



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»  
2<sup>η</sup> ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ  
ΠΕΡΙΟΧΩΝ»

## Μεταπτυχιακή (Διπλωματική) Εργασία

Έλεγχος ποιότητας νερού λίμνης Παμβώτιδας και πιέσεις  
στο λιμναίο οικοσύστημα.

Στάππα Παναγιώτα-Φωτεινή

Επιβλέπων: Καλλιώρας Ανδρέας

Μέλη Εξετ. Επιτροπής:  
Καλλιώρας Α. (Καθηγητής ΕΜΠ)  
Νουτσόπουλος Κ. (Καθηγητής ΕΜΠ)  
Καραγιάννη Ή. (Αναπ. Καθηγήτρια Παν/μιο  
Ιωαννίνων)

Περιβάλλον  
και  
Ανάπτυξη

Ιωάννινα, Οκτώβρης 2024



# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»  
2<sup>η</sup> ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ  
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΟΡΕΙΝΩΝ  
ΠΕΡΙΟΧΩΝ»**

## **Μεταπτυχιακή (Διπλωματική) Εργασία**

**Έλεγχος ποιότητας νερού λίμνης Παμβώτιδας, πιέσεις  
στο λιμναίο οικοσύστημα.**

**Στάππα Παναγιώτα-Φωτεινή**

**Επιβλέπων: Καλλιώρας Ανδρέας**

Μέλη Εξετ. Επιτροπής:  
Καλλιώρας Α. (Καθηγητής ΕΜΠ)  
Νουτσόπουλος Κ. (Καθηγητής ΕΜΠ)  
Καραγιάννη Ή. (Αναπ. Καθηγήτρια Παν/μιο  
Ιωαννίνων)

**Περιβάλλον  
και  
Ανάπτυξη**

**Ιωάννινα, Οκτώβρης 2024**



*Στη μνήμη του πατέρα μου Νίκου,  
του παππού μου Κυριάκου*

## Πρόλογος

Η παρούσα εργασία ήρθε ως πρώτη ιδέα κατά τη διάρκεια των ορνιθο- παρατηρήσεων που έκανα στη λίμνη Ιωαννίνων, αλλά σχηματοποιήθηκε ύστερα από πρόταση του επιβλέποντα καθηγητή μου κ. **Καλλιώρα Ανδρέα**, τον οποίο ευχαριστώ θερμά που με εμπιστεύτηκε και ανέθεσε ένα υδροχημικό θέμα σε μια οικονομολόγο. Επίσης, ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. **Νουτσόπουλο Κώστα**, για την άμεση ανταπόκρισή του να λάβει μέρος στην τριμελή επιτροπή. Αισθανόμενη την ανάγκη προστασίας της βιοποικιλότητας, αποφάσισα να διερευνήσω την ποιότητα της φυσικοχημικής κατάστασης του νερού της λίμνης, δεδομένου ότι υπάρχει αγροκτηνοτροφική δραστηριότητα στα νότια και ανατολικά της λίμνης. Η έλλειψη που είχα σε εργαστηριακή εμπειρία ποιοτικού ελέγχου νερού δεν στάθηκε εμπόδιο, χάρη στην γενναιόδωρη καθοδήγηση, διάρκειας δύο εβδομάδων, που έλαβα από τον κ. **Μαρκαντώνη Κώστα**, μέλος Ε.ΔΙ.Π. στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας του ΕΜΠ. Ο μεταδοτικός τρόπος διδασκαλίας όλων των παραπάνω μας εμπλούτισε με πολύτιμες γνώσεις στην αίθουσα και το πεδίο.

Σε μια πρώτη αυτοψία των σημείων δειγματοληψίας στάθηκα πολύ τυχερή, γιατί γνώρισα τον επαγγελματία ψαρά κ. **Οβρένοβιτς Αντώνη**, ο οποίος δέχτηκε με χαρά να τον συνοδέψω σε βαρκάδα για τη συλλογή δείγματος στο κέντρο της Παμβώτιδας, κατά την οποία απέκτησα γνώσεις γύρω από τα ψάρια, τη βλάστηση, την ορνιθοπανίδα και την ανθρωπογεωγραφία της λίμνης.

Τους χωμάτινους δρόμους πρόσβασης στα κανάλια της Ανατολής, Κατσικά, Καστρίτσας τους γνώρισα από τον φίλο **Βλαχόπουλο Κώστα** (ερευνητή στο ΕΛΚΕΘΕ και Διδάκτωρ του Τμ. Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος του Παν/μίου Θεσσαλίας), τον οποίο ευχαριστώ και για τις απορίες που μου έλυσε στο πρόγραμμα GIS.

Προκειμένου να εμβαθύνω στο επιστημονικό αντικείμενο, αποφάσισα να παρακολουθήσω στο Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (2023-2024) μαθήματα Υδροβιολογίας, Βιολογίας Διατήρησης και Οικολογίας πεδίου, που με βοήθησαν να κατανοήσω καλύτερα το οικοσύστημα της λίμνης. Αρχική έμπνευση στάθηκε το έργο της καθηγήτριας κας **Βασιλικής Κατή** στο Εργ. Διατήρησης της Βιοποικιλότητας. Ωστόσο, χωρίς τη συνεπή επιστημονική, ηθική και υλική στήριξη της καθηγήτριας κας **Καραγιάννη Ήρας** από το Εργ. Μικροβιακής Οικολογίας (απ' όπου δανείστηκα το πολυπαραμετρικό όργανο μετρήσεων στην ξηρή περίοδο), η παρούσα εργασία δεν θα είχε ολοκληρωθεί με τον επιθυμητό τρόπο. Σε κάθε περίπτωση, δεν θα είχα γνωρίσει το θαυμαστό κόσμο της υδροβιολογίας μέσα από ένα μικροσκόπιο. Την ευχαριστώ για την τιμή να μπει στην τριμελή μου.

Ξεχωριστές ευχαριστίες για το διδακτικό αυτό ταξίδι στους εξής:

- Κα **Μελά Χάρης**, Ειδικό Τεχνικό Εργαστηριακό Προσωπικό, Εργαστήριο Βοτανικής & Υδροβιολογίας, Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Κο **Κακούρο Πέτρο**, διδάκτωρ της Σχολής Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος του ΑΠΘ, Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων – Υγροτόπων
- Κο **John Halley**, καθηγητή Οικολογίας Τμήματος ΒΕΤ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
- Την **οικογένεια** και τους **δικούς μου** ανθρώπους.



## Περιεχόμενα

Πρόλογος	iv
Περίληψη	ix
Abstract	xi
Εισαγωγή	xii
1. Προσδιορισμός περιοχής μελέτης	1
1.1 Αβιοτικό περιβάλλον	3
1.1.1 Γεωμορφολογία	3
1.1.2 Γεωλογία	5
1.1.3 Κλίμα-Μετεωρολογία	7
1.1.4 Υδρογεωλογία	10
1.1.5 Πλημμυρική ζώνη	13
1.1.6 Υδρολογικό ισοζύγιο κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων	15
1.2 Βιοτικό περιβάλλον	18
1.2.1 Δίκτυο Natura 2000 και νομικό πλαίσιο	18
1.2.2 Βιοποικιλότητα Παμβώτιδας (ΕΖΔ και ΖΕΠ)	19
1.2.3 Υγρά λιβάδια Ανατολής-Κατσικά: ΖΕΠ	23
2. Νομικό πλαίσιο Υδάτων	24
2.1 Οδηγία 2000/60/ΕΚ	24
2.3 Νόμος 3199/2003	25
3. Ενιαίο Υγροτοπικό Σύστημα Λαψίστας-Παμβώτιδας	27
3.1 Δίδυμες λίμνες - αυτοκαθαρισμός Παμβώτιδας	27
3.2 Μεγάλα τεχνικά έργα	29
4. Δειγματοληψία υδάτων Παμβώτιδας	31
4.1 Επιλογή χρόνου δειγματοληψίας (καθορισμός υγρής - ξηρής περιόδου)	31
4.2 Επιλογή θέσεων/ζωνών δειγματοληψίας	31
4.3 Διαδικασία Δειγματοληψίας	34
5. Εργαστηριακές αναλύσεις φυσικοχημικών ιδιοτήτων νερού	35
5.1 Θερμοκρασία	38
5.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity)	39
5.3 Ενεργός Οξύτητα ή pH (potential of Hydrogen)	40

5.4	Περιεκτικότητα σε διαλυμένο Οξυγόνο (dissolved oxygen D.O.)	41
5.5	Νιτρικά ιόντα $\text{NO}_3^-$ (mg/l)	42
5.6	Νιτρώδη ιόντα $\text{NO}_2^-$ (mg/L)	43
5.7	Αμμωνιακά ιόντα $\text{NH}_4^+$ , $\text{NH}_3$ και $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)	44
5.8	Φωσφορικά $\text{PO}_4^{3-}$ (mg/L)	45
5.9	Θειικά ιόντα $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)	45
5.10	Χλώριο $\text{Cl}^-$ (mg/L)	46
5.11	Όξινα Ανθρακικά $\text{HCO}_3^-$ (mg/L) ή διττανθρακικό ιόν	46
5.12	Ασβέστιο $\text{Ca}^{++}$ (mg/L)	47
5.13	Μαγνήσιο $\text{Mg}^{++}$ (mg/L)	47
5.14	Νάτριο $\text{Na}$ (mg/L)	48
5.15	Κάλιο $\text{K}$ (mg/L)	48
6.	Ποιότητα νερών Παμβώτιδας	48
6.1	Γενικά	48
6.2	Αποτελέσματα μετρήσεων	51
6.3	Χάρτες ρυπαντικού φορτίου	59
7.	Συμπεράσματα-συζήτηση	65
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	67
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	71

## Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1: Κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών Natura στην περιοχή μελέτης .....	3
Πίνακας 2: Γεώτοποι περιοχής μελέτης .....	4
Πίνακας 3α: Δεδομένα κλίματος Ιωαννίνων 1956-1997 (Ε.Μ.Υ.) .....	8
Πίνακας 3β: Δεδομένα κλίματος Ιωαννίνων 1956-1997 (Ε.Μ.Υ.).....	8
Πίνακας 4: Μετρήσεις έτους 2023 σταθμού Ε.Α.Α.....	9
Πίνακας 5: Μέσες μηνιαίες παροχές και βροχοπτώσεις στην Παμβώτιδα 1951-1988.....	17
Πίνακας 6: Πολύ σημαντικά είδη πανίδας Λίμνης Ιωαννίνων.....	20
Πίνακας 7: Φυσικοχημικές παράμετροι ταξινόμησης λιμναίων ΥΣ και σχετικά όρια καλής/μέτριας κατάστασης.....	27
Πίνακας 8: Σημεία δειγματοληψίας υγρής και ξηρής περιόδου.....	34
Πίνακας 9: Αγωγιμότητα ανά τύπο νερού.....	39
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά λιμναίου συστήματος Παμβώτιδας σε σχέση με τις περιοχές Natura.....	51

## Ευρετήριο Χαρτών

Χάρτης 1: Περιοχή μελέτης με τις περιοχές Natura 2000.....	1
Χάρτης 2: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη περιοχής μελέτης (ΙΓΜΕ, 2000).....	6
Χάρτης 3: Ζώνες Επικινδυνότητας Πλημμύρας από ποτάμια ροές με εφαρμογή του ΣΔΚΠ.....	15
Χάρτης 4: Περιοχές Natura 2000 Ηπείρου (ΟΦΥΠΕΚΑ).....	19
Χάρτης 5: Περιοχή Μελέτης με εποχιακούς υγρότοπους.....	23
Χάρτης 6: Χάρτης σημείων δειγματοληψίας.....	34
Χάρτης 7: Απόσπασμα χάρτη ποιότητας επιφανειακών υδάτων (ΥΠΕΧΩΔΕ-ΕΜΠ, 2007).....	50
Χάρτης 8: Κατανομή Αγωγιμότητας υγρής περιόδου.....	60
Χάρτης 9: Κατανομή Αγωγιμότητας ξηρής περιόδου.....	60
Χάρτης 10: Κατανομή Διαλυμένου Οξυγόνου υγρής περιόδου.....	61
Χάρτης 11: Κατανομή Διαλυμένου Οξυγόνου ξηρής περιόδου.....	61
Χάρτης 12: Κατανομή συγκέντρωσης νιτρικών υγρής περιόδου.....	62
Χάρτης 13: Κατανομή συγκέντρωσης νιτρικών ξηρής περιόδου.....	62
Χάρτης 14: Κατανομή συγκέντρωσης νιτρωδών υγρής περιόδου.....	63
Χάρτης 15: Κατανομή συγκέντρωσης νιτρωδών ξηρής περιόδου.....	63
Χάρτης 16: Κατανομή συγκέντρωσης φωσφορικών υγρής περιόδου.....	64
Χάρτης 17: Κατανομή συγκέντρωσης φωσφορικών ξηρής περιόδου.....	64

## Ευρετήριο Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας νερού στην Παμβώτιδα το 2011.....	38
Διάγραμμα 2: Κατανομή θερμοκρασίας Παμβώτιδας 6/2023-6/2024.....	39

Διάγραμμα 3: Κατανομή Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας Παμβώτιδας 6/2023-6/2024.....	40
Διάγραμμα 4: Ετήσια κατανομή του pH του νερού στην Παμβώτιδα το 2011.....	41
Διάγραμμα 5: Κατανομή του pH της Παμβώτιδας 6/2023-6/2024.....	41
Διάγραμμα 6: Κατανομή του διαλυμένου Οξυγόνου της Παμβώτιδας 6/2023-6/2024.....	42
Διάγραμμα 7: Διάγραμμα Ρυπαντικού φορτίου νομού Ιωαννίνων 2003 (Υπ. Ανάπτυξης).....	49

## Ευρετήριο Φωτογραφιών

Φωτ. 1: Σπήλαιο Περάματος.....	4
Φωτ. 2: Το σπήλαιο ως καταφύγιο, 1911.....	5
Φωτ. 3: Η παγωμένη λίμνη, Φεβρουάριος 1929.....	10
Φωτ. 4: Πηγή Δραμπάτοβα, 1900, φωτ. Φαλαρίδης Δ. ....	13
Φωτ. 5: Πλύσιμο ρούχων στη λίμνη, 1913, φωτ. Boissonnas F. ....	13
Φωτ. 6: Διάγραμμα Συστήματος Λεκάνης Απορροής.....	16
Φωτ. 7: Η χορεύτρια ακρίδα Chorthippus lacustris.....	24
Φωτ. 8: Ενιαίο υγροσύστημα των λιμνών Λαψίστας-Παμβώτιδας.....	28
Φωτ. 9: Δίδυμες λίμνες στα 1820.....	29
Φωτ. 10: Ο κος Οβρένοβιτς στο κανάλι της Ανατολής.....	32
Φωτ.11: Δειγματοληψίες εύκολης πρόσβασης.....	33
Φωτ.12: Δειγματοληψίες δύσκολης πρόσβασης.....	33
Φωτ. 13: Φορητό πολυπαραμετρικό όργανο.....	35
Φωτ. 14: Φορητό φασματοφωτόμετρο.....	36
Φωτ. 15: Μαγνητική πλάκα ανάδευσης.....	36
Φωτ. 16: Φλογοφωτόμετρο.....	37
Φωτ. 17: Συσκευή διήθησης.....	37
Φωτ. 18: Ο κύκλος του Αζώτου.....	44

## Περίληψη

Η Παμβώτιδα είναι μια αρχαία λίμνη, που ανέκαθεν καθόριζε τη ζωή έμβιων όντων και αβιοτικών παραγόντων. Στην πάροδο των τελευταίων έξι δεκαετιών, η λίμνη έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές σε ότι αφορά την έκταση και τη στάθμη της, την ποιότητα του νερού και τη βιοποικιλότητα που τη χρησιμοποιεί ως ενδιαίτημα. Οι δραστικές ανθρωπογενείς επεμβάσεις άλλαξαν τις χρήσεις γης στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων, επηρεάζοντας το ευαίσθητο οικοσύστημα της λίμνης και των παρακείμενων υγρών λιβαδιών.

Κάποια μεγάλα τεχνικά έργα του περασμένου αιώνα έπαιξαν ρόλο στην, έως και σήμερα, ευτροφική κατάσταση του λιμναίου υδάτινου σώματος. Καθοριστική ήταν η αποξήρανση της λίμνης Λαψίστας (1959). Οι «δίδυμες λίμνες» επικοινωνούσαν υπογείως, με αποτέλεσμα τον αυτοκαθαρισμό των νερών της Παμβώτιδας. Η κατασκευή του αναχώματος στα ΒΔ της λίμνης (1974), οδήγησε σε λιγότερες εισροές υπόγειων υδάτων και καθοριστική αλλαγή του υδατικού ισοζυγίου (Romero et al., 2002). Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου ανανέωσης των υδάτων της λίμνης από 1,4 έτη πριν το 1974 (Paradopoulos and Kitsaras, 1990) σε 0,9 έτη μετά το 1974 (Kagalou et al., 2003). Τέλος, οι μεγάλες αλλαγές των τελευταίων 50-60 ετών στις χρήσεις γης εντός του υδροτόπου της Παμβώτιδας, με την περιμετρική οικοπεδοποίηση, προκάλεσαν αφενός μείωση του όγκου νερού της λίμνης κατά 50 εκατ. κυβικά μέτρα και μείωση του βάθους της λίμνης, λόγω της εισροής τεράστιων ποσοτήτων φερτών υλικών (Μελέτη Περιφέρειας Ηπείρου, 2015). Αφετέρου μόνιμη συρρίκνωση της έκτασης των υγρών λιβαδιών στις περιοχές Ανατολή και Κατσικά και επέκταση των καλαμιώνων (Papastergiadou et al., 2010). Ωστόσο, η λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού της πόλης των Ιωαννίνων, συνέβαλε στη σημαντική μείωση της εξωτερικής φόρτισης φωσφόρου από τη λεκάνη απορροής τα τελευταία χρόνια (Μελέτη Περιφέρειας Ηπείρου, 2015).

Ο στόχος της παρούσας εργασίας πεδίου είναι ο ποιοτικός έλεγχος του επιφανειακού νερού της Παμβώτιδας σε αντιπροσωπευτικά σημεία των διαφορετικών ζωνών χρήσης της λίμνης κατά την υγρή και ξηρή περίοδο (Δεκ. 2023 και Ιούνιος 2024 αντίστοιχα), ώστε να γίνει σύγκριση των δύο περιόδων στη διάρκεια ενός έτους, σε σχέση με το επίπεδο ρύπανσης από αγροτικές, κτηνοτροφικές και αστικές δραστηριότητες.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η λίμνη αντιμετωπίζει, σε αρκετά σημεία, πρόβλημα αυξημένης συγκέντρωσης θρεπτικών, όπως είναι οι ενώσεις φωσφόρου και οι ενώσεις αζώτου (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά ιόντα) ή αλλιώς νιτρορύπανση. Και στις δύο περιόδους, παρατηρείται υπέρβαση του ορίου συγκέντρωσης του Ολικού φωσφόρου στο νερό, που ταξινομεί μια λίμνη μεταξύ «καλής» και «μέτριας» φυσικοχημικής κατάστασης (30μg/L, Οδηγία 2000/60/ΕΚ και ν. 3199/2003). Επίσης, η συγκέντρωση των νιτρωδών ιόντων υπερβαίνει το όριο (0,05mg/L) κατά την υγρή περίοδο σε πολλά σημεία δειγματοληψίας. Ούτε η συγκέντρωση διαλυμένου Οξυγόνου μετρήθηκε παντού επαρκής (κορεσμός 70%, 4mg/L), ειδικά την ξηρή περίοδο, ώστε να χαρακτηριστεί η λίμνη μεταξύ «καλής και μέτριας» φυσικοχημικής κατάστασης.

Συνολικά, η κατάσταση ενός λιμναίου υδάτινου σώματος, ορίζεται από τη φυσικοχημική και την οικολογική κατάσταση. Σύμφωνα με τις κατηγορίες μετρούμενων στοιχείων ποιότητας, η φυσικοχημική κατάσταση της Παμβώτιδας το 2023-2024 ταξινομείται ως «κακή». Σχετικά με την οικολογική κατάστασή της, μετρήσεις της τελευταίας δεκαετίας την ταξινομούν ως «κακή» από το Εθνικό Δίκτυο παρακολούθησης των Υδάτων (ΕΚΒΥ, 2013-2021) και παρουσιάζει ευτροφισμό, δηλαδή έχει ιδιαίτερα υψηλή ανάπτυξη αλγών (φυτοπλαγκτόν, μακρόφυτα).

## Abstract

Pamvotis is an ancient lake, which has always determined the life of living beings and abiotic agents. Over the last six decades, the lake has undergone significant changes in terms of its area and level, water quality and the biodiversity that uses it as a habitat. Drastic anthropogenic interventions have changed land use in the Ioannina basin, affecting the fragile ecosystem of the lake and the adjacent wet meadows.

Some major engineering works of the last century played a role in the eutrophic state of the lake water body, which is still the case today. The draining of Lake Lapsista (1959) was a decisive factor. The 'twin lakes' communicated underground, resulting in the self-purification of the waters of Pamvotis. The construction of the dike to the northwest of the lake (1974) led to less groundwater inflow and a decisive change in the water balance (Romero et al., 2002). This resulted in a reduction in the recharge time of the lake from 1.4 years before 1974 (Papadopoulos and Kitsaras, 1990) to 0.9 years after 1974 (Kagalou et al., 2003). Finally, the major land use changes which took place in the last 50-60 years within the Pamvotis wetland, such as the peripheral land consolidation, have caused both a reduction of the lake's water volume by 50 million cubic metres and a reduction of the lake's depth, due to the inflow of huge amounts of sediment (Epirus Region Study, 2015). On the other hand, a permanent shrinking of wet meadows areas was observed in Anatoli and Katsikas districts, as long as an expansion of reed beds (Papastergiadou et al., 2010). However, the operation of the biological treatment plant of Ioannina city contributed to a significant reduction of external phosphorus loading from the catchment in recent years (Epirus Region Study, 2015).

The aim of the present fieldwork is the quality control of the surface water of Pamvotis lake in representative points of the different use zones of the lake during the wet and dry season (Dec. 2023 and June 2024 respectively) in order to compare the two periods during one year, in relation to the level of pollution from agricultural, livestock and urban activities.

The results showed that the lake faces, in several places, a problem of increased concentration of nutrients, such as phosphorus compounds and nitrogen compounds (nitrate, nitrite, ammonia) or the so-called *nitro-pollution*. In both periods, the Total Phosphorus concentration limit in water, which classifies a lake between "good and moderate" *physico-chemical* status (30 µg/L, Directive 2000/60/EC and Greek law 3199/2003) is exceeded. Also, the concentration of Nitrite ions exceeds the limit (0.05mg/L) during the wet season at several sampling points. Nor was the Dissolved Oxygen concentration measured everywhere sufficiently (saturation 70%, 4mg/L) to classify the lake between "good and moderate" status, especially in the dry season.

Overall, the status of a lake water body is defined by its *physico-chemical* and *ecological* status. According to the categories of measured quality elements, the *physico-chemical* status of Pamvotis in 2023-2024 is classified as "bad". Regarding its *ecological* status, measurements from the last decade classify it as "bad" by the *National Water Monitoring Network* (EKBY, 2013-2021) and it shows eutrophication, i.e. it has a particularly high algal growth (phytoplankton, macrophytes).



## Εισαγωγή

Η βασική συζήτηση για τη διαχείριση και προστασία ενός λιμναίου οικοσυστήματος περιλαμβάνει έξι βασικούς πυλώνες. Αρχικά, καθορίζεται ένα *ιεραρχικό πλαίσιο* μέσα από το οποίο οι διαχειριστές των οικοσυστημάτων λαμβάνουν υπόψη τους όλα τα επίπεδα βιοποικιλίας και τις μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Στη συνέχεια τίθενται τα *οικολογικά όρια*, π.χ. γεωγραφικά, προκειμένου να υπάρξει σαφώς καθορισμένη κλίμακα, απαραίτητη όταν τα οικολογικά όρια διασταυρώνονται με τα διοικητικά-πολιτικά όρια. Σε αυτή την κατηγορία διαχείρισης περιλαμβάνονται και οι μεταβολές που συμβαίνουν στο χώρο και το χρόνο. Ως τρίτος πυλώνας ορίζεται η *οικολογική ακεραιότητα*, δηλαδή η επιστημονική αντιμετώπιση όλων των ειδών, πληθυσμών, οικοσυστημάτων ως ισότιμα και εξίσου απαραίτητα να διατηρηθούν στο χρόνο. Ο τέταρτος πυλώνας της διαχείρισης αφορά τη συστηματική *συλλογή δεδομένων* αναφορικά με τα ενδιατήματα, τους πληθυσμούς, το γεωλογικό υπόβαθρο και τις αλλαγές σε φυσικοχημικούς και βιολογικούς παράγοντες μέσα στο χρόνο. Ακολουθεί ο *συστηματικός έλεγχος* (monitoring) της πορείας του οικοσυστήματος, προκειμένου να εκτιμηθούν οι επιτυχίες και αποτυχίες των πολιτικών διαχείρισης και να ληφθούν συμπληρωματικά μέτρα και αποφάσεις. Όλοι οι προηγούμενοι πυλώνες προστασίας ενός οικοσυστήματος προϋποθέτουν τη *συνεργασία* όλων των *εμπλεκόμενων φορέων* (κρατικών, αυτοδιοικητικών, ιδιωτών), χωρίς την οποία δεν μπορεί να επιτευχθεί μακροπρόθεσμη αποτελεσματική διαχείριση.

Η παρούσα εργασία έχει ερευνητική και όχι διαχειριστική προσέγγιση. Επομένως, από τους παραπάνω πυλώνες, εστιάζει στον καθορισμό των γεωγραφικών ορίων του λιμναίου οικοσυστήματος, στη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων μέσα από τη δειγματοληψία υδάτων, με στόχο την ερμηνεία των αποτελεσμάτων σχετικά με την ύπαρξη ή όχι ανθρωπογενών πιέσεων στη λίμνη για το διάστημα μελέτης (2023-2024).

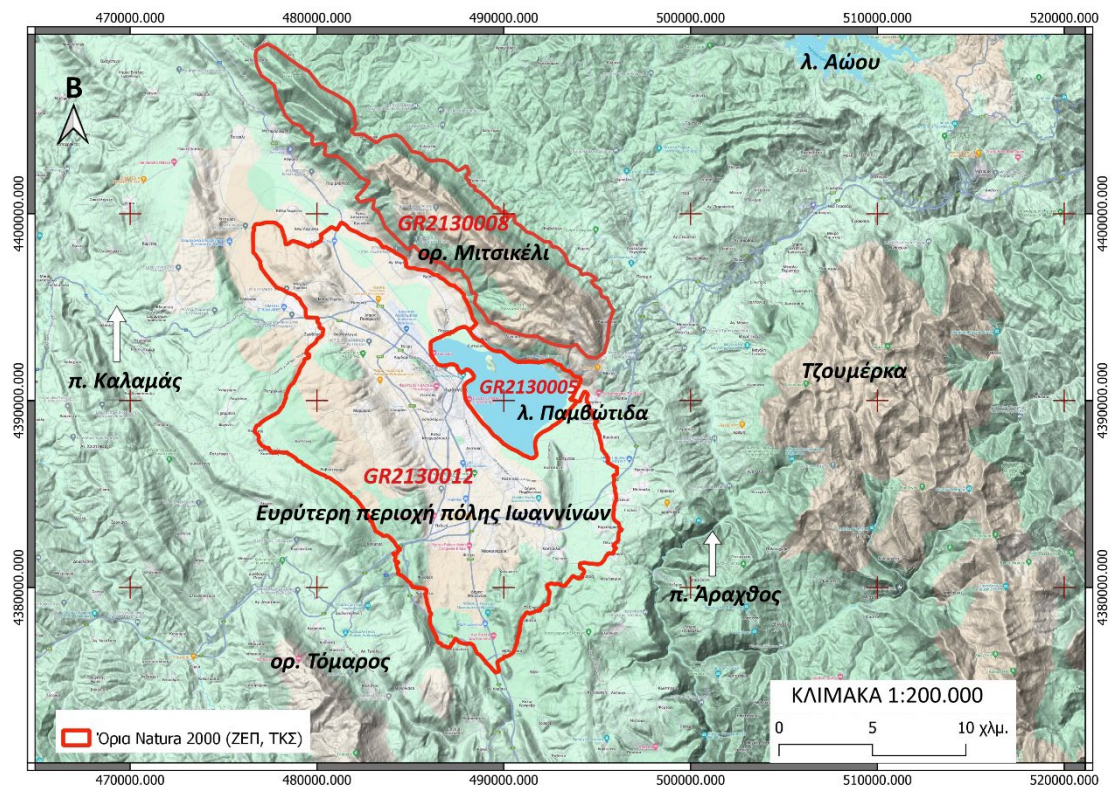
Ανατρέχοντας στην ανασκόπηση βιβλιογραφίας της Περίληψης, αναφορικά με την ποιότητα των υδάτων της Παμβώτιδας, φαίνεται ότι κάποια μεγάλα τεχνικά έργα του περασμένου αιώνα έπαιξαν ρόλο στην ευτροφική κατάσταση της λίμνης, όπως καταγράφεται από το Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων (μετρήσεις 2013-2021). Ο **ευτροφισμός** είναι η διεργασία εμπλουτισμού του νερού με ανόργανα θρεπτικά άλατα του φωσφόρου και του αζώτου, με αποτέλεσμα την υπερβολική ανάπτυξη αλγών (φυτοπλαγκτόν, μακρόφυτα). Ο ευτροφισμός προκαλεί, επίσης, μείωση της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου, επικράτηση αναερόβιων συνθηκών, έκλυση δυσοσμίας και συνεπακόλουθη δημιουργία τοξικών ενώσεων και νέκρωση της υδατικής βιοκοινωνίας. Τα αίτια του ευτροφισμού εντοπίζονται σε αγροτικές δραστηριότητες (λιπάσματα πλούσια σε νιτρικά και φωσφορικά άλατα), βιομηχανικές δραστηριότητες (απόβλητα) και οικιακές δραστηριότητες (μη επεξεργασμένα αστικά λύματα). Ανάλογα με τη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών και το στάδιο της φυσικής τους εξέλιξης, οι λίμνες χαρακτηρίζονται ως: ολιγοτροφικές, μεσοτροφικές, ευτροφικές και πολυτροφικές.

Σύμφωνα με τις τιμές των θρεπτικών συστατικών και της χλωροφύλλης-α είναι σαφές ότι η λίμνη Παμβώτιδα είναι ένα ευτροφικό οικοσύστημα (OECD, 1982). Κατά την Κυδωνάκη (2010, σελ. 58) η συνολική ετήσια ποσότητα φωσφόρου (P) που

εισέρχεται στη λίμνη είναι 27,18 τόνοι, η οποία μετατρέπεται σε επιφανειακή φόρτιση ( $27,18 \text{ tn} / 22.052.118,55 \text{ m}^2$ )  $1,23 \text{ g P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ . Οι Romero and Imberger (1999) αναφέρουν εύρος τιμών  $0,2 - 1,7 \text{ g P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ , ενώ οι Romero et al. (2002) υπολόγισαν από μηνιαίες τιμές ολικού φωσφόρου όγκων και υδάτων εισροής στη λίμνη τιμή  $0,75 \text{ g P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ . Σύμφωνα με τον Vollenweider (1976) κριτική τιμή πάνω από την οποία μια αβαθής λίμνη (μέσο βάθος 5 μ.), όπως η Παμβώτιδα, θα θεωρείται ευτροφική είναι  $0,15 \text{ g P m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ . Βάσει αυτής της παρατήρησης, θα πρέπει να υπάρξει μείωση έως και 50% της συνολικής ετήσιας φόρτισης από επιφανειακή απορροή (Μελέτη Περιφέρειας Ηπείρου, 2015). Ωστόσο, σε αντίθεση με τις βαθιές λίμνες, μια ρηχή λίμνη μπορεί να εναλλάσσεται αρκετά απότομα μεταξύ διαφορετικών σταθερών καταστάσεων (Scheffer 1998).

## 1. Προσδιορισμός περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας οριοθετείται σε στενό πλαίσιο από τη «λίμνη Παμβώτιδα» και την «ευρύτερη περιοχή πόλης των Ιωαννίνων», χαρακτηρισμένες προστατευόμενες περιοχές Natura 2000 με κωδικό GR2130005 και GR2130012 αντίστοιχα. Σε ευρύτερο πλαίσιο, συμπεριλαμβάνεται το «όρος Μιτσικέλι» με κωδικό GR2130008 στα ΒΑ της λίμνης, γιατί από εκεί πηγάζουν τα νερά της λίμνης και αυτό τροφοδοτεί συνολικά το υδρολογικό δίκτυο του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων. Για την απεικόνιση της περιοχής μελέτης, κατασκευάστηκε στο λογισμικό Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών QGIS ο **Χάρτης 1** σε κλίμακα 1:200.000 και σύστημα συντεταγμένων EPSG 3395 – WGS 84, που εμφανίζονται τα όρια των περιοχών Natura 2000 σε κόκκινο πλαίσιο, οι ποταμοί (Άραχθος, Καλαμάς) και τα όρη που περιβάλλουν το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων (Μιτσικέλι, Τόμαρος, Τζουμέρκα).



**Χάρτης 1:** Περιοχή μελέτης με τις περιοχές Natura 2000.

Τα γεωλογικά γεγονότα που δημιούργησαν τις λίμνες αποτελούν μία από τις μεθόδους ταξινόμησής τους. Η γένεση των λιμνών μπορεί να οφείλεται σε: τεκτονική, ηφαιστειακή ή παγετωνική δραστηριότητα, κατακρημνίσεις του εδάφους, δράση ανέμου, ποταμών ή διάλυση πετρωμάτων (Wetzel R. G, 2012).

Η λίμνη των Ιωαννίνων ή λίμνη Παμβώτιδα είναι καρστικής προέλευσης, δηλαδή δημιουργήθηκε από τη διάλυση ασβεστολιθικών, κυρίως, πετρωμάτων από διεισδύοντα ύδατα. Η λεκάνη διάλυσης που σχηματίζεται έχει συνήθως σχήμα κυκλικό και κωνική μορφή και καλείται *δολίνη*. Περιγράφοντας τη διαδικασία γένεσης των λιμνών εκ διαλύσεως, ο Wetzel (2012) αναφέρει ότι η διηθητή επιφάνεια ή τα υπόγεια ύδατα διαλύουν τον ασβεστόλιθο και μάλιστα ταχύτερα

στις συνδέσεις και στα σημεία ρωγμής του τεκτονικού ρήγματος, μέσω του οποίου γίνεται η αποστράγγιση. Η διάλυση του ασβεστόλιθου συχνά λαμβάνει χώρα σε μεγάλα υπόγεια σπήλαια. Η συνεχιζόμενη διάλυση της υπερκείμενης δομής από τα υπόγεια ύδατα έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή εξασθένηση και κατάρρευση της οροφής. Η Παμβώτιδα χρονολογείται από τις αρχαιότερες παγκοσμίως και δεύτερη αρχαιότερη στην Ευρώπη, μετά τη λίμνη της Οχρίδας. Γεωλογικές έρευνες έδειξαν ότι η ηλικία της Παμβώτιδας ενδέχεται να ξεπερνά κατά πολύ τα 2 εκατ. χρόνια. Κατά τον Aubouin (1959), δημιουργήθηκε στη διάρκεια της ύστερης Μειόκαινου εποχής (11,6 – 5,3 εκατ. χρόνια πριν) έως την Πλειόκαινο εποχή (5,3 – 2,5 εκατ. χρόνια πριν).

