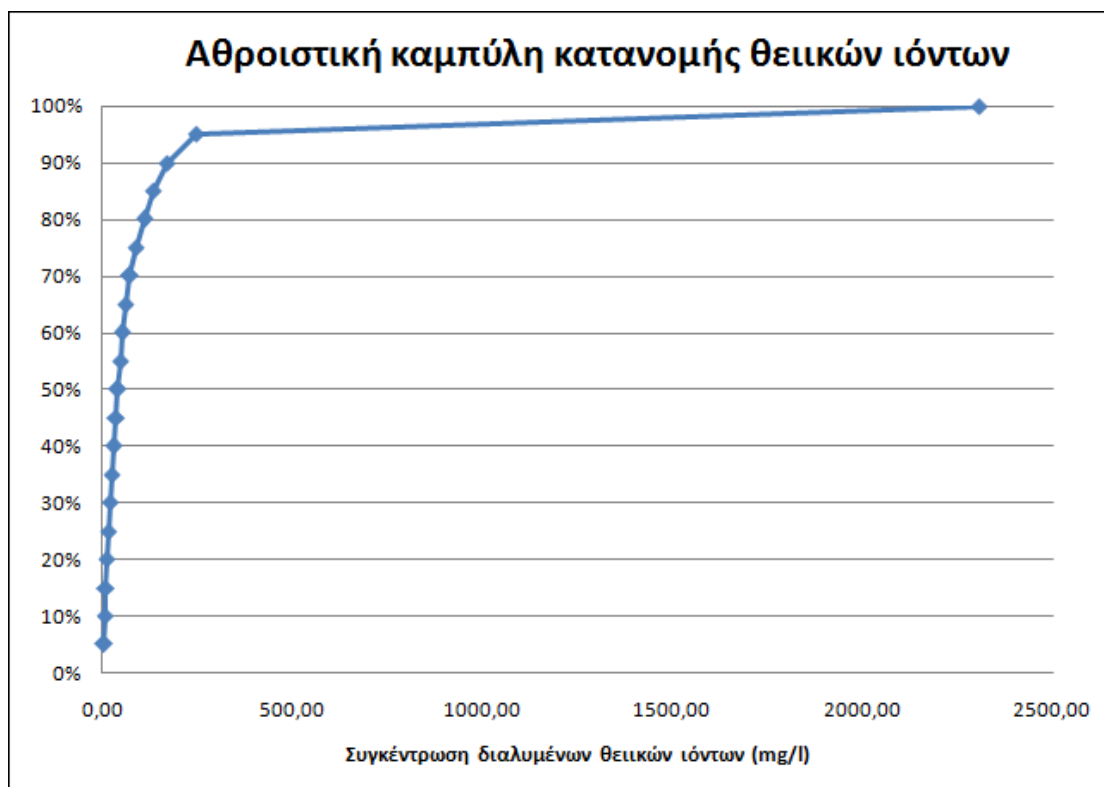
$$0,75 \times 250 \frac{mg}{l} = 187,5 mg/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (76,67 mg/l) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (250 mg/l), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (187,5 mg/l). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 7481 μετρήσεις διαλυμένων θεικών ριζών. Από αυτές οι 2142 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 365 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 634 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Συνεπώς, παρατηρείται ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών μετρήσεων υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής. Ταυτόχρονα, η μέση τιμή των μετρήσεων είναι σημαντικά μικρότερη από το ανώτερο επιτρεπτό όριο. Συμπερασματικά, το ανώτερο επιτρεπτό όριο θα μπορούσε να γίνει πιο αυστηρό, με στόχο την περαιτέρω αναβάθμιση των υπόγειων υδάτων. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λάβει τιμή παραπλήσια με τον υπολογισμένο μέσο όρο, όπως 75 mg/l ή 80 mg/l.

Η μέγιστη τιμή 2305 mg/l καταγράφηκε το Νοέμβριο του 2013 στο υδατικό σύστημα Κοκκώδες Σύστημα Αμυνταίου Φλώρινας με κωδικό EL0905. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (mg/l)
0,05	5,00
0,10	5,90
0,15	9,10
0,20	12,50
0,25	15,50
0,30	19,34
0,35	24,00
0,40	30,00
0,45	35,40
0,50	41,05
0,55	46,50
0,60	52,90
0,65	62,00
0,70	73,00
0,75	88,30
0,80	110,00
0,85	132,65
0,90	169,00
0,95	246,35
1,00	2305,00



Σχήμα 5.24: Αθροιστική καμπύλη κατανομής θεικών ιόντων

Αμμώνιο

Το αμμώνιο είναι μια σημαντική παράμετρος στα υπόγεια ύδατα και θα πρέπει να παρακολουθείται. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 0,5 mg/l. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων θεικών ιόντων σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	7565
Μέγιστη τιμή	54
Ελάχιστη τιμή	0,01
Μέση τιμή	0,218254
Διάμεσος	0,02
Τυπική απόκλιση	1,610911
90% (ποσοστημόριο)	0,06
75% (ποσοστημόριο)	0,04

