

Έλεγχος της απόκρισης των βιολογικών κοινοτήτων σε σχέση με τις θρεπτικές ουσίες στις φυσικές λίμνες της Ελλάδας

ΖΕΡΒΑ Ι.*, ΚΕΜΙΤΖΟΓΛΟΥ Δ., ΚΑΤΣΑΒΟΥΝΗ Σ., ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΥ Η., ΠΟΥΡΙΕΒΑ Β., ΖΙΩΓΑ Μ., ΝΑΥΡΟΖΙΔΟΥ Β., ΣΕΦΕΡΛΗΣ Μ., ΣΚΟΠΑ Μ., και ΤΣΙΑΟΥΣΗ Β.

Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας - Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), 14^ο χλμ Θεσσαλονίκης-Μηχανίωνας, 57001, Θέρμη

*E-mail: izerva@ekby.gr

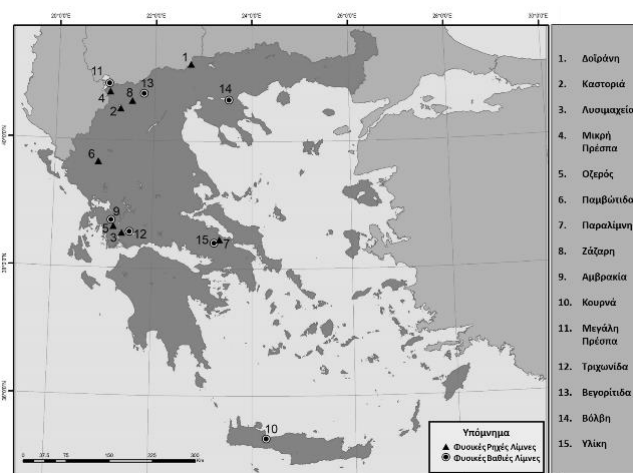
Εισαγωγή

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ, η σύνθεση και η αφθονία των βιολογικών κοινοτήτων καθορίζουν την οικολογική κατάσταση μιας λίμνης, ενώ οι φυσικοχημικές παράμετροι λειτουργούν υποστηρικτικά ως προς αυτό. Οι θρεπτικές ουσίες περιλαμβάνονται στα φυσικοχημικά στοιχεία ποιότητας που πρέπει να παρακολουθούνται με απώτερο σκοπό την επίτευξη της καλής οικολογικής κατάστασης των υδάτινων σωμάτων. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των ανόργανων θρεπτικών ουσιών αποτελούν σημαντικό παράγοντα για τη μη επίτευξή της. Ωστόσο, η σχέση των θρεπτικών και της λειτουργίας του οικοσυστήματος είναι περίπλοκη, γεγονός που καθιστά δύσκολο τον καθορισμό ρεαλιστικών ορίων, δηλαδή των συγκεντρώσεων εκείνων που επιτρέπουν την επίτευξη/διατήρηση της καλής οικολογικής κατάστασης. Ο ολικός φώσφορος (Total Phosphorus, TP) αποτελεί την πλέον προσδιοριζόμενη παράμετρο στις λίμνες και αποτελεί περιοριστικό θρεπτικό-κλειδί για τα επιφανειακά ύδατα, γενικότερα. Γι' αυτό το λόγο, ο καθορισμός ορίων εστιάζει κυρίως στη συγκεκριμένη θρεπτική ουσία (Kelly et al., 2022). Στην παρούσα εργασία, εξετάστηκε η απόκριση των μεταβολών τόσο των βιολογικών κοινοτήτων, όσο και της διαφάνειας, σε ένα σύνολο φυσικών λιμναίων οικοσυστημάτων που κατατάσσονται σε ρηχά πολυμικτικά και σε βαθιά θερμά μονομικτικά, στα όρια των συγκεντρώσεων TP τα οποία έχουν ορισθεί για την επίτευξη καλής οικολογικής κατάστασης.

Υλικά και Μέθοδοι

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προήλθαν από δειγματοληψίες και αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν από το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (ΕΚΒΥ), στο πλαίσιο του Εθνικού Δικτύου Παρακολούθησης των Υδάτων των Λιμνών της Ελλάδας, κατά τη χρονική περίοδο 2016-2023, σε 15 φυσικές λίμνες της χώρας (Σχήμα 1). Τα βιολογικά στοιχεία που εξετάστηκαν ήταν το φυτοπλαγκτό και τα υδρόβια μακρόφυτα, τα δείγματα των οποίων συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου κάθε έτους. Η αναγνώριση και η καταμέτρηση της αφθονίας των φυτοπλαγκτικών ταξινομικών ομάδων έγινε σε οπτικό ανάστροφο μικροσκόπιο με κατάλληλες ταξινομικές κλειδες και σύμφωνα με τη μέθοδο Utermöhl (ISO EN 15204:2006), αντίστοιχα. Η βιομάζα του φυτοπλαγκτού προσδιορίστηκε σύμφωνα με Ευρωπαϊκά Πρότυπα (ISO EN 16695:2015). Το σύνολο των δεδομένων του φυτοπλαγκτού περιελάμβανε 108 λιμνοχρονιές. Αναφορικά με τα υδρόβια μακρόφυτα, χρησιμοποιήθηκαν τα αποτελέσματα 37 μετρήσεων που αφορούσαν στη σύνθεση και 104 μετρήσεων που αφορούσαν στο μέγιστο βάθος αποίκησης (ISO EN 15460:2007). Οι φυσικοχημικές παράμετροι που