Γνωστή λίμνη από την αρχαιότητα ως αυτή που θρέφει τους πάντες (*Παμβώτις <πᾶς +βῶς>*), υποδεικνύει τη διαχρονική διατροφική αξία της για τον άνθρωπο, την κτηνοτροφία και την άγρια ζωή. Σύμφωνα με τη μυθολογία, μετά το τέλος του Τρωικού πολέμου, ο γιος του Αχιλλέα Νεοπτόλεμος, αφού πέρασε το Θεσσαλικό πέλαγος, συμβουλευόμενος από τη Θέτιδα, κατέστρεψε όσα καράβια είχε μαζί του. Ύστερα, ακολουθώντας το χρησμό του Έλενου, έψαχνε να εγκατασταθεί στη χώρα εκείνη, όπου θα συναντούσε κατοικίες ανθρώπων με σιδερένια θεμέλια, ξύλινους τοίχους και μάλλινες οροφές. Προχωρώντας πεζός ο Νεοπτόλεμος έφτασε στην «Π(π)αμβώτιν» ή «Π(π)αραβώτιν» λίμνη της Ηπείρου. Εκεί συνάντησε ανθρώπους που κατασκεύαζαν τα σπίτια τους σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του χρησμού. Είχαν μπήξει τα ξύλινα δόρατα με τις σιδερένιες αιχμές στο έδαφος και πάνω τους είχαν ρίξει χλαίνες, κατασκευάζοντας σκηνές για να μείνουν. Έτσι, ο Νεοπτόλεμος, αφού κατέλαβε τη χώρα, εγκαταστάθηκε εκεί και απέκτησε με την αιχμάλωτη Ανδρομάχη έναν γιο, το Μολοσσό, ο οποίος έδωσε το όνομά του σε ολόκληρη τη χώρα Μολοσσία (Κωλέττας Σ., 2001).

Η λίμνη βρίσκεται στο κέντρο κλειστού οροπεδίου, που σχηματίζεται από το όρος Μιτσικέλι στο βορά και τον Τόμαρο ή Ολύτσικα στο νότο. Διοικητικά ανήκει στην Περιφέρεια Ηπείρου με συντεταγμένες κέντρου: 39° 40' N, 20° 53' E. Έχει μέσο υψόμετρο 475μ., μήκος 7,9 χλμ και πλάτος από 1,5 - 5,4 χλμ. Καταλαμβάνει έκταση 22 τ.χλμ. της λεκάνης απορροής του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων (*Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της χώρας*, Υπ. Ανάπτυξης, 2003), κατατάσσοντάς την τη δέκατη μεγαλύτερη λίμνη της χώρας, μετά την Υλίκη. Είναι μια ρηχή λίμνη με μέσο βάθος 4,5μ και μέγιστο τα 8μ.<sup>1</sup> Στα βόρεια της λίμνης υπάρχει νησίδα, έκτασης 320 στρ. και ο ομώνυμος οικισμός Νησί που κατοικείται από 187 κατοίκους (απογραφή ΕΛΣΤΑΤ 2021), η πλειονότητα των οποίων διαχρονικά απασχολούνταν στην αλιεία. Μαζί με τον Άγιο Αχίλλειο Πρεσπών είναι το μοναδικό κατοικημένο νησί σε λίμνες της Ελλάδας.

Μέχρι τη δεκαετία του 1950, η λίμνη των Ιωαννίνων ενωνόταν με τα έλη και τη λίμνη Λαψίστα, καλύπτοντας ένα μεγάλο μέρος του λεκανοπεδίου και συγκεντρώνοντας ένα τεράστιο αριθμό ορνιθοπανίδας. Έπειτα, η Λαψίστα αποξηράνθηκε με τεχνητή αποχέτευση των υδάτων της προς τον ποταμό Καλαμά για να αποδοθούν τα εδάφη της στην καλλιέργεια (Κυδωνάκη Ι., 2010). Η Παμβώτιδα χρησιμοποιήθηκε και για αρδευτικούς σκοπούς και μέσα από μια σειρά

---

<sup>1</sup> Ιστοσελίδα τέως Φορέα Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας, [www.lakepamvotis.gr](http://www.lakepamvotis.gr)

πρόσθετων ανθρωπογενών παρεμβάσεων, η οικολογική αξία της λίμνης υποβαθμίστηκε σημαντικά.<sup>2</sup>

## 1.1 Αβιοτικό περιβάλλον

### 1.1.1 Γεωμορφολογία

Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από ημιορεινό ανάγλυφο στα βορειοδυτικά, καθώς εκεί βρίσκεται το επίμηκες όρος Μιτσικελίου με υψόμετρο 1.810μ. και διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Στα νότια και ανατολικά (Ανατολή, Κατσικάς, Καστρίτσα, Λογγάδες) επικρατεί πεδινό ανάγλυφο. Ομοίως, στα βορειοδυτικά της Παμβώτιδας, το τμήμα που διασχίζεται από την τάφρο της αποξηραμένης Λαψίστας χαρακτηρίζεται από πεδινό ανάγλυφο.

Ακολουθούν τα επιστημονικά δεδομένα (Καϊμάκη Σ., Γκουβάτσου Ε., Χριστοπούλου Α., 2022) για τα κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών Natura 2000 της περιοχής μελέτης, καθώς και οι γεώτοποι που συναντώνται εκεί. Οι κλίσεις του εδάφους ακολουθούν τη μορφολογία του αναγλύφου, με τη μέση κλίση να είναι μόλις 2% στη λίμνη Ιωαννίνων, 9% στην «ευρύτερη περιοχή πόλης Ιωαννίνων», ενώ στις πλαγιές του Μιτσικελίου ανέρχεται στο 45%. Η κύρια διεύθυνση των κλίσεων που αναπτύσσονται είναι προς νότο (βλ. **Πίνακα 1**).

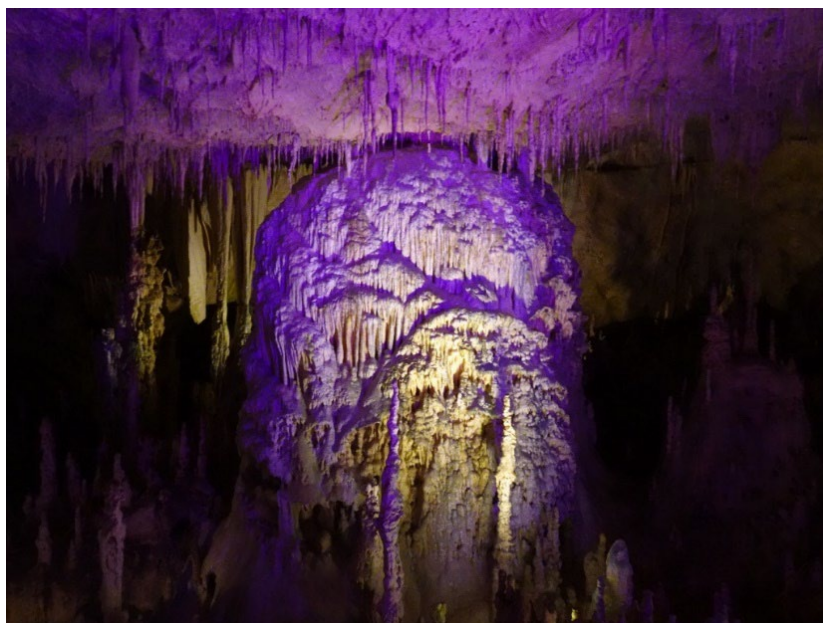
*Πίνακας 1: Κύρια μορφολογικά χαρακτηριστικά των περιοχών Natura στην περιοχή μελέτης.*

Όνομασία	Υψόμετρα			Μέσες Κλίσεις	
	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσο	Κλίση (%)	Διεύθυνση Κλίσης
Λίμνη Ιωαννίνων	470	762	475	2	ΝΑ
Ευρύτερη περιοχή πόλης Ιωαννίνων	469	879	565	9	Ν
Όρος Μιτσικέλι	726	1.810	1.211	45	Ν

Το λεκανοπέδιο των Ιωαννίνων αποτελεί ευρεία καρστική λεκάνη που τροφοδοτείται από το καρστικό σύστημα του όρους Μιτσικέλι μέσω πηγών, που εκτονώνονται στους πρόποδες του. Αποτέλεσμα αυτών ήταν η δημιουργία σημαντικών **γεώτοπων** πριν από εκατομμύρια χρόνια, οι οποίοι διατηρούνται ως σήμερα, όπως είναι το πολύ αξιόλογο σπήλαιο Περάματος, που ανακαλύφθηκε το 1940.

<sup>2</sup><https://www.naturagraeca.com/ws/129,191,114,1,1,%CE%9B%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7-%CE%A0%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1>





**Φωτ. 1:** Σπήλαιο Περάματος

Στον **Πίνακα 2** ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των γεώτοπων της περιοχής μελέτης, οι οποίοι είναι αναγνωρισμένοι ως προστατευόμενες περιοχές Natura 2000.

**Πίνακας 2:** Γεώτοποι περιοχής μελέτης

<b>ΓΕΩΤΟΠΟΙ (εκτός Γεωπάρκου)</b>			
Όνομασία	Περιοχή	Περιγραφή	Κωδ. Natura2000
Σπήλαιο Περάματος	Πέραμα	Αποτελεί τμήμα κοίτης υπόγειου ποταμού, διανοίχθηκε κατά την προτεταρτογενή εποχή, ηλικίας 1,5 εκ. χρόνων περίπου.	GR2130012
Σπήλαιο «Λιμνοσπηλιά»	Νήσος Ιωαννίνων	Σπήλαιο στο ΝΝΔ τμήμα της Νήσου Ιωαννίνων, το οποίο είναι πλημμυρισμένο με ύδατα βάθους 0.50-1.40 m.	GR2130005
Σπήλαιο Καστρίτσα	Καστρίτσα	Παλαιολιθικό σπήλαιο	GR2130012

Ιστορικά μιλώντας, τα σπήλαια της περιοχής των Ιωαννίνων λειτούργησαν ως καταφύγιο για τους κατατρεγμένους. Χαρακτηριστική είναι η **Φωτ. 2** που είναι τυπωμένη σε καρτ ποστάλ στην Αθήνα το 1911 (Παπασταύρου Α., 2006). Απεικονίζει Βορειοηπειρώτισσες γυναίκες με τα παιδιά τους, να έχουν καταφύγει σε σπήλαιο, προσπαθώντας να γλιτώσουν από τους Αλβανούς διώκτες τους.



**Φωτ. 2:** Το σπήλαιο ως καταφύγιο, 1911

### 1.1.2 Γεωλογία

Το υδατικό διαμέρισμα της Ηπείρου αποτελείται από γεωλογικούς σχηματισμούς που είναι ιζήματα των γεωτεκτονικών ενοτήτων της Ιονίου ζώνης, Ωλονού-Πίνδου και εν μέρει της ζώνης Γαβρόβου. Όπως αναφέρεται στο «Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών πόρων της χώρας» (Υπ. Ανάπτυξης, 2003), η Ιόνιος ζώνη σε γενικές γραμμές περιλαμβάνει την παρακάτω στρωματογραφική διάρθρωση και καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της Ηπείρου:

- Σειρά των εβαποριτών και τριαδικών λατυποπαγών
- σειρά των ανθρακικών πετρωμάτων ανωτέρων τριαδικών-ανωτέρου ηωκαίνου
- φλύσχη ανωτέρου ηωκαίνου-ακουιτανίου
- ψαμμιτο-μαργαϊκές αποθέσεις του βουρδιγαλίου
- μειο-πλειοκαινικές αποθέσεις
- αλλουβιακές αποθέσεις

Η ζώνη Ωλονού-Πίνδου αποτελείται από:

- κλαστικούς τριαδικούς σχηματισμούς
- εναλλαγές ανθρακικών-πυριτικών σχηματισμών ανωτέρου τριαδικού-σενώνιου
- μεταβατικά στρώματα μαιστριχτίου-παλαιοκαίνου
- φλύσχη ανωτέρου ηωκαίνου

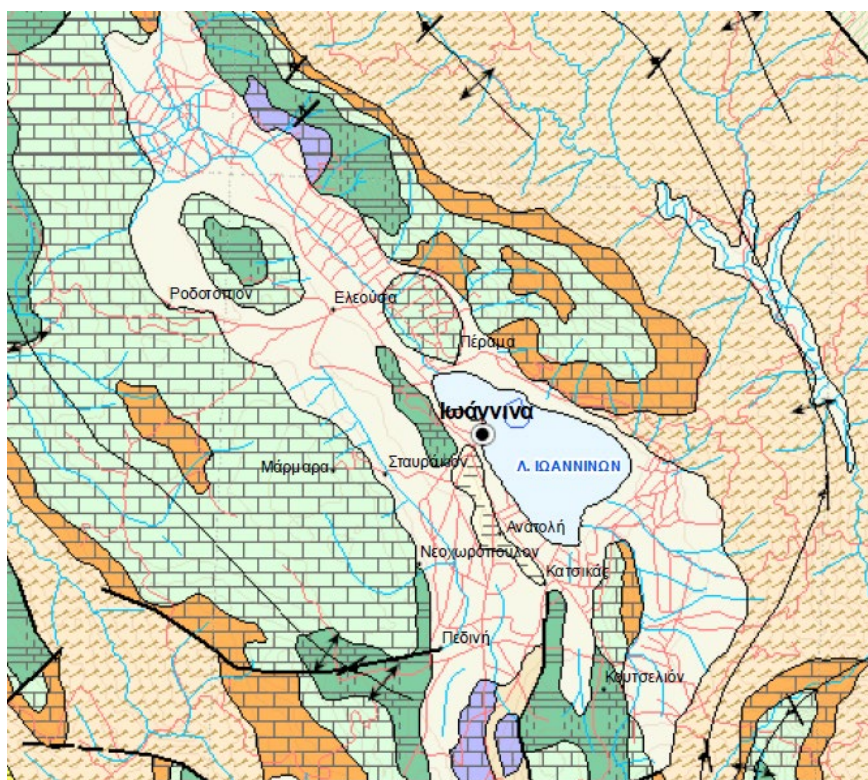
Η ζώνη Γαβρόβου στην περιοχή εμφανίζεται στρωματογραφικά με δύο ενότητες:

- των ανθρακικών σχηματισμών του ορεινού όγκου του Γαβρόβου και
- του φλύσχη στην ανατολική πλαγιά των βουνών του Βάλτου.

Ειδικά στην περιοχή μελέτης, εμφανίζονται γεωλογικοί σχηματισμοί της **Ιονίου ζώνης**. Στη γεωλογική δομή της Ιονίου ζώνης επικρατούν οι **ασβεστολιθικοί σχηματισμοί** (από το Ανώτερο Τριαδικό έως το Παλιόκαινο και το Ηώκαινο) και η κλαστική σειρά του **φλύσχη** (από την εποχή του Ηώκαινου έως το Μειόκαινο). Τη στρωματογραφική ακολουθία συμπληρώνουν οι νεογενείς και τεταρτογενείς



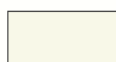
σηματισμοί, όπως είναι οι **παράκτιες και παραποτάμιες αποθέσεις** από την εποχή του Ολόκαινου (Νικολάου Ε., 2010).



## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

### ΝΕΟΓΕΝΕΣ – ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

#### Ολόκαινο

 Σύγχρονες ποτάμιες και παράκτιες αποθέσεις, πλευρικά κορήματα, κώνιοι κορημάτων Μανδύας αποσάθρωσης, κοκκινόχωματα

#### ΖΩΝΗ ΙΟΝΙΟΣ


##### Ηώκαινο – Μειόκαινο

 Φλύσχης


##### Παλαιόκαινο - Ηώκαινο

 Ασβεστόλιθοι


##### Ανώτερο Κρητιδικό

 Ασβεστόλιθοι λεπτό έως παχυστρωματώδεις

##### Κατώτερο Ιουρασικό – Ανώτερο Κρητιδικό

 Ασβεστόλιθοι Βίγλας, σχιστόλιθοι με ποσειδώνιες και Ammonitico Rosso

##### Ανώτερο Τριαδικό – Κατώτερο Ιουρασικό

 Ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα

*Χάρτης 2: Απόσπασμα Γεωλογικού χάρτη περιοχής μελέτης, Γ. Ζινδρός, ΙΓΜΕ, 2000*

Στο **Χάρτη 2** παρατηρούνται οι διαφορετικοί στρωματογραφικά σχηματισμοί ασβεστόλιθου στις εξής τοποθεσίες: όρος Μιτσικέλι, σπήλαιο Περάματος, λόφο

Καστρίτσας, λόφο Λαψίστας-Ελεούσας και στο περιαστικό δάσος Ιωαννίνων-Φρόντζου. Επίσης, ασβεστολιθικές περιοχές βρίσκονται περιμετρικά του λεκανοπεδίου Ιωαννίνων από την κοίτη του Αράχθου ανατολικά, στην κοίτη του Λούρου νότια έως την κοίτη του Καλαμά στα δυτικά (Νικολάου Ε., 2010). Ο φλύσσης επικρατεί ανατολικά του Μιτσικελίου, π.χ. στην κοιλάδα του Αράχθου και στα ΝΔ διοικητικά όρια του Δήμου Ιωαννιτών στα σύνορα με το Δήμο Δωδώνης. Πέριξ της λίμνης Παμβώτιδας, των υγρών λιβαδιών Ανατολής-Κατσικά και στην κοιλάδα-έλη της Λαψίστας παρατηρούνται οι παράκτιες και παραποτάμιες αποθέσεις.

### 1.1.3 Κλίμα-Μετεωρολογία

Το κλίμα του διαμερίσματος της Ηπείρου χαρακτηρίζεται ως ποικιλόμορφο, δεδομένης της γεωγραφικής του θέσης, που έχει στα δυτικά τη θάλασσα και στα ανατολικά τη μεγαλύτερη οροσειρά της χώρας, την Πίνδο. Επικεντρώνοντας στην Περιφερειακή Ενότητα Ιωαννίνων, σημαντικό τμήμα της καταλαμβάνουν τρία από τα ψηλότερα βουνά της Ελλάδας (Σμόλικας, Γράμμος, Τύμφη) με 2.500-2640μ. υψόμετρο. Ένα σύμπλεγμα οροσειρών, κοιλάδων, φαραγγίων και επτά ποταμών (Αώος, Θύαμις ή Καλαμάς, Άραχθος, Λούρος, Αχέρων, Σαραντάπορο, Βοϊδομάτης) δημιουργούν το έντονο ανάγλυφο της Π.Ε. Ιωαννίνων, επηρεάζοντας σημαντικά το κλίμα.

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, το ποικιλόμορφο κλίμα της Ηπείρου μπορεί να περιγραφεί συνοπτικά ως εξής (Υπ. Ανάπτυξης, 2003): Κοντά στις ακτές επικρατεί το θαλάσσιο *μεσογειακό* κλίμα, ενώ στο εσωτερικό το κλίμα γίνεται *ηπειρωτικό*, δηλ. ενδιάμεσο του μεσογειακού και του μεσευρωπαϊκού. Στα ορεινά επικρατεί το *ορεινό*.

Στοιχεία για το κλίμα της περιοχής μελέτης αντλήθηκαν από το Μετεωρολογικό σταθμό Ιωαννίνων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.)<sup>3</sup>, που βρίσκεται στο Αεροδρόμιο Ιωαννίνων. Την περίοδο 1956-1997 μετρήθηκαν τα ετήσια δεδομένα αναφορικά με τη θερμοκρασία, τον υετό (υγρά και αέρια κατακρημνίσματα), τον άνεμο (βλ. **Πίνακες 3α-3β**) και βγήκαν τα εξής συμπεράσματα:

- Η μέση ετήσια θερμοκρασία των Ιωαννίνων είναι 14,2°C. Ο Γενάρης είναι ο ψυχρότερος μήνας με μέση θερμοκρασία 4,7°C, ενώ ο Ιούλιος και ο Αύγουστος είναι οι θερμότεροι μήνες με μέση θερμοκρασία 24,8°C και 24,3°C αντίστοιχα. Κατά τα 41 έτη της περιόδου μετρήσεων, η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία 42,4°C σημειώθηκε την 07-07-1988, ενώ η απόλυτη ελάχιστη θερμοκρασία -13,0°C σημειώθηκε την 10-01-1966.
- Γενικά, η Ήπειρος έχει τα μεγαλύτερα βροχομετρικά ύψη στη χώρα, τα οποία κυμαίνονται από 1.000-2.000mm όσο απομακρυνόμαστε από τα παράλια προς τα ορεινά του υδατικού διαμερίσματος (Υπ. Ανάπτυξης, 2003). Στα Ιωάννινα το μέσο ετήσιο ύψος υετού την περίοδο 1956-1997 έφτασε τα 1.081,5mm με 124 ημέρες υετού/έτος. Η **ξηρή περίοδος** παρατηρείται κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες έως το Σεπτέμβριο (5-7 ημέρες υετού/μήνα), με τον Ιούλιο και Αύγουστο να αποτελούν τους πιο ξηρούς μήνες (5 ημ. υετού). Η **υγρή περίοδος** εμφανίζεται τους μήνες Νοέμβριο έως Απρίλιο (12-15 ημέρες υετού/μήνα), με το Δεκέμβριο

<sup>3</sup> <https://oldsite.physics.uoi.gr/sites/default/seci/Climate.jpg>



- να είναι ο πιο υγρός μήνας (15 ημ. υετού). Στον υετό συμπεριλαμβάνεται: η βροχή, η χιονόπτωση, η καταιγίδα, το χαλάζι, η ομίχλη, η πάχνη, η δρόσος.
- Ο μέσος όρος χιονόπτωσης είναι 6 ημέρες/έτος, η οποία παρατηρείται κατά τη διάρκεια των χειμωνιάτικων μηνών και τον Μάρτιο.
  - Η ετήσια νέφωση κατά μέσο όρο περιλαμβάνει: 112 ημέρες αραιής νέφωσης [(0-1,5)/8], 179 ημέρες μέτριας νέφωσης [(1,6-6,4)/8] και 74 ημέρες βαριάς συννεφιάς [(6,5-8)/8].
  - Τέλος, η μέση ετήσια σχετική υγρασία μετρήθηκε 68%.

Πίνακας 3α: Δεδομένα κλίματος Ιωαννίνων 1956-1997, Ε.Μ.Υ.

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ 1 ΕΛΕΓΧΟΥ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΙΩΑΝΝΙΝΑ 642 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ 39° 40' ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ 20° 51' ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ 483,0 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΑΡΟΜ. 484,0 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ 6,0 ΜΕΤΡΑ															ΠΙΝΑΚΑΣ Α										ΣΕΛΙΔΑ 79	
ΜΗΝΕΣ	Μέση ετήσια σε ΗΡα στην επιφ. βόλταισας	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ °C										ΥΓΡΑΙΝΑ %		ΝΕΦΟΣ		Μέση ετήσια ανέμου σε κλάμασ										
		Μέση	Τυπική απόκλιση	Μέση μέγιστη	Τυπική απόκλιση	Μέση ελάχιστη	Τυπική απόκλιση	Απόλυτος μέγιστος	Απόλυτος ελάχιστος	Μέση των απολύτων μέγιστων	Τυπική απόκλιση	Μέση των απολύτων ελάχιστων	Τυπική απόκλιση	Μέση σχετική υγρασία σε όλησ	Τυπική απόκλιση		Μέση νέφωση σε όλησ	Μέση υψος σε γ/ση	Μέγιστο 24ώρου σε γ/ση	Επιπορεύσασ διαέτησση ανέμου						
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	1019,3	4,7	1,4	10,1	1,4	0,2	2,0	37,9	-13,0	14,5	1,8	-7,1	2,6	76,9	5,9	92,7	34,1	4,6	124,2	89,7	NA	3,1				
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	1017,7	6,1	1,5	11,5	1,6	1,0	1,9	26,4	-10,2	16,6	2,3	-5,6	2,8	73,7	7,5	98,5	31,1	4,7	111,6	56,6	NA	3,7				
ΜΑΡΤΙΟΣ	1016,4	8,8	1,6	14,4	1,9	3,2	1,3	17,4	-8,2	20,7	2,6	-3,2	2,3	69,5	7,6	130,4	30,9	4,7	95,4	58,8	NA	4,1				
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	1014,3	12,4	1,3	17,7	1,7	5,9	1,0	37,4	-3,0	24,2	2,1	0,2	1,6	67,9	4,5	166,4	32,4	4,9	78,0	67,3	BA	3,5				
ΜΑΙΟΣ	1014,9	17,4	1,5	23,0	1,8	9,6	1,0	32,4	-0,5	29,0	2,2	4,0	2,0	65,9	6,0	215,4	25,8	4,2	69,3	45,4	BA	3,0				
ΙΟΥΝΙΟΣ	1014,4	21,9	1,0	27,6	1,2	12,8	0,8	35,8	5,2	33,3	2,1	8,2	1,6	59,1	6,4	282,1	29,4	3,0	43,5	55,3	BA	3,0				
ΙΟΥΛΙΟΣ	1013,3	24,8	1,2	30,8	1,5	14,9	0,9	42,4	7,4	36,1	2,6	10,6	1,6	52,4	7,4	315,8	35,3	2,0	32,0	53,2	Δ	2,8				
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	1013,7	24,3	1,5	30,9	1,8	15,0	1,1	49,5	7,0	35,8	2,3	10,7	1,7	54,4	7,4	294,9	18,3	1,9	31,2	72,0	BA	2,7				
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	1016,8	20,1	1,4	26,7	1,9	12,2	1,2	37,4	3,0	31,9	2,6	7,0	2,1	63,6	6,2	215,4	13,8	2,7	54,0	64,5	Δ	2,5				
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	1018,8	14,9	1,2	21,2	1,6	8,5	1,5	27,4	-3,0	27,4	2,5	1,5	2,1	70,8	5,1	158,4	27,5	3,5	99,5	90,0	NA	2,9				
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	1019,2	9,7	1,3	15,5	1,4	4,7	1,7	32,4	-8,4	20,4	1,9	-3,1	2,5	79,8	3,5	99,8	28,3	4,6	167,9	94,0	NA	1,9				
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	1018,7	5,9	1,4	11,1	1,3	1,8	1,7	33,4	-9,6	15,3	1,9	-5,5	2,0	81,5	5,5	83,0	21,2	4,9	174,9	86,6	NA	2,3				
ΕΤΟΣ	1016,5	14,2		20,0				42,4	-13,0	25,4		1,5		68,0		2152,8		3,8	1081,5	94,0		3,0				

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ Ηλιοφάνεια 1977 - 1993  
 Απολ. Μέγιστη θερμ. 42.4 °C σημειώθηκε την 07-07-88  
 Απολ. Ελάχιστη θερμ. -13.0 °C σημειώθηκε την 10-01-66  
 Μέγιστο ύψος υετού 24ώρου 94.0 χλσμ σημειώθηκε την 23-11-59

Πίνακας 3β: Δεδομένα κλίματος Ιωαννίνων 1956-1997, Ε.Μ.Υ.

ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ-ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΤΜΗΜΑ 1 ΕΛΕΓΧΟΥ-ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΙΩΑΝΝΙΝΑ 642 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΠΛΑΤΟΣ 39° 40' ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΜΗΚΟΣ 20° 51' ΥΨΟΣ ΣΤΑΘΜΟΥ 483,0 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΒΑΡΟΜ. 484,0 ΜΕΤΡΑ ΥΨΟΣ ΑΝΕΜΟΜΕΤΡΟΥ 6,0 ΜΕΤΡΑ															ΠΙΝΑΚΑΣ Β										ΣΕΛΙΔΑ 80	
ΜΗΝΕΣ	ΜΕΣΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΗΜΕΡΩΝ ΣΤΙΣ ΟΠΟΙΕΣ ΣΗΜΕΙΩΘΗΚΕ																									
	Νύχτα (0-1,5)g	Νύχτα (1,6-4,5)g	Νύχτα (4,5-9)g	Υετός	Βροχή	Χιόνι	Καταιγίδα	Χαλάζι	Χιονοκαταιγίδα	Ομίχλη	Δρόσος	Πάχνη	Ελάχιστη θερμοκρασία < -1° κατά 0,0 °C	Μέγιστη θερμοκρασία > -1° κατά 0,0 °C	παύση ανέμου > -1° κατά 6 Μισωρό	παύση ανέμου > -1° κατά 8 Μισωρό										
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ	7,1	12,7	11,1	13,3	12,4	1,9	1,9	0,0	0,8	5,4	0,7	5,2	15,1	0,1	1,6	0,3										
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	6,2	11,7	10,3	12,4	11,4	2,1	2,1	0,2	1,1	3,0	0,5	3,0	11,6	0,1	1,5	0,4										
ΜΑΡΤΙΟΣ	6,0	15,5	9,4	12,8	12,2	1,1	2,2	0,2	0,6	2,3	1,6	1,4	5,9	0,0	1,6	0,4										
ΑΠΡΙΛΙΟΣ	4,3	17,5	8,1	12,6	12,5	0,0	2,5	0,2	0,0	1,6	2,9	0,1	0,8	0,0	0,7	0,0										
ΜΑΙΟΣ	6,1	20,5	4,4	11,0	10,8	0,0	5,0	0,2	0,0	1,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0										
ΙΟΥΝΙΟΣ	9,8	18,8	1,3	6,9	6,8	0,0	5,2	0,1	0,0	0,9	2,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0										
ΙΟΥΛΙΟΣ	17,8	12,7	0,5	4,8	4,8	0,0	4,8	0,1	0,0	0,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0										
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ	17,7	13,0	0,3	4,8	4,7	0,0	4,6	0,1	0,0	0,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0										
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ	13,9	14,5	1,7	6,5	6,4	0,0	3,6	0,1	0,0	1,6	2,3	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0										
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ	10,3	15,9	4,8	9,7	9,7	0,0	3,3	0,0	0,0	5,0	3,8	0,2	0,5	0,0	1,1	0,3										
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	6,2	14,2	9,6	13,7	13,6	0,2	3,9	0,1	0,0	7,4	3,0	2,0	4,9	0,0	0,5	0,0										
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ	6,3	12,3	12,4	15,2	14,6	1,0	2,7	0,2	0,5	6,5	1,2	5,0	11,3	0,1	0,8	0,2										
ΕΤΟΣ	111,7	179,3	73,9	123,7	119,9	6,3	41,8	1,5	3,0	35,7	24,0	16,9	50,1	0,3	9,1	1,6										

Στη συνέχεια παρατίθενται οι πιο πρόσφατες μετρήσεις του έτους 2023 από τον Μετεωρολογικό σταθμό του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών<sup>4</sup>, ο οποίος βρίσκεται στο Πανηπειρωτικό Στάδιο Ιωαννίνων (βλ. **Πίνακα 4**). Συγκρίνοντας τα κλιματικά δεδομένα της χρονοσειράς 1956-1997 με τις μεμονωμένες μετρήσεις του 2023, εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

α) Επιβεβαιώνεται ότι ο θερμότερος μήνας του έτους στην περιοχή παραμένει ο Ιούλιος (26,3°C η μέση θερμοκρασία του 7<sup>ου</sup>/2023) και ο Γενάρης-Φλεβάρης οι ψυχρότεροι μήνες (5-5,1°C μέση θερμοκρασία), με τη λίμνη ενίοτε να παγώνει (βλ. **Φωτ. 3**). Μάλιστα, υπάρχει σχετικός θρύλος με τον Ντουραχάν Πασά να περνάει την παγωμένη λίμνη ένα βράδυ με το στρατό και τα πυροβόλα του, νομίζοντας ότι διασχίζει πεδιάδα. Έτσι, έχτισε την ομώνυμη Μονή στις παρυφές του Μιτσικελίου, εκλαμβάνοντάς τη σωτηρία τους ως θαύμα.

β) Επιβεβαιώνεται ότι η **ξηρή περίοδος** παρατηρείται τους καλοκαιρινούς μήνες έως το Σεπτέμβριο (3-6 ημέρες βροχόπτωσης/μήνα), με το Μάιο να προστίθεται στους πιο ξηρούς μήνες του 2023 (με 3ημ. βροχής) έναντι των δεδομένων 1956-1997. Επίσης, επιβεβαιώνεται η **υγρή περίοδος** κατά τον Νοέμβριο έως τον Απρίλιο (11-28 ημέρες βροχόπτωσης/μήνα), με τον Οκτώβρη να προστίθεται στους πιο υγρούς μήνες του έτους (με 17 ημ. βροχής). Επομένως, ο Μάιος και ο Οκτώβριος λειτουργούν ως *buffer zone* μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου και κάθε χρονιά μπορεί να διαφοροποιούνται (π.χ. απογευματινές καταιγίδες Μαΐου).

**Πίνακας 4:** Μετρήσεις έτους 2023 σταθμού Ε.Α.Α.

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY for 2023

National Observatory of Athens

Institute of Environmental Research and Sustainable Development, meteo.gr

Station Name: Ioannina

Latitude: 39.60000 N

Longitude: 20.90000 E

Elevation: 475m

Date/Time in: LOCAL TIME

Year	Month	Mean Temp	Mean High Temp	Mean Low Temp	Abs High Temp	Day	Abs Low Temp	Day	Acum Rain	Max Daily Rain	Day	Mean Wind Speed	Abs High Speed	Day	Dom Dir
2023-01		5.0	11.0	1.0	14.8	18	-3.3	30	255.8	50.8	23	2.7	49.9	19	SSE
2023-02		5.1	12.4	-1.3	18.4	20	-7.1	11	14.4	4.6	03	5.3	54.7	12	NE
2023-03		9.3	15.8	3.4	22.2	24	-2.3	30	100.6	17.6	11	4.4	53.1	17	S
2023-04		11.0	17.4	5.3	22.8	29	0.4	08	111.8	19.4	19	4.3	45.1	03	S
2023-05		15.7	22.2	10.4	27.8	15	6.1	13	182.0	33.8	03	3.5	41.8	05	S
2023-06		20.6	28.2	14.5	33.9	23	9.3	04	101.6	17.4	03	2.6	43.5	03	W
2023-07		26.3	35.4	17.2	40.8	25	13.4	29	31.8	30.8	04	3.5	48.3	04	W
2023-08		24.3	33.1	16.0	36.4	19	13.3	07	34.2	13.2	05	4.7	51.5	26	W
2023-09		20.9	28.4	14.1	33.9	23	9.0	12	77.8	24.6	06	6.1	54.7	05	NE
2023-10		17.2	25.1	10.5	28.2	10	6.2	30	71.8	34.2	17	2.3	45.1	06	S
2023-11		10.9	16.3	5.7	22.5	06	-2.8	27	301.6	52.8	28	2.3	53.1	08	S
2023-12		6.4	12.7	1.6	18.2	02	-4.9	18	74.4	43.2	15	2.0	56.3	16	NE
2023		14.4	21.5	8.2	40.8	07	-7.1	02	1357.8	52.8	11	3.6	56.3	12	

<sup>4</sup> [meteo.gr](http://meteo.gr)



**Φωτ. 3:** Η παγωμένη λίμνη, Φεβρουάριος 1929

#### 1.1.4 Υδρογεωλογία

Το **Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου** είναι ένα από τα πλεονασματικά της Ελλάδας σε ότι αφορά τους υδατικούς πόρους, ειδικά στο δυναμικό υπόγειων νερών. Επίσης, έχει συγκριτικό πλεονέκτημα ως προς το ύψος των κατακρημνισμάτων, τα οποία κυμαίνονται από 1.000mm στις πεδινές ή παράκτιες περιοχές έως 2.000mm στην ορεινή Πίνδο. Καταλαμβάνει έκταση 10.026km<sup>2</sup>, συμπεριλαμβανομένων των 641km<sup>2</sup> της Κέρκυρας. Τα όρια του Υδατικού Διαμερίσματος συμπεριλαμβάνουν σχεδόν τα διοικητικά όρια της Περιφέρειας Ηπείρου, εκτός από ορισμένα τμήματα των Π.Ε. Άρτας και Ιωαννίνων, που υπάγονται αντίστοιχα στα Υδατικά Διαμερίσματα Δυτικής Στερεάς και Δυτικής Μακεδονίας. Οι κύριες υδρολογικές λεκάνες του διαμερίσματος είναι (κατά τη φορά του ρολογιού): Λ. Αώου, Λ. Αράχθου, Λ. Λούρου, Λ. Αχέροντα, Λ. Καλαμά, και η κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων. Ο υδροκρίτης του διαμερίσματος ορίζεται νοτιοανατολικά από τον όρμο Κοπραίνης του Αμβρακικού Κόλπου και συνεχίζει βόρεια στους ορεινούς όγκους Βάλτου, Αθαμανικών, βόρειας Πίνδου, Βόιου και Γράμμου. Στα βορειοδυτικά, τα όρια του διαμερίσματος ορίζονται από τα ελληνοαλβανικά σύνορα.