Σχήμα 5.25: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων αμμωνίου

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

$$0,75 \times 0,5 \frac{mg}{l} = 0,375 mg/l$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (0,21 mg/l) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (0,5 mg/l), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (0,375 mg/l). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 7565 μετρήσεις για το αμμώνιο. Από αυτές οι 454 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 314 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 363 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Συνεπώς, παρατηρείται ότι ένα μικρό μέρος των συνολικών μετρήσεων υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής. Η μέση τιμή των μετρήσεων είναι λίγο μικρότερη από το ανώτερο επιτρεπτό όριο. Το ανώτερο επιτρεπτό όριο θα μπορούσε επομένως να μειωθεί χωρίς βέβαια να συντρέχει ιδιαίτερος λόγος τροποποίησής του.

Η μέγιστη τιμή 54 mg/l καταγράφηκε τον Ιούνιο του 2015 στο υδατικό σύστημα Κοκκώδες Σύστημα Κάτω Ρου Αλιάκμονα με κωδικό EL1006. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Μακεδονίας.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (mg/l)
0,05	0,02
0,10	0,02
0,15	0,02
0,20	0,02
0,25	0,02
0,30	0,02
0,35	0,02
0,40	0,02
0,45	0,02
0,50	0,02
0,55	0,02
0,60	0,02
0,65	0,02
0,70	0,02
0,75	0,04
0,80	0,06
0,85	0,06
0,90	0,06
0,95	0,35
1,00	54,00



Σχήμα 5.26: Αθροιστική καμπύλη κατανομής αμμωνίου

Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί αντιπροσωπευτικό δείκτη της χημικής κατάστασης ενός υπόγειου υδάτινου συστήματος και θα πρέπει να παρακολουθείται. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων θεικών ιόντων σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	11800
Μέγιστη τιμή	73700
Ελάχιστη τιμή	3,26
Μέση τιμή	1168,74
Διάμεσος	726
Τυπική απόκλιση	2196,556
90% (ποσοστημόριο)	2050
75% (ποσοστημόριο)	1119

Σχήμα 5.27: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

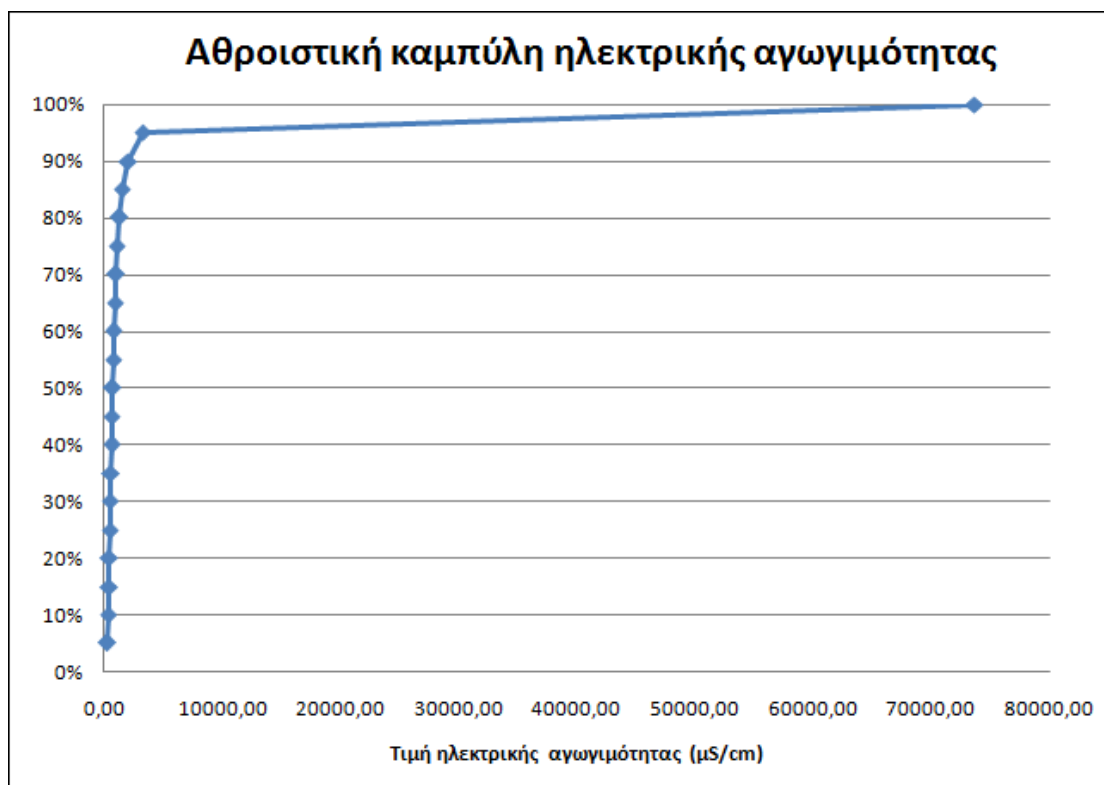
$$0,75 \times 2500 \frac{\mu S}{cm} = 1875 \frac{\mu S}{cm}$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (1168,74 $\mu S/cm$) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (2500 $\mu S/cm$), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (1875 $\mu S/cm$). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 11800 μετρήσεις διαλυμένων θεικών ριζών. Από αυτές οι 2733 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 896 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 1362 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Συνεπώς, παρατηρείται ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό των συνολικών μετρήσεων υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής. Ταυτόχρονα, η μέση τιμή των μετρήσεων είναι σημαντικά μικρότερη από το ανώτερο επιτρεπτό όριο. Συμπερασματικά, το ανώτερο επιτρεπτό όριο θα μπορούσε να γίνει πιο αυστηρό, με στόχο την περαιτέρω αναβάθμιση των υπόγειων υδάτων. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να λάβει τιμή παραπλήσια με τον υπολογισμένο μέσο όρο, όπως 1100 $\mu S/cm$ ή 1200 $\mu S/cm$.