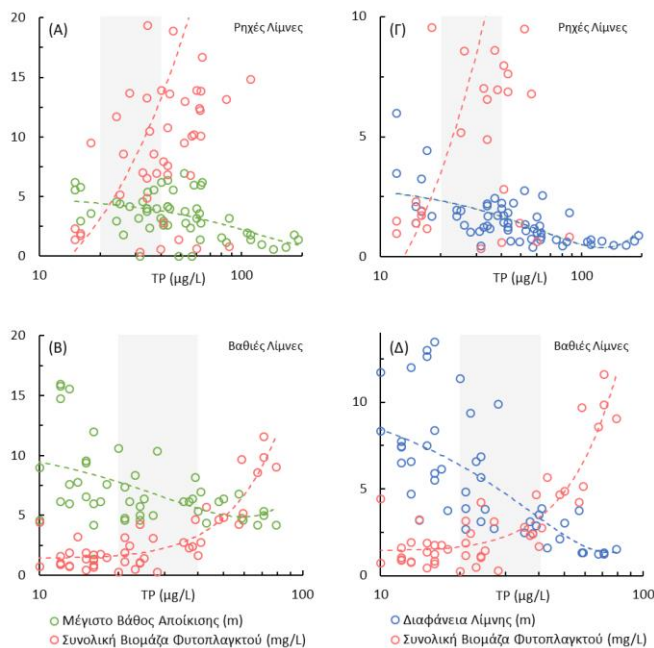
εξετάστηκαν ήταν ο ολικός φώσφορος και η διαφάνεια. Πιο συγκεκριμένα, έλαβε χώρα ο προσδιορισμός του ολικού φωσφόρου συνολικά σε 432 δείγματα νερού (ΑΡΗΑ, 2023), ενώ η διαφάνεια των λιμνών προσδιορίστηκε επιτόπου με τη χρήση δίσκου Secchi. Στο σύνολο των δεδομένων συμπεριλήφθηκαν 276 μετρήσεις της διαφάνειας κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου.



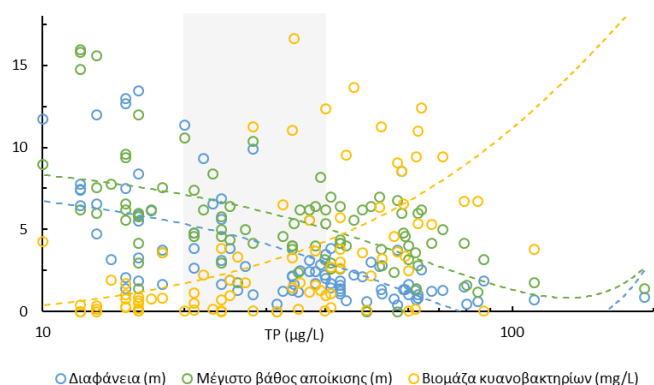
Σχήμα 1. Χάρτης με την τοποθεσία των 15 λιμνών της Ελλάδος που συμπεριλαμβάνονται στην παρούσα εργασία.

Αποτελέσματα

Οι συγκεντρώσεις TP διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο τόσο στη διακύμανση της βιομάζας του φυτοπλαγκτού, όσο και της διαφάνειας του νερού, με τις μεταβολές να εντοπίζονται στα 20 και 40 $\mu\text{g/L}$ για τις ρηχές και βαθιές φυσικές λίμνες αντίστοιχα (Σχήμα 2). Ομοίως, οι μεταβολές που παρατηρήθηκαν στο μέγιστο βάθος αποίκησης των μακροφυτών και στη συνολική βιομάζα του φυτοπλαγκτού, εντοπίστηκαν σε συγκεντρώσεις TP μεταξύ των 20 και 40 $\mu\text{g/L}$, για ρηχές και βαθιές φυσικές λίμνες, αντίστοιχα (Σχήμα 2). Η μεταβολή του μέγιστου βάθους αποίκησης των μακροφυτών καταγράφηκε σε ελαφρώς υψηλότερες συγκεντρώσεις TP σε σχέση με τη μεταβολή της διαφάνειας και για τους δύο τύπους φυσικών λιμνών που εξετάστηκαν (Σχήμα 2). Οι μεταβολές του μέγιστου βάθους αποίκησης των μακροφυτών, της βιομάζας των κυανοβακτηρίων και της διαφάνειας του νερού εντοπίστηκαν και αυτές στο εύρος συγκεντρώσεων TP των 20-40 $\mu\text{g/L}$ (Σχήμα 3). Οι συγκεκριμένες συγκεντρώσεις TP στις οποίες καταγράφηκαν οι μεταβολές φαίνεται να είναι συγκρίσιμες με τις συγκεντρώσεις TP που προέκυψαν στις ερευνητικές εργασίες των Phillips et al. (2018) και Kagalou et al. (2021). Τα ελοδεειδή και τα χαρόφυτα, δύο τυπικές βιοτικές μορφές των υδρόβιων μακροφυτών, εντοπίστηκαν με μεγάλη σχετική αφθονία σε λίμνες με χαμηλές συγκεντρώσεις TP.