Το καρστικό **υδροφόρο σύστημα Ιωαννίνων** (κωδ. 0511) αποτελεί ένα από τα κύρια υπόγεια υδροφόρα συστήματα της χώρας. Η ακριβής οριοθέτησή του είναι δύσκολο έργο για τους υδρογεωλόγους (Νικολάου Ε., 2010). Γενικά περιλαμβάνει την κλειστή υδρολογική λεκάνη των Ιωαννίνων, μέχρι την τάφρο της Λαψίστας και τη σήραγγα της Κληματιάς, όπου εκεί ένα σημαντικό τμήμα του καρστικού συστήματος αποστραγγίζεται στον ποταμό Καλαμά. Το σύστημα του Λούρου αποτελεί την υδρογεωλογική προέκτασή του, όπου και εκεί αποστραγγίζεται μέρος του καρστικού των Ιωαννίνων. Επίσης, ρυθμίζει σε μεγάλο ποσοστό τις παροχές του Αράχθου με την υπόγεια απορροή του.

Στην Υδρογεωλογική Μελέτη της Περιφερειακής Μονάδας Ηπείρου του ΙΓΜΕ (νυν ΕΑΓΜΕ) αναλύονται οι λόγοι που καθιστούν το υδροφόρο σύστημα Ιωαννίνων ένα από τα σπουδαιότερα της Ηπείρου από περιβαλλοντικής, κοινωνικής, οικονομικής, διαχειριστικής και ερευνητικής σκοπιάς ως εξής (Νικολάου Ε., 2010):

- Έχει μεγάλη έκταση  $802\text{km}^2$ , μήκους  $63\text{km}^2$  και πλάτους  $25\text{km}^2$ , με σημαντικά ετήσια ανανεώσιμα αποθέματα υπόγειου νερού ύψους  $5,61 \times 10^6\text{m}^3$ .
- Εμφανίζει σύνθετη υδρογεωλογική δομή ως σύστημα και υποσυστήματα, π.χ. πλήθος καταβοθρών και εσταβέλλων.
- Εκεί αναπτύσσεται στο μεγαλύτερο ποσοστό η οικιστική, βιομηχανική και κτηνοτροφική δραστηριότητα. Επιπλέον, από το εν λόγω υδροφόρο σύστημα καλύπτονται οι κύριες ανάγκες ύδρευσης του Δήμου Ιωαννιτών, του Συνδέσμου Δήμων και Κοινοτήτων Λεκανοπεδίου (ΣΥΔΚΛΙ) και Δήμων της ευρύτερης περιοχής.
- Από περιβαλλοντικής σκοπιάς, η λίμνη Παμβώτιδα πρωτίστως και οι δεκάδες υγρότοποι (π.χ. της Λαψίστας) δευτερευόντως, παρουσιάζουν σημαντική αξία.
- Τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της λίμνης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την υδρογεωλογική και υδροχημική κατάσταση των υπόγειων νερών του συστήματος του καρστικού υδροφόρου του Μιτσικελίου.
- Αντίστοιχα, η ποιοτική κατάσταση των νερών της τάφρου της Λαψίστας επηρεάζει την ποιότητα των νερών του υδροσυστήματος του ποταμού Καλαμά. Δεδομένου ότι ένα σημαντικό τμήμα του καρστικού συστήματος Ιωαννίνων, μέσω της τάφρου Λαψίστας και της σήραγγας Κληματιάς, αποστραγγίζεται στον Καλαμά.

Σημαντικός παράγοντας στη διαμόρφωση του τοπίου είναι το υδρογραφικό δίκτυο, το οποίο βρίσκεται σε άμεση εξάρτηση από τους γεωλογικούς σχηματισμούς. Έτσι, στη μεγαλύτερη έκταση της περιοχής μελέτης, που παρατηρούνται ασβεστόλιθοι (βλ. Κεφάλαιο **1.1.2**), το υδρογραφικό δίκτυο παρουσιάζει γραμμική διάταξη με βαθιές και στενές χαράδρες, ενώ σε θέσεις όπου επικρατούν κλαστικοί σχηματισμοί, π.χ. φλύσχης, το υδρογραφικό δίκτυο είναι πυκνό και αναπτύσσεται με δενδροειδή μορφή (Καϊμάκη Σ., Γκουβάτσου Ε., Χριστοπούλου Α., 2022).

Το υδρολογικό σύστημα των Ιωαννίνων σχηματίζεται από τις ακόλουθες κύριες καρστικές **πηγές εκφόρτισης** στη βάση του Μιτσικελίου (Νικολάου, 2010), οι οποίες παράλληλα έχουν υδραυλική σχέση με τη λίμνη, δηλ. γίνεται ανάμειξη με επιφανειακά νερά:

α) πηγή **Τούμπας** με μέση μηνιαία παροχή  $0,548\text{m}^3/\text{sec}$  και μετρηθέντα ρυθμιστικά αποθέματα  $17,30 \times 10^6\text{m}^3/\text{έτος}$ .

β) πηγή **Κρύας** με μέση μηνιαία παροχή  $0,407\text{m}^3/\text{sec}$  και περιοχή τροφοδοσίας της  $30\text{km}^2$  περίπου, στο κεντρικό τμήμα του Μιτσικελίου (θέση Αγία Παρασκευή). Τα μετρηθέντα ρυθμιστικά αποθέματα είναι  $12,85 \times 10^6\text{m}^3/\text{έτος}$ . Αναβλύζει σε υψόμετρο  $469,73\text{μ}$ . όχι σημειακά, αλλά σε μέτωπο ακτίνας  $50\text{μ}$ .

γ) πηγή **Σαντινίκου ή Σεντινίκου** με μέση μηνιαία παροχή  $0,347\text{m}^3/\text{sec}$  και ρυθμιστικά αποθέματα  $10,94 \times 10^6\text{m}^3/\text{έτος}$ . Η περιοχή τροφοδοσίας εκτιμάται στα  $30\text{km}^2$  και περιλαμβάνει το ΝΔ τμήμα του Μιτσικελίου, ενώ αναβλύζει στην ελώδη παραλίμνια περιοχή του Περάματος.

Οι τρεις αυτές κύριες πηγές τροφοδοτούνται από την υψηλή καρστική ζώνη του υποσυστήματος του Μιτσικελίου, σε υψόμετρο  $480-1.810$  μέτρα. Μάλιστα φαίνεται ότι το μεγαλύτερο υψόμετρο ανήκει στην υδρολογική λεκάνη της πηγής Σαντινίκου. Η Παμβώτιδα, εκτός από τις συνεχούς ροής πηγές Τούμπας και Κρύας, σχηματίζεται από τα ύδατα των εξής *συμπληρωματικών* πηγών του καρστικού υποσυστήματος του Μιτσικελίου (Λάμπρου, 1998 & Νικολάου, 2010):



δ) εσταβέλλα **Ντραμπάτοβα ή Κρουνέρι**, η οποία εξ' ορισμού λειτουργεί τότε ως πηγή και τότε ως καταβόθρα. Αναβλύζει σε υψόμετρο 469,7μ. στη ΒΔ όχθη της λίμνης. Παλιότερα λειτουργούσε συχνά ως πηγή, σήμερα κυρίως ως καταβόθρα. Σήμερα ως πηγή πιθανόν λειτουργεί μόνο όταν η στάθμη της λίμνης πέσει σημαντικά κάτω των 469,50μ., με το ύψος της στέψης να είναι στα 469,54μ., ενώ υπάρχει υπερχειλιστής που ρυθμίζει την ανώτατη στάθμη υδάτων της λίμνης στα 470,20μ. (Μακρής Δ., 2015)<sup>5</sup>.

ε) πηγή **Αμφιθέας ή Κιοσκή** (0,06m<sup>3</sup>/s) σε υψόμετρο 469,7μ. σε απόσταση 150μ. ΒΔ της Ντραμπάτοβας. Όπως προαναφέρθηκε, η συγκεκριμένη έχει μετατραπεί σε διαλείπουσα πηγή, ύστερα από τις διαχρονικές επεμβάσεις του ανθρώπου (εκτός από την κατασκευή του αναχώματος Περάματος-Αμφιθέας, τα αρδευτικά έργα του 1968 και η κατασκευή τμήματος του επιχώματος της Εθνικής οδού Ιωαννίνων-Τρικάλων πριν το 1960).

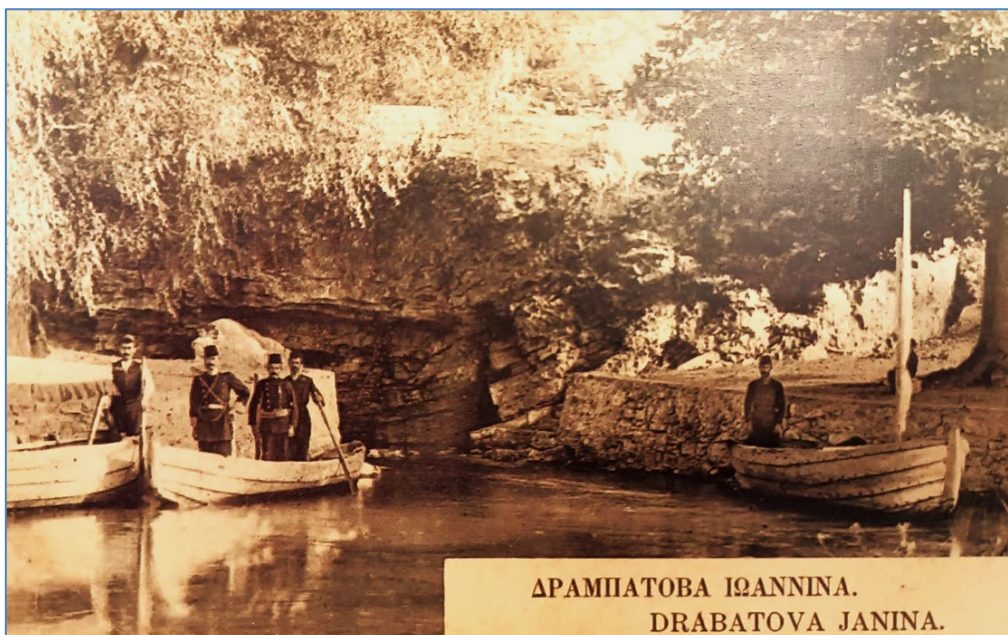
Ωστόσο, η κατασκευή του αργιλικού αναχώματος το 1974 κατά μήκος της ΒΑ όχθης της λίμνης από το Πέραμα έως την Αμφιθέα απέκοψε από την λίμνη τις πηγές Αμφιθέας και Σαντινίκου. Το νερό αυτών σήμερα ρέει στην τάφρο της Λαψίστας και στη συνέχεια στον ποταμό Καλαμά, στερώντας τη λίμνη από την ανανέωση που χρειάζεται, ειδικά κατά την ξηρή περίοδο. Άλλες πηγές μέσα στη λεκάνη των Ιωαννίνων (Ψαριανού, 2010) είναι: της Ασφάκας (0,185m<sup>3</sup>/s), της Ελεούσας (0,038m<sup>3</sup>/s), του Αγ. Ιωάννη (0,025m<sup>3</sup>/s) και της Λαψίστας (0,005m<sup>3</sup>/s).

Από τα μέσα του 19ου αι. υπάρχει αναφορά στο καθαρό νερό της Παμβώτιδας με τους κατοίκους να «πίνουνσι τον χειμώνα και τα λιμναία ύδατα, διότι καλής και αρεστής γεύσεως και ποιότητας εισί» (Αραβαντινός Π., 1856). Στα 1900, μια χαρακτηριστική φωτογραφία πηγής καθαρού νερού είναι του Φαλαρίδη Δ. (**Φωτ. 4**), που βρέθηκε τυπωμένη σε καρτ ποστάλ στην Αθήνα (Παπασταύρου Α., 2006). Απεικονίζει Οθωμανούς αξιωματούχους στην πηγή του Κρουονερίου ή Ντραμπάτοβας, που σημαίνει «καλό νερό» στα σλαβικά. Πριν και μετά την απελευθέρωση, εκεί πήγαιναν κυρίως οι προνομιούχοι Γιαννιώτες για αναψυχή και συλλογή πόσιμου νερού, ενώ υπάρχουν αναφορές για «εφόδους» στο μέσο της λίμνης για τον ίδιο σκοπό (Αγγέλη Β., 2018, [typos-i.gr](https://www.proinoslogos.gr/%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%B1/33695-%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%B3%CE%BA%CE%B7-%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%8D-%CE%B1%CE%B3%CF%8E%CE%BD%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CF%80%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1%E2%80%A6)). Στις αρχές του 20ου αιώνα, τα καθαρά νερά της λίμνης χρησίμευαν, επίσης, για το πλύσιμο των ρούχων, όπως αποτυπώνεται στο φακό του Ελβετού φωτογράφου - περιηγητή Frédéric Boissonnas (**Φωτ. 5**).

---

<sup>5</sup><https://www.proinoslogos.gr/%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%B1/33695-%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%B3%CE%BA%CE%B7-%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%8D-%CE%B1%CE%B3%CF%8E%CE%BD%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CF%80%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1%E2%80%A6>





Φωτ. 4: Πηγή Δραμπάτοβα, 1900, φωτ. Φαλαρίδης Δ.



Φωτ. 5: Πλύσιμο ρούχων στη λίμνη, 1913, φωτ. Boissonnas F.

### 1.1.5 Πλημμυρική ζώνη

Σε αυτή την ενότητα θα γίνει μια σύντομη αναφορά στην επικινδυνότητα πλημμύρας από ποτάμιες ροές στην κλειστή λεκάνη των Ιωαννίνων. Εφαρμόζοντας την Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τα Ύδατα, η χώρα μας έχει σε λειτουργία το *Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων*, με αρμόδιο Φορέα για την παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης των υδάτων της Ελλάδας το **Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων (ΕΚΒΥ)**. Βάσει των τριμηνιαίων μετρήσεων που διενεργεί το ΕΚΒΥ στις λίμνες από το 2012, το απόλυτο υψόμετρο της στάθμης της Παμβώτιδας κυμάνθηκε από 468,10μ. έως 469,97μ. κατά τη δεκαετία 2012-2022. Η ελάχιστη τιμή της στάθμης παρατηρήθηκε στις 31/10/2017, ενώ η μέγιστη στις 26/02/2020. Σε μια

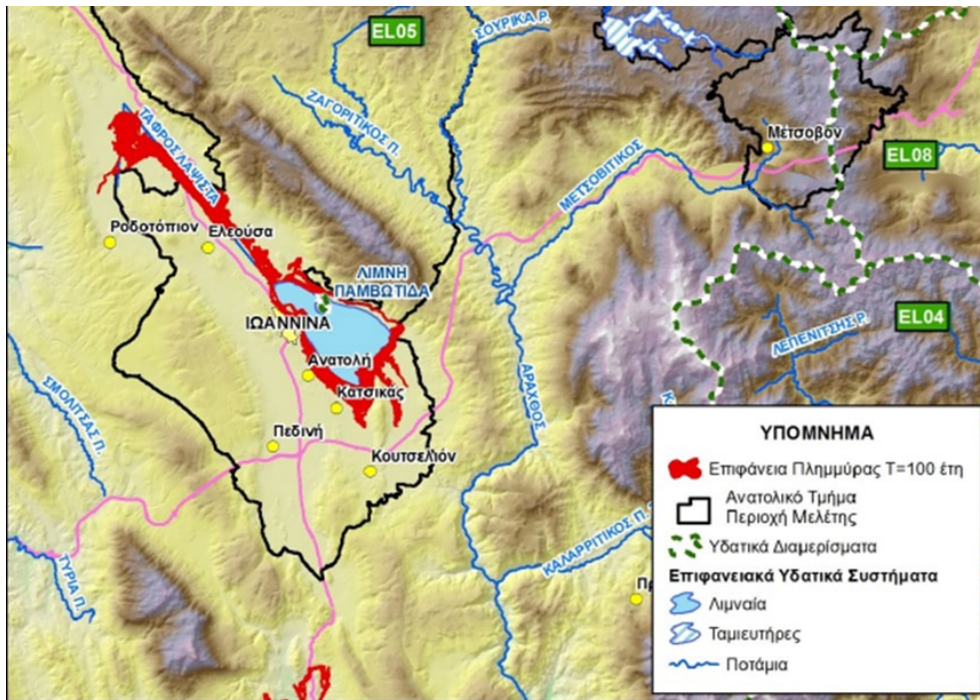
προγενέστερη μελέτη (Κυδωνάκη Ι., 2010) για την περίοδο 1981-2006, η στάθμη της λίμνης είχε παρόμοια διακύμανση: από 468,40μ. έως 470,55μ. Η στάθμη πλημμύρας για την συγκεκριμένη περίοδο μετρήθηκε στα 470,70μ.

Γενικά, η στάθμη της Παμβώτιδας ελέγχεται από το θυρόφραγμα του Περάματος και όταν υπερχειλίζει (ύψος υπερχειλιστή στα 470,20μ.) τα νερά διοχετεύονται στην κεντρική αποχετευτική τάφρο της Λαψίστας και καταλήγουν στον ποταμό Καλαμά. Η έκταση της λίμνης περιορίζεται από το αργιλικό ανάχωμα Περάματος-Αμφιθέας, που έχει στέψη στα 472,30m και κατά περιοχές από κρηπιδότοιχο και παραλίμνια οδό με στάθμη 471m.

Όπως προαναφέρθηκε στο **1.1.3**, το συγκριτικό πλεονέκτημα της Ηπείρου είναι ότι αποτελεί το πλουσιότερο Υδατικό Διαμέρισμα στην Ελλάδα (1.000-2.000mm/έτος βροχόπτωσης). Αντίστοιχα, η πόλη των Ιωαννίνων έχει μεγάλα βροχομετρικά ύψη: 120 ημέρες βροχής/έτος, 42 ημέρες καταιγίδας/έτος και 1.081,5mm μέσο ετήσιο ύψος υετού (στοιχεία 1956-1997, Ε.Μ.Υ.). Επομένως, το συγκριτικό πλεονέκτημα της περιοχής μπορεί, κάτω από ακραίες καιρικές συνθήκες, να μετατραπεί σε επικίνδυνα πλημμυρικά φαινόμενα, ξεπερνώντας τη στάθμη πλημμύρας της λίμνης. Λαμβάνοντας υπόψη, αφενός τα υφιστάμενα κτίρια εντός της αδόμητης ζώνης έως 300μ. από τις όχθες της λίμνης (Σχέδιο Πρ. Διατάγματος), κυρίως από την Ακτή Μιαούλη έως τα όρια της Ανατολής, αφετέρου τη βόσκηση παραγωγικών ζώων και τις καλλιέργειες στις περιοχές Ανατολής, Κατσικά, Καστρίτσας, Λογγάδων και Λαψίστας, τότε μια καταιγίδα με μεγάλο όγκο βροχής σε πολύ λίγο χρονικό διάστημα, θα μπορούσε να απειλήσει περιουσίες, ζώα και ανθρώπινες ζωές.

Για την αποτύπωση και διαχείριση των ανωτέρω κινδύνων δημοσιεύτηκε πρόσφατα (Δεκ. 2023) από τη Γενική Διεύθυνση Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας ένα *Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας* λεκανών απορροής ποταμών. Για τη Λεκάνη Απορροής Ποταμού (ΛΑΠ) Καλαμά, στην οποία βρίσκεται η κλειστή λεκάνη Ιωαννίνων, η *Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας* (ΖΔΥΚΠ/ΑΡSFR) αποτυπώνεται στην Ειδική Περιβαλλοντική Μελέτη της Περιφέρειας Ηπείρου (Καϊμάκη Σ., Γκουβάτσου Ε., Χριστοπούλου Α., 2022). Για περίοδο επαναφοράς  $T=100$  έτη, ο κίνδυνος δυνητικής πλημμύρας απεικονίζεται στην κόκκινη περιοχή του **Χάρτη 3**. Η περιοχή αυτή καλύπτει τις παραλίμνιες εκτάσεις και τις πεδινές περιοχές εκατέρωθεν της τάφρου της Λαψίστας, που ανήκουν στη ΛΑΠ Καλαμά. Ο χάρτης της ΕΠΜ προέκυψε ύστερα από την εφαρμογή του *Εγκεκριμένου Σχεδίου Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ)* του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (ΦΕΚ 2684B/6.07.2018). Χωρίς την εφαρμογή του ΣΔΚΠ, η πλημμυρική ζώνη θα περιελάμβανε το σύνολο σχεδόν των πεδινών περιοχών του οροπεδίου Ιωαννίνων, με καταστροφικά αποτελέσματα για την ανθρώπινη δραστηριότητα και τα οικοσυστήματα Παμβώτιδας-Λαψίστας-Καλαμά (βλ. καταστροφικές πλημμύρες στην αποξηραμένη λίμνη Κάρλα το Σεπτέμβριο 2023).





Χάρτης 3: Ζώνες Επικινδυνότητας Πλημμύρας από ποτάμιες ροές με εφαρμογή του ΣΔΚΠ.

### 1.1.6 Υδρολογικό ισοζύγιο κλειστής λεκάνης Ιωαννίνων

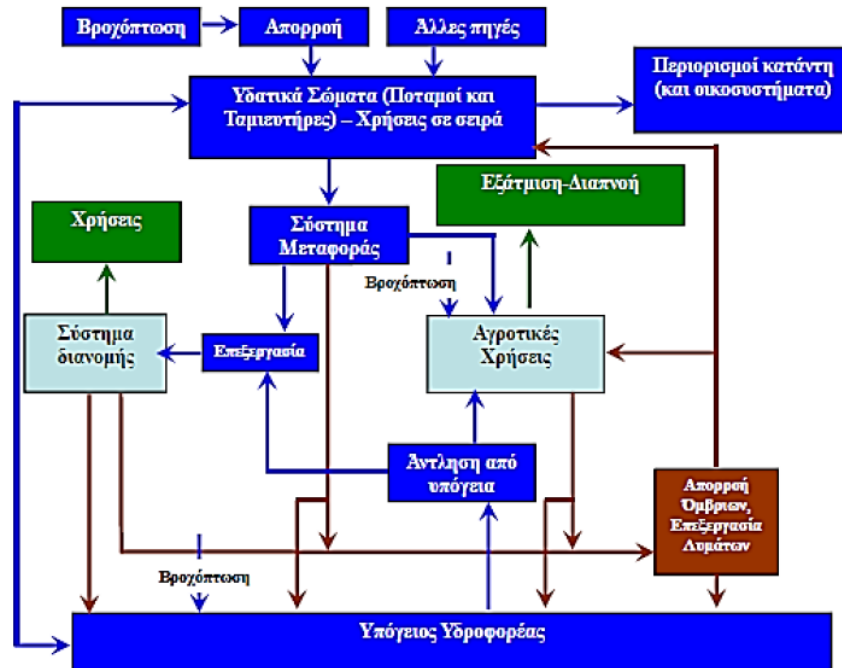
Η βασική εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου μιας λεκάνης απορροής είναι η εξής:

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$

Η μεταβολή στην αποθηκευτικότητα ( $\Delta S$ ) μιας λεκάνης απορροής είναι ίση με την ποσότητα νερού που πέφτει με τη μορφή κατακρήμνισης ( $P$ ), μείον την ποσότητα νερού που απορρέει επιφανειακά ( $R$ ), απορρέει υπόγεια ( $G$ ), εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα ( $E$ ) και διαπνέεται από τα φυλλώματα της βλάστησης ( $T$ ). Για μεμονωμένα επεισόδια βροχόπτωσης, οι συνιστώσες της εξάτμισης και της διαπνοής είναι αρκετά μικρότερες από τις υπόλοιπες και συνήθως αμελούνται (Μιμίκου Μ., Μπαλτάς Ε., 2018).

Έναν πιο ενδελεχή ορισμό του συστήματος μιας λεκάνης απορροής αποτύπωσε ο D. McKinney το 2008 σε ένα διάγραμμα πολλαπλών ροών (Φωτ. 6). Ως **Εισροές** στο υδρολογικό σύστημα περιλαμβάνονται η επιφανειακή απορροή π.χ. από υδατορεύματα και η υπόγεια ροή νερού από τον καρστικό υδροφόρο προς τη λίμνη, στην περίπτωση της Παμβώτιδας. Η επιφανειακή απορροή αναφέρεται σε μόνιμο, εποχιακό και προσωρινό νερό. Επιπλέον, στο ισοζύγιο προστίθεται η μέση βροχόπτωση ( $P$ ). Οι **Εκροές** εκφράζουν τις ποσότητες νερού που απομακρύνονται από το υδρολογικό σύστημα. Σε αυτές περιλαμβάνονται: η επιφανειακή απορροή/απώλεια ( $R$ ), οι απώλειες προς τα υπόγεια ύδατα ( $G$ ), η εξάτμιση ( $E$ ), η διαπνοή ( $T$ ) των φυτών και η Ζήτηση ανά χρήσεις νερού. Η εκροή προς τα υπόγεια νερά είναι περίπου σταθερή μέσα στο έτος, δεδομένου ότι η ανανέωση των υπόγειων υδάτων γίνεται με πολύ αργούς ρυθμούς (Αντωνόπουλος, 2019). Οι απώλειες από την εξατμισοδιαπνοή γίνεται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών. Στις χρήσεις νερού αναφέρονται: η ύδρευση, η άρδευση, η βιομηχανική και κτηνοτροφική χρήση. Ο υπολογισμός του ελλείμματος ή πλεονάσματος νερού ενός συστήματος ισούται με τη διαφορά της ζήτησης από την παροχή νερού. Δηλαδή:

Έλλειμμα/πλεόνασμα συστήματος υδατικών πόρων = Παροχή – Ζήτηση



Φωτ. 6: Διάγραμμα Συστήματος Λεκάνης Απορροής

Τα δεδομένα των υδατικών πόρων για το *ιδιαιτέρως τροποποιημένο υδάτινο σώμα* (ΙΤΥΣ) της **λίμνης Παμβώτιδας**, όπως αναφέρονται στο «Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου» του Υπ. Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (2013, Παράρτημα Ι: Λιμναία Σώματα) και στο «Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της χώρας» του Υπουργείου Ανάπτυξης (2003), έχουν ως εξής:

- Έκταση κλειστής Λεκάνης απορροής Ιωαννίνων = 531km<sup>2</sup>
- Έκταση Παμβώτιδας = 22km<sup>2</sup>
- Μέση ετήσια βροχόπτωση = 1.666,3mm (αθροίζοντας τα μηνιαία στοιχεία του **Πίνακα 5** του Υπ. Ανάπτυξης για το 2003) και πολλαπλασιάζοντας με την επιφάνεια:
  - ✓  $P(\Pi) = \text{Μέση ετήσια βροχόπτωση Παμβώτιδας} = 36.652\text{m}^3$
  - ✓  $P(I) = \text{Μέση ετήσια βροχόπτωση λεκάνης Ιωαννίνων} = 884.646\text{m}^3$
- Μέση ετήσια παροχή/απορροή (μετρημένη στην έξοδο της τάφρου Λαψίστας, συμπεριλαμβανομένων των αντλήσεων) = 61,96m/sec (αθροίζοντας τα μηνιαία στοιχεία του **Πίνακα 5**) ή
  - $R = \text{Ετήσια επιφαν. απορροή Παμβώτιδας} = 61,96 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365 = 1.954 \cdot 10^6 \text{m}^3$
- Η μέση ετήσια φυσικοποιημένη απορροή Λεκάνης Σώματος 325,96km<sup>2</sup> = 81 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Οι ετήσιες ζητούμενες ποσότητες νερού Λεκάνης Σώματος 325,96 km<sup>2</sup> για Ύδρευση και Άρδευση ισούνται με 18,4 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> νερού.

**Πίνακας 5: Μέσες μηνιαίες παροχές και βροχοπτώσεις στην Παμβώτιδα 1951-1988**

	Οκτ	Νοε	Δεκ	Ιαν	Φεβ	Μαρ	Απρ	Μαΐ	Ιουν	Ιουλ	Αυγ	Σεπ
Παροχή	1.99	5.17	7.19	7.38	8.91	8.74	8.35	5.28	3.42	2.29	1.74	1.50
Βροχή	152.8	254.1	259.5	232.4	198.7	153.8	115.0	96.9	61.5	31.8	33.6	76.2

Η παροχή δίδεται σε m<sup>3</sup>/s και η βροχόπτωση σε mm.

Πηγή: ΥΒΕΤ (1993)

Το **καρστικό σύστημα Ιωαννίνων** αποτελεί τον υδρογεωλογικό κόμβο του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου. Η υπόγεια απορροή του συστήματος Ιωαννίνων ρυθμίζει σε ένα μεγάλο ποσοστό τις παροχές του Αράχθου και σε μεγαλύτερο βαθμό τις παροχές του Καλαμά και του Λούρου, στους οποίους κυρίως αποστραγγίζεται υπόγεια το σύστημα. Το καρστικό σύστημα Ιωαννίνων περιλαμβάνει τα καρστικά **υποσυστήματα** Μιτσικελίου, Μονή Βελλάς, Κληματιάς, πηγής Κλίφκης (Νικολάου Ε., 2010). Το **καρστικό σύστημα Μιτσικελίου** εκφορτίζεται από τις πηγές υπερχειλίσσης Στρουνίου, Κρύας και Τούμπας και ένα μεγάλο μέρος του καρστικού συστήματος του αντικλινόριου Ιωαννίνων εκφορτίζεται προς την υδρολογική λεκάνη του Καλαμά. Βάσει μελέτης της Δ/νσης Υδάτινου Δυναμικού του Υπουργείου Ανάπτυξης (2003) προκύπτουν τα παρακάτω ποσοτικά δεδομένα:

- Τα ετήσια ανανεώσιμα αποθέματα του υδροφόρου συστήματος Μιτσικελίου είναι  $5,61 \times 10^6 \text{ m}^3$ .
- Η επιφανειακή απορροή της λεκάνης μαζί με την άρδευση είναι  $5,16 \text{ m}^3/\text{s}$  για λεκάνη τροφοδοσίας  $150 \text{ km}^2$  και αρδευτικά έκτασης  $38 \text{ km}^2$ .
- Υπόγεια απορροή (προς ποταμούς Λούρο, Άραχθο, Καλαμά) ίση με  $9,75 \text{ m}^3/\text{s}$
- Επομένως, συνολική απορροή (επιφανειακή + υπόγεια) ίση με  $14,91 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- Από το καρστικό υποσύστημα Μιτσικελίου οι απολήψεις νερού σε ετήσια βάση είναι:
  - α)  $10,03 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού για ύδρευση από τον υδροφόρο της πηγής Κρύας (γεωτρήσεις *Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης, Δ.Ε.Υ.Α.Ι.*)
  - β)  $5 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού από τον υδροφόρο της Τούμπας (γεωτρήσεις *Συνδέσμου Ύδρευσης Λεκανοπεδίου Ιωαννίνων, Σ.Υ.Δ.Λ.Ι.*)
  - γ)  $0,8 \times 10^6 \text{ m}^3$  νερού για άλλες χρήσεις ύδρευσης και άρδευσης
  - δ)  $1,2 \times 10^6 \text{ m}^3$  περίπου νερού για τις ανάγκες των εμφιαλωτηρίων Η.Β.Ε. Α.Ε. (Βίκος) και ΧΗΤΟΣ ΑΒΕΕ (Ζαγόρι), σύμφωνα με τις σχετικές άδειες χρήσης.

Επί οθωμανικής αυτοκρατορίας η ύδρευση γινόταν κυρίως από πηγάδια, τα οποία αντλούσαν νερό είτε από τη λίμνη, είτε από δημόσια σημεία διανομής. Σύμφωνα με έναν πολεοδομικό χάρτη του Παναγιώτη Τζαμακλή, ακριβές αντίγραφο του οποίου εκτίθεται στο Ιστορικό Αρχείο του Δήμου Ιωαννιτών, το 1902 στα Γιάννενα υπήρχαν 41 δημόσια πηγάδια και δύο δημόσιες πηγές (Αγγέλη Β., 2018, tyros-i.gr), εκτός από ιδιωτικά πηγάδια που ήταν προνόμιο των εύπορων κατοίκων.

Το 1935, δύο δεκαετίες μετά την απελευθέρωση και την ένταξη στο Ελληνικό Κράτος, αποφασίστηκε η κατασκευή του δικτύου ύδρευσης από το Δημοτικό Συμβούλιο της πόλης Ιωαννίνων. Μελέτες υπέδειξαν την πηγή της Κρύας ως την κατάλληλη για υδροδότηση της πόλης, απ' όπου συνεχίζεται μέχρι σήμερα.

## 1.2 Βιοτικό περιβάλλον

### 1.2.1 Δίκτυο Natura 2000 και νομικό πλαίσιο

Η Ευρωπαϊκή Ένωση επιδιώκει της προστασία του περιβάλλοντος ήδη από τη δεκαετία του 1970. Το **Δίκτυο Natura 2000** της ΕΕ είναι το μεγαλύτερο και πιο συνεκτικό δίκτυο προστατευόμενων περιοχών παγκοσμίως. Είναι διαμορφωμένο και τέθηκε σε διαχείριση υπό τις δύο ευρωπαϊκές Οδηγίες για τη Φύση:

- **Οδηγία 2009/147/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 30-11-2009 περί της διατήρησης των άγριων πτηνών. Η συγκεκριμένη Οδηγία αντικατέστησε την αρχική Οδηγία 79/409/ΕΚ, διατηρώντας και εξελίσσοντας τους στόχους της.
- **Οδηγία 92/43/ΕΟΚ** του Συμβουλίου της 21-05-1992 για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων, καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας (Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Αριθ. L 206/7/1992).

Οι προστατευόμενες περιοχές στην Ελλάδα, βάσει των στοιχείων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας, περιλαμβάνουν:

- 202 Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)
- 241 Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)
- Οι 239 ΤΚΣ είναι χαρακτηρισμένοι ως Ειδικές Ζώνες Διατήρησης (ΕΖΔ)

Οι **Ζώνες Ειδικής Προστασίας** (Special Protection Areas - SPA) είναι εκτεταμένες περιοχές που έχουν οριστεί με σκοπό τη διασφάλιση της επιβίωσης και της αναπαραγωγής ειδών ορνιθοπανίδας - μεταναστευτικών και μη - και των βιοτόπων τους στον ευρωπαϊκό χώρο. Οι ΖΕΠ, μετά το χαρακτηρισμό τους από τα κράτη-μέλη, εντάσσονται αυτόματα στο Δίκτυο Natura 2000 και η διαχείρισή τους ακολουθεί τις διατάξεις της Οδηγίας 79/409/ΕΚ (άρθ. 4) και της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ (άρθρ. 6, παρ. 2, 3, 4). Επιστημονική βάση για τον καθορισμό των ΖΕΠ αποτέλεσαν οι **Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά** (Important Bird Areas - IBA). Ο κατάλογος των ελληνικών ΖΕΠ δημοσιεύτηκε στο ΦΕΚ 1495/Β/06.09.2010.

Οι **Τόποι Κοινοτικής Σημασίας** (Sites of Community Importance - SCI) δεν εντάσσονται αυτόματα στο Δίκτυο Natura 2000, αλλά είναι περιοχές που έχουν αξιολογηθεί από το κάθε κράτος-μέλος για τη σημασία τους σχετικά με τη διατήρηση των ζωικών και φυτικών ειδών κοινοτικού ενδιαφέροντος. Με τη θεσμοθέτηση του εθνικού καταλόγου των προστατευόμενων περιοχών του δικτύου Natura 2000, οι ελληνικές περιοχές ΤΚΣ κηρύχθηκαν ως **Ειδικές Ζώνες Διατήρησης** (Special Areas of Conservation, SAC) με το Ν3937/2011. Οι ΤΚΣ υπόκεινται στις διατάξεις του άρθρου 6, παρ. 2, 3, 4 της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ.

Η Οδηγία για τους Οικοτόπους **92/43/ΕΟΚ** προστατεύει τη βιοποικιλότητα στην ΕΕ, μέσω της διατήρησης των φυσικών τύπων οικοτόπων και των ειδών φυτών και ζώων που αναφέρονται στα Παραρτήματά της. Σύμφωνα με αυτή, χαρακτηρίζονται προστατευόμενες περιοχές, γνωστές ως «Ειδικές Ζώνες Διατήρησης» (ΕΖΔ), για περίπου 1.400 σπάνια και απειλούμενα φυτά και ζώα, 500 είδη πουλιών και 230 τύπους σημαντικών οικοτόπων στην ΕΕ. Στην Ελλάδα προστατεύονται σχεδόν 300 είδη φυτών και ζώων, 130 είδη πουλιών και 90 τύποι οικοτόπων.



Επιπλέον νομικό εργαλείο για την προστασία των οικοτόπων της περιοχής μελέτης είναι η **Υπουργική Απόφαση με ΦΕΚ 649/25-06-2003** και τίτλο «Χαρακτηρισμός της χερσαίας και λιμναίας περιοχής της λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων ως περιοχή οικοανάπτυξης, καθορισμός περιφερειακής ζώνης προστασίας αυτής, χρήσεων, όρων και περιορισμών δόμησης». Στο **Χάρτη 4** αποτυπώνονται με πράσινο οι περιοχές Natura 2000 της Ηπείρου, μεταξύ των οποίων η λίμνη Παμβώτιδα με ονομασία GR2130005 και η «ευρύτερη περιοχή πόλης Ιωαννίνων» GR2130012.