Η μέγιστη τιμή 73700 $\mu S/cm$ καταγράφηκε το Δεκέμβριο του 2015 στο υδατικό σύστημα Παραέβριας Περιοχής – Δέλτα Έβρου με κωδικό EL1202. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Θράκης.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου ($\mu S/cm$)
0,05	307,95
0,10	375,00
0,15	418,00
0,20	459,00
0,25	499,00
0,30	542,00
0,35	583,00
0,40	630,00
0,45	680,00
0,50	726,00
0,55	776,00
0,60	837,00
0,65	911,35
0,70	1003,00
0,75	1119,00
0,80	1286,00
0,85	1548,00
0,90	2050,00
0,95	3240,00
1,00	73700,00



Σχήμα 5.28: Αθροιστική καμπύλη κατανομής ηλεκτρικής αγωγιμότητας

Νιτρικά ιόντα

Η συγκέντρωση των νιτρικών είναι μια ακόμη παράμετρος που παρακολουθείται στα υπόγεια ύδατα. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 50 mg/l. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων θεικών ιόντων σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	7473
Μέγιστη τιμή	1177
Ελάχιστη τιμή	0,05
Μέση τιμή	29,97386
Διάμεσος	12,6
Τυπική απόκλιση	48,8232
90% (ποσοστημόριο)	72,2
75% (ποσοστημόριο)	35,1

Σχήμα 5.29: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων της συγκέντρωσης νιτρικών

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

$$0,75 \times 50 \frac{mg}{l} = 37,5 \frac{mg}{l}$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (29,97 mg/l) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (50 mg/l), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (37,5 mg/l). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 7473 μετρήσεις συγκέντρωσης νιτρικών. Από αυτές οι 2137 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 1238 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 1750 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Παρατηρείται ότι ένα σεβαστό μέρος των μετρήσεων υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής. Συμπερασματικά, το ανώτερο επιτρεπτό όριο που έχει θεσπιστεί θεωρείται λογικό βάσει των δεδομένων αυτών.

Η μέγιστη τιμή 1177 mg/l καταγράφηκε το Δεκέμβριο του 2013 στο υδατικό σύστημα Μαυροβουνίου – Διδύμων με κωδικό EL0303. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Πελοποννήσου.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (mg/l)
0,05	5,00
0,10	5,00
0,15	5,00
0,20	5,00
0,25	5,00
0,30	5,20
0,35	6,50
0,40	8,10
0,45	10,30
0,50	12,60
0,55	15,20
0,60	18,30
0,65	22,80
0,70	28,34
0,75	35,10
0,80	42,80
0,85	54,10
0,90	72,20
0,95	113,00
1,00	1177,00



Σχήμα 5.30: Αθροιστική καμπύλη κατανομής νιτρικών

Τιμή pH

Η τιμή του pH παρακολουθείται επίσης στα συστήματα υπόγειων υδάτων. Το αποδεκτό εύρος τιμών σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 6,50 – 9,50. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων θεικών ιόντων σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	11736
Μέγιστη τιμή	11,82
Ελάχιστη τιμή	3,8
Μέση τιμή	7,614195
Διάμεσος	7,57
Τυπική απόκλιση	0,49752
90% (ποσοστημόριο)	8,2
75% (ποσοστημόριο)	7,87

Σχήμα 5.31: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων της τιμής του pH