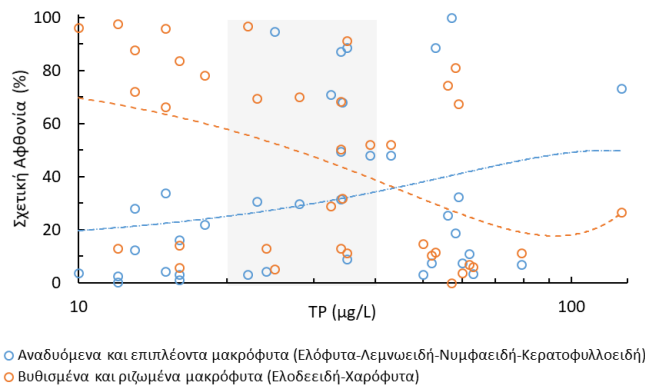


Σχήμα 2. Μέγιστο βάθος αποίκησης και συνολική βιομάζα φυτοπλαγκτού συναρτήσει του TP (Α) για τις ρηχές και (Β) για τις βαθιές φυσικές λίμνες; Διαφάνεια της λίμνης και συνολική βιομάζα φυτοπλαγκτού συναρτήσει του TP (Γ) για τις ρηχές και (Δ) για τις βαθιές φυσικές λίμνες που εξετάστηκαν.



Σχήμα 3. Διαφάνεια της λίμνης, μέγιστο βάθος αποίκησης και βιομάζα κυανοβακτηρίων συναρτήσει του TP και στους δύο τύπους λιμνών που εξετάστηκαν.

Οι βιοτικές μορφές που εξαρτώνται από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια του νερού, όπως τα ελόφυτα, τα λεμνωειδή, τα νυμφαιδή και τα κερατοφυλλοειδή, εντοπίστηκαν με μικρή σχετική αφθονία σε λίμνες με χαμηλές συγκεντρώσεις TP, πιθανώς λόγω του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος που προσφέρουν τα βυθισμένα μακρόφυτα (Σχήμα 4). Παρόμοια τάση καταγράφηκε και στην εργασία των Kolada et al. (2022), όπου, για συγκέντρωση TP περί των 49 $\mu\text{g/L}$, τα ελοδειδή εντοπίστηκαν με μεγαλύτερη σχετική αφθονία σε σχέση με τα ελόφυτα και τα νυμφαιδή. Σε όλα τα σχήματα οι γραμμές αντιπροσωπεύουν πολυωνυμικές προσαρμογές.



Σχήμα 4. Σχετικές αφθονίες των βιοτικών μορφών των υδρόβιων μακροφύτων συναρτήσει του ολικού φωσφόρου και στους δύο τύπους λιμνών που εξετάστηκαν.

Συμπεράσματα

Η σύνθεση και η αφθονία των βιολογικών κοινοτήτων, καθώς και η διαφάνεια του νερού, φαίνεται να επηρεάζονται άμεσα από τις συγκεντρώσεις TP στους δύο τύπους φυσικών λιμνών στην Ελλάδα. Έμφαση θα πρέπει να δοθεί στο μέλλον στη μείωση της φόρτισης των θρεπτικών στοιχείων και κυρίως του φωσφόρου στα νερά των λιμνών.

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της πράξης «Επιχορήγηση του Μουσείου Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας - Ελληνικού Κέντρου Βιοτόπων Υδροτόπων για την υλοποίηση του έργου "Λειτουργία εθνικού δικτύου παρακολούθησης των υδάτων των λιμνών της Ελλάδας (Οδηγία 2000/60/ΕΚ)"» που εντάσσεται στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2014-2020» (Κωδικός ΟΠΣ 5001204).

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο (2000). Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L327/1.
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation (2023). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA Press.
- Kagalou I. et al. (2021). Setting the phosphorus boundaries for Greek natural shallow and deep lakes for water framework directive compliance. Water, vol. 13, 739.
- Kelly M.G. et al. (2022). Establishing ecologically-relevant nutrient thresholds: A tool-kit with guidance on its use. Science of the Total Environment, vol. 807, 150977.
- Kolada A. et al. (2022). Taking over the dominance of the macrophyte community by *Elodea nuttallii* (Planch.) H. St. John is poorly reflected in ecological status assessment results. Aquatic Invasions, vol. 17, pp. 516-542.
- Phillips G. et al. (2018). Best practice for establishing nutrient concentrations to support good ecological status. Technical Report EUR 29329. Publications Office of the European Union, 142p.