**Χάρτης 4:** Περιοχές Natura 2000 Ηπείρου, ΟΦΥΠΕΚΑ

Σύμφωνα με το ισχύον νομικό καθεστώς, στην προστατευόμενη Ζώνη της λίμνης Παμβώτιδας επιτρέπονται μόνο οι εξής δραστηριότητες:

- Η επιστημονική έρευνα και η περιβαλλοντική εκπαίδευση.
- Οι παραδοσιακές δραστηριότητες, εφ' όσον δεν επιβαρύνουν το οικοσύστημα.
- Η άσκηση της κτηνοτροφίας και της γεωργίας, σύμφωνα με τους κανόνες της βιολογικής γεωργίας.
- Η οριοσήμανση της προστατευόμενης περιοχής.
- Οι αθλητικές δραστηριότητες και η λιμναία αναψυχή.

### 1.2.2 Βιοποικιλότητα Παμβώτιδας (ΕΖΔ και ΖΕΠ)

Η λίμνη Παμβώτιδα έχει σπουδαία οικολογική αξία, δεδομένου ότι αποτελεί Ζώνη Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ) και Ειδική Ζώνη Διατήρησης (ΕΖΔ) ταυτόχρονα. Στην περιοχή μελέτης υπάρχει πλούσια **βιοποικιλότητα** πανίδας *σπονδυλωτών* (αμφίβια, ερπετά, θηλαστικά, ιχθείς), πανίδα *ασπόνδυλων* και ορνιθοπανίδας. Σύμφωνα με την Κατή Β. (σημειώσεις Τμήματος ΒΕΤ, Παν/μιο Ιωαννίνων) έχουν καταγραφεί 115 είδη φυτών, 24 είδη ιχθύων, εκ των οποίων δύο ενδημικά, 9 είδη αμφίβιων, εκ των οποίων ένα ενδημικό, 24 είδη ερπετών της Οδηγίας 92/43ΕΕ, 20 είδη θηλαστικών και 44 είδη ασπόνδυλων, εκ των οποίων δύο ενδημικά.



Τα πολύ σημαντικά είδη πανίδας, που απαντούν στην ΕΖΔ «Λίμνη Ιωαννίνων», περιγράφονται αναλυτικά στην πρόσφατη (2022) εκπόνηση Ειδικής Περιβαλλοντικής Μελέτης και Σχεδίου Δράσης για τις περιοχές Natura 2000 της Περιφέρειας Ηπείρου και Δυτικής Μακεδονίας (βλ. Πίνακα 6). Η ροζ επισήμανση αναφέρεται σε πολύ σημαντικά είδη στο πλαίσιο των πρόσφατων καταγραφών και προγραμμάτων παρακολούθησης, ενώ η μωβ επισήμανση σε είδη που δεν ανήκουν, αλλά προτείνεται να συμπεριληφθούν στα πολύ σημαντικά είδη της Οδηγίας 92/43/ΕΟΚ.

Πίνακας 6: Πολύ σημαντικά είδη πανίδας Λίμνης Ιωαννίνων

A/A	Ομάδα είδους	Λατινική ονομασία	Ελληνική Ονομασία	Είδος προτεραιότητας	Πληθυσμός	Βαθμός διατήρησης
1	I	<i>Eurplagia quadripunctaria</i>	Πεταλούδα της Ρόδου	1	B	B
2	I	<i>Chorthippus lacustris</i>		0		
3	F	<i>Cobitis hellenica</i>	Λουροβελονίτσα	0		
4	I	<i>Coenagrion ornatum</i>	Γαλάζια λιβελούλα	0	B	B
5	F	<i>Economidichthys pygmaeus</i>	Λουρογωβιός	0	A	A
6	R	<i>Emys orbicularis</i>	Βαλτοχελώνα	0	C	B
7	I	<i>Euphydryas aurinia</i>	Πεταλούδα των ελών	0	C	C
8	I	<i>Lindenia tetraphylla</i>	Λιβελούλα	0	C	B
9	M	<i>Lutra lutra</i>	Βίδρα	0	C	B
10	M	<i>Myotis myotis</i>	Τρανομουτίδα	0	C	B
11	M	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	Μικρορινόλοφος	0		
12	M	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	Τρανορινόλοφος	0	C	B
13	M	<i>Rhinolophus euryale</i>	Μεσορινόλοφος	0	C	B
14	M	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	Ρινόλοφος του Mehely	0	C	B
15	F	<i>Pelagius epiroticus</i>	Τσίμα	0	C	C
16	F	<i>Pelagius stymphalicus</i>	Στυμφαλικός πελασγός	0	C	C
17	I	<i>Polyommatus eroides</i>	Πολυόμματος ο ηροειδής	0		
18	F	<i>Rutilus ransonii</i>	Δρομίτσα	0	A	A
19	F	<i>Telestes pleurobipunctatus</i>	Λιάρα	0	C	C
20	R	<i>Testudo hermanni</i>	Μεσογειακή χελώνα	0	C	B
21	M	<i>Ursus arctos</i>	Καφέ αρκούδα	1	C	B

**Υπόμνημα**

**Ομάδα είδους:** F= Ιχθυοπανίδα, M= Θηλαστικά, R= Αμφίβια - Ερπετά, I= Ασπόνδυλα

**Πληθυσμός:** A: 100%=>ρ> 15%, B: 15%=>ρ>2%, C: 2%=>ρ>0, D: μη σημαντικός πληθυσμός

**Βαθμός διατήρησης :** A: εξαιρετη διατήρηση, B: καλή διατήρηση, C: μέτρια ή περιορισμένη διατήρηση.

**Κατάσταση Διατήρησης:** FV- Favourable (ΙΚανοποιητική), U1- Unfavourable-Inadequate (Ανεπαρκής), U2- Unfavourable-Bad (Κακή), XX- Άγνωστη

Υπάρχει *Σχέδιο Προεδρικού Διατάγματος*, στο οποίο περιγράφονται ονομαστικά όλα τα είδη πανίδας σπονδυλωτών και ασπόνδυλων και τα είδη ορνιθοπανίδας που απαντώνται στη λίμνη Ιωαννίνων. Ωστόσο, στο πλαίσιο της παρούσας, ακολουθεί η συγκεντρωτική ποσοτική αναφορά ειδών από τη *Μονάδα Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Ηπείρου (ΜΔΠΠΗ)*, στην οποία ενσωματώθηκε ο *Φορέας Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας* με τις διατάξεις του ν. 4685/2020 (Α 92).

**I. Σπονδυλωτά****α. Αμφίβια**

Στην περιοχή υπάρχουν 12 από τα 23 είδη αμφιβίων της Ελλάδας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η παρουσία του βαλκανικού νεροβάτραχου (*Pelophylax kurtmuelleri*) και του ηπειρωτικού νεροβάτραχου (*Pelophylax epiroticus*).

**β. Ερπετά**

Η ερπετοπανίδα είναι εξαιρετικά πλούσια και ανέρχεται σε 25 είδη από τα 61 είδη χερσαίων ερπετών της χώρας μας. Σε αυτά περιλαμβάνονται: 2 είδη νεροχελώνας, 2 είδη χερσαίων χελωνών, 8 είδη σαυρών και 13 είδη φιδιών.

**γ. Θηλαστικά**

Στην περιοχή υπάρχουν 28 είδη θηλαστικών εκ των οποίων τα 13 προστατεύονται. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η παρουσία της βίδρας (*Lutra lutra*) και των 7 προστατευόμενων ειδών νυχτερίδων.

**δ. Ιχθυοπανίδα**

Στη λίμνη υπάρχουν σήμερα 20 καταγεγραμμένα είδη ψαριών. Από αυτά, τα 7 προϋπήρχαν και τα 13 είδη είναι ξενικά. Δηλαδή τα εισήγαγε ο άνθρωπος από τον περασμένο αιώνα γιατί είναι εμπορεύσιμα, μετατρέποντας παλαιότερα την Παμβώτιδα σε ένα σπουδαίο πλουτοπαραγωγικό κέντρο της Δυτικής Ελλάδας. Τα βασικά **ξενικά** εμπορεύσιμα είδη, που έχουν εισαχθεί με διάφορους τρόπους, είναι το γλήνι *Tinca tinca* (1929), η πεταλούδα *Carassius gibelio* (1929), η δρομίτσα *Leucos ylikiensis* (1945) και ο κοινός κυπρίνος (*Cyprinus carpio*). Τα επτά **αυτόχθονα** είδη είναι τα εξής: *Leuciscus cephalus* (τυλινάρι), *Stymphalia minnow*, *Babrus albanicus* (μαρίτσα), *Phoxinellus epiroticus* (τσίμα), *Economidichthys pygmaeus*, *Cobitis Hellenica* και *Anguilla anguilla* (χέλι), εκ των οποίων τα πιο σημαντικά είναι η μαρίτσα, η τσίμα και τα χέλια.

Παρόλο που δεν υπάρχουν στοιχεία αναφορικά με τα πληθυσμιακά μεγέθη, παρατηρείται κατάρρευση του πληθυσμού των αυτόχθονων ειδών μαρίτσα, τσίμα και τυλινάρι τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Πιθανότερες αιτίες μείωσης του πληθυσμού, εντοπίζονται στην ποιότητα του νερού, στην υποβάθμιση των φυσικών πεδίων αναπαραγωγής αλλά και στον ανταγωνισμό με άλλα είδη. Αντίθετα, ο πληθυσμός στις πεταλούδες, τα γλήνια και τους κυπρίνους (κοινός, χορτοφάγος, μαρμαροκυπρίνος) είναι σταθερός. Αξίζει να αναφερθεί ότι είναι ελάχιστα

απαιτητικά είδη, ανθεκτικά σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου, ακόμη και ρύπανσης (πεταλούδα, κυπρινοειδή).

## II. Ασπόνδυλα

Έχουν καταγραφεί 49 είδη χερσαίων ασπονδύλων, ενώ θεωρείται βέβαιη η ύπαρξη πολλών ακόμα. Ξεχωρίζουν ιδιαίτερα 3 πεταλούδες: η *Eurhydrys aurinia*, η *Parilio alexanor* και η *Ramassius mnemosyne*, καθώς και το **ενδημικό** είδος ορθόπτερου *Chorthippus lacustris*.

## III. Οрниθοπανίδα

Ιδιαίτερα αξιόλογη σε εθνικό επίπεδο είναι η ορνιθοπανίδα της περιοχής μελέτης, με καταγραφές 170 ειδών ή 37% του συνόλου (456) που αριθμεί ο κατάλογος πουλιών της Ελλάδας (Γκαίτλιχ Μ., Παπαδόπουλος Β., 2022). Τα 48 από τα 170 (Κατή Β., πανεπ/κές σημειώσεις) είναι είδη της Κοινοτικής Οδηγίας των Πουλιών 79/409, που προβλέπει «να ληφθούν άμεσα μέτρα στον βιότοπό τους για την διατήρησή τους». Σύμφωνα με το Φορέα Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας, εδώ αναπαράγονται δύο από τα δέκα είδη της Ελλάδας, που απειλούνται παγκοσμίως με εξαφάνιση: η βαλτόπαπια (*Aythya nyroca*) και το κερκινέζι (*Falco naumanni*).

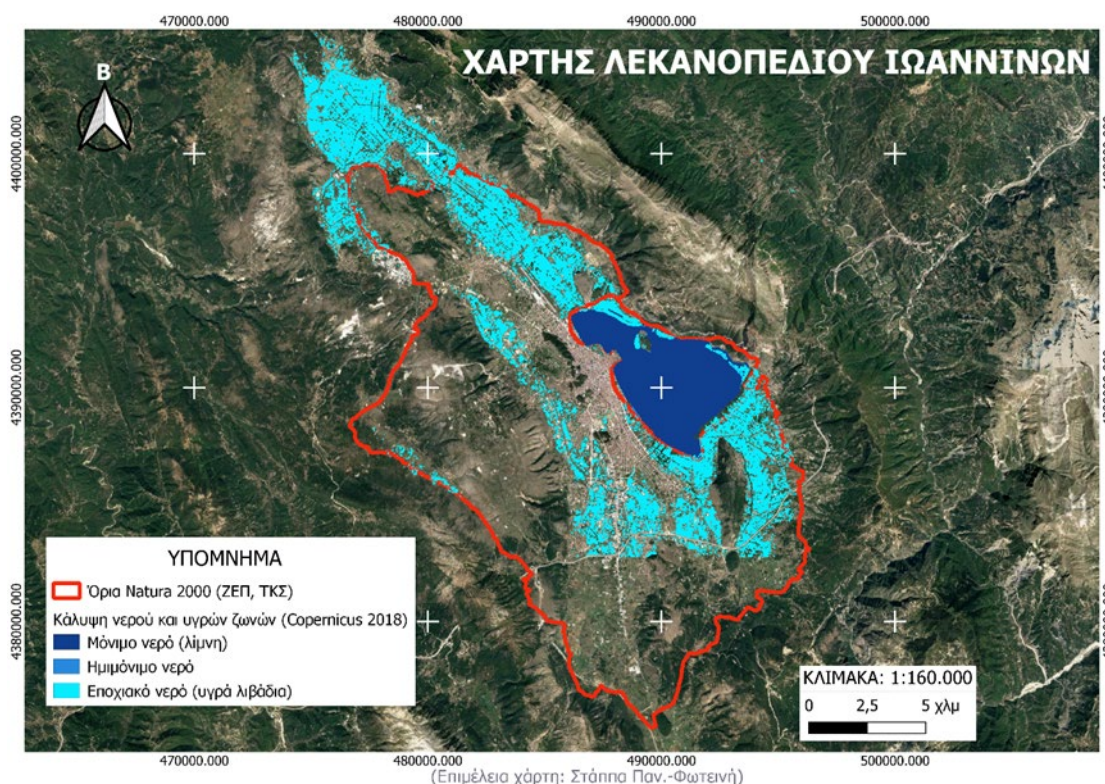
Στο **Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας** Ιωαννίνων (2006), καταγράφονται τα παρακάτω σημαντικά είδη ορνιθοπανίδας ανά κατηγορία ενδιαιτήματος:

- Στη λίμναία περιοχή: η βαλτόπαπια και το κεφαλούδι (παγκοσμίως απειλούμενα είδη με εξαφάνιση), ο ήταυρος και η λαγγόνα (πανευρωπαϊκά απειλούμενα), ο μαυροπελαργός και η σταχτοχήνα (απειλούμενα στην Ελλάδα), ο πελαργός (τρωτό στην Ευρώπη), ο καλαμοκανάς (τρωτό σε εθνικό επίπεδο), η μουστακο-ποταμίδα (σπάνιο στην Ελλάδα) και η αλκυόνη (σημαντικό για διατήρηση στην Ευρώπη).
- Στην παραλίμνια και παραποτάμια περιοχή: ο τσίφτης (άμεση απειλή εξαφάνισης στην Ελλάδα), το κερκινέζι (άμεση απειλή εξαφάνισης στην Ευρώπη και παγκοσμίως), η χαλκοκουρούνα και η χαμοκελάδα (άγνωστο καθεστώς παρουσίας αμφότερα).
- Στους περιφερειακούς ημιορεινούς οικοτόπους του λεκανοπεδίου: ο ασπροπάρης (απειλούμενο άμεσα με εξαφάνιση σε Ευρώπη και Ελλάδα), ο φιδαιτός και ο μπούφος (σπάνια αρπακτικά αμφότερα στην Ευρώπη, σχετικά κοινά στη χώρα μας), η γιδοβυζάχτρα, ο αετομάχος και ο γαϊδουροκεφαλός (είδη που μειώνονται στην Ευρώπη, με το τελευταίο μόνο να κινδυνεύει με εξαφάνιση στην Ελλάδα).
- Τέλος, στην κατηγορία ορεινά μεσογειακά χέρσα εδάφη, ήτοι στο Μιτσικέλι, είχε παρατηρηθεί το κινδυνεύον στην Ευρώπη είδος της δενδροσταρήθρας και αγνοείται η τύχη μερικών ατόμων χρυσαετών που φώλιαζαν στις αρχές του 2000 στο βουνό.

Το έτος συγγραφής της παρούσας εργασίας, είχαμε αριθμό ρεκόρ καταμετρήσεων σε χουλιαρόπαπιες στη λίμνη Παμβώτιδα, στο πλαίσιο του παγκόσμιου προγράμματος των ετήσιων Μεσοχειμωνιάτικων Καταμετρήσεων Υδροβίων Πουλιών (ΜΕΚΥΠ), που πραγματοποιήθηκαν από την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία σε συνεργασία με τη Μονάδα Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Ηπείρου τον Ιανουάριο 2024.

### 1.2.3 Υγρά λιβάδια Ανατολής-Κατσικά: ΖΕΠ

Στο **Χάρτη 5** απεικονίζεται η περιοχή μελέτης, συμπεριλαμβανομένων των εποχιακών υγρότοπων για το έτος 2018. Ο Χάρτης προέκυψε κατόπιν επεξεργασίας ανοιχτών δεδομένων που αντλήθηκαν από το «*Copernicus land Monitoring Service*». Δημιουργήθηκε στο λογισμικό QGIS με κλίμακα 1:160.000 και σύστημα συντεταγμένων EPSG 3395 – WGS 84. Συγκεκριμένα, έγινε μεταφόρτωση των σετ δεδομένων: (α) *Water and Wetness status 2018* (raster 10m) και (β) *N2K (Natura 2000 sites) land cover/land use 2018*.



**Χάρτης 5:** Περιοχή Μελέτης με εποχιακούς υγρότοπους  
(Πηγή dataset: *Copernicus land Monitoring Service*)

Στα υγρά λιβάδια Ανατολής και Κατσικά βρίσκεται ένα από τα ενδιαίτηματα του ενδημικού ορθόπτερου ***Chorthippus lacustris***, η κοινώς επονομαζόμενη «χορεύτρια ακρίδα» της Ηπείρου. Είναι είδος κρισίμως κινδυνεύον (CR), τόσο στο Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας, όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο στην Κόκκινη Λίστα Απειλούμενων Ειδών της IUCN. Το είδος ζει αποκλειστικά σε εποχικώς πλημμυριζόμενες υγρολιβαδικές εκτάσεις της περιοχής της Ηπείρου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τα αυγά του εντόμου παραμένουν στο υγρό έδαφος και εκκολάπτονται την άνοιξη, όταν το έδαφος έχει πλέον στεγνώσει, ενώ τα πρώτα ενήλικα άτομα εμφανίζονται τον Ιούλιο. Είναι εύκολα αναγνωρίσιμο, καθώς διαθέτει λευκά σημεία στις άκρες των κεραίων και στους ταρσούς των πίσω ποδιών. Ονομάστηκε «χορεύτρια ακρίδα» της Ηπείρου, διότι το αρσενικό ακολουθεί ένα τελετουργικό - χορό για την προσέλκυση του θηλυκού, κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής (βλ. **Φωτ. 7**).





**Φωτ. 7:** Η χορεύτρια ακρίδα *Chorthippus lacustris*, (πηγή: Biodiversity Conservation Lab)

Το είδος εκτιμάται ότι έχει χάσει το 85-99% των ενδιαιτημάτων του τα τελευταία 50 χρόνια εξαιτίας της αστικοποίησης (επέκταση των πόλης των Ιωαννίνων και τουριστικές επενδύσεις), της μετατροπής των βιοτόπων του σε αγροτική γη και της εντατικής βόσκησης. Σήμερα σχεδόν όλοι οι καταγεγραμμένοι πληθυσμοί βρίσκονται εντός της περιοχής ευθύνης της Μονάδας Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών Ηπείρου.

Ο πρώην Φορέας Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων συνεργάστηκε το 2015 με το τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων του Πανεπιστημίου Πατρών στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος με τίτλο "Epirus grasshopper conservation: Linking ecology and genetics under a conservation perspective" και από το 2017 υλοποιεί πρόγραμμα συστηματικής παρακολούθησης του είδους εντός της περιοχής ευθύνης του. Από το 2022, στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος ΥΜΕΠΕΡΑΑ, η ΜΔΠΠΗ υλοποιεί δράση με τίτλο «Προστασία του ενδημικού είδους *Chorthippus lacustris* με πιλοτικές δράσεις αποκατάστασης ενδιαιτήματος και ενίσχυσης του πληθυσμού».

## 2. Νομικό πλαίσιο Υδάτων

### 2.1 Οδηγία 2000/60/ΕΚ

Το βασικό εργαλείο άσκησης πολιτικής για τα ύδατα είναι η **Οδηγία 2000/60/ΕΚ** (Water Framework Directive)<sup>6</sup> του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2000. Η παρούσα Οδηγία θεσπίζει το πλαίσιο και αποτελεί το εργαλείο για την μακροπρόθεσμη αειφόρο διαχείριση όλων των υδάτων - υπόγειων, επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων - καθώς και των οικοσυστημάτων στην επικράτεια της Ευρώπης. Βασικός στόχος της είναι η καλύτερη κατάσταση από πλευράς ποιότητας και ποσότητας υδατικών πόρων.

Στο Άρθρο 1 αναφέρεται αναλυτικά ο σκοπός του θεσμικού πλαισίου ώστε:

<sup>6</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex%3A32000L0060>

α) να αποτρέπει την περαιτέρω επιδείνωση, να προστατεύει και να βελτιώνει-αποκαθιστά την κατάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων, καθώς και των αμέσως εξαρτώμενων από αυτά χερσαίων οικοσυστημάτων και υγροτόπων σε ό,τι αφορά τις ανάγκες τους σε νερό

β) να προωθεί τη βιώσιμη χρήση του νερού μεταξύ των χρηστών, βάσει μακροπρόθεσμης προστασίας των διαθέσιμων υδάτινων πόρων

γ) να αποσκοπεί στην ενίσχυση της προστασίας και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος, μεταξύ άλλων με ειδικά μέτρα για την προοδευτική μείωση των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών ουσιών προτεραιότητας και με την παύση ή τη σταδιακή εξάλειψη των απορρίψεων, εκπομπών και διαρροών των επικίνδυνων ουσιών προτεραιότητας

δ) να διασφαλίζει την προοδευτική μείωση της ρύπανσης των υπογείων υδάτων και να αποτρέπει την περαιτέρω μόλυνσή τους

ε) να συμβάλλει στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες.

Σύμφωνα με την Οδηγία-Πλαίσιο για τα Ύδατα, η **ποιοτική κατάσταση** ενός επιφανειακού υδάτινου σώματος (ΥΣ), όπως είναι τα ποτάμια, οι λίμνες, τα μεταβατικά και τα παράκτια ΥΣ, καθορίζεται από δύο βασικούς επιμέρους συντελεστές: την **οικολογική κατάσταση** και τη **χημική κατάσταση**. Στόχος για τα επιφανειακά υδατικά συστήματα είναι η **καλή κατάσταση**.

- Ως «καλή κατάσταση επιφανειακών υδάτων» ορίζεται η κατάσταση επιφανειακού υδατικού συστήματος που χαρακτηρίζεται τουλάχιστον «καλή», τόσο από οικολογική, όσο και από χημική άποψη.
- Ως «καλή οικολογική κατάσταση» ορίζεται η κατάσταση ενός συστήματος επιφανειακών υδάτων το οποίο ταξινομείται κατ' αυτό τον τρόπο, σύμφωνα με το Παράρτημα V της Οδηγίας.
- Ως «καλή χημική κατάσταση επιφανειακών υδάτων» ορίζεται η χημική κατάσταση που απαιτείται για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων για τα επιφανειακά ύδατα, δηλαδή η χημική κατάσταση που έχει επιτύχει ένα σύστημα επιφανειακών υδάτων, στο οποίο οι συγκεντρώσεις ρύπων δεν υπερβαίνουν τα πρότυπα περιβαλλοντικής ποιότητας τα οποία ορίζονται στο Παράρτημα ΙΧ και δυνάμει της παραγράφου 7 του άρθρου 16, καθώς και δυνάμει άλλων συναφών κοινοτικών νομοθετημάτων που θεσπίζουν ποιοτικά περιβαλλοντικά πρότυπα σε κοινοτικό επίπεδο.

### 2.3 Νόμος 3199/2003

Ο Νόμος **3199/2003** της Ελληνικής Βουλής αφορά την «Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων» και αποτελεί το νομικό πλαίσιο για την εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ στην ελληνική επικράτεια. Τα κύρια σημεία του Νόμου 3199/2003 είναι τα εξής:

1. Ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων: Ο νόμος προάγει τη διαχείριση των υδάτων σε επίπεδο Λεκανών Απορροής Ποταμών (ΛΑΠ), το οποίο είναι το βασικό γεωγραφικό και φυσικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδάτων. Η διαχείριση στο επίπεδο αυτό επιτρέπει τη συνεκτική και ισόρροπη αντιμετώπιση όλων των πηγών ρύπανσης και χρήσεων.
2. Προστασία της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων: Ο νόμος ορίζει μέτρα για τη διατήρηση και την αποκατάσταση της ποιότητας του νερού, καθώς και

για την εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων νερού για τις διάφορες χρήσεις (π.χ. αγροτική, βιομηχανική, αστική κατανάλωση), πάντα με σεβασμό στις περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

3. Δημιουργία Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Υδάτων: Ο νόμος προβλέπει τη διαμόρφωση εθνικού και περιφερειακών σχεδίων διαχείρισης υδάτων, τα οποία περιλαμβάνουν μέτρα προστασίας και χρήσης των υδατικών πόρων, ελέγχους της ρύπανσης, καθώς και δράσεις εξοικονόμησης νερού. Κάθε λεκάνη απορροής ποταμού πρέπει να έχει το δικό της Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων, που ανανεώνεται ανά εξαετία.
4. Η αρχή "ο ρυπαίνων πληρώνει": Ενσωματώνει την αρχή ότι οι χρήστες των υδάτων, είτε πρόκειται για νοικοκυριά είτε για βιομηχανίες, πρέπει να φέρουν το κόστος της ρύπανσης ή της υπερκατανάλωσης. Οι χρεώσεις για το νερό πρέπει να αντικατοπτρίζουν το πραγματικό κόστος χρήσης, συμπεριλαμβανομένου του περιβαλλοντικού κόστους.
5. Ελεγκτικοί μηχανισμοί και κυρώσεις: Ο νόμος περιλαμβάνει διατάξεις για τη σύσταση και λειτουργία μηχανισμών ελέγχου της ποιότητας των υδάτων και της συμμόρφωσης των χρήσεων με τους κανόνες διαχείρισης. Παρέχει επίσης δυνατότητες επιβολής διοικητικών και ποινικών κυρώσεων σε περιπτώσεις παραβάσεων των διατάξεων.
6. Συμμετοχή της κοινωνίας: Ο νόμος προβλέπει τη συμμετοχή του κοινού και των ενδιαφερόμενων φορέων στη διαδικασία λήψης αποφάσεων για τη διαχείριση των υδάτων, καθώς και τη δημόσια διαβούλευση για τα σχέδια διαχείρισης των υδάτινων πόρων.
7. Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων: Το Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων ιδρύεται ως όργανο υπεύθυνο για τη χάραξη της εθνικής πολιτικής για τη διαχείριση των υδάτινων πόρων, με στόχο την επίβλεψη και τον συντονισμό των εθνικών και περιφερειακών δράσεων.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές της **Οδηγίας 2000/60/ΕΚ** και κατ' εφαρμογή του **Νόμου 3199/2003**, καταρτίστηκε το Σεπτέμβριο 2013 το *Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου (GR05)* από την Ειδική Γραμματεία Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Το Σχέδιο Διαχείρισης αφορά στην αξιολόγηση και ταξινόμηση της ποιοτικής κατάστασης των *επιφανειακών υδάτινων σωμάτων*. Συγκεκριμένα, για την εκτίμηση της **οικολογικής κατάστασης**<sup>7</sup> ενός επιφανειακού ΥΣ εξετάζονται και αξιολογούνται οι τρεις βασικές κατηγορίες:

- Βιολογικά ποιοτικά στοιχεία
- Υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία
- Φυσικοχημικά ποιοτικά στοιχεία

Από τη σύνθεση των αποτελεσμάτων της κάθε κατηγορίας ποιοτικών στοιχείων προκύπτει η συνολική οικολογική κατάσταση των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων. Η Οδηγία-Πλαίσιο ορίζει μια πενταβάθμια κλίμακα ποιότητας: *υψηλή, καλή, μέτρια, ελλιπής, κακή*. Η υψηλή ποιότητα αντιστοιχεί σε ένα πρακτικά αδιατάρακτο οικοσύστημα και οι υπόλοιπες κατηγορίες αντιπροσωπεύουν μικρότερες ή μεγαλύτερες αποκλίσεις από την υψηλή ποιότητα, που αποτελεί τη συνθήκη αναφοράς.

Η παρούσα εργασία εστιάζει στην αξιολόγηση των **φυσικοχημικών ποιοτικών στοιχείων**, που λειτουργούν ως υποστηρικτικά των βιολογικών στοιχείων. Λαμβάνοντας υπόψη την Α' Αναθεώρηση του Σχεδίου Διαχείρισης των ΛΑΠ της Ηπείρου, ισχύουν τα δεδομένα ταξινόμησης του **Πίνακα 7** για τις φυσικοχημικές παραμέτρους. Στον εν λόγω Πίνακα στηρίχθηκαν οι ρυπαντικοί χάρτες με τα αποτελέσματα και τα τελικά συμπεράσματα της παρούσας (βλ. Κεφάλαιο 6 & 7).

*Πίνακας 7: Φυσικοχημικές παράμετροι ταξινόμησης λιμναίων ΥΣ και σχετικά όρια καλής/μέτριας κατάστασης*

Επίπτωση	Μετρούμενη παράμετρος	Όριο μεταξύ καλής μέτριας κατάστασης
Οξυγόνωση	Διαλυμένο Οξυγόνο	70% 4 mg/l στο υπολίμνιο
Οξίνιση	Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου pH	6-9
Διαφάνεια	Δίσκος Secchi	4 m
Τροφική κατάσταση	Ολικός φώσφορος	30 µg/l
	Ολικό άζωτο	1 mg/l
	Αμμώνιο	0.5 mg/l
	Νιτρώδη	0.05 mg/l

Για τη **χημική κατάσταση** της λίμνης δε θα γίνει κάποια αξιολόγηση, γιατί ξεπερνά τα όρια και τις δυνατότητες της παρούσας εργασίας.

### 3. Ενιαίο Υδροτοπικό Σύστημα Λαψίστας-Παμβώτιδας

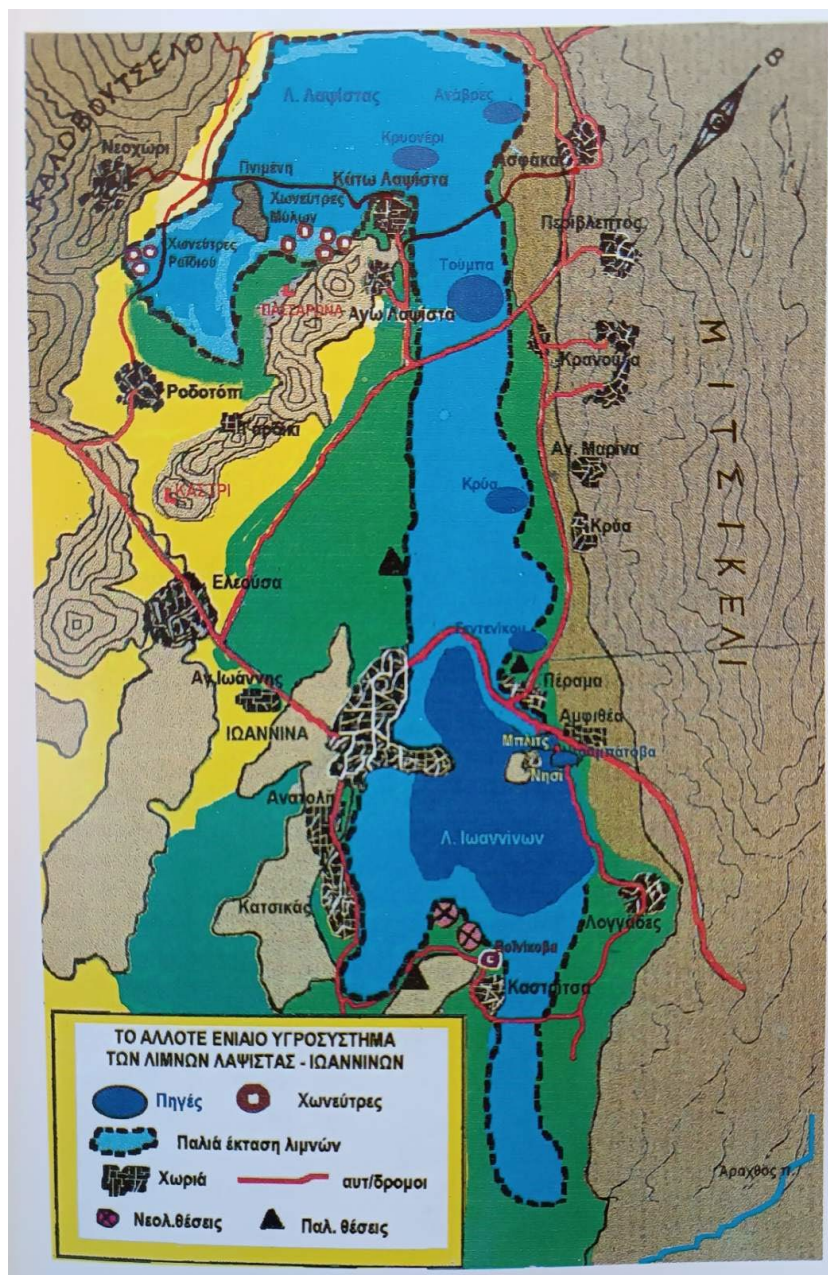
#### 3.1 Δίδυμες λίμνες - αυτοκαθαρισμός Παμβώτιδας

Υπάρχουν πολλές αναφορές στη βιβλιογραφία που θεωρούν πως οι άλλοτε δύο λίμνες των Ιωαννίνων, Λαψίστα και Παμβώτιδα, ήταν μία ενιαία. Σύμφωνα με τον αρχαιολόγο Δάκαρη Σ. (1971), από τις έρευνες της Αρχαιολογικής-Ανθρωπολογικής Σχολής του Cambridge, διαπιστώθηκε η ύπαρξη ενός στρώματος άμμου με στρείδια του γλυκού νερού στο ασβεστόχο υπέδαφος της αποξηραθείσας λίμνης Λαψίστας. Το στρώμα αυτό χρονολογήθηκε με ραδιοάνθρακα C14 και τοποθετήθηκε σε 20.800-810 χρόνια πίσω. Επιπλέον, ο Δάκαρης, στηριζόμενος σε άλλα επιστημονικά δεδομένα, συμπεραίνει ότι η στάθμη της Παμβώτιδας υψώθηκε τρεις φορές κατά 3,20m τουλάχιστον στην περίοδο από 24.000-18.000 χρόνια από σήμερα. Αυτή η περίοδος συμπίπτει με έξαρση ψύχους και εξάπλωση των παγετώνων στην Ευρώπη και την επικράτηση κατακλυσµαίων βροχοπτώσεων στην Ήπειρο. Έτσι, οδηγείται στο συμπέρασμα ότι εκείνη τη χρονική περίοδο οι δύο λίμνες αποτελούσαν μία ενιαία. Τέλος, ο Δάκαρης δέχεται ότι η λίμνη Ιωαννίνων φαίνεται να επανήλθε στην ισοστατική της κατάσταση με τη λήξη της περιόδου των παγετώνων, δηλ. 9.000 περίπου χρόνια π.Χ. (Κωλέττας Σ., 2001).