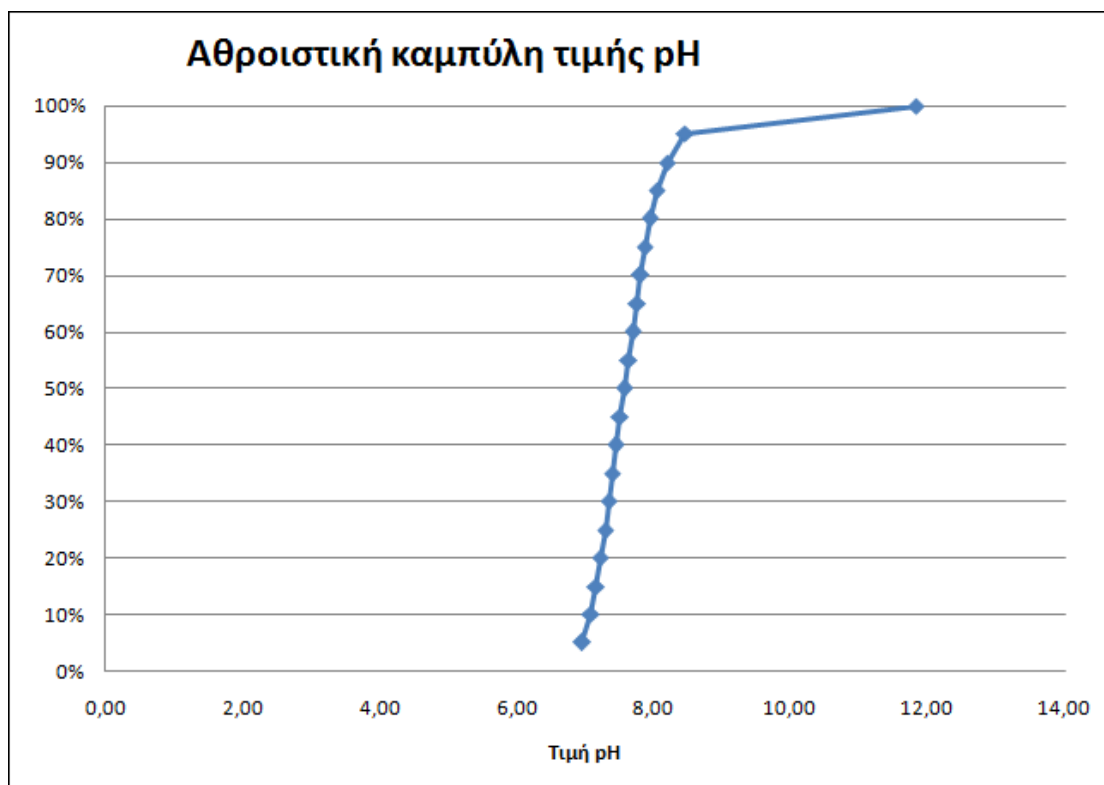
Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (7,61) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (9,50), καθώς και μεγαλύτερη της κατώτερης επιτρεπτής (6,50).

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 11736 μετρήσεις της τιμής του pH. Από αυτές μόνο οι 61 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μικρότερη της κατώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 67 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Παρατηρείται ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μετρήσεων βρίσκεται εντός του αποδεκτού εύρους.

Η μέγιστη τιμή 11,82 μετρήθηκε το Μάρτιο του 2015 στο υδατικό σύστημα Δοϊράνης με κωδικό EL1004 στο υδατικό διαμέρισμα της Κεντρικής Μακεδονίας. Η ελάχιστη τιμή 3,8 μετρήθηκε τον Ιούλιο του 2013 στο υδατικό σύστημα Καλού Νερού – Νέδας με κωδικό EL0105 στο υδατικό διαμέρισμα της Δυτικής Πελοποννήσου. Poy mporei na ofeiletsi

Ποσοστημόριο	Τιμή pH
0,05	6,96
0,10	7,08
0,15	7,16
0,20	7,22
0,25	7,29
0,30	7,34
0,35	7,40
0,40	7,45
0,45	7,51
0,50	7,57
0,55	7,63
0,60	7,70
0,65	7,76
0,70	7,81
0,75	7,87
0,80	7,94
0,85	8,04
0,90	8,20
0,95	8,46
1,00	11,82



Σχήμα 5.31: Αθροιστική καμπύλη τιμής pH

Νιτρώδη ιόντα

Τέλος, εξετάζεται η συγκέντρωση των νιτρωδών. Η ανώτερη αποδεκτή τιμή σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία είναι 0,50 mg/l. Ύστερα από επεξεργασία των σχετικών μετρήσεων σε όλα τα υδάτινα σώματα της χώρας εξάχθηκε η μέση τιμή των μετρήσεων θεικών ιόντων σε αυτά, καθώς και άλλα χρήσιμα στατιστικά στοιχεία, όπως η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή που καταγράφηκε, η διάμεσος, η τυπική απόκλιση και τα εκατοστημόρια 90% και 75%.