Άλλες βιβλιογραφικές αναφορές, που επιβεβαιώνουν την αρχική υπόθεση, είναι του Σαλαμάγκα Δ. (1965), του Γκανιάτσα Κ. (1970) και Μαλδογιάννη Θ. (1972). Σύμφωνα με τους τελευταίους, «αι λίμναι Ιωαννίνων και Λαψίστας, αι οποίοι



εχωρίζοντο υπό ελώδους-τυρφώδους εκτάσεως και συνεδέοντο δια διώρυγος, ηνούντο όταν η στάθμη των υδάτων ήτο υψηλή. Τα ύδατα της λίμνης των Ιωαννίνων μεταφερόμενα δια της διώρυγος από του Β άκρου αυτής εις το ΒΔ άκρον του λεκανοπεδίου, εξαφανίζονται εντός μεγάλης καταβόθρας [...], δια να επανεμφανιστούν εκ των εντεύθεν περί τα 5 χλμ απέχουσαν κωμόπολιν Κληματιάν (Βελτίσταν), οπόθεν δια του ποταμίσκου Βελτσιστάς χύνονται εις το Θυάμιν (Καλαμάν) ποταμόν» (Γκανιάτσας Κ., 1970 και Μαλδογιάννης Θ., 1972). Χαρακτηριστικό σκαρίφημα του ενιαίου υγροτοπικού συστήματος, που αποτελούσαν κάποτε οι δύο λίμνες, υπάρχει στο βιβλίο του Κωλέττα Στέφανου «Οι λίμνες Ιωαννίνων και Λαψίστας» (2001), όπως αποτυπώνεται στη **Φωτ. 8**.

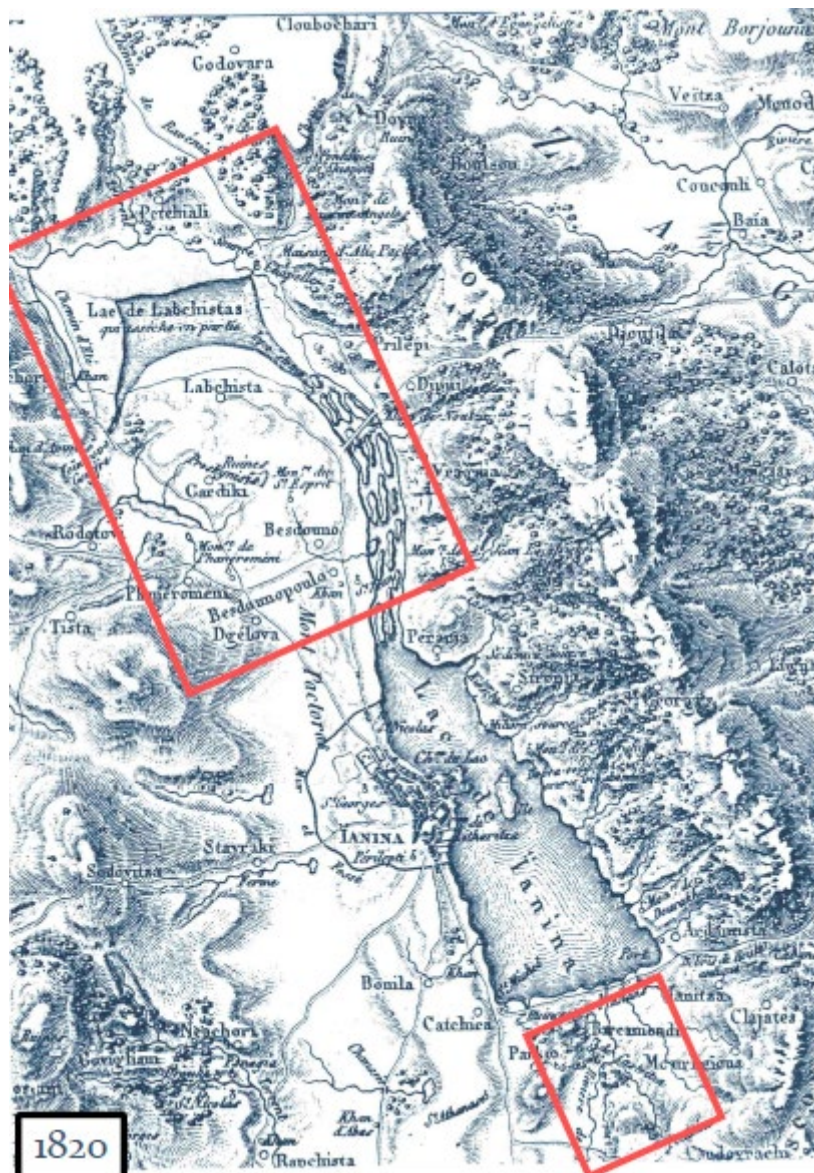


**Φωτ. 8:** Ενιαίο υγροσύστημα των λιμνών Λαψίστας-Παμβώτιδας (2001, Κωλέττας Σ.)

Σύμφωνα με την Κατή Β. (πανεπιστημιακές σημειώσεις Τμήματος ΒΕΤ), πάνω από 25 πηγές από τα καρστικά πετρώματα του Μιτσικελίου τροφοδοτούσαν διαρκώς τη λίμνη με καθαρό νερό. Στα ανατολικά της Παμβώτιδας μέσω των καταβοθρών

γινόνταν ο αυτοκαθαρισμός των υδάτων, τα οποία κατέληγαν στο Λούρο και τον Αμβρακικό υπογείως. Το νερό της λίμνης ήταν καθαρό ολιγοτροφικό.

Κλείνοντας, αξίζει να γίνει παράθεση άλλης μια γκραβούρας στα 1820, που απεικονίζει τις δίδυμες λίμνες (Φωτ. 9).



Φωτ. 9: Δίδυμες λίμνες στα 1820 (Κατή Β, πανεπιστημιακές σημειώσεις)

### 3.2 Μεγάλα τεχνικά έργα

Οι αποξηράνσεις λιμνών και υγροτόπων είχαν ξεκινήσει μετά τη Μικρασιατική καταστροφή σε εθνικό επίπεδο, που η Ελλάδα κλήθηκε να στεγάσει και να ενσωματώσει εκατομμύρια πρόσφυγες. Συνεχίστηκαν μεταπολεμικά-μετεμφυλιακά από το Υπουργείο Γεωργίας κυρίως, με σκοπό την καταπολέμηση της εγκατάλειψης της υπαίθρου, την απόδοση γης στη γεωργία, την καταπολέμηση της ελονοσίας και την τιθάσευση πλημμυρικών φαινομένων. Κάποια παραδείγματα αποξήρανσης λιμνών που πραγματοποιήθηκαν μεταπολεμικά είναι: η Κάρλα στη Θεσσαλία, η Ξυνιάδα στη Φθιώτιδα, η Μελίτη στην Αιτωλοακαρνανία, η Λαψίστα και η Λαγκάστα στα Ιωάννινα, η Αχερουσία στη Θεσπρωτία, οι λίμνες Αγουλινίτσας και



Μουριάς στην Ηλεία.<sup>8</sup> Σύμφωνα με μελέτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (1998) το 65% των κύριων λιμνών της χώρας έχουν με τον ένα ή τον άλλο τρόπο αποξηρανθεί ως τις αρχές της δεκαετίας του 1960 (Κοβάνη Ε., 2002).

Εστιάζοντας στην ιστορία της **αποστράγγισης της λίμνης Λαψίστας**, ο Κωλέττας (2001) αναφέρει ότι τα έτη 1923 και 1927 εκδόθηκαν αποφάσεις του Υπουργού Γεωργίας, με τις οποίες απαλλοτριώθηκαν αναγκαστικά τα αγροκτήματα της Άνω Λαψίστας, Περίβλεπτου κ.ά. για αποκατάσταση των ακτημόνων καλλιεργητών. Το 1931-1932 υποβάλλονται τα σχέδια αποξήρανσης της λίμνης από τον μελετητή Μ. Mac Donald. Κατά τη διάρκεια της δικτατορίας του Μεταξά (1937) άρχισαν οι εργασίες διάνοιξης της τεχνητής σήραγγας από το Ροδοτόπι έως την έξοδο στη σημερινή Κληματιά, όμως ο Δεύτερος Παγκόσμιος Πόλεμος σταμάτησε τα έργα. Το «έλος Λαψίστης», όπως παραπλανητικά αποκαλούσαν τη λίμνη, κηρύχθηκε τελικά απαλλοτριωτέο το 1954 με απόφαση του Υπουργού Γεωργίας (43813/28.11.1954) για τον αρχικό σκοπό. Την ίδια χρονιά ξεκινά εκ νέου η υλοποίηση του έργου, κατασκευάζεται σήραγγα μήκους 5 χλμ, με αφετηρία το τέλος της τάφρου της Λαψίστας και τα τεχνικά έργα ολοκληρώνονται το 1959.

Μια σειρά από επιπρόσθετα μεγάλα τεχνικά έργα συνέβαλαν στην μεταβολή της ποιότητας των υδάτων της λίμνης Ιωαννίνων, όπως απαριθμούνται στη συνέχεια από την Papastergiadou et al. (2010). Αμέσως μετά την αποστράγγιση της λίμνης Λαψίστας, ξεκίνησε δραστηριότητα εντατικής καλλιέργειας στη λεκάνη απορροής και ξεκίνησε να αναπτύσσεται ο αστικός ιστός των Ιωαννίνων προς τη νότια όχθη της Παμβώτιδας. Το 1970 κατασκευάστηκε το **θυρόφραγμα** του Περάματος για τον έλεγχο της στάθμης της Παμβώτιδας. Το 1974 ολοκληρώθηκε το **αργιλικό ανάχωμα** κατά μήκος της Β-ΒΔ όχθης της λίμνης από το Πέραμα έως την Αμφιθέα, με αποτέλεσμα την *τροποποίηση της υδραυλικής σύνδεσης* της Παμβώτιδας με τον καρστικό υδροφόρο. Όπως προαναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1.1.4, η κατασκευή αυτή απέκοψε τη λίμνη από τον εμπλουτισμό των πηγών Αμφιθέας και Σαντινίκου, το νερό των οποίων σήμερα ρέει στην τάφρο της Λαψίστας και στη συνέχεια στον ποταμό Καλαμά.

Τις δεκαετίες 1970-1980 πραγματοποιήθηκαν διάφορα **έργα υποδομής** όπως: παρόχθιο οδικό δίκτυο, μικρό λιμάνι, εγκαταστάσεις ναυσιπλοΐας, έναρξη περιοδικών μετρήσεων ποιότητας υδάτων της λίμνης σε οριοθετημένες θέσεις δειγματοληψίας. Καθοριστικός παράγοντας για την πορεία της αλιείας υπήρξε η ίδρυση της *Δημοτικής Επιχείρησης Λίμνης Ιωαννίνων* (Δ.Ε.Λ.Ι.) το 1986. Η Δημοτική αυτή επιχείρηση λειτουργούσε ιχθυογεννητικό σταθμό παραγωγής γόνου κυπρίνου και άλλων αλλόχθονων ειδών, προκειμένου να ελέγξει την υπερβολική υδρόβια βλάστηση, αλλά και να στηρίξει την τοπική αλιεία. Εφάρμοζε πρόγραμμα εμπλουτισμού μία φορά το χρόνο. Σήμερα η Δ.Ε.Λ.Ι. έχει εγκαταλειφθεί και τελεί υπό καθεστώς εκκαθάρισης.

---

<sup>8</sup> α) <https://greenapple.gr/2016/06/11/%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%BD%CE%B1%CE%AF%CE%B1-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1%CF%82/>, β) <https://www.mixanitouxronou.gr/oi-chamenes-limnes-tis-elladas-apoxiranthikan-gia-tin-elonosia-kai-gia-nea-chorafia-alla-den-pigan-ola-kala/>

Το 1985 ξεκίνησε η λειτουργία της *Δημοτικής Επιχείρησης Ύδρευσης Αποχέτευσης Ιωαννίνων* (ΔΕΥΑΙ) και από το 1990 σταμάτησαν τα υγρά αστικά απόβλητα να απορρίπτονται απευθείας στη λίμνη. Ήταν την ίδια χρονιά που έκλεισαν τα δημοτικά σφαγεία στη Ν-ΝΔ πλευρά της λίμνης και σταμάτησε η ανεξέλεγκτη απόρριψη ρύπων σε μεγάλο βαθμό. Το 1992 ξεκίνησε τη λειτουργία της η *Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων*, με αποδέκτη την τάφρο της Λαψίστας. Έκτοτε, πραγματοποιήθηκαν σταδιακές συνδέσεις των Δικτύων αποχέτευσης και επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Το 2009 υπογράφηκε σύμβαση μεταξύ ΔΕΥΑΙ και αναδόχου εταιρείας για την εγκατάσταση συστήματος ποιοτικού και ποσοτικού ελέγχου λυμάτων της Βιομηχανικής Περιοχής της πόλης. Σκοπός της σύμβασης ήταν η χωριστή επεξεργασία των λυμάτων της ΒΙ.ΠΕ. από τα αστικά λύματα, ώστε να μην οδηγούνται από κοινού στην κεντρική Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) της πόλης. Προς αποφυγή του κινδύνου τοξικότητας της βιομάζας της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας της ΕΕΛ, η ανάδοχος εταιρεία εγκατέστησε σύστημα αναρρύθμισης των λυμάτων από τη ΒΙ.ΠΕ. ανάντη της ΕΕΛ. Επιπλέον, εγκατέστησε μονάδα παρακολούθησης στην έξοδο της ΕΕΛ, με στόχο την παρακολούθηση και τον έλεγχο των βασικών χημικών παραμέτρων της εκροής της εγκατάστασης.<sup>9</sup> Φτάνοντας στο σήμερα, ανακοινώθηκε από τη ΔΕΥΑΙ (καλοκαίρι 2024) ότι θα έμπαινε σε πλήρη λειτουργία ο **νέος βιολογικός καθαρισμός** των Ιωαννίνων, αποτέλεσμα προσπαθειών πολλών ετών, εκσυγχρονίζοντας τον υφιστάμενο με την εγκατάσταση ηλιακής ξήρανσης της λυματολάσπης. Πρόθεση είναι να λυθεί σταδιακά το πρόβλημα της χαμηλής αφομοιωτικής ικανότητας των αποδεκτών του βιολογικού καθαρισμού.

## 4. Δειγματοληψία υδάτων Παμβώτιδας

### 4.1 Επιλογή χρόνου δειγματοληψίας (καθορισμός υγρής - ξηρής περιόδου)

Στη λεκάνη των Ιωαννίνων, όπως ειπώθηκε αναλυτικά στα κλιματολογικά δεδομένα του Κεφαλαίου **1.1.3**, η υγρή περίοδος διαρκεί κατά μέσο όρο από το μήνα Νοέμβριο έως τον Απρίλιο, ενώ η ξηρή από τον Ιούνιο έως το Σεπτέμβριο. Ωστόσο, οι βροχοπτώσεις διαφοροποιούνται και ο Μάιος μπορεί να συμπεριλαμβάνεται στους ξηρούς μήνες. Στην παρούσα εργασία λήφθηκαν δείγματα για την **υγρή περίοδο** στις 4-5 Δεκεμβρίου 2023 και για την **ξηρή περίοδο** στις 7 Ιουνίου 2024.

### 4.2 Επιλογή θέσεων/ζωνών δειγματοληψίας

Στην υγρή περίοδο λήφθηκαν έντεκα επιφανειακά δείγματα νερού (βάθους έως 50cm) από αντιπροσωπευτικά υδροσημεία του λιμναίου συστήματος. Δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην επιλογή των υδροσημείων, ώστε η κατανομή τους να καλύπτει τις αντιπροσωπευτικές **ζώνες χρήσης** της λίμνης και της παραλίμνιας γης. Η διαδικασία της δειγματοληψίας επαναλήφθηκε κατά την ξηρή περίοδο στις ίδιες συντεταγμένες, ώστε να εξαχθούν συγκριτικά αποτελέσματα, δεδομένου ότι η ποιότητα των νερών ποικίλλει ανάλογα με την εποχή του έτους. Έτσι, θα μπορέσουν

<sup>9</sup> <https://mesogeos.gr/%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%82-%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%82-%CE%BB%CF%85%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B9%CF%89%CE%B1%CE%BD%CE%BD%CE%AF%CE%BD%CF%89%CE%BD/>

να διερευνηθούν οι ενδεχόμενες ανθρωπογενείς πιέσεις στην ποιότητα των υδάτων της λίμνης Ιωαννίνων.

Επειδή η Παμβώτιδα έχει περίπου κυκλικό σχήμα, δεν αναμένεται να παρουσιάζει σημαντική ανομοιογένεια στην ποιότητα των νερών της, όπως λίμνες με περίπλοκη ακτογραμμή (ΚΕΕΛΠΝΟ, Οδηγία 2014). Επιλέχθηκαν ένα πελαγικό σημείο δειγματοληψίας στο κέντρο της λίμνης και δέκα αντιπροσωπευτικές παρόχθιες θέσεις. Συμπεριλήφθηκε το κέντρο της Παμβώτιδας, η περιοχή του θυροφράγματος που ρυθμίζει τη στάθμη της λίμνης, τα νερά των πηγών, οι αγροτικές και κτηνοτροφικές περιοχές στα ΝΑ της λίμνης και η αστική παραλίμνια ζώνη των Ιωαννίνων.

Για τη συλλογή του πελαγικού δείγματος (No1) καθοριστική υπήρξε η συμβολή του επαγγελματία ψαρά κ. Αντώνη Οθρένοβιτς. Οι δειγματοληψίες των αγροκτηνοτροφικών περιοχών (No7-10) έγιναν σε κανάλια (ή λαγκάτσες κατά την τοπική διάλεκτο) κοντά στα σημεία εκβολής τους στη λίμνη (βλ. **Φωτ. 10**).



**Φωτ. 10:** Ο κος Οθρένοβιτς στο κανάλι της Ανατολής.

Οι περισσότερες δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε σημεία εύκολης πρόσβασης. Έγιναν από γεφύρια, προβλήτες ή την προκουμαία της πόλης, οπότε επιτεύχθηκε ικανοποιητικό βάθος και απόσταση από τις όχθες της λίμνης (βλ. **Φωτ. 11**). Τα δείγματα Νο4 και 7 συλλέχθηκαν από αβαθή σημεία, με αποτέλεσμα να συμπαρασύρουν ξένα σώματα και να χρειαστεί διήθηση κατά την εργαστηριακή ανάλυση. Τέλος, στα δείγματα Νο7 και 8 αντιμετωπίστηκε μια δυσκολία πρόσβασης στο νερό λόγω ασταθούς παρακείμενου εδάφους και πυκνής βλάστησης, ειδικά το μήνα Ιούνιο κατά τη β' φάση των δειγματοληψιών (βλ. **Φωτ. 12**).





**Φωτ.11:** Δειγματοληψίες εύκολης πρόσβασης.



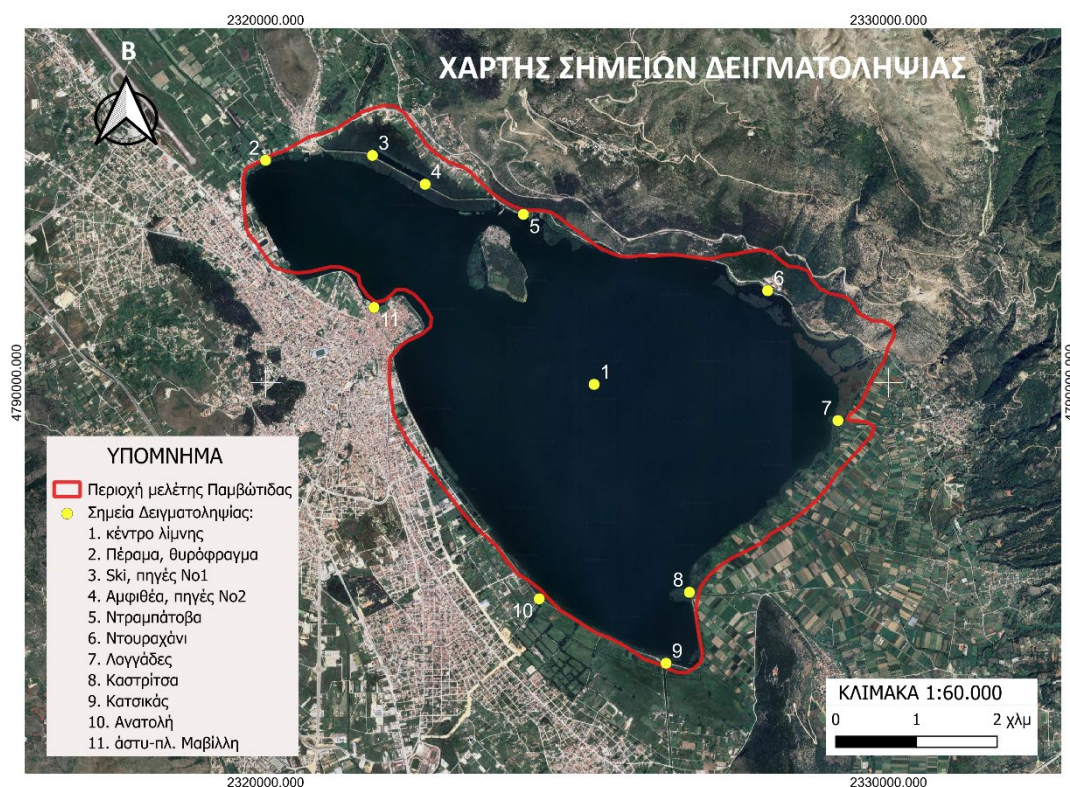
**Φωτ. 12:** Δειγματοληψίες δύσκολης πρόσβασης.

Ακολουθεί ο **Πίνακας 8** με τις θέσεις των δειγματοληψιών και η απεικόνισή τους σε χάρτη από το Google Earth σε κλίμακα 1:60.000 σε σύστημα συντεταγμένων EPSG:3395 - WGS 84, όπως σχεδιάστηκε στο λογισμικό QGIS (βλ. **Χάρτη 6**).



Πίνακας 8: Σημεία δειγματοληψίας υγρής και ξηρής περιόδου

α/α	Ημερ/νία δειγματοληψίας	Ονομασία σταθμού δειγματοληψίας	Συντεταγμένες
1	4/12/23, 7/6/24	κέντρο λίμνης	39°39'50.8"N 20°53'17.8"E
2	4/12/23, 7/6/24	Πέραμα, θυρόφραγμα	39°41'20.8"N 20°50'27.3"E
3	4/12/23, 7/6/24	Ski, πηγές Νο1	39°41'22.8"N 20°51'22.7"E
4	5/12/23, 7/6/24	Αμφιθέα, πηγές Νο2	39°41'11.2"N 20°51'50.1"E
5	4/12/23, 7/6/24	Ντραμπάτοβα	39°40'59.1"N 20°52'41.1"E
6	4/12/23, 7/6/24	Ντουραχάνι	39°40'28.5"N 20°54'47.9"E
7	5/12/23, 7/6/24	Λογγάδες	39°39'36.3"N 20°55'24.4"E
8	4/12/23, 7/6/24	Καστρίτσα	39°38'27.3"N 20°54'07.3"E
9	4/12/23, 7/6/24	Κατσικάς	39°37'58.8"N 20°53'55.1"E
10	4/12/23, 7/6/24	Ανατολή	39°38'24.7"N 20°52'49.3"E
11	4/12/23, 7/6/24	Άστυ-πλ. Μαβίλλη	39°40'21.7"N 20°51'23.5"E



Χάρτης 6: Χάρτης σημείων δειγματοληψίας

### 4.3 Διαδικασία Δειγματοληψίας

Για τη δειγματοληψία και την επιτόπια μέτρηση της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας των υδάτων χρειάστηκαν:

- ένα φορητό αγωγιμόμετρο (WTW Cond 330i)
- έντεκα δοχεία από πολυαιθυλένιο<sup>10</sup> χωρητικότητας 1L
- απιονισμένο νερό
- σχοινί μερικών μέτρων

<sup>10</sup> Οι γυάλινες φιάλες πρέπει να αποφεύγονται, γιατί έχει παρατηρηθεί προσρόφηση και ανταλλαγή ιόντων ([www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr))

Ακολουθήθηκε η προβλεπόμενη διαδικασία ως εξής: Πριν από κάθε λήψη νερού, ο κουβάς δεμένος με το σχοινί πλενόταν με το νερό της λίμνης δύο φορές, με τρόπο ώστε να μην αναταράσσονται τα κατώτερα στρώματα νερού και αναμειγνύονται με τα ανώτερα. Η συλλογή του νερού έγινε σε μέγιστο βάθος 50cm από την επιφάνεια της λίμνης. Προτιμήθηκαν ανοιχτά σημεία, όσο το δυνατόν μεγαλύτερης απόστασης από την όχθη, για την αποφυγή λιμναζόντων νερών. Η κεφαλή του αγωγιμόμετρου ξεπλενόταν με απιονισμένο νερό πριν από κάθε νέα μέτρηση αγωγιμότητας και θερμοκρασίας. Τα δοχεία του 1L αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία  $\leq 6^{\circ}\text{C}$  ( $43^{\circ}\text{F}$ ) για max 48ώρες, μέχρι να μεταφερθούν στο *Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας* του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για τις αναλύσεις που ακολούθησαν. Στη θερμοκρασία αυτή επιτυγχάνεται η αναστολή ανεπιθύμητων βιολογικών και χημικών αντιδράσεων.<sup>11</sup>.

## 5. Εργαστηριακές αναλύσεις φυσικοχημικών ιδιοτήτων νερού

Την επομένη των δειγματοληψιών ξεκίνησαν οι αναλύσεις νερού στο *Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας* της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Οι αναλύσεις της υγρής περιόδου έλαβαν χώρα το διάστημα 6-11 Δεκεμβρίου 2023, ενώ της ξηρής το διάστημα 10-14 Ιουνίου 2024, υπό την καθοδήγηση και υποστήριξη του μέλους ΕΔΙΠ, κ. Μαρκαντώνη Κωνσταντίνου.

Το Εργαστήριο διαθέτει έναν ικανό αριθμό από συσκευές και όργανα μετρήσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων των επιφανειακών υδάτων. Για την παρούσα μελέτη έγινε χρήση των εξής οργάνων μέτρησης:

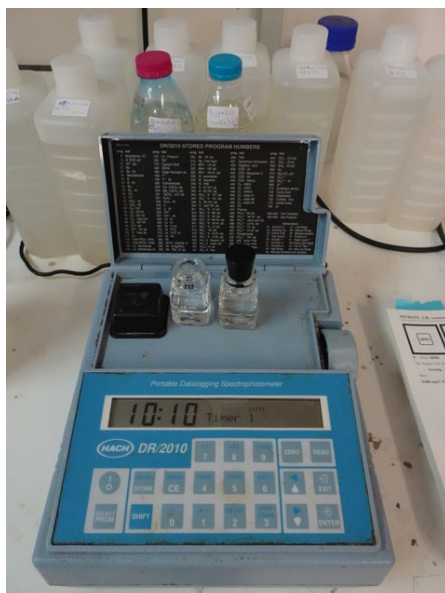
α) φορητό **πολυπαραμετρικό όργανο** (HACH HQSeriesM) για καταγραφή του pH, της θερμοκρασίας, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και του Διαλυμένου Οξυγόνου (DO) στο νερό.



**Φωτ. 13:** φορητό πολυπαραμετρικό όργανο

β) φορητό **φασματοφωτόμετρο** (HACHDR/2010) για τον προσδιορισμό ανιόντων και κατιόντων σε νερά, όπως: νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών, φωσφορικών και θειικών ιόντων.

<sup>11</sup> Ως παραπομπή αρ. 9.



**Φωτ. 14:** φορητό φασματοφωτόμετρο

γ) **μαγνητική πλάκα ανάδευσης** (Labincο L21) με μαγνήτη ανάδευσης για μέτρηση των Όξινων ανθρακικών ( $\text{HCO}_3^-$ ), ιόντων Χλωρίου, Ασβεστίου και Μαγνησίου.



**Φωτ. 15:** μαγνητική πλάκα ανάδευσης

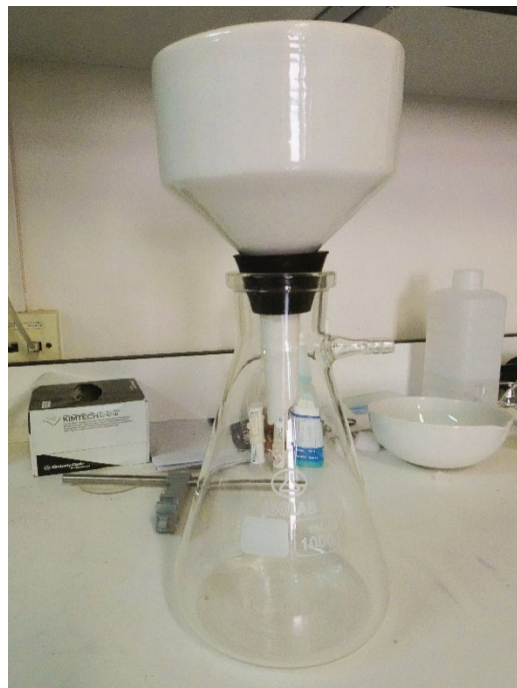
δ) **φλογοφωτόμετρο** (BWB Technologies XP 2011) για μέτρηση ιόντων Νατρίου και Καλίου.





**Φωτ. 16:** φλογοφωτόμετρο

ε) συσκευή διήθησης με χρήση διηθητικών χαρτιών *ashless filter papers* (Macherey-Nagel) διαμέτρου 110mm και βαθμού ανοίγματος πόρων MN 640d για αργό φιλτράρισμα των ξένων σωματιδίων.



**Φωτ. 17:** συσκευή διήθησης

Στα αβαθή σημεία δειγματοληψίας Νο7 & 8 εισήλθαν επιπλέοντα ξένα σώματα (βιομάζα) στο νερό που συλλέχθηκε. Οπότε, προηγήθηκε η διαδικασία της διήθησης, πριν τον έλεγχο ποιότητας του νερού. Στα υπόλοιπα σημεία, Νο1-9 & 10-

11, η ύπαρξη βάρκας, γέφυρας, προβλήτας ή προκυμαίας διευκόλυναν τη λήψη επιφανειακών υδάτων μεγαλύτερου βάθους, απαλλαγμένων από ξένα σώματα.

Συνολικά, για τα 11 δείγματα νερού έγιναν μετρήσεις σε **17 φυσικοχημικούς** παράγοντες, δηλαδή έγιναν **187 προσδιορισμοί**. Ακολουθεί διεξοδική περιγραφή των **μεθόδων μέτρησης** και **ελέγχου ποιότητας** του νερού.

## 5.1 Θερμοκρασία

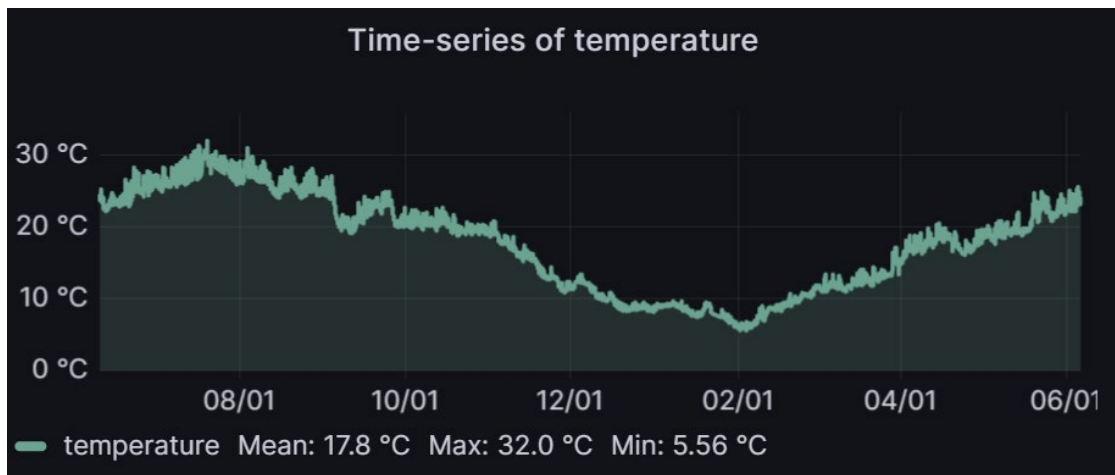
Η θερμοκρασία συγκαταλέγεται στις κυριότερες **φυσικές** παραμέτρους του νερού, μαζί με το χρώμα, τη θολερότητα (ή θολότητα), την οσμή, τη ραδιενέργεια. Στις εύκρατες περιοχές, στις βαθιές λίμνες οι θερμοκρασιακές διαφοροποιήσεις μπορεί να εμφανίζονται σε τρία στρώματα: επιλίμνιο, μεταλίμνιο και υπολίμνιο. Σε αβαθείς λίμνες, όπως η Παμβώτιδα, η θερμοκρασία παρουσιάζει διακυμάνσεις δύο στρωμάτων: της εύφωτης ζώνης και του πυθμένα. Η *στρωμάτωση* αυτή παρατηρείται κυρίως κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και δευτερευόντως τους χειμερινούς, ενώ τους υπόλοιπους μήνες του χρόνου υπάρχει ομοιομορφία έως και *πλήρης ανάμειξη* στρωμάτων (Λαζαρίδου Μ., Μουστάκα-Γούνη Μ., Μπόμπορη Δ., Μιχαλούδη Ε., Ανοιχτά Ακαδημαϊκά μαθήματα Τμ. Βιολογίας ΑΠΘ)<sup>12</sup>. Στο **Διάγραμμα 1** απεικονίζεται η ετήσια κατανομή θερμοκρασίας μεταξύ εύφωτης ζώνης και πυθμένα της λίμνης Παμβώτιδας για το έτος 2011 (Δούκα Σ., 2012) και η κατανομή της θερμοκρασίας στο κέντρο της λίμνης, όπως μετρήθηκε από το σταθμό του ΕΛΚΕΘΕ το διάστημα 6/2023-6/2024 (**Διάγραμμα 2**). Και στις δύο χρονιές η θερμοκρασία της εύφωτης ζώνης κυμάνθηκε σε ίδια περίπου επίπεδα μεταξύ 5,5-32°C κατά τη διάρκεια του έτους.



**Διάγραμμα 1:** Ετήσια κατανομή θερμοκρασίας νερού στην Παμβώτιδα το 2011.

<sup>12</sup> <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS419/>





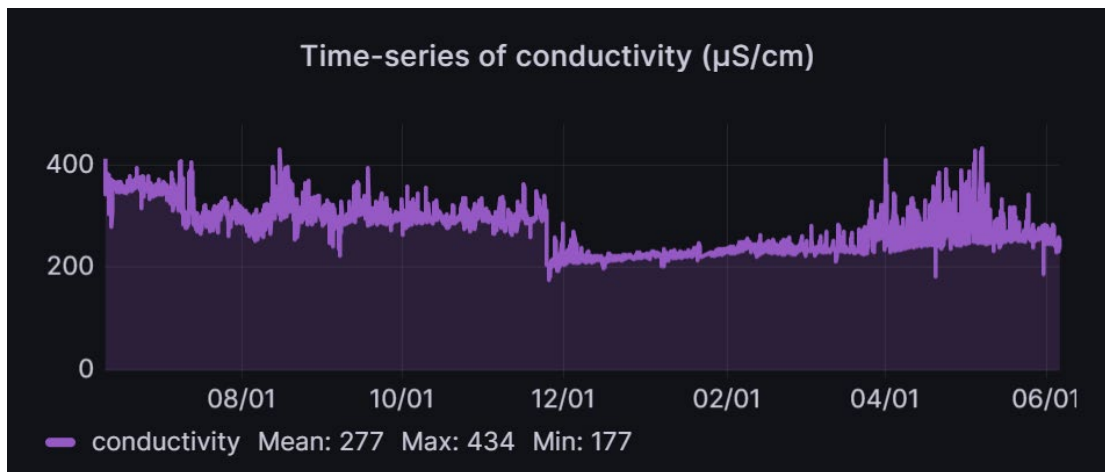
**Διάγραμμα 2:** Κατανομή θερμοκρασίας Παμβώτιδας 6/2023-6/2024.

## 5.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity)

Η παράμετρος αυτή είναι μέτρο της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο νερό. Δηλώνει δηλαδή την ευκολία διέλευσης των ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων από τη μάζα του νερού. Συνεπώς, δεν μπορεί να συνδεθεί άμεσα με την υγεία. Συγκαταλέγεται στις βασικές υδροχημικές παραμέτρους και μετράται σε μικρο-Siemens/cm. Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας συνδέεται πολύ στενά με τη θερμοκρασία του υπόγειου νερού. Με το αγωγιμόμετρο (TDSmeter) γίνονται οι μετρήσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας ή των Συνολικά Διαλυμένων Στερεών (Total Dissolved Solids). Το όργανο μετράει τα σωματίδια που είναι φορτισμένα είτε θετικά (κατιόντα), είτε αρνητικά (ανιόντα). Έτσι, μπορεί και εκτιμά το σύνολο των διαλυμένων στερεών που βρίσκονται στο νερό σε μονάδα μέτρησης τα ppm (parts per million), δηλ. μέρη στο εκατομμύριο. Στον **Πίνακα 9** απεικονίζονται ενδεικτικές μετρήσεις αγωγιμότητας ανά τύπο νερού (eClass Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος, Παν/μιο Πατρών). Τέλος, το **Διάγραμμα 3** δείχνει την ετήσια κατανομή της Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας στο κέντρο της Παμβώτιδας για το διάστημα 6/2023-6/2024, που κυμάνθηκε από 177-434 $\mu$ S/sec, όπως μετρήθηκε από το ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

**Πίνακας 9:** Αγωγιμότητα ανά τύπο νερού

Αγωγιμότητα ( $\mu$ S/cm)	Τύπος νερού
0,1-4	αποσταγμένο νερό
20-100	βροχή
100-1.000	επιφανειακό γλυκό νερό
40-1.500	λίμνη
350-450	εμφιαλωμένο
400-800	ποταμός
200-1.500	υπόγειο νερό
40.000-50.000	θάλασσα



**Διάγραμμα 3:** Κατανομή Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας Παμβώτιδας 6/2023-6/2024.

### 5.3 Ενεργός Οξύτητα ή pH (potential of Hydrogen)

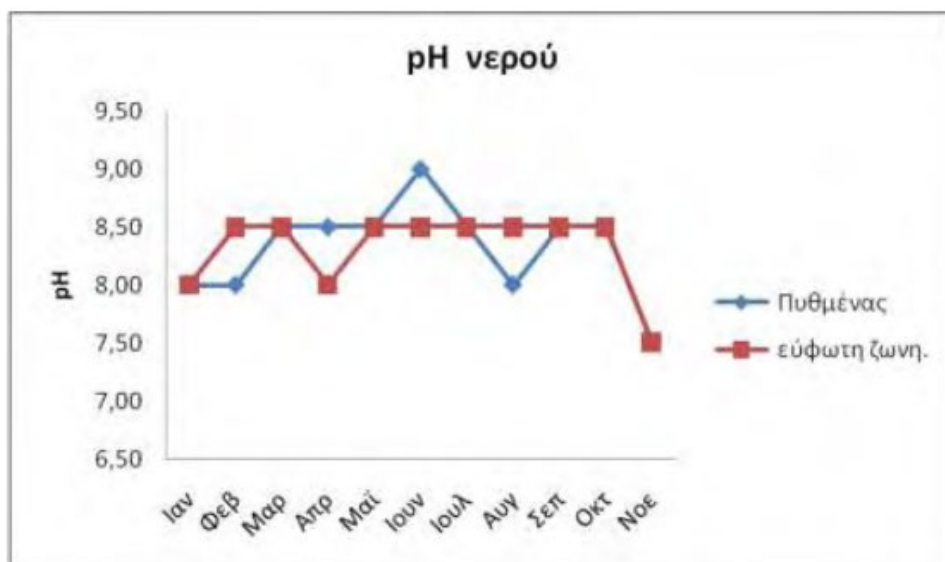
Το pH αναφέρεται και ως *ενεργός οξύτητα*, καθώς αποτελεί δείκτη περιεκτικότητας όξινων και αλκαλικών ενώσεων που βρίσκονται σε διάλυση στο νερό. Οι κύριες βιολογικές διεργασίες στο pH είναι η φωτοσύνθεση, η αναπνοή και η αφομοίωση του αζώτου. Τα περισσότερα οικοσυστήματα γλυκού νερού έχουν pH=7-9. Σε λίμνες που τα διττανθρακικά ιόντα ( $\text{HCO}_3^-$ ) επικρατούν 100%, το pH=8. Σε λίμνες που τα διττανθρακικά και τα ανθρακικά επικρατούν 50-50%, το pH=10. Σε αβαθείς λίμνες, σαν την Παμβώτιδα, το pH παρουσιάζει κατακόρυφη διαφοροποίηση από τον πυθμένα στην επιφάνεια σε ετήσιο κύκλο (Λαζαρίδου Μ., Μουστάκα-Γούνη Μ., Μπόμπορη Δ., Μιχαλούδη Ε., Ανοιχτά Ακαδημαϊκά μαθήματα Τμ. Βιολογίας ΑΠΘ). Ενδεικτικά αναφέρονται (Μαρτάκης Ι., 2018) κάποια όρια, που σχετίζονται με τη χρήση του νερού:

- 6 – 8 Όρια προτίμησης για τη διαβίωση των ψαριών του γλυκού νερού
- 6,5 – 8,5 Κατάλληλα όρια για το πόσιμο νερό και το νερό άρδευσης

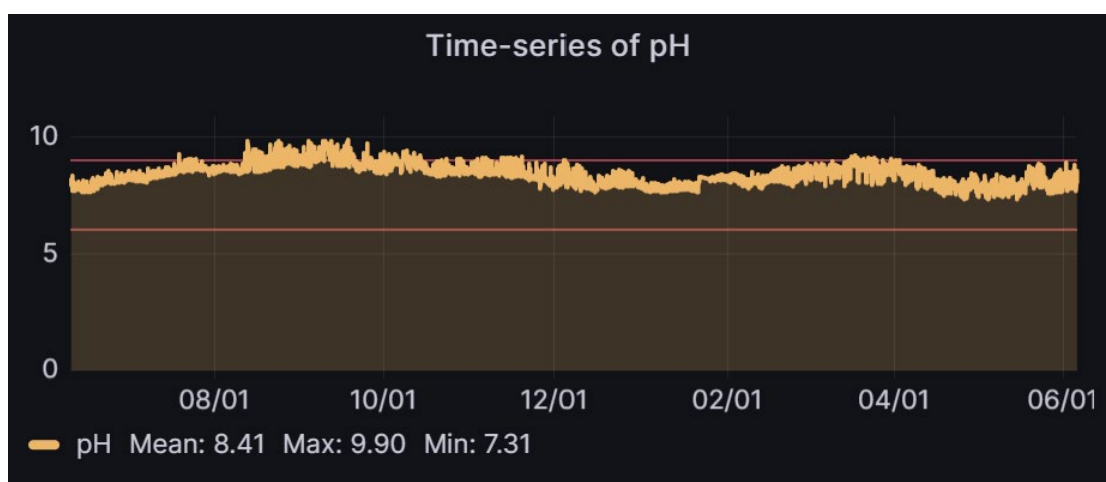
Η καταλληλότητα για το πόσιμο νερό και το νερό άρδευσης εξαρτάται κι από άλλους παράγοντες, που πρέπει να συνεκτιμώνται. Ελέγχουμε το pH, γιατί αν είναι πολύ όξινο το νερό μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των μεταλλικών σωλήνων, ενώ αν είναι πολύ αλκαλικό έχει τάση απόθεσης αλάτων στους σωλήνες.

Επίσης, οι τιμές pH είναι μία από τις 28 συνολικά διαφορετικές παραμέτρους που προτείνονται από την τυπολογία ECOFRAME, για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης της λίμνης (Moss et al., 2003).

Ακολουθούν (**Διάγραμμα 4**) η ετήσια κατανομή του pH του νερού μεταξύ της εύφωτης ζώνης και του πυθμένα της Παμβώτιδας για το έτος 2011 (Δούκα Σ., 2012) και η ετήσια κατανομή του pH στο κέντρο της Παμβώτιδας για το διάστημα 6/2023-6/2024, όπως μετρήθηκε από το ΕΛΚΕΘΕ (**Διάγραμμα 5**). Στις δύο χρονιές το pH της λίμνης κυμάνθηκε σε ίδια επίπεδα μεταξύ 7,3-9,9.



Διάγραμμα 4: Ετήσια κατανομή του pH του νερού στην Παμβώτιδα το 2011.



Διάγραμμα 5: Κατανομή του pH της Παμβώτιδας 6/2023-6/2024.

Το όριο της ενεργού οξύτητας για την ταξινόμηση ενός λιμναίου Υδατικού Σώματος μεταξύ «καλής» και «μέτριας» κατάστασης είναι **pH=6-9**, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007 (βλ. Πίνακα 7, Κεφάλαιο 2.3)

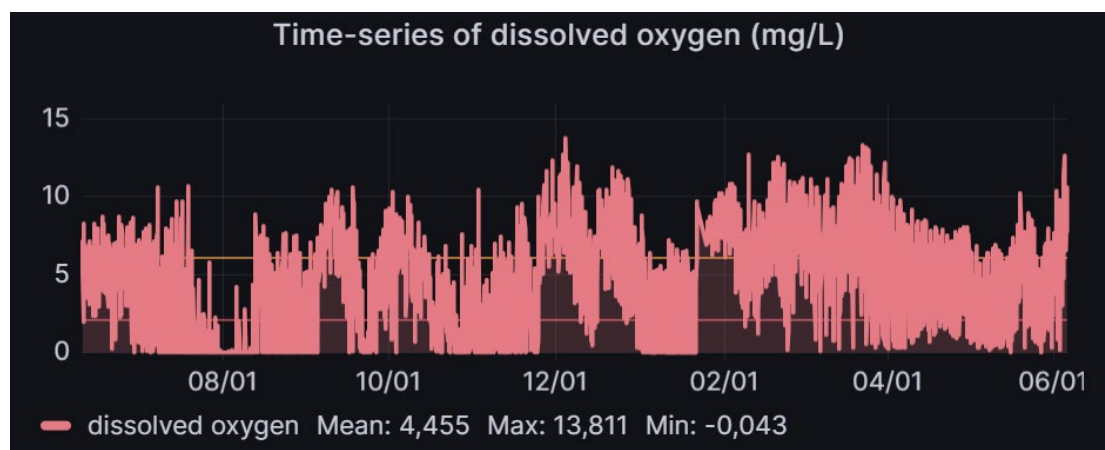
#### 5.4 Περιεκτικότητα σε διαλυμένο Οξυγόνο (dissolved oxygen D.O.)

Όπως αναφέρθηκε στην Εισαγωγή, ανάλογα με τη συγκέντρωση των θρεπτικών συστατικών και το στάδιο της φυσικής τους εξέλιξης, οι λίμνες χαρακτηρίζονται ως: ολιγοτροφικές, μεσοτροφικές, ευτροφικές, πολυτροφικές. Ο βαθμός κορεσμού του διαλυμένου Οξυγόνου στις τέσσερις κατηγορίες λιμνών έχει ως εξής:

- Ολιγοτροφικές = 70% στον πυθμένα
- Μεσοτροφικές = 30-70%
- Ευτροφικές = 0-30%
- Πολυτροφικές = 0%

Ειδικά στον πυθμένα των λιμνών, η περιεκτικότητα σε διαλυμένο Οξυγόνο, επιτρέπει στο σίδηρο να παραμένει σε στερεά μορφή και μειώνεται έτσι η απελευθέρωση φωσφόρου από τα ιζήματα στο νερό. Η υψηλή συγκέντρωση διαλυμένου Οξυγόνου υποστηρίζει, επίσης, τη γρήγορη αποδόμηση των οργανικών ιζημάτων μέσω των αερόβιων βακτηρίων (Μελέτη Αποκατάστασης Οικοσυστήματος Παμβώτιδας, Περιφέρεια Ηπείρου, 2015).

Στο **Διάγραμμα 6** απεικονίζεται η ετήσια κατανομή του διαλυμένου Οξυγόνου (D.O.) στο κέντρο της Παμβώτιδας από -0,043 έως 13,811 mg/L, όπως μετρήθηκε από το ΕΛΚΕΘΕ το διάστημα 6/2023-6/2024.



**Διάγραμμα 6:** Κατανομή του διαλυμένου Οξυγόνου της Παμβώτιδας 6/2023-6/2024.

Το όριο του διαλυμένου Οξυγόνου για την ταξινόμηση ενός λιμναίου Υδατικού Συστήματος μεταξύ «καλής» και «μέτριας» κατάστασης είναι **70% επίπεδο κορεσμού** ή συγκέντρωση **D.O.=4mg/L** στο υπολίμνιο, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007 (βλ. **Πίνακα 7**, Κεφάλαιο **2.3**).

## 5.5 Νιτρικά ιόντα $\text{NO}_3^-$ (mg/l)

Οι κυριότερες μορφές αζώτου στα νερά είναι: το μοριακό άζωτο ( $\text{N}_2$ ), τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ), τα νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ ), τα αμμωνιακά ιόντα ( $\text{NH}_4^+$ ) και το οργανικό άζωτο. Ως δείκτες αζωτούχου ρύπανσης χρησιμοποιούνται οι ανόργανες μορφές αζώτου.

Τα νιτρικά ανιόντα είναι προϊόντα του τελικού σταδίου οξείδωσης της αμμωνίας. Υψηλές συγκεντρώσεις οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Τυχόν παρουσία τους στο νερό δείχνει παλαιότερη ρύπανση. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων στο νερό γίνεται με τη μέθοδο αναγωγής του Καδμίου από νιτρικά σε νιτρώδη (method 8039). Τα νιτρώδη ιόντα αντιδρούν με το σουλφανλικό οξύ, σχηματίζοντας ένα ενδιάμεσο διαζωνιακό άλας. Έπειτα, αντιδρά το διαζωνιακό άλας με το οξύ  $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_4$  (gentic acid) και το διάλυμα χρωματίζεται σαν κεχριμπάρι (Hach manual, 2007).

Στο **φασματοφωτόμετρο** επιλέγεται το *Program 355* στα 500nm για τη μέτρηση των νιτρικών ιόντων « $\text{NO}_3^-$  σε HR». Με χρήση πιπέτας ή σιφωνιού και φούσκας αναρρόφησης (οργάνων μέτρησης ακριβείας) εισάγονται 25ml δείγματος σε

κυψελίδα/κυβέττα αντίστοιχου όγκου. Τοποθετείται στην ειδική θέση του οργάνου η κυβέττα και επιλέγεται η ενέργεια *ZERO* για μηδενισμό (blank sample). Ύστερα, προστίθεται στο δείγμα το αντιδραστήριο νιτρικών *NitraVer5 Nitrate Reagent Powder Pillows* για 25ml (HACH). Επιλέγεται στο φασματοφωτόμετρο η ενέργεια *Shift Timer* και ακολουθεί καλή ανάδευση για 1'. Μετά την ανάδευση το δείγμα αποκτά χρώμα από καφέ ανοιχτό έως καφέ σκούρο, ανάλογα την περιεκτικότητα σε νιτρικά. Στη συνέχεια, τοποθετείται η κυβέττα σε ακινησία στην ειδική θέση και επιλέγεται εκ νέου η ενέργεια *Shift Timer* για 5'. Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη του ύψους των νιτρικών ιόντων, πατώντας *READ*. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για όλα τα δείγματα.

Το επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης του **Ολικού αζώτου** (νιτρικά + νιτρώδη + αμμωνιακά) για την ταξινόμηση ενός λιμναίου Υδατικού Σώματος μεταξύ «**καλής**» και «**μέτριας**» κατάστασης είναι το **1mg/L** (Οδηγία 2000/60/ΕΚ, ν. 3199/2003, βλ. **Πίνακα 7**, Κεφάλαιο **2.3**).

## 5.6 Νιτρώδη ιόντα $\text{NO}_2^-$ (mg/L)

Τα νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ ) αποτελούν ενδιάμεσο στάδιο οξειδωσης της αμμωνίας και είναι ασταθή στο περιβάλλον. Τυχόν παρουσία τους στο νερό δείχνει πρόσφατη ρύπανση. Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των νιτρωδών ιόντων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της διαζώτωσης (diazotization reaction), (method 8507). Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, τα νιτρώδη ιόντα του δείγματος αντιδρούν με το σουλφανιλικό οξύ, σχηματίζοντας ένα ενδιάμεσο διαζωνιακό άλας. Στη συνέχεια λαμβάνει χώρα αντίδραση του διαζωνιακού άλατος με χρωμοτροπικό οξύ και παράγεται ένα διάλυμα ροζ χρώματος, με συγκέντρωση απ' ευθείας ανάλογη της παρουσίας νιτρωδών (Hach manual, 2007).

Στο φασματοφωτόμετρο επιλέγεται το *Program 371* στα 507nm για τη μέτρηση των νιτρωδών « $\text{NO}_2^-$  σε LR». Με χρήση πιπέτας ή σιφωνίου εισάγονται 10ml δείγματος σε κυβέττα αντίστοιχου όγκου. Ύστερα, προστίθεται στο δείγμα το αντιδραστήριο νιτρωδών *NitriVer3 Nitrite Reagent Powder Pillows* για 10ml (HACH) και γίνεται ανάδευση. Σε αυτή τη φάση το δείγμα θα χρωματιστεί ροζ σε παρουσία νιτρωδών. Επιλέγεται η ενέργεια *Shift Timer* και η κυβέττα μένει σε ακινησία για 20'. Στην ειδική θέση του οργάνου τοποθετείται ένα cell riser, το οποίο ανασηκώνει τις κυψελίδες των 10ml στην κατάλληλη για τον αισθητήρα θέση. Στη συνέχεια, προστίθεται δείγμα 10ml σε δεύτερη κυψελίδα (blank sample) και διενεργείται μηδενισμός/*ZERO*, μέχρι να εμφανιστεί η ένδειξη: 0.000mg/L  $\text{NO}_2^-$ -N. Τέλος, τοποθετείται η πρώτη κυβέττα στο όργανο και επιλέγεται η ενέργεια *READ*, μέχρι να εμφανιστεί στην οθόνη το ύψος των νιτρωδών ιόντων.

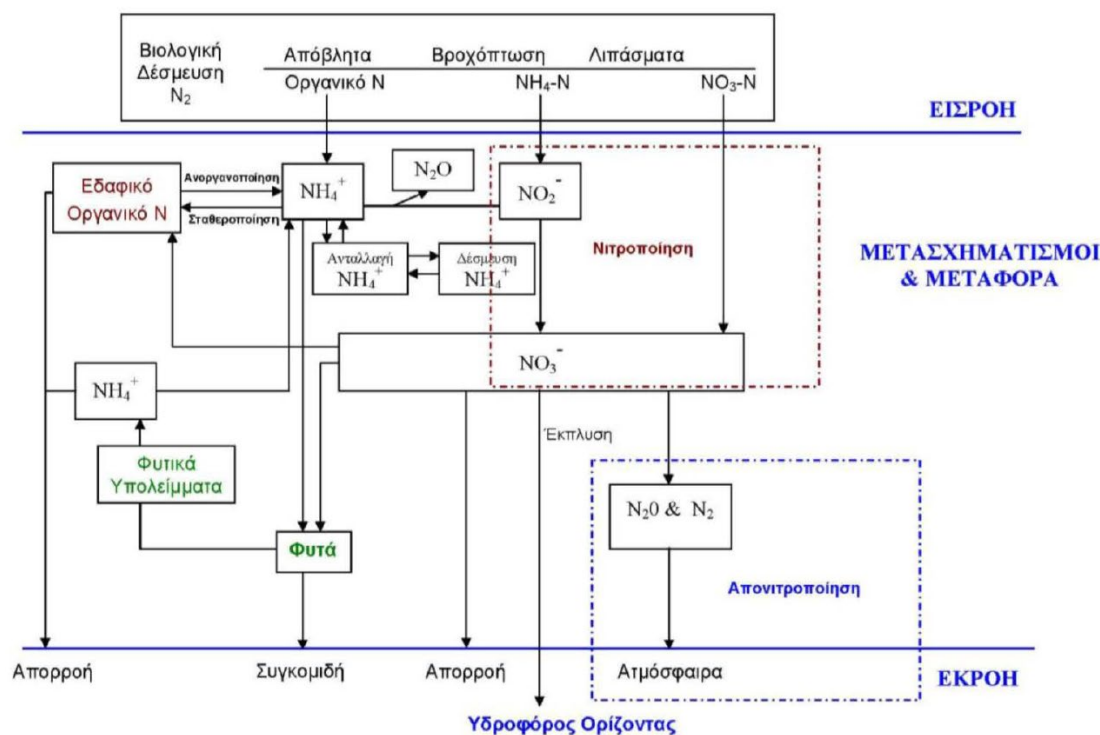
Βάσει νομοθεσίας (Οδηγία 2000/60/ΕΚ, ν. 3199/2003, βλ. **Πίνακα 7**, Κεφάλαιο **2.3**), το όριο της συγκέντρωσης των νιτρωδών για την ταξινόμηση ενός λιμναίου Υδατικού Σώματος μεταξύ «**καλής**» και «**μέτριας**» κατάστασης είναι τα  **$\text{NO}_2^-=0,05\text{mg/L}$** .



## 5.7 Αμμωνιακά ιόντα $\text{NH}_4^+$ , $\text{NH}_3$ και $\text{NH}_3\text{-N}$ (mg/L)

Για την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων των αμμωνιακών ιόντων στο οικοσύστημα, κρίνεται απαραίτητη η περιγραφή του **κύκλου του αζώτου**. Οι διάφοροι μετασχηματισμοί που υφίσταται το άζωτο κατά τη διάρκεια της διαδρομής του από την κατάσταση του ατμοσφαιρικού αζώτου ( $\text{N}_2$ ) μέχρι τη μορφή νιτρικού άλατος ( $\text{NO}_3^-$ ) αποτελούν μέρος μιας μεγαλύτερης συνολικής διεργασίας, γνωστής ως **κύκλος αζώτου** (βλ. **Φωτ. 18**). Με τη βοήθεια της εξειδικευμένης μικροβιακής ζωής και των σωστών συνθηκών εδάφους, το άζωτο στην ατμόσφαιρα μετατρέπεται σε μορφές αφομοιώσιμες από τα φυτά. Ανάμεσα στα απαραίτητα στοιχεία για την κατάλληλη ανάπτυξη των φυτών (π.χ. παραγωγή χλωροφύλλης) είναι το άζωτο, που περιέχεται στο φυτό στις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Μέσω της διαδικασίας της **αζωτοδέσμευσης**, ορισμένοι μικροοργανισμοί που ζουν στο έδαφος, μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο ( $\text{N}_2$ ) σε αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ) με τη βοήθεια ειδικών ενζύμων.

Για να ολοκληρωθεί ο κύκλος του αζώτου, υπάρχει ακόμη ένας μετασχηματισμός απαραίτητος να συμβεί. Η διαδικασία που ονομάζεται **απονιτροποίηση**, κατά την οποία το άζωτο μετατρέπεται από τη μορφή νιτρικού άλατος πίσω στην αέρια μορφή αζώτου, απ' όπου ξαναξεκινάει αέναα η όλη διαδικασία.<sup>13</sup>



**Φωτ. 18:** Ο κύκλος του Αζώτου (Καλλιώρας, παν/κές σημειώσεις)

Η μέτρηση της συγκέντρωσης των αμμωνιακών ιόντων στα δείγματα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Nessler. Σύμφωνα με αυτή, το αντιδραστήριο Nessler ( $\text{K}_2\text{HgI}_4$ ) αντιδρά υπό ισχυρά αλκαλικές συνθήκες με αμμωνία, σχηματίζοντας έγχρωμα προϊόντα (Παπαδημητρίου Θ., 2010). Στο

<sup>13</sup> <https://blog.farmacon.gr/katigories/teχνiki-arthrografia/threpsi-lipansi/item/1886-azoto-ena-themeliodes-stoixeio-morfes-azotou>

φασματοφωτόμετρο επιλέγεται το *Program 380* στα 425nm. Εισάγονται 25ml απιονισμένου νερού σε έναν ογκομετρικό κύλινδρο και 25ml δείγματος σε έναν δεύτερο. Προστίθενται και στους δύο τα εξής: 3 σταγόνες Mineral stabilizer (HACH), 3 σταγόνες Polyvinyl Alcohol Dispersing Agent (HACH) και 1 ml Nessler reagent. Ακολουθεί απαλή ανάδευση. Ένα κίτρινο χρώμα θα εμφανιστεί, εφόσον υπάρχει παρουσία αμμωνιακών. Επιλέγεται Shift Timer για 1' με άδειο το φασματοφωτόμετρο και εισάγονται 25ml από το κάθε διάλυμα σε δύο κυβέττες. Γίνεται χρήση της πρώτης (που περιέχει απιονισμένο νερό και τα αντιδραστήρια) ως blank sample για τη διενέργεια μηδενισμού/ZERO και της δεύτερης κυβέττας (που περιέχει δείγμα και τα αντιδραστήρια) για ανάγνωση/READ των τιμών:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$  και  $\text{NH}_3\text{-N}$ .

Το όριο της συγκέντρωσης του Αμμωνίου ( $\text{NH}_4^+$ ) για την ταξινόμηση ενός λιμναίου Υδατικού Συστήματος μεταξύ «καλής» και «μέτριας» κατάστασης είναι τα  $\text{NH}_4^+=0,5\text{mg/L}$  (Οδηγία 2000/60/ΕΚ, ν. 3199/2003, βλ. Πίνακα 7, Κεφάλαιο 2.3).

### 5.8 Φωσφορικά $\text{PO}_4^{3-}$ (mg/L)

Η μέθοδος προσδιορισμού των ορθοφωσφορικών ιόντων του νερού βασίζεται στην αντίδραση των φωσφορικών ιόντων με μολυβδαινικά σε όξινες συνθήκες και στην παραγωγή ενός μεικτού συμπλόκου (method 8048), (Hach manual, 2007). Παρουσία ασκορβικού οξέος λαμβάνει χώρα αναγωγή του σχηματιζόμενου συμπλόκου, δίνοντας ένα μπλε χρώμα μολύβδου στο διάλυμα (Παπαδημητρίου Θ., 2010).

Στο φασματοφωτόμετρο επιλέγεται το *Program 490* στα 890nm για τη μέτρηση των φωσφορικών ιόντων « $\text{PO}_4^{3-}$  σε PV». Εισάγονται 10ml δείγματος σε μια κυψελίδα. Προστίθεται στο δείγμα το αντιδραστήριο φωσφορικών *PhosVer 3 Phosphate Reagent Powder Pillows* για 10ml (HACH) και γίνεται δυναμική ανάδευση για 20-30''. Το δείγμα χρωματίζεται μπλε, αν εμπεριέχει φώσφορο. Επιλέγεται η ενέργεια Shift Timer και μένει η κυψελίδα σε ακινησία για 2'. Στην ειδική θέση του οργάνου τοποθετείται ένα cell riser. Στη συνέχεια, προστίθεται δείγμα 10ml σε δεύτερη κυψελίδα (blank sample) και διενεργείται μηδενισμός/ZERO, μέχρι να εμφανιστεί η ένδειξη: 0.00mg/L  $\text{PO}_4^{3-}$ . Τοποθετώντας την πρώτη κυβέττα στο όργανο, επιλέγεται η ενέργεια READ, μέχρι να εμφανιστεί στην οθόνη το ύψος των φωσφορικών ιόντων.

Το όριο της συγκέντρωσης του **Ολικού φωσφόρου** για την ταξινόμηση ενός λιμναίου Υδατικού Συστήματος μεταξύ «καλής» και «μέτριας» κατάστασης είναι τα **30μg/L** (Οδηγία 2000/60/ΕΚ, ν. 3199/2003, βλ. Πίνακα 7, Κεφάλαιο 2.3).

### 5.9 Θειικά ιόντα $\text{SO}_4^{2-}$ (mg/L)

Υψηλές συγκεντρώσεις θειικών μπορεί να εισέρθουν στο νερό από λιπάσματα ή βιομηχανικά απόβλητα. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των θειικών ιόντων στο δείγμα βασίζεται στην αντίδραση των θειικών με το βάριο και στο σχηματισμό ιζήματος θειικού βαρίου (method 8051). Η θολότητα που δημιουργείται είναι ανάλογη της συγκέντρωσης θειικών ιόντων (Hach manual, 2007).

Στο φασματοφωτόμετρο επιλέγεται το *Program 680* στα 450nm για τη μέτρηση των θειικών ιόντων « $\text{SO}_4^{2-}$ ». Εισάγονται 25ml δείγματος σε μια κυψελίδα. Προστίθεται

στο δείγμα το αντιδραστήριο θεικών *SulfaVer 4 Sulfate Reagent Powder Pillows* για 25ml (HACH) και ακολουθεί καλή περιστροφική ανάδευση μέσα στις παλάμες των δύο χεριών. Το δείγμα αποκτά ένα λευκό γαλακτώδες χρώμα, από ανοικτό έως αρκετά έντονο, ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε θειικά. Επιλέγεται η ενέργεια *Shift Timer* και μένει η κυψελίδα σε ακινησία για 5'. Στη συνέχεια, προστίθεται δείγμα 25ml σε δεύτερη κυψελίδα (blank sample) και διενεργείται μηδενισμός/ZERO, μέχρι να εμφανιστεί η ένδειξη: 0mg/L  $\text{SO}_4^{2-}$ . Εντός 5' από τη λήξη του προηγούμενου χρονομέτρου, τοποθετείται η κυβέττα με το αντιδραστήριο στο όργανο και επιλέγεται η ενέργεια READ, μέχρι να εμφανιστεί στην οθόνη το ύψος των φωσφορικών ιόντων. Στο τέλος, καθαρίζεται καλά η κυβέττα με σαπούνι.

### 5.10 Χλώριο $\text{Cl}^-$ (mg/L)

Το χλώριο χρησιμοποιείται ως απολυμαντικό στη διανομή και την επεξεργασία του πόσιμου νερού. Η χλωρίωση του νερού γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μείνει μια μικρή ποσότητα υπολειμματικού χλωρίου για την αντιμετώπιση μολύνσεων από παθογόνους μικροοργανισμούς κατά τη διανομή του νερού στους καταναλωτές. Το υπολειμματικό χλώριο είναι μη τοξικό για τον άνθρωπο, αλλά σε περίπτωση διαρροής του είναι τοξικό για τους οργανισμούς του λιμναίου οικοσυστήματος.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου στο δείγμα γίνεται με άλλο όργανο του εργαστηρίου, τη **μαγνητική πλάκα ανάδευσης**. Σε μια κωνική φιάλη εισάγονται 100ml δείγματος, προστίθεται ένα φακελάκι του δείκτη *Diphenylcarbazone reagent Powder Pillows for 100ml* (HACH) και γίνεται αρχικά περιστροφική ανάδευση με το χέρι. Ακολουθεί χορήγηση του νιτρικού οξέος *Mercuric Nitrate Titration Cartridge συγκέντρωσης  $0.2256 \pm 0.0010N$*  (HACH) με ένεση, ενώ παράλληλα γίνεται ανάδευση με το μαγνήτη. Μόλις το χρώμα του διαλύματος γίνει ανοικτό ροζ, έχουν εξουδετερωθεί όλα τα ιόντα χλωρίου και αυτό δηλώνει το πέρας της τιτλοδότησης. Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του χλωρίου διαιρούμε με το 10.

### 5.11 Όξινα Ανθρακικά $\text{HCO}_3^-$ (mg/L) ή διττανθρακικό ιόν

Τα όξινα ανθρακικά είναι άλατα που περιέχουν το ανιόν  $\text{HCO}_3^-$ . Πρόκειται για ένα ανιόν που παίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του pH στο αίμα και τους οργανισμούς, καθώς αποτελεί συστατικό του συστήματος ρυθμιστικού διαλύματος διττανθρακικού-άνθρακα.

Ακολουθείται παρόμοια διαδικασία για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των όξινων ανθρακικών, κάνοντας χρήση της πλάκας ανάδευσης. Πάνω στο όργανο τοποθετείται μια κωνική φιάλη με 100ml δείγματος με ένα μαγνήτη ανάδευσης. Προστίθεται ένα φακελάκι του δείκτη *Bromcresol Green – Methyl Red Indicator Powder* (HACH) και το διάλυμα χρωματίζεται μπλε. Ακολουθεί χορήγηση θεικού οξέος *Sulfuric Acid Titration Cartridge  $1.600 \pm 0.008N$*  (HACH) με ένεση, ενώ παράλληλα γίνεται ανάδευση. Το διάλυμα κατά τη διάρκεια της τιτλοδότησης αλλάζει χρωματισμούς από μπλε σε πράσινο – μπλε – γκρι – ροζ – γκρι και τελικά γίνεται ροζ, που δηλώνει το πέρας της τιτλοδότησης.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των όξινων ανθρακικών ακολουθούμε τον εξής τύπο:  $[\text{HCO}_3^-] = (\text{τιμή τιτλοδότησης } \text{HCO}_3^-) \times 1,22$ .

### 5.12 Ασβέστιο Ca<sup>++</sup> (mg/L)

Στην παρακολούθηση των υδάτινων συστημάτων, η μέτρηση των ιόντων ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>) μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό αλλαγών στη χημική σύσταση του νερού, που μπορεί να επηρεάσουν τους υδρόβιους οργανισμούς και τα οικοσυστήματα. Στη γεωργία το ασβέστιο είναι απαραίτητο για την υγεία των φυτών. Η μέτρηση του ασβεστίου στο νερό άρδευσης μπορεί να βοηθήσει στη βελτιστοποίηση της θρέψης των καλλιεργειών και στην αποφυγή ελλείψεων ή περίσσειας θρεπτικών ουσιών. Εκτός από τη γεωργία και την υδροβιολογία, η μέτρηση των ιόντων ασβεστίου είναι σημαντική στη βιομηχανία και τη δημόσια υγεία.

Για τη μέτρηση των ιόντων ασβεστίου στο δείγμα τοποθετείται μια κωνική φιάλη με 100ml δείγματος πάνω στην πλάκα ανάδευσης. Προστίθενται 2ml Υδροξειδίου του Καλίου *Potassium Hydroxide Solution 8N* για τη ρύθμιση του pH=13. Έπειτα, προστίθεται ένα φακελάκι του δείκτη *CalVer 2 Calcium Indicator Powder Pillows* (HACH) και το διάλυμα χρωματίζεται από έντονο ροζ έως κόκκινο χρώμα, εφόσον υπάρχει παρουσία ασβεστίου. Ακολουθεί η χορήγηση του *EDTA Tetrasodium Salt Titration Cartridge 0.800 ± 0.0004M* (HACH) με ένεση, ενώ παράλληλα γίνεται ανάδευση με το μαγνήτη. Μόλις το χρώμα του διαλύματος γίνει μπλε, έχουν εξουδετερωθεί ή αλλιώς έχουν “συμπλοκοποιηθεί” από το δείκτη όλα τα ιόντα ασβεστίου και αυτό είναι το τελικό σημείο της τιτλοδότησης. Κανονικά, η μέτρηση επαναλαμβάνεται δύο φορές και εξάγεται ο μέσος όρος.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του ασβεστίου ακολουθούμε τον εξής τύπο:  $[Ca^{++}] = (\text{τιμή τιτλοδότησης } Ca^{++}) / 2,497$ .

### 5.13 Μαγνήσιο Mg<sup>++</sup> (mg/L)

Η μέτρηση των ιόντων μαγνησίου (Mg<sup>++</sup>) στο νερό είναι εξίσου σημαντική με τη μέτρηση του ασβεστίου, καθώς επηρεάζει τη σκληρότητα του νερού, την ποιότητα του πόσιμου νερού, γεωργικές και βιομηχανικές διεργασίες. Στη γεωργία το μαγνήσιο είναι απαραίτητο για τη θρέψη των φυτών, καθώς αποτελεί βασικό συστατικό της χλωροφύλλης και βοηθά στη φωτοσύνθεση. Οι διακυμάνσεις στα επίπεδα μαγνησίου μπορεί να υποδεικνύουν προβλήματα μόλυνσης ή φυσικών αλλαγών στις πηγές νερού.

Για τη μέτρηση των ιόντων μαγνησίου στο δείγμα τοποθετείται μια κωνική φιάλη πάνω στη μαγνητική πλάκα ανάδευσης με 100ml δείγματος. Προστίθενται 2ml ρυθμιστικού διαλύματος *Buffer Solution Hardness 1* (HACH) για τη ρύθμιση του pH=10-10,1. Στη συνέχεια, προστίθεται ένα φακελάκι του δείκτη Χλωριούχο Υδροξυλαμμώνιο *ManVer 2 Hardness Indicator Powder Pillows* (HACH) με το αναδεδυμένο διάλυμα να χρωματίζεται ροζ, εφόσον υπάρχει παρουσία Μαγνησίου. Ακολουθεί χορήγηση του *EDTA Tetrasodium Salt Titration Cartridge 0.800 ± 0.0004M* (HACH) με ένεση και παράλληλη ανάδευση. Το χρώμα του διαλύματος κατά τη διάρκεια της τιτλοδότησης γίνεται μωβ και τελικά με τη χορήγηση 1-2 σταγόνων επιπλέον EDTA γίνεται μπλε, που είναι το τελικό σημείο της τιτλοδότησης.

Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης του Μαγνησίου ακολουθούμε την εξής σχέση:  $[Mg^{++}] = (\text{τιμή τιτλοδότησης } Mg^{++} - \text{τιμή τιτλοδότησης } Ca^{++}) \times 0,243$ . Ως γενικός κανόνας, ισχύει ότι η συγκέντρωση του Ασβεστίου είναι μικρότερη από τη συγκέντρωση του Μαγνησίου.

#### 5.14 Νάτριο Na (mg/L)

Το νάτριο μπορεί να είναι φυσικό συστατικό του νερού ή να προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η ρύπανση από λύματα, η διάβρωση σωληνώσεων ή η χρήση αλατιού στους δρόμους κατά τους χειμερινούς μήνες. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις νατρίου σε φυσικά υδάτινα συστήματα μπορεί να είναι ένδειξη μόλυνσης από ανθρωπογενείς πηγές ή γεωλογικές αλλαγές. Η παρακολούθηση των επιπέδων νατρίου είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της υγείας των οικοσυστημάτων και την προστασία των υδρόβιων οργανισμών από τις επιπτώσεις της αλατότητας. Επίσης, η μέτρηση του νατρίου βοηθά στην αξιολόγηση της καταλληλότητας του νερού άρδευσης και στην αποφυγή της αλατότητας που μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις καλλιέργειες.

Για τον προσδιορισμό του Νατρίου και του Καλίου χρησιμοποιείται το **φλογοφωτόμετρο**. Η φλογοφωτομετρία βασίζεται στην αρχή ότι «πολλά στοιχεία, όταν εκτεθούν σε φλόγα, εκπέμπουν ακτινοβολία χαρακτηριστικού μήκους κύματος, που είναι συγκεκριμένη για κάθε στοιχείο και ανάλογη της συγκέντρωσής τους» (Τσικαλός Π., 2003). Ένα φλογοφωτόμετρο αποτελείται από: (α) το σύστημα καύσης, που αποτελείται από το λύχνο και από το μηχανισμό αναρρόφησης και εξαέρωσης του διαλύματος, (β) το σύστημα επιλογής μήκους κύματος της ακτινοβολίας, (γ) τον ανιχνευτή (φωτοκύτταρο) και (δ) ένα σύστημα επεξεργαστή και μετρητή. Σαν αέριο καύσης χρησιμοποιείται το προπάνιο (υγραέριο). Από ένα πολύ πυκνό διάλυμα γίνεται αραιώση, μέχρι την παρασκευή ενός πρότυπου διαλύματος, δηλαδή διαλύματος γνωστής συγκέντρωσης, με γενικό τύπο:  $C_1V_1 = C_2V_2$ , ως εξής: **50ml Na + 10ml Ka**.

Εν συνεχεία γίνεται διακρίβωση (καλιμπράρισμα) και μετράται η συγκέντρωση νατρίου.

#### 5.15 Κάλιο K (mg/L)

Υψηλά επίπεδα καλίου στο νερό μπορεί να προέρχονται από ρύπανση λόγω διαρροής αποβλήτων, λιπασμάτων ή από ακατάλληλες γεωργικές πρακτικές. Η τακτική μέτρηση του καλίου στο νερό διασφαλίζει την ποιότητα του νερού, προλαμβάνει προβλήματα στην παραγωγή και διατηρεί την ισορροπία των υδάτινων και γεωργικών οικοσυστημάτων. Στο φλογοφωτόμετρο, μετράται η συγκέντρωση Καλίου, με την ίδια διαδικασία όπως περιγράφηκε παραπάνω.

## 6. Ποιότητα νερών Παμβώτιδας

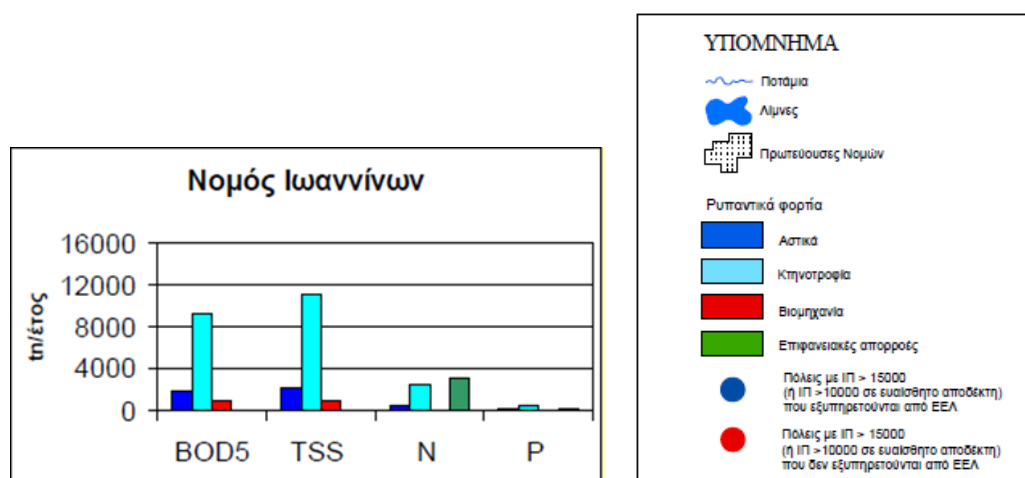
### 6.1 Γενικά

Πριν αναλυθούν τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, παρατίθενται με χρονολογική σειρά κάποια παρελθόντα στοιχεία δημόσιων φορέων για την αξιολόγηση και ταξινόμηση της κατάστασης των υδάτων της λίμνης Παμβώτιδας.

Αρχικά θα αναφερθεί η προ εικοσαετίας μελέτη της Δ/σης Υδατικού Δυναμικού του Υπ. Ανάπτυξης (2003) σχετικά με το ρυπαντικό φορτίο στο Υδατικό Διαμέρισμα της Ηπείρου. Εστιάζοντας στα αστικά απόβλητα των Ιωαννίνων, μιας πόλης που

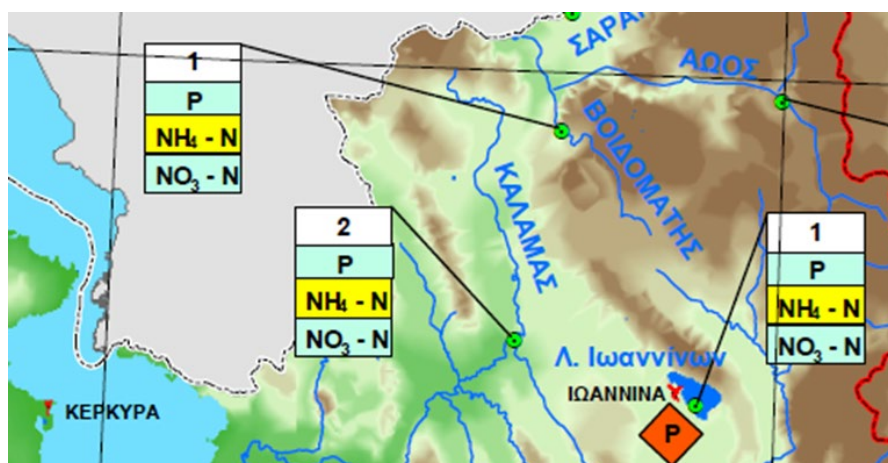


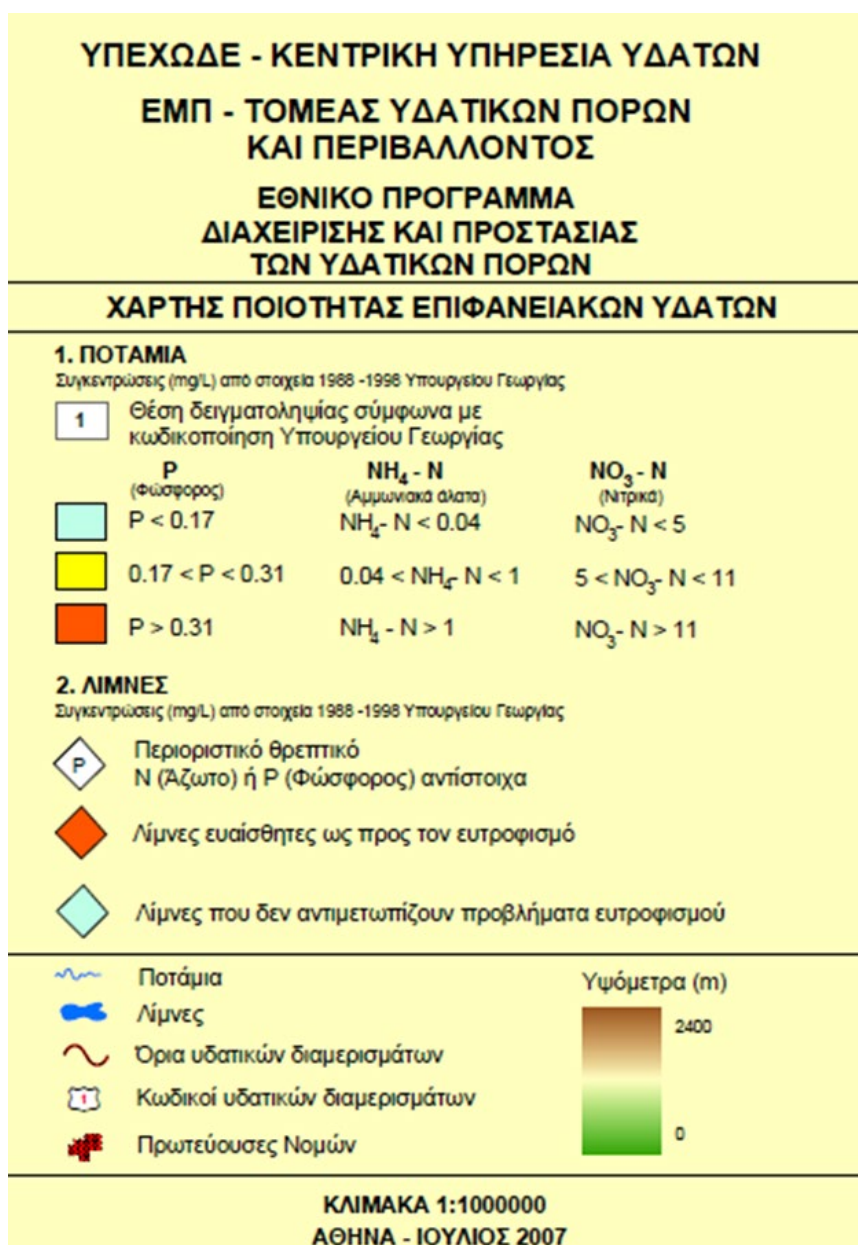
εξυπηρετείται από Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ), παρατηρείται μια εκτεταμένη παρουσία κτηνοτροφικών αποβλήτων. Συγκεκριμένα, βρέθηκαν κτηνοτροφικά απόβλητα ύψους 9.000 t/έτος περίπου στις μετρήσεις του Βιοχημικός Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD5), 11.000 t/έτος περίπου στις μετρήσεις για το Σύνολο Αιωρούμενων Στερεών σωματιδίων (TSS) και 2.500 t/έτος στις μετρήσεις Αζώτου (N). Μόνο στις μετρήσεις Φωσφόρου (P) τα κτηνοτροφικά έχουν πολύ μικρή παρουσία. Η ρύπανση από επιφανειακές απορροές ήταν της τάξης των 3.000 t/έτος στις μετρήσεις Αζώτου. Τα αστικά απόβλητα μετρήθηκαν 2.000 t/έτος περίπου και στις μετρήσεις του Βιοχημικός Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD5) και στο Σύνολο Αιωρούμενων Στερεών σωματιδίων (TSS). Τέλος, τα βιομηχανικά απόβλητα μετρήθηκαν λίγο κάτω από 1.000 τόνους/έτος στις μετρήσεις του Βιοχημικός Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD5) και στο Σύνολο Αιωρούμενων Στερεών σωματιδίων (TSS), (βλ. **Διάγραμμα 7**).



**Διάγραμμα 7:** Διάγραμμα Ρυπαντικού φορτίου νομού Ιωαννίνων 2003 (Υπ. Ανάπτυξης)

Εν συνεχεία, παρατίθεται απόσπασμα από τον εθνικό χάρτη ποιότητας επιφανειακών υδάτων, που καταρτίστηκε το 2007 από κοινού από την Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων του ΥΠΕΧΩΔΕ και τον Τομέα Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος του ΕΜΠ (βλ. **Χάρτη 7**).





**Χάρτης 7:** Απόσπασμα χάρτη ποιότητας επιφανειακών υδάτων (ΥΠΕΧΩΔΕ-ΕΜΠ, 2007)

Από το χάρτη εξάγονται βασικά συμπεράσματα για την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων της λίμνη Παμβώτιδας. Κατ' αρχάς, παρατηρείται ευαισθησία της λίμνης ως προς τον ευτροφισμό. Επίσης, μετρήθηκαν συγκεντρώσεις εντός αποδεκτών ορίων για το Φώσφορο  $P < 0,17 \text{ mg/L}$  και τα Νιτρικά ιόντα  $(\text{NO}_3\text{-N}) < 5 \text{ mg/L}$ . Αντίθετα, η συγκέντρωση των Αμμωνιακών αλάτων είναι σε σχετικά ανησυχητικά επίπεδα της τάξης  $0,04 < (\text{NH}_4\text{-N}) < 1 \text{ mg/L}$ . Τέλος, η λίμνη έχει ως περιοριστικό παράγοντα το Φώσφορο.

Πρόσθετα στοιχεία για την ταξινόμηση της ποιοτικής κατάστασης της Παμβώτιδας αναφέρονται σε δημοσίευση της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων του Υπ. Περιβάλλοντος με θέμα «Σχέδιο Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου» (2013). Σύμφωνα με αυτή, η οικολογική κατάσταση της λίμνης Παμβώτιδας χαρακτηρίζεται «ελλιπής», ενώ η χημική της κατάσταση «κατώτερη της καλής».

Τέλος, παρατίθενται τα πρόσφατα στοιχεία της Ειδικής Περιβαλλοντικής Μελέτης (ΕΠΜ, Καϊμάκη Σ., Γκουβάτσου Ε., Χριστοπούλου Α., 2022) και του Σχεδίου Διαχείρισης των περιοχών Natura 2000 που καταρτίστηκε από την Περιφέρεια Ηπείρου. Σύμφωνα με την ΕΠΜ, η λίμνη Παμβώτιδα (GR213005) έχει καλή χημική κατάσταση, αλλά κακή οικολογική. Το ίδιο συμβαίνει με την *ευρύτερη περιοχή πόλης Ιωαννίνων* (GR213012) με χαρακτηριστικά καλής χημικής κατάσταση, αλλά κακού οικολογικού δυναμικού (βλ. **Πίνακα 10**).

*Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά λιμναίου συστήματος Παμβώτιδας σε σχέση με τις περιοχές Natura (ΕΠΜ, 2022)*

Κωδικός περιοχής NATURA 2000	Κωδικός λιμναίου συστήματος	Όνομασία λιμναίου συστήματος	Φυσικό/ΠΥΣ	Έκταση (km <sup>2</sup> )	Συνολική έκταση ΛΣ (km <sup>2</sup> )	Δυναμικό/Κατάσταση	
						Οικολογικό	Χημική
GR2130005	EL0512L000000004H	ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ	ΠΥΣ	19,24	19,24	Κακό	Καλή
GR2130012	EL0512L000000004H	ΛΙΜΝΗ ΠΑΜΒΩΤΙΔΑ	ΠΥΣ	0,01	19,24	Κακό	Καλή

## 6.2 Αποτελέσματα μετρήσεων

Από τις μετρήσεις των 17 φυσικοχημικών παραμέτρων, οι οποίες περιγράφηκαν διεξοδικά στο Κεφ. 5, προέκυψαν τα παρακάτω δεδομένα από τους 11 σταθμούς δειγματοληψίας των επιφανειακών υδάτων της Παμβώτιδας. Οι μετρήσεις των 4 πρώτων παραμέτρων πάρθηκαν *in situ* (επί τόπου) και των υπόλοιπων 13 στο εργαστήριο. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα των μετρήσεων βρίσκονται στο **Παράρτημα**.

### In situ:

1. Η **θερμοκρασία** της εύφωτης ζώνης στα σημεία δειγματοληψίας της Παμβώτιδας κατά την υγρή περίοδο (4-5 Δεκέμβρη 2023) μετρήθηκε από 9,2-14,5°C, ενώ κατά την ξηρή περίοδο (7 Ιουνίου 2024) αυξήθηκε αισθητά, κυμαίνομενη από 23,2-26,8°C.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Θερμοκρασία υγρής περιόδου (°C)	Θερμοκρασία ξηρής περιόδου (°C)
1	κέντρο λίμνης	12,1	24,9
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	12,9	25,3
3	Ski-πηγές No1	11,8	24,6
4	Αμφιθέα-πηγές No2	10,7	24,5
5	Ντραμπάτοβα	13	25,9
6	Ντουραχάνι	14,5	26,8
7	Λογγάδες-κανάλι	9,2	24,5
8	Καστρίτσα-κανάλι	11,9	24,6
9	Κατσικάς-κανάλι	12,4	23,2
10	Ανατολή-κανάλι	12,5	24
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	12,4	24,2

2. Οι επιτόπιες μετρήσεις **ηλεκτρικής αγωγιμότητας** την υγρή περίοδο κυμάνθηκαν από 283-678  $\mu\text{S/cm}$ , ενώ κατά την ξηρή περίοδο η ηλεκτρική αγωγιμότητα μετρήθηκε από 329-565  $\mu\text{S/cm}$ .

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Αγωγιμότητα υγρής περιόδου ( $\mu\text{S/cm}$ )	Αγωγιμότητα ξηρής περιόδου ( $\mu\text{S/cm}$ )
1	κέντρο λίμνης	290	428
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	298	344
3	Ski-πηγές Νο1	602	486
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	596	497
5	Ντραμπάτοβα	294	337
6	Ντουραχάνι	297	329
7	Λογγάδες-κανάλι	605	565
8	Καστρίτσα-κανάλι	678	339
9	Κατσικάς-κανάλι	380	343
10	Ανατολή-κανάλι	444	391
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	294	341

3. Το **pH** του νερού κατά την υγρή περίοδο μετρήθηκε από 7,34-8,36, ενώ κατά την ξηρή από 7,11-8,33. Με βάση τις τιμές pH που καταγράφηκαν, η φυσικοχημική κατάσταση της λίμνης είναι εντός του ορίου χαρακτηρισμού “**Καλής έως Μέτριας**” κατάστασης (ήτοι  $6 < \text{pH} < 9$ ), σύμφωνα με τις τιμές-οδηγούς του Σχεδίου Διαχείρισης της ΛΑΠ Παμβώτιδας (βλ. Πίνακα 7, Κεφάλαιο 2.3). Ωστόσο, για τη συνολική εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης της λίμνης θα πρέπει να συνεκτιμηθούν και οι υπόλοιποι παράγοντες της τυπολογίας.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	pH υγρής περιόδου	pH ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	8,12	8,12
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	7,99	8,11
3	Ski-πηγές Νο1	7,44	8,2
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	7,57	8,11
5	Ντραμπάτοβα	8,36	8,33
6	Ντουραχάνι	7,9	7,76
7	Λογγάδες-κανάλι	7,34	7,86
8	Καστρίτσα-κανάλι	7,95	7,67
9	Κατσικάς-κανάλι	7,38	7,48
10	Ανατολή-κανάλι	7,64	7,11
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	8,14	8,03

4. Το **Διαλυμένο Οξυγόνο (D.O.)** που μετρήθηκε στο νερό κατά την υγρή περίοδο ήταν από 6,75-9,16mg/L ή κορεσμός μεταξύ 68,3-95%. Κατά την ξηρή περίοδο η

περιεκτικότητα σε D.O. μειώθηκε αισθητά στους σταθμούς δειγματοληψίας: από 0,70-8,55mg/L ή κορεσμός μεταξύ 9,3-105,1%.

Με βάση τις τιμές διαλυμένου Οξυγόνου, η φυσικοχημική κατάσταση της λίμνης είναι εκτός του ορίου “Καλής έως Μέτριας” κατάστασης (ήτοι D.O.=4mg/L στο υπολίμνιο<sup>14</sup> ή επίπεδο κορεσμού 70%), σύμφωνα με τις τιμές-οδηγούς του Σχεδίου Διαχείρισης της ΛΑΠ Παμβώτιδας (βλ. Πίνακα 7, Κεφάλαιο 2.3). Συγκεκριμένα, σε πέντε σημεία δειγματοληψίας το επίπεδο κορεσμού είναι μικρότερο του ορίου: Ντουραχάνι, Λογγάδες, Καστρίτσα, Κατσικάς, Ανατολή.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	D.O. (κορεσμός %) υγρής περιόδου (mg/L)	D.O. (κορεσμός %) ξηρής περιόδου (mg/L)
1	κέντρο λίμνης	9,04 (88,07%)	7,10 (91,80%)
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	8,33 (84,30%)	7,09 (91,00%)
3	Ski-πηγές Νο1	8,77 (86,90%)	8,55 (101,0%)
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	8,33 (84,30%)	7,41 (95,10%)
5	Ντραμπάτοβα	8,98 (88,80%)	8,17 (105,1%)
6	Ντουραχάνι	8,29 (84,00%)	4,73 (60,90%)
7	Λογγάδες-κανάλι	6,75 (68,30%)	6,33 (81,50%)
8	Καστρίτσα-κανάλι	8,78 (90,20%)	5,26 (66,30%)
9	Κατσικάς-κανάλι	6,77 (68,60%)	3,41 (43,30%)
10	Ανατολή-κανάλι	9,16 (94,60%)	0,70 (9,30%)
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	9,04 (95,00%)	6,42 (82,60%)

#### Εργαστηριακές μετρήσεις:

5. Το εύρος της συγκέντρωσης των **νιτρικών ιόντων (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)** που βρέθηκαν κατά την υγρή περίοδο ήταν από 1,0-13,6mg/L, ενώ κατά την ξηρή περίοδο κυμάνθηκαν από 0,3-9,4mg/L, όπως απεικονίζεται στον παρακάτω πίνακα:

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Νιτρικά NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L) υγρής περιόδου	Νιτρικά NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	3,6	3,8
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	2,8	7,5
3	Ski-πηγές Νο1	2	4,0
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	3,3	9,4
5	Ντραμπάτοβα	2,6	2,3
6	Ντουραχάνι	1,0	2,6
7	Λογγάδες-κανάλι	2,9	2,7

<sup>14</sup> Στο πλαίσιο της παρούσας, θα θεωρήσουμε πως οι μετρήσεις διαλυμένου Οξυγόνου έγιναν στο υπολίμνιο κι όχι στο επιλίμνιο (ανώτερο στρώμα λίμνης), προκειμένου να έχουμε ένα μέτρο σύγκρισης με το όριο της Οδηγίας-πλαίσιο για τα νερά.



8	Καστρίτσα-κανάλι	6,2	0,3
9	Κατσικάς-κανάλι	10,4	3,7
10	Ανατολή-κανάλι	13,6	8,4
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	5,5	3,4

6. Τα **νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ )** μετρήθηκαν κατά την υγρή περίοδο από 0,008-0,197mg/L, ενώ κατά την ξηρή περίοδο από 0,001-0,045mg/L. Με βάση τις τιμές συγκέντρωσης των νιτρωδών, η φυσικοχημική κατάσταση της λίμνης είναι εκτός του ορίου “**Καλής έως Μέτριας**” κατάστασης (ήτοι  $\text{NO}_2^- = 0,05\text{mg/L}$ ), σύμφωνα με τις τιμές-οδηγούς του Σχεδίου Διαχείρισης της ΛΑΠ Παμβώτιδας (βλ. Πίνακα 7, Κεφάλαιο 2.3). Συγκεκριμένα, σε έξι σημεία δειγματοληψίας η συγκέντρωση νιτρωδών ξεπέρασε το όριο: κέντρο λίμνης, ski-πηγές No1, Αμφιθέα-πηγές No2, Καστρίτσα, Κατσικάς, Ανατολή.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Νιτρώδη $\text{NO}_2^-$ (mg/L) υγρής περιόδου	Νιτρώδη $\text{NO}_2^-$ (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	0,091	0,009
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	0,016	0,005
3	Ski-πηγές No1	0,197	0,012
4	Αμφιθέα-πηγές No2	0,052	0,006
5	Ντραμπάτοβα	0,024	0,003
6	Ντουραχάνι	0,008	0,005
7	Λογγάδες-κανάλι	0,023	0,004
8	Καστρίτσα-κανάλι	0,068	0,001
9	Κατσικάς-κανάλι	0,084	0,005
10	Ανατολή-κανάλι	0,108	0,045
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	0,01	0,004

7. Η συγκέντρωση **Αμμωνίου  $\text{NH}_4^+$**  (ή πρωτονιωμένη αμμωνία) που βρέθηκε στο νερό κατά την υγρή περίοδο ήταν από 0,07-0,51mg/L, ενώ κατά την ξηρή περίοδο κυμάνθηκε από 0,17-0,44mg/L. Με βάση τις τιμές του αμμωνίου, η φυσικοχημική κατάσταση της λίμνης είναι οριακά εκτός “**Καλής έως Μέτριας**” κατάστασης (ήτοι  $\text{NH}_4^+ = 0,5\text{mg/L}$ ), σύμφωνα με τις τιμές-οδηγούς του Σχεδίου Διαχείρισης της ΛΑΠ Παμβώτιδας (βλ. Πίνακα 7, Κεφάλαιο 2.3). Συγκεκριμένα, η μοναδική (οριακή) υπέρβαση της συγκέντρωσης αμμωνίου καταγράφηκε στην αστική ζώνη της πλατείας Μαβίλη.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Αμμώνιο $\text{NH}_4^+$ (mg/L) υγρής περιόδου	Αμμώνιο $\text{NH}_4^+$ (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	0,25	0,24
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	0,25	0,20
3	Ski-πηγές No1	0,10	0,35
4	Αμφιθέα-πηγές No2	0,22	0,29

5	Ντραμπάτοβα	0,33	0,32
6	Ντουραχάνι	0,26	0,27
7	Λογγάδες-κανάλι	0,27	0,32
8	Καστρίτσα-κανάλι	0,14	0,29
9	Κατσικάς-κανάλι	0,19	0,44
10	Ανατολή-κανάλι	0,07	0,17
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	0,51	0,18

8. Η **Αμμωνία (NH<sub>3</sub>)** στους σταθμούς δειγματοληψίας της υγρής περιόδου κυμάνθηκε από 0,07-0,48mg/L, ενώ της ξηρής περιόδου από 0,16-0,42mg/L.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Αμμωνία NH <sub>3</sub> (mg/L) υγρής περιόδου	Αμμωνία NH <sub>3</sub> (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	0,24	0,23
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	0,23	0,19
3	Ski-πηγές Νο1	0,1	0,33
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	0,21	0,27
5	Ντραμπάτοβα	0,32	0,30
6	Ντουραχάνι	0,25	0,25
7	Λογγάδες-κανάλι	0,26	0,3
8	Καστρίτσα-κανάλι	0,14	0,28
9	Κατσικάς-κανάλι	0,18	0,42
10	Ανατολή-κανάλι	0,07	0,16
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	0,48	0,17

9. Το **Αμμωνιακό άζωτο (NH<sub>3</sub>-N)** που βρέθηκε στο νερό κατά την υγρή περίοδο ήταν από 0,06-0,39mg/L, ενώ κατά την ξηρή περίοδο ήταν 0,13-0,35mg/L.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Αμμωνιακά NH <sub>3</sub> -N (mg/L) υγρής περιόδου	Αμμωνιακά NH <sub>3</sub> -N (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	0,19	0,19
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	0,19	0,16
3	Ski-πηγές Νο1	0,08	0,27
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	0,17	0,23
5	Ντραμπάτοβα	0,26	0,25
6	Ντουραχάνι	0,20	0,21
7	Λογγάδες-κανάλι	0,21	0,25
8	Καστρίτσα-κανάλι	0,11	0,23
9	Κατσικάς-κανάλι	0,14	0,35
10	Ανατολή-κανάλι	0,06	0,13
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	0,39	0,14

10. Τα **Φωσφορικά (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)** ιόντα μετρήθηκαν από 0,01-0,32mg/L στην υγρή περίοδο και από 0,00-1,22mg/L στην ξηρή.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Φωσφορικά PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L) υγρής περιόδου	Φωσφορικά PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	0,14	0,33
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	0,23	0,18
3	Ski-πηγές Νο1	0,09	0,13
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	0,01	0,07
5	Ντραμπάτοβα	0,02	0,02
6	Ντουραχάνι	0,04	0,00
7	Λογγάδες-κανάλι	0,01	0,02
8	Καστρίτσα-κανάλι	0,32	0,03
9	Κατσικάς-κανάλι	0,18	0,25
10	Ανατολή-κανάλι	0,25	1,22
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	0,04	0,06

Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης της ΛΑΠ Παμβώτιδας για τις φυσικοχημικές παραμέτρους το όριο του **Ολικού φωσφόρου** είναι 30μg/L (Πίνακας 7, Κεφάλαιο 2.3), ώστε να χαρακτηριστεί «**Καλής έως μέτριας κατάστασης**» λίμνη. Από τα ατομικά βάρη, υπολογίζεται το όριο συγκέντρωσης των φωσφορικών 91,99μg/L ή **0,091mg/L**. Συνεπώς, σε έξι σημεία δειγματοληψίας η συγκέντρωση φωσφορικών είναι εκτός του ορίου: κέντρο λίμνης, Πέραμα-θυρόφραγμα, ski-πηγές Νο1, Καστρίτσα, Κατσικάς, Ανατολή.

11. Το **Νάτριο (Na<sup>+</sup>)** μετρήθηκε από 13,2-55mg/L στην υγρή περίοδο και από 15,3-47,5mg/L στην ξηρή περίοδο.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Νάτριο (mg/L) υγρής περιόδου	Νάτριο (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	18,6	17,9
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	18,9	19,1
3	Ski-πηγές Νο1	48,0	47,5
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	55,0	47,1
5	Ντραμπάτοβα	19,2	19,5
6	Ντουραχάνι	19,8	19,7
7	Λογγάδες-κανάλι	17,0	15,3
8	Καστρίτσα-κανάλι	19,3	18,9
9	Κατσικάς-κανάλι	13,2	19,2
10	Ανατολή-κανάλι	38,0	21,5
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	19,9	20,1

12. Το **Κάλιο (K<sup>+</sup>)** στους σταθμούς δειγματοληψίας της υγρής περιόδου κυμάνθηκε από 4,0-16,8mg/L, ενώ της ξηρής περιόδου από 1,2-6,7mg/L.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Κάλιο (mg/L) υγρής περιόδου	Κάλιο (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	4,7	3,3
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	6,0	3,3
3	Ski-πηγές Νο1	4,0	1,2
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	6,8	1,4
5	Ντραμπάτοβα	4,7	3,1
6	Ντουραχάνι	4,9	3,4
7	Λογγάδες-κανάλι	9,4	1,88
8	Καστρίτσα-κανάλι	5,0	3,2
9	Κατσικάς-κανάλι	16,8	3,4
10	Ανατολή-κανάλι	5,3	6,7
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	5,5	3,9

13. Τα ιόντα **Ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>)** την υγρή περίοδο ήταν από 34,44-90,51mg/L, ενώ την ξηρή από 32,84-74,39mg/L.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Ασβέστιο (mg/L) υγρής περιόδου	Ασβέστιο (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	40,05	39,25
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	54,47	43,25
3	Ski-πηγές Νο1	52,06	50,46
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	62,47	52,86
5	Ντραμπάτοβα	39,25	39,25
6	Ντουραχάνι	34,44	41,65
7	Λογγάδες-κανάλι	88,91	74,39
8	Καστρίτσα-κανάλι	90,51	51,69
9	Κατσικάς-κανάλι	46,46	46,46
10	Ανατολή-κανάλι	65,68	44,05
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	40,85	32,84

14. Τα ιόντα **Μαγνησίου (Mg<sup>++</sup>)** την υγρή περίοδο ήταν από 0,49-26,73mg/L, ενώ την ξηρή από 0,97-11,76mg/L.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Μαγνήσιο (mg/L) υγρής περιόδου	Μαγνήσιο (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	0,49	9,48
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	0,49	4,86
3	Ski-πηγές Νο1	9,23	3,89
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	3,89	1,70

5	Ντραμπάτοβα	5,35	4,62
6	Ντουραχάνι	5,83	2,67
7	Λογγάδες-κανάλι	16,04	11,76
8	Καστρίτσα-κανάλι	26,73	3,88
9	Κατσικάς-κανάλι	9,72	0,97
10	Ανατολή-κανάλι	8,26	3,65
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	0,49	10,94

15. Τα **Θειϊκά ( $\text{SO}_4^{2-}$ )** ιόντα που περιείχαν τα δείγματα της υγρής περιόδου ήταν από 12-31mg/L, ενώ της ξηρής από 4-18mg/L.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Θειϊκά (mg/L) υγρής περιόδου	Θειϊκά (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	13	12
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	12	9
3	Ski-πηγές Νο1	31	18
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	31	18
5	Ντραμπάτοβα	14	12
6	Ντουραχάνι	14	12
7	Λογγάδες-κανάλι	28	4
8	Καστρίτσα-κανάλι	31	11
9	Κατσικάς-κανάλι	19	10
10	Ανατολή-κανάλι	24	13
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	12	13

16. Τα **Όξινα Ανθρακικά ( $\text{HCO}_3^-$ )** ιόντα βρέθηκαν να έχουν συγκέντρωση από 104-371mg/L την υγρή περίοδο και από 110-232mg/L την ξηρή.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Όξ. Ανθρακικά (mg/L) υγρής περιόδου	Όξ. Ανθρακικά (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	104	128
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	229	146
3	Ski-πηγές Νο1	170	168
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	371	132
5	Ντραμπάτοβα	113	127
6	Ντουραχάνι	155	131
7	Λογγάδες-κανάλι	338	232
8	Καστρίτσα-κανάλι	367	110
9	Κατσικάς-κανάλι	192	131
10	Ανατολή-κανάλι	221	156
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	162	120



17. Το **Χλώριο (Cl)** που περιείχαν τα δείγματα της υγρής περιόδου ήταν από 15-82mg/L, ενώ της ξηρής από 20-57mg/L.

α/α	Σταθμός δειγματοληψίας	Χλώριο (mg/L) υγρής περιόδου	Χλώριο (mg/L) ξηρής περιόδου
1	κέντρο λίμνης	26	22
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	29	24
3	Ski-πηγές No1	82	57
4	Αμφιθέα-πηγές No2	81	55
5	Ντραμπάτοβα	27	21
6	Ντουραχάνι	27	24
7	Λογγάδες-κανάλι	17	22
8	Καστρίτσα-κανάλι	16	21
9	Κατσικάς-κανάλι	40	23
10	Ανατολή-κανάλι	15	20
11	Άστυ-πλ. Μαβίλη	30	23

Στη βιβλιογραφία τα ευρήματα είναι εξίσου ανησυχητικά με τα αποτελέσματα της παρούσας για την ποιότητα των υδάτων της λίμνης. Συγκεκριμένα, «από την αξιολόγηση των μετρήσεων του Πανεπιστημίου Αιγαίου για την λίμνη Παμβώτιδα κατά την περίοδο 1998-1999, προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Η λίμνη Παμβώτιδα παρουσιάζει συγκεντρώσεις θρεπτικών και ειδικότερα Ολικού φωσφόρου, που την καθιστούν ευαίσθητη ως προς τον **ευτροφισμό**. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται, επίσης, από τις πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου, που έχουν καταγραφεί και είναι της τάξεως του 1 mg/L (ποσοστό κορεσμού 9%). Σε χαμηλό επίπεδο βρίσκονται επίσης τα βαρέα μέταλλα που έχουν μετρηθεί στην λίμνη». (Υπ. Ανάπτυξης, 2003).

Η τροφική κατάσταση της λίμνης επιβαρύνεται κι από άλλες συγκεντρώσεις θρεπτικών (νιτρικών και αμμωνίου), που σε ορισμένα σημεία δειγματοληψίας παραβιάζουν τα όρια συγκεντρώσεων, ώστε να καταταγεί η Παμβώτιδα μεταξύ «καλής και μέτριας» οικολογικής κατάστασης.