Πλήθος μετρήσεων	7582
Μέγιστη τιμή	72
Ελάχιστη τιμή	0,01
Μέση τιμή	0,221142
Διάμεσος	0,05
Τυπική απόκλιση	1,836074
90% (ποσοστημόριο)	0,1
75% (ποσοστημόριο)	0,06

Σχήμα 5.32: Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων της συγκέντρωσης νιτρωδών

Το 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής είναι:

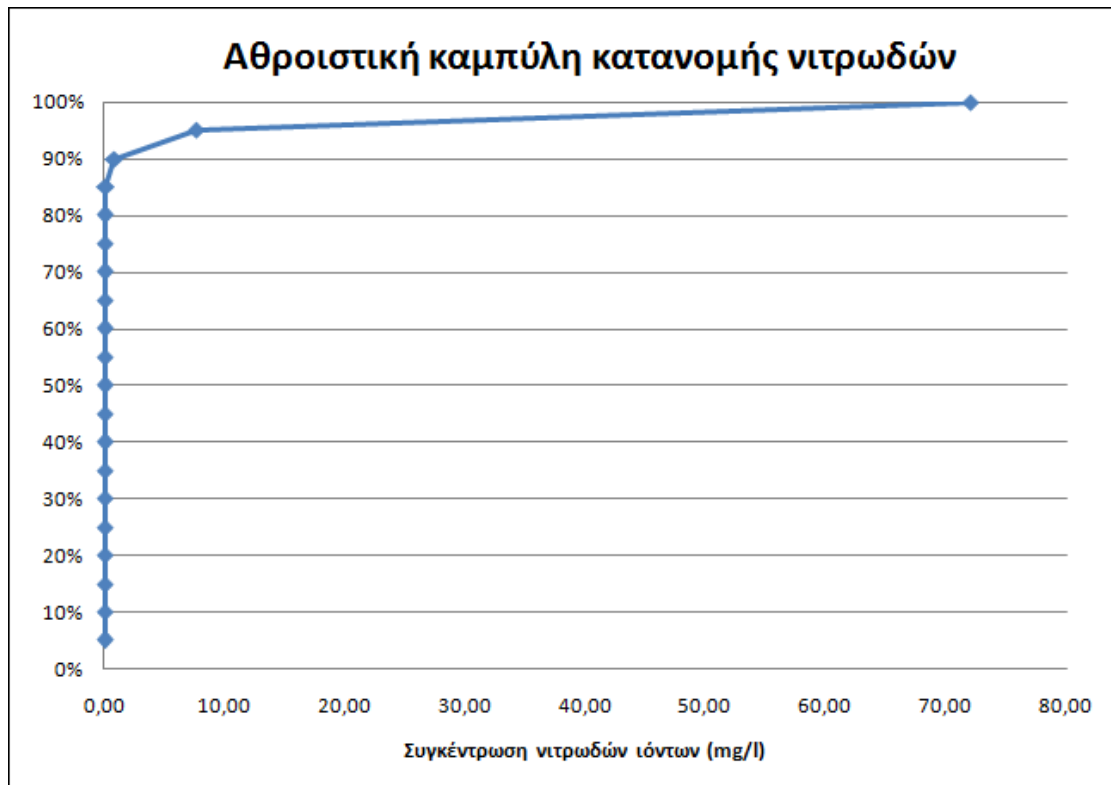
$$0,75 \times 0,50 \frac{mg}{l} = 0,375 \frac{mg}{l}$$

Παρατηρείται ότι η μέση τιμή των μετρήσεων (0,221 mg/l) είναι μικρότερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής (0,50 mg/l), καθώς και μικρότερη του 75% αυτής (0,375 mg/l). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 7582 μετρήσεις συγκέντρωσης νιτρωδών. Από αυτές οι 488 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη από την υπολογισμένη μέση τιμή των μετρήσεων. Επιπλέον, 295 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη της ανώτερης επιτρεπτής τιμής, ενώ 359 μετρήσεις έδειξαν συγκέντρωση μεγαλύτερη του 75% της ανώτερης επιτρεπτής τιμής.

Παρατηρείται ότι ένα μικρό μέρος των μετρήσεων υπερβαίνει την ανώτερη επιτρεπτή τιμή και το 75% αυτής. Ταυτόχρονα, η μέση τιμή προέκυψε μικρότερη του ανώτερου επιτρεπτού ορίου και του 75% της τιμής αυτού. Επομένως, φαίνεται ότι το όριο αυτό θα μπορούσε να λάβει πιο αυστηρή τιμή και να γίνει περισσότερο φιλόδοξο θέτοντας ως στόχο την περαιτέρω αναβάθμιση των υπόγειων υδάτων. Ενδεικτικά, σημειώνεται ότι θα μπορούσε να λάβει τιμή παραπλήσια του υπολογισμένου μέσου όρου των μετρήσεων (π.χ. 0,23 mg/l)

Η μέγιστη τιμή 72 mg/l καταγράφηκε τον Απρίλιο του 2013 στο υδατικό σύστημα Θριασίου Πεδίου με κωδικό EL0604. Το συγκεκριμένο υδατικό σώμα ανήκει στο υδατικό διαμέρισμα της Αττικής.

Ποσοστημόριο	Συγκέντρωση ρύπου (mg/l)
0,05	0,05
0,10	0,05
0,15	0,05
0,20	0,05
0,25	0,05
0,30	0,05
0,35	0,05
0,40	0,05
0,45	0,05
0,50	0,05
0,55	0,05
0,60	0,05
0,65	0,05
0,70	0,05
0,75	0,06
0,80	0,06
0,85	0,06
0,90	0,10
0,95	0,34
1,00	72,00



Σχήμα 5.33: Αθροιστική καμπύλη κατανομής νιτρωδών

Ανάλυση ανά υδατικό διαμέρισμα

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 3501 μετρήσεις για το αρσενικό εκ των οποίων το 6% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των τιμών που υπερβαίνουν την ΑΑΤ αφορούν το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ10 (Κεντρική Μακεδονία). Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η τιμή της ΑΑΤ μπορεί να μειωθεί στα υπόλοιπα υδατικά διαμερίσματα, αλλά να παραμείνει ίδια στο ΥΔ10.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 3663 μετρήσεις για το κάδμιο εκ των οποίων το 3% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Διαπιστώθηκε ότι η πλειοψηφία των τιμών που υπερβαίνουν την ΑΑΤ αφορούν το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ09 (Δυτική Μακεδονία). Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η τιμή της ΑΑΤ μπορεί να μειωθεί στα υπόλοιπα υδατικά διαμερίσματα, αλλά να παραμείνει ίδια στο ΥΔ09.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 7505 μετρήσεις για τα χλωροϊόντα εκ των οποίων το 15% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Οι υπερβάσεις αυτές καταγράφηκαν σχεδόν σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα. Συνεπώς, το όριο δεν μπορεί να μειωθεί ειδικά σε κάποιο συγκεκριμένο υδατικό διαμέρισμα.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 3606 μετρήσεις για το ολικό χρώμιο εκ των οποίων το 1% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Διαπιστώθηκε ότι η

πλειονηφία των τιμών που υπερβαίνουν την ΑΑΤ αφορούν το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ07 (Ανατολική Στερεά Ελλάδα). Συνεπώς, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η τιμή της ΑΑΤ μπορεί να μειωθεί στα υπόλοιπα υδατικά διαμερίσματα, αλλά να παραμείνει ίδια στο ΥΔ07.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 3580 μετρήσεις για το μόλυβδο εκ των οποίων το 3% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Οι υπερβάσεις αυτές καταγράφηκαν σχεδόν σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα. Συνεπώς, το όριο δεν μπορεί να μειωθεί ειδικά σε κάποιο συγκεκριμένο υδατικό διαμέρισμα.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 3359 μετρήσεις για τον υδράργυρο εκ των οποίων μόλις το 0,2% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Το ποσοστό αυτό είναι εξαιρετικά μικρό. Επομένως, θεωρώ ότι το εν λόγω όριο θα μπορούσε να μειωθεί σε όλα τα ΥΔ.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 3581 μετρήσεις για το νικέλιο εκ των οποίων το 3% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Οι υπερβάσεις αυτές καταγράφηκαν σχεδόν σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα. Συνεπώς, το όριο δεν μπορεί να μειωθεί ειδικά σε κάποιο συγκεκριμένο υδατικό διαμέρισμα.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 7481 μετρήσεις για τα θειικά εκ των οποίων το 5% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Οι υπερβάσεις αυτές καταγράφηκαν σχεδόν σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα. Συνεπώς, το όριο δεν μπορεί να μειωθεί ειδικά σε κάποιο συγκεκριμένο υδατικό διαμέρισμα.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 7565 μετρήσεις για το αμμώνιο εκ των οποίων το 4% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Οι υπερβάσεις αυτές καταγράφηκαν σχεδόν σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα. Συνεπώς, το όριο δεν μπορεί να μειωθεί ειδικά σε κάποιο συγκεκριμένο υδατικό διαμέρισμα.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 7473 μετρήσεις για τα νιτρικά εκ των οποίων το 17% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Οι υπερβάσεις αυτές καταγράφηκαν σχεδόν σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα. Συνεπώς, το όριο δεν μπορεί να μειωθεί ειδικά σε κάποιο συγκεκριμένο υδατικό διαμέρισμα.

Σε ολόκληρη τη χώρα πραγματοποιήθηκαν 7582 μετρήσεις για τα νιτρώδη εκ των οποίων το 4% υπερβαίνουν την ανώτερη αποδεκτή τιμή. Οι υπερβάσεις αυτές καταγράφηκαν σχεδόν σε όλα τα υδατικά διαμερίσματα. Συνεπώς, το όριο δεν μπορεί να μειωθεί ειδικά σε κάποιο συγκεκριμένο υδατικό διαμέρισμα.

Τα παραπάνω συμπεράσματα συνοψίζονται τον παρακάτω πίνακα. Ας σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις που προτείνεται μείωση του ορίου συνιστάται να υιοθετηθεί το 75% της παρούσας ΑΑΤ.

	As	Cd	Cl ⁻	Cr	Pb	Hg	Ni	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻
ΥΔ01	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ02	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ03	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ04	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ05	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ06	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ07	↓	↓	—	—	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ08	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ09	↓	—	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ10	—	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ11	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ12	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ13	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
ΥΔ14	↓	↓	—	↓	—	↓	—	—	—	—	—
Ποσοστό υπέρβασης της ΑΑΤ σε όλη τη χώρα	6%	3%	15%	1%	3%	0,2%	3%	5%	4%	17%	4%
Συνολικός αριθμός μετρήσεων	3501	3663	7505	3606	3580	3359	3581	7481	7565	7473	7582

Σχήμα 5.34: Σχηματική απεικόνιση δυνατότητας μεταβολής των ΑΑΤ ανά υδατικό διαμέρισμα

Κεφάλαιο 6 Συμπεράσματα

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί σύνοψη των συμπερασμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση των προηγούμενων κεφαλαίων.

Στα συστήματα επιφανειακών υδάτων πραγματοποιήθηκε συσχέτιση των φυσικοχημικών παραμέτρων μεταξύ τους, συσχέτιση των βιολογικών παραμέτρων μεταξύ τους και συσχέτιση μεταξύ των φυσικοχημικών και των βιολογικών παραμέτρων. Συγκεκριμένα, στις λίμνες διαπιστώθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου και του βαθμού κορεσμού του νερού σε οξυγόνο. Βρέθηκε ακόμη ότι το οριακό βάθος στο οποίο αναπτύσσονται τα μακρόφυτα επηρεάζεται σημαντικά από τη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, το βαθμό κορεσμού του νερού σε οξυγόνο και την τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Προέκυψε, μάλιστα, ότι η συγκέντρωση των νιτρικών και η συγκέντρωση των φωσφορικών δεν επηρεάζονται από κάποια παράμετρο σε γενικές γραμμές. Όσον αφορά τη χλωροφύλλη διαπιστώθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ αυτής της παραμέτρου και της παρουσίας φυτοπλαγκτού, κυανοβακτηρίων και μακρόφυτων. Γενικά, στις λίμνες, φαίνεται ότι, όταν παρατηρούνται αυξημένες τιμές σε έναν βιολογικό δείκτη, τότε και οι υπόλοιποι βιολογικοί δείκτες λαμβάνουν υψηλές τιμές. Από την άλλη πλευρά, στα ποτάμια διαπιστώθηκε υψηλή συγκέντρωση μόνο μεταξύ της συγκέντρωσης ολικών διαλυμένων στερεών και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Πραγματοποιήθηκε προσπάθεια να ανιχνευτεί τυχόν συσχέτιση μεταξύ των φυσικοχημικών και των βιολογικών παραμέτρων στις λίμνες και στα ποτάμια από μια επιπλέον σκοπιά. Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν διαγράμματα στα οποία ο οριζόντιος άξονας απεικόνιζε τη διάσταση του χρόνου ενώ ο κατακόρυφος άξονας τις συγκεντρώσεις διαφόρων παραμέτρων. Τα διαγράμματα που προέκυψαν έδειξαν επίσης ότι δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη συσχέτιση μεταξύ των φυσικοχημικών και των βιολογικών παραμέτρων στα επιφανειακά υδατικά συστήματα. Στα λιμναία συστήματα ένα διάγραμμα το οποίο παρείχε σημαντική πληροφορία ήταν αυτό που συσχέτιζε τη συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου στο νερό με τη θερμοκρασία του νερού. Παρατηρήθηκε ότι αυξανόμενη της θερμοκρασίας του νερού αυξανόταν και η συγκέντρωση κορεσμού του οξυγόνου στο νερό. Το συμπέρασμα αυτό είναι λογικό διότι καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό. Το ίδιο συμπέρασμα προέκυψε και από αντίστοιχο διάγραμμα στα ποταμια συστήματα. Επιπλέον, ένα ακόμη διάγραμμα έδειξε ότι όταν υπάρχει αύξηση της βιομάζας του φυτοπλαγκτόν και των κυανοβακτηρίων αυξάνεται και η συγκέντρωση της χλωροφύλλης στην υδάτινη στήλη. Το συμπέρασμα αυτό φαίνεται επίσης λογικό διότι οι παραπάνω οργανισμοί είναι φωτοσυνθετικοί. Τέλος, στα ποτάμια προέκυψε διάγραμμα στο οποίο παρατηρείται ότι η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό μειώνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του BOD₅ στην υδάτινη στήλη. Αυτό είναι επίσης λογικό διότι όσο περισσότερο οργανικό φορτίο υπάρχει στο νερό τόσο περισσότερο οξυγόνο απαιτείται για τη διάσπασή του. Επομένως, μειώνεται η συγκέντρωση του οξυγόνου που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό.

Στα συστήματα υπόγειων υδάτων εξετάστηκε το ενδεχόμενο να μειωθεί το θεσμοθετημένο ανώτερο αποδεκτό όριο ορισμένων χημικών και φυσικοχημικών παραμέτρων. Προέκυψε ότι είναι θεμιτό να μειωθεί το ανώτατο όριο του διαλυμένου

αρσενικού, με εξαίρεση το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ10, το ανώτατο όριο του διαλυμένου καδμίου, με εξαίρεση το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ09, το ανώτατο όριο του ολικού διαλυμένου χρωμίου, με εξαίρεση το υδατικό διαμέρισμα ΥΔ07, καθώς και σε όλη την επικράτεια τα ανώτερα όρια που έχουν θεσπιστεί για τον υδράργυρο, το μόλυβδο, το νικέλιο, τα θειικά και τα νιτρώδη. Στις περιπτώσεις όπου προτείνεται να μειωθεί το ανώτερο θεσμοθετημένο επιτρεπτό όριο προτείνεται ως νέο όριο τιμή ίση με το 75% της Ανώτερης Αποδεκτής Τιμής ΑΑΤ που αντιστοιχεί στην εκάστοτε παράμετρο. Η τιμή αυτή δεν επιλέχθηκε τυχαία. Θεωρείται ότι το 75% της ανώτερης αποδεκτής τιμής μιας παραμέτρου αποτελεί όριο επιφυλακής. Πρόκειται δηλαδή για το σημείο εκκίνησης μέτρων αντίστροφης τάσης οπότε το υδατικό σύστημα αρχίζει να απειλείται (γίνεται at risk). Μάλιστα, προτάθηκε να υιοθετηθεί ως ανώτερη αποδεκτή τιμή για τη συγκέντρωση εξασθενούς χρωμίου η τιμή 10 $\mu\text{g/l}$, καθώς δεν έχει καθοριστεί η εν λόγω τιμή από την κοινοτική και ελληνική νομοθεσία.

Κεφάλαιο 7 Βιβλιογραφία

Αναθεώρηση 1^η Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών Υδατικού Διαμερίσματος Δυτ. Στερεάς Ελλάδας (EL04), Αναλυτικό κείμενο τεκμηρίωσης: Χαρακτηρισμός, τυπολογία, τυποχαρακτηριστικές συνθήκες αναφοράς και αξιολόγηση/ταξινόμηση της κατάστασης όλων των κατηγοριών επιφανειακών υδατικών συστημάτων, Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας - Ειδική Γραμματεία Υδάτων

Ανδρεαδάκης, Α., Πανταζίδου, Μ. και Σταθόπουλος, Α., Περιβαλλοντική Τεχνολογία, Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα 2008

Κουρουτού, Π., Κάλης, Σ., Χατζησταύρου, Κ. και Λινού, Α., Επίδραση της επαγγελματικής έκθεσης σε βαρέα μέταλλα στη νοσηρότητα και στη θνησιμότητα, Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής, 2012

ΚΥΑ Η.Π. 51354/2641/Ε103/2010 (ΦΕΚ Β΄ 1909) <<Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος ΠΠΠ για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της Οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2008>>.

ΚΥΑ 1811 (ΦΕΚ Β΄ 3322/2011) <<Ορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα, σε εφαρμογή της παραγράφου 2 του Άρθρου 3 της υπ' αριθμ.: 39626/2208/Ε130/2009 κοινής υπουργικής απόφασης (Β΄ 2075)>>

Μάτζαρη, Χρ., Ρύπανση υπόγειων υδροφορέων από αρσενικό – Τεχνικές αναγνώρισης, προστασίας και αποκατάστασης, Θεσσαλονίκη, 2013

Μιμίκου, Μ.Α. και Μπαλτάς, Ε.Α., Τεχνική Υδρολογία, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2006

Μπόμπορη, Δ. και Σαλβαρινα, Ι., Μελέτη βενθικών ασπονδύλων μαλακού υποστρώματος της λίμνης Δοϊράνης, Θεσσαλονίκη, 2009

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

ΠΔ 51/2007 (ΦΕΚ Α΄ 54) <<Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000>>

Ν. 3199/2003 (ΦΕΚ Α' 280) <<Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000>>

ΥΠΕΚΑ, Νικέλιο και κάδμιο σε μεταλλικά αντικείμενα – Επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας – Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Κατάρτιση της 1^{ης} Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Δυτικής Στερεάς Ελλάδας (EL04)

Υψηλάντη, Ο., Βαρέα μέταλλα σε υγρά απόβλητα., Η περίπτωση του υδραργύρου, του καδμίου και του μολύβδου, Μυτιλήνη, 2012

Andreadakis, D., Kornaros, M., Gavalakis, E. and Andreadakis, A., Health and environmental effects of hexavalent chromium and evolution of relevant legislation, 2015

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%83%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C_\(%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF\)](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%81%CF%83%CE%B5%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C_(%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%B9%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF))

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%AC%CE%B4%CE%BC%CE%B9%CE%BF>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Chloride>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B9%CE%BF>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CF%8C%CE%BB%CF%85%CE%B2%CE%B4%CE%BF%CF%82>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B4%CF%81%CE%AC%CF%81%CE%B3%CF%85%CF%81%CE%BF%CF%82>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CE%BB%CE%B9%CE%BF>

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BC%CE%BC%CF%8E%CE%BD%CE%B9%CE%BF>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Nitrate>

http://mycourses.ntua.gr/course_description/index.php?cidReq=PSTGR1156

World Health Organization, Chloride in drinking water, WHO/SDE/WSH/03.04/03

World Health Organization, Sulphate in Drinking-water, WHO/SDE/WSH/03.04/114

ypeka.gr