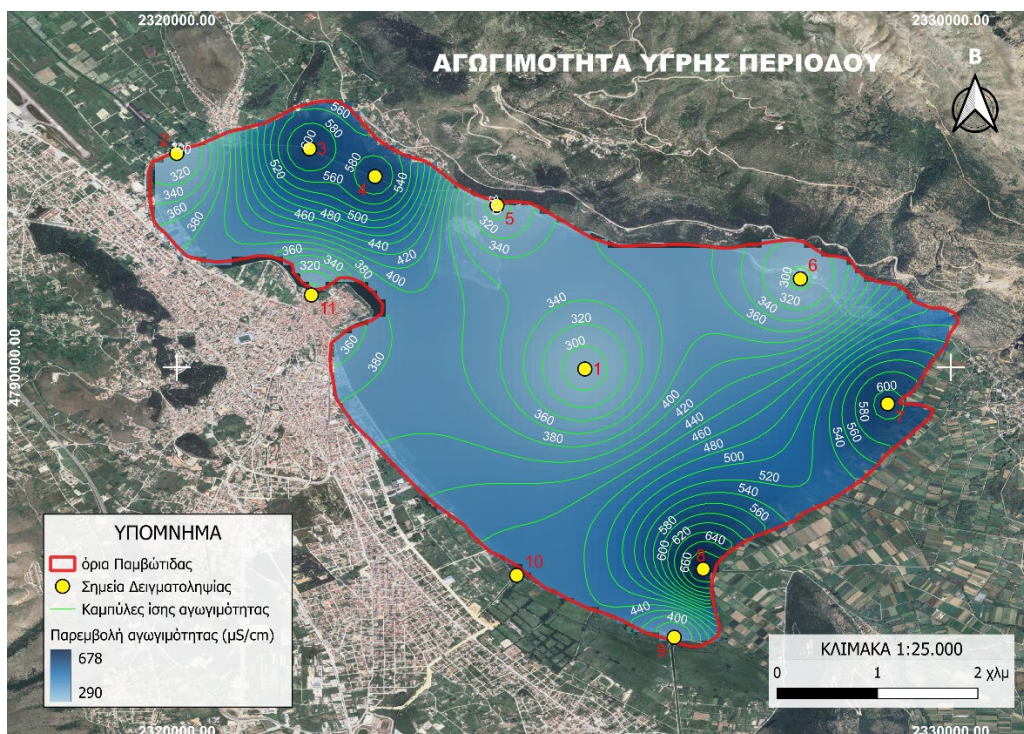
### 6.3 Χάρτες ρυπαντικού φορτίου

Σε αυτή την ενότητα θα αποτυπωθούν τα αποτελέσματα σε ρυπαντικούς χάρτες στο QGIS (EPSG 4326) ανά περίοδο δειγματοληψίας, εστιάζοντας στις φυσικοχημικές παραμέτρους: αγωγιμότητα, διαλυμένο οξυγόνο, νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα.

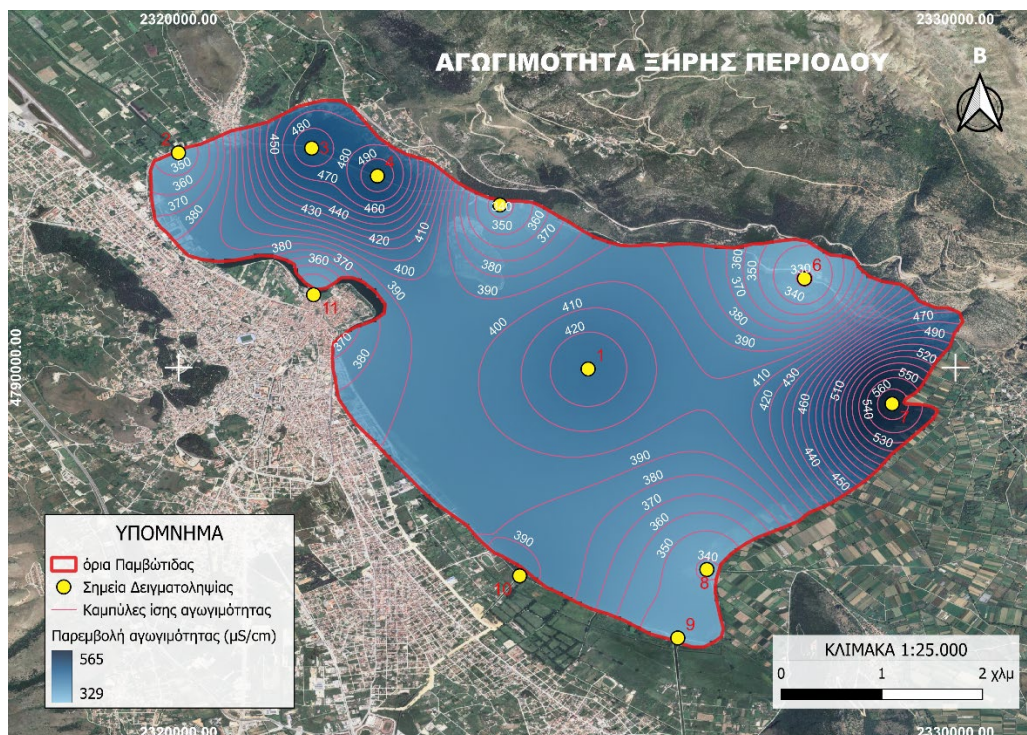
#### α) Χάρτης Αγωγιμότητας

Οι **καμπύλες ίσης αγωγιμότητας** είναι γραμμές σε έναν χάρτη που δείχνουν περιοχές με την ίδια ηλεκτρική στα υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα. Η αγωγιμότητα του νερού μετρά την ικανότητα του νερού να μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα και σχετίζεται με την παρουσία διαλυμένων ιόντων, όπως αλάτων. Χρησιμοποιούνται συχνά ως έμμεσος δείκτης για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού και την

εντόπιση ρυπογόνων περιοχών. Στους **Χάρτες 8 και 9** αποτυπώνονται οι καμπύλες ίσης αγωγιμότητας των δύο περιόδων δειγματοληψίας.



**Χάρτης 8:** Κατανομή Αγωγιμότητας υγρής περιόδου



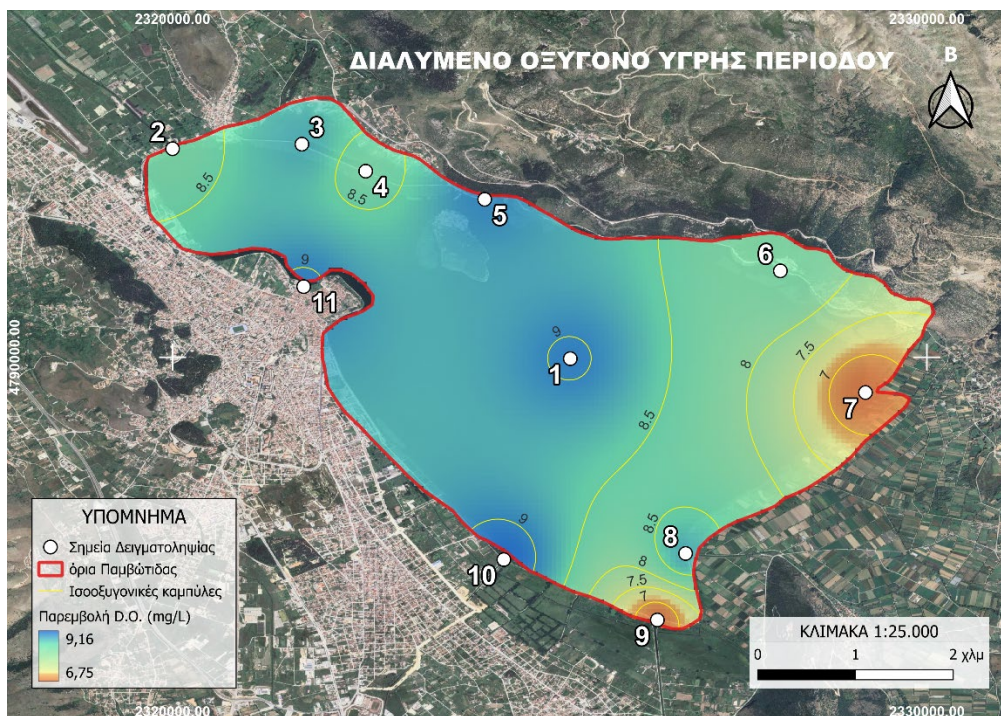
**Χάρτης 9:** Κατανομή Αγωγιμότητας ξηρής περιόδου

**β) Χάρτης διαλυμένου Οξυγόνου**

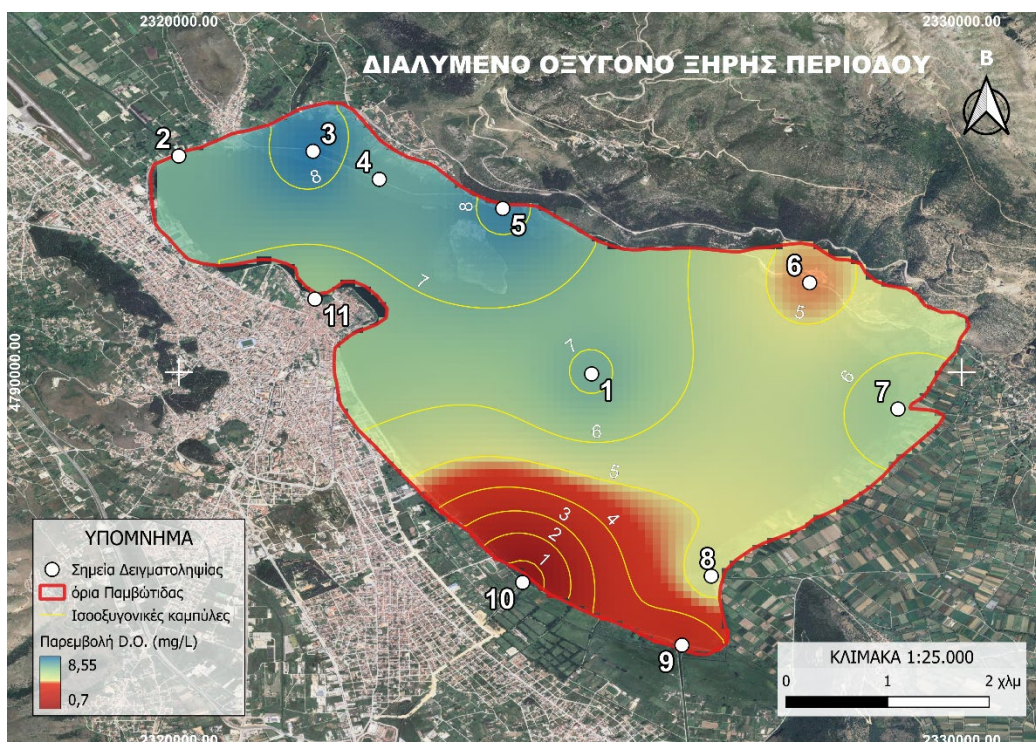
Οι καμπύλες ίσου διαλυμένου οξυγόνου ή **ισοοξυγονικές καμπύλες** είναι γραμμές που αντιπροσωπεύουν περιοχές με την ίδια συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (D.O.) σε ένα υδάτινο σύστημα. Το διαλυμένο οξυγόνο είναι ένας σημαντικός



δείκτης της ποιότητας του νερού, καθώς επηρεάζει την υδρόβια ζωή και είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στην ανάλυση της υδροχημείας και της υδροβιολογίας. Στους **Χάρτες 10 και 11** αποτυπώνεται η κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου στη λίμνη.



**Χάρτης 10:** Κατανομή Διαλυμένου Οξυγόνου υγρής περιόδου



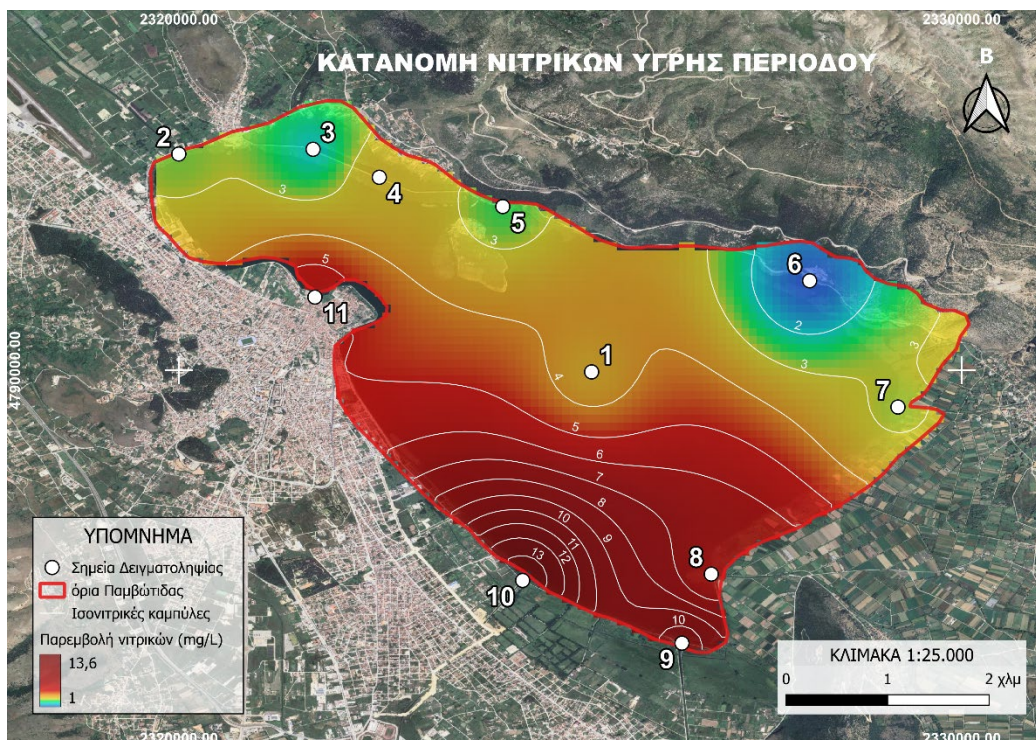
**Χάρτης 11:** Κατανομή Διαλυμένου Οξυγόνου ξηρής περιόδου

γ) Χάρτης νιτρικών ιόντων

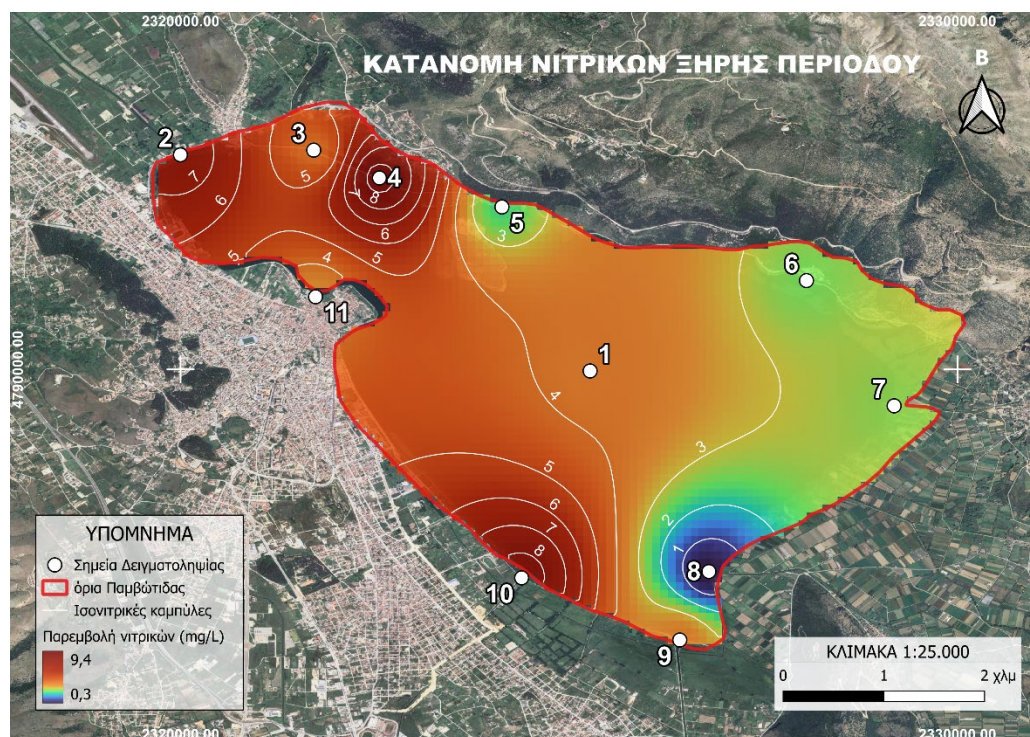
Ομοίως, οι **ισονιτρικές καμπύλες** είναι γραμμές που απεικονίζουν περιοχές με την ίδια συγκέντρωση νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) σε έναν χάρτη. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε



υδρογεωλογικές μελέτες για να δείξουν την κατανομή της ρύπανσης από νιτρικά στις υπόγειες υδάτινες μάζες ή στις επιφανειακές πηγές νερού. Ακολουθούν οι **Χάρτες 12 και 13** με τις ισονιτρικές καμπύλες σε υγρή και ξηρή περίοδο.



**Χάρτης 12:** Κατανομή συγκέντρωσης νιτρικών υγρής περιόδου

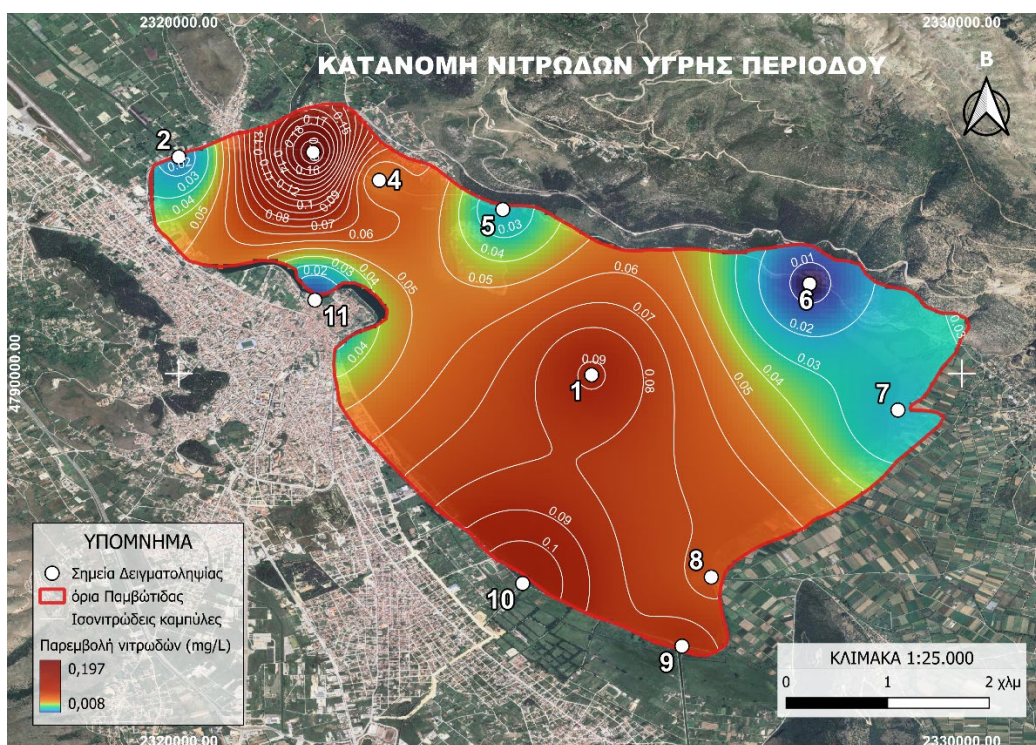


**Χάρτης 13:** Κατανομή συγκέντρωσης νιτρικών ξηρής περιόδου

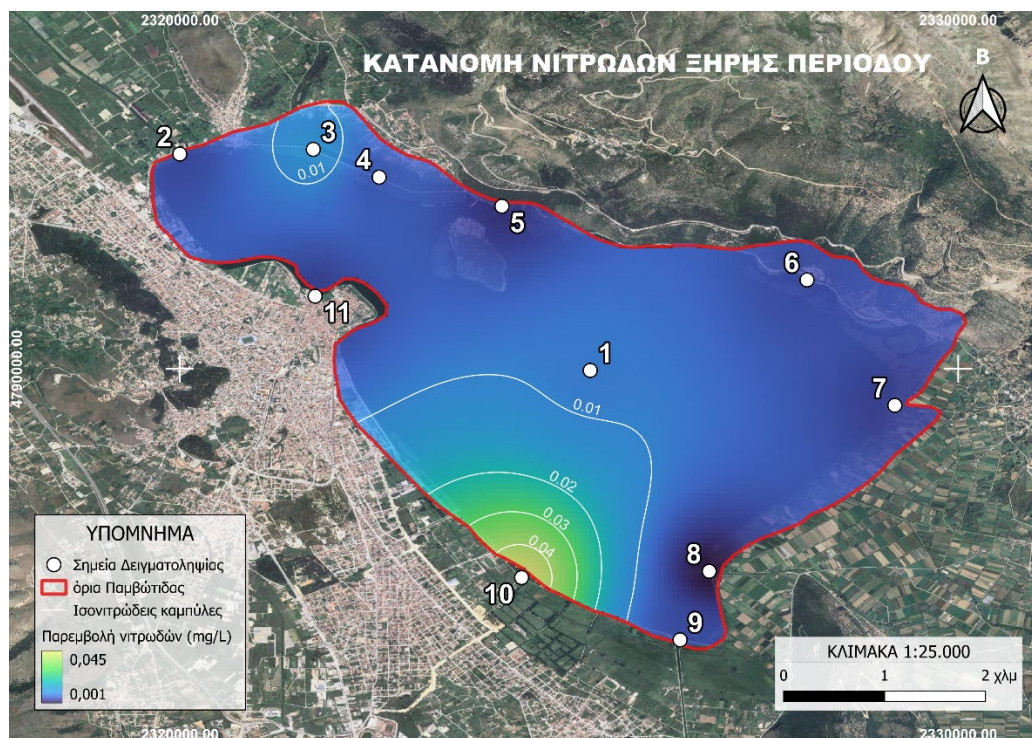


δ) Χάρτης νιτρωδών ιόντων

Οι **ισονιτρώδεις καμπύλες** είναι γραμμές που απεικονίζουν περιοχές με την ίδια συγκέντρωση νιτρωδών ( $\text{NO}_3^-$ ) σε έναν χάρτη. Ακολουθούν οι **Χάρτες 14** και **15** με τις ισονιτρώδεις καμπύλες σε υγρή και ξηρή περίοδο.



**Χάρτης 14:** Κατανομή συγκέντρωσης νιτρωδών υγρής περιόδου

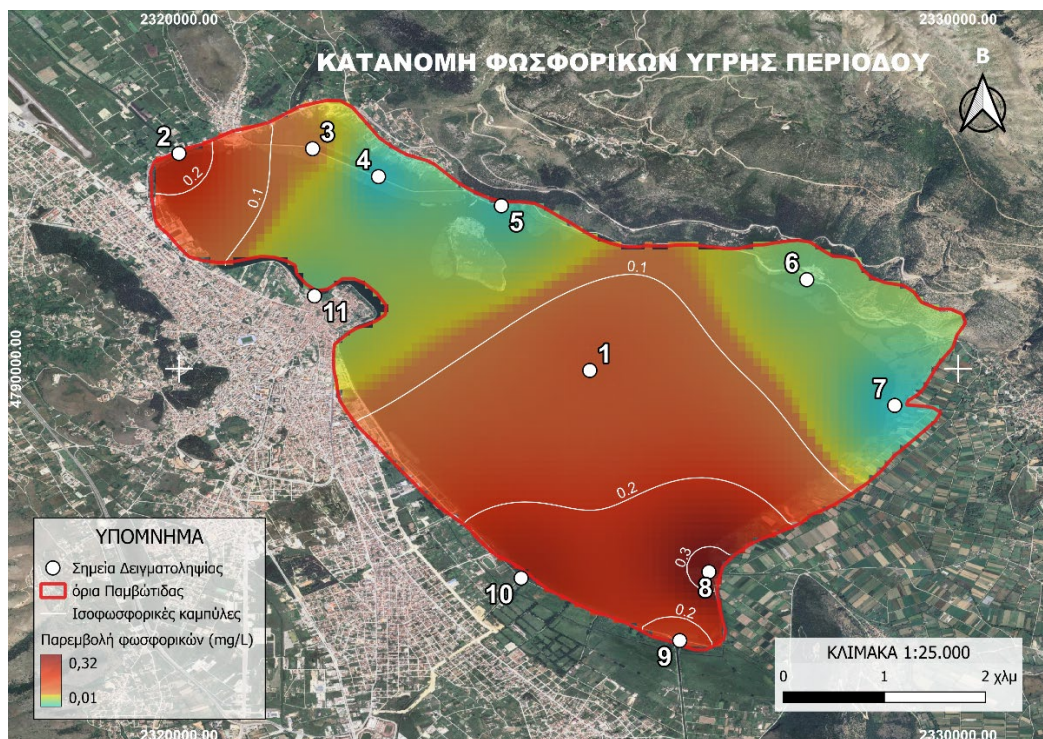


**Χάρτης 15:** Κατανομή συγκέντρωσης νιτρωδών ξηρής περιόδου

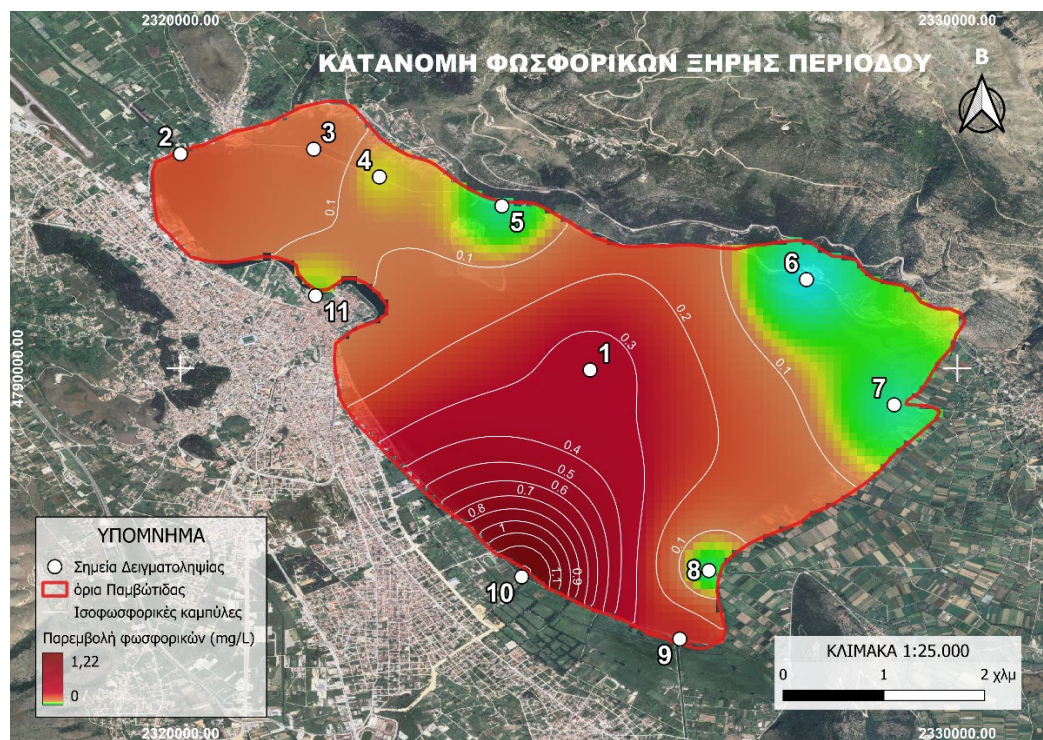


ε) Χάρτης φωσφορικών ιόντων

Στους **Χάρτες 16** και **17** αποτυπώνεται η κατανομή των φωσφορικών ( $PO_4^{3-}$ ) στην Παμβώτιδα, με εμφανή τη ρύπανση σε υγρή και ξηρή περίοδο σε μεγάλη έκταση της επιφάνειας της λίμνης. Οι **ισοφωσφορικές καμπύλες** απεικονίζουν περιοχές με την ίδια συγκέντρωση φωσφορικών.



*Χάρτης 16: Κατανομή συγκέντρωσης φωσφορικών υγρής περιόδου*



*Χάρτης 17: Κατανομή συγκέντρωσης φωσφορικών ξηρής περιόδου*

## 7. Συμπεράσματα-συζήτηση

Μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο η Λαψίστα αποξηράνθηκε, η Παμβώτιδα χρησιμοποιήθηκε για αρδευτικούς σκοπούς, έλαβε χώρα οργανική ρύπανση από τα αστικά και αγροκτηνοτροφικά λύματα, έγιναν καταπατήσεις παραλίμνιων εκτάσεων και η οικολογική αξία της λίμνης υποβαθμίστηκε σημαντικά.

Τα εργαστηριακά αποτελέσματα, όπως απεικονίζονται στους χάρτες ρυπαντικού φορτίου που προηγήθηκαν, συνοψίζονται επιγραμματικά ως εξής για τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού:

- Στην υγρή περίοδο αρκετοί σταθμοί δειγματοληψίας είχαν χαμηλή **αγωγιμότητα** (<300μS/cm), όπως το θυρόφραγμα στο Πέραμα (No2), πιθανόν γιατί ήταν κλειστό εκείνη την εποχή. Γενικά οι συγκεντρώσεις ιόντων στο επιφανειακό νερό, όπως αυτό που συλλέχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας, κυμαίνονται συνήθως σε τιμές αγωγιμότητας έως 300μS/cm. Ωστόσο, αρκετοί σταθμοί είχαν αγωγιμότητα άνω των 600μS/cm, γεγονός που μπορεί να υποδηλώνει είτε ότι αρχίζουν υδρογεωλογικές διεργασίες, είτε ότι αρχίζουν ανθρωπογενείς δραστηριότητες ρύπανσης. Τέτοιο παράδειγμα είναι τα κανάλια Λογγάδων και Καστρίτσας (No7 & 8 αντίστοιχα) με αγωγιμότητα >600μS/cm και στις δύο περιόδους, καθώς και οι δύο σταθμοί των πηγών (No3 & 4) κατά την υγρή μόνο περίοδο. Στην ξηρή περίοδο, υψηλή αγωγιμότητα μετρήθηκε μόνο στους Λογγάδες (565μS/cm) και τις πηγές Αμφιθέας (No4, 497μS/cm).
- Τα επίπεδα **διαλυμένου Οξυγόνου (D.O.)** κατά την υγρή περίοδο είναι ανησυχητικά σε δύο σημεία δειγματοληψίας, στους Λογγάδες (No7) και τον Κατσικά (No9), με το επίπεδο κορεσμού να βρίσκεται γύρω στο 68% και στις δύο δειγματοληψίες. Δηλαδή κάτω του **ορίου κορεσμού 70%** της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ (κατ' εφαρμογή του ν.3199/2003 της εθνικής νομοθεσίας), που ταξινομεί μια λίμνη μεταξύ «καλής και μέτριας» κατάστασης υδάτων. Περισσότερο ανησυχητικά είναι τα αποτελέσματα της καλοκαιρινής περιόδου, στην οποία καταγράφηκαν τέσσερις τιμές με κορεσμό <70% και δύο εξ αυτών με συγκέντρωση D.O. κάτω του **ορίου 4mg/L** της Οδηγίας. Η πιο χαμηλή τιμή μετρήθηκε στο κανάλι της Ανατολής με μόλις 0,70mg/L ή 9,3% επίπεδο κορεσμού και ακολούθησε το κανάλι του Κατσικά με D.O.=3,41mg/L ή 43,30% κορεσμό, δηλαδή συνθήκες επιφανειακής αποξυγόνωσης. Οι περιοχές Ντουραχάνι και Καστρίτσας είχαν επίσης κορεσμό διαλυμένου οξυγόνου κάτω του ορίου: 60,90% και 66,30% αντίστοιχα.

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1.2.2, τα ξενικά είδη ψαριών, που κυριαρχούν πλέον στη λίμνη, είναι ανθεκτικά και προσαρμοσμένα σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις διαλυμένου Οξυγόνου (υποξικές συνθήκες), έναντι των αυτόχθονων. Για παράδειγμα, η πεταλούδα (*Carassius gibelio*) και τα κυπρινοειδή μπορούν να επιβιώσουν σε χαμηλά επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου 2-3 mg/L, καθιστώντας τα ιδιαίτερα ανταγωνιστικά σε μια ρηχή λίμνη.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα όρια της Οδηγίας για το διαλυμένο οξυγόνο αφορούν το υπολίμνιο (κατώτερο στρώμα), ενώ οι μετρήσεις στο πλαίσιο της παρούσας έγιναν στο επιλίμνιο (άνωτερο στρώμα). Οπότε, οι μετρήσεις



ενδέχεται να είναι περισσότερο ανησυχητικές στα κατώτερα στρώματα της λίμνης που υπάρχει στρωμάτωση θερμοκρασίας και περιορισμένη ανάμειξη των νερών στη διάρκεια του καλοκαιριού. Βέβαια, δεδομένου ότι είναι ρηχή λίμνη τα φαινόμενα αυτά είναι πιο περιορισμένα.

- Κατά την υγρή περίοδο, στην αστική ζώνη δειγματοληψίας (πλατεία Μαβίλη, Νο 11) το **αμμώνιο** ξεπέρασε μόλις κατά 0,01mg/L το **όριο 0,5mg/L** της Οδηγίας, που καθορίζει το χαρακτηρισμό της λίμνης μεταξύ «καλής και μέτριας» φυσικοχημικής κατάστασης. Αυτό υποδηλώνει ότι ξεκίνησε ο «κύκλος του Αζώτου», που μετατρέπονται τα αμμωνιακά αρχικά σε νιτρώδη και στη συνέχεια σε νιτρικά ιόντα. Σε κανέναν άλλο σταθμό δειγματοληψίας δεν καταγράφηκε υπέρβαση του ορίου στη διάρκεια του έτους.
- Αναφορικά με τη συγκέντρωση **νιτρωδών ιόντων**, στην υγρή περίοδο καταγράφηκαν έξι από τις έντεκα μετρήσεις άνω του **ορίου 0,05mg/L** που χαρακτηρίζει τη λίμνη μεταξύ «καλής και μέτριας» φυσικοχημικής κατάστασης. Η μεγαλύτερη τιμή που μετρήθηκε το χειμώνα είναι 0,197mg/L στις πηγές του ski (No3), ενώ ακολούθησαν μετρήσεις εκτός του ορίου συγκέντρωσης: στην Ανατολή (No10) 0,108mg/L, στο κέντρο της λίμνης (No1) 0,091mg/L, στον Κατσικά (No9) 0,084mg/L, στην Καστρίτσα (No8) 0,068mg/L και στις πηγές της Αμφιθέας (No4) 0,052mg/L. Αντίθετα, τα επίπεδα συγκέντρωσης νιτρωδών στη λίμνη κυμάνθηκαν εντός ορίων κατά την ξηρή περίοδο (0-0,045mg/L).
- Η συγκέντρωση **φωσφορικών ιόντων** και στις δύο περιόδους ήταν ανησυχητικά υψηλή. Κατά την υγρή περίοδο καταγράφηκαν πέντε τιμές άνω του **ορίου 0,091mg/L** (βλ. στο Κεφάλαιο **6.2.10** τον υπολογισμό του ορίου). Η υψηλότερη τιμή φωσφορικών ιόντων το χειμώνα μετρήθηκε στην περιοχή της Καστρίτσας 0,32mg/L ή 3,5 φορές πάνω από το όριο «καλής έως μέτριας» φυσικοχημικής κατάστασης. Ακολούθησε το κανάλι της Ανατολής και το θυρόφραγμα του Περάματος με συγκεντρώσεις 0,25mg/L και 0,23mg/L αντίστοιχα ή 2,5 φορές πάνω το όριο. Τέλος, στο κανάλι του Κατσικά τα φωσφορικά ήταν 0,18mg/L, ήτοι 2 φορές πάνω από το όριο, ενώ στο κέντρο της λίμνης 0,14mg/L ή 1,5 φορά πάνω από το όριο. Κατά την ξηρή περίοδο, στο κανάλι της Ανατολής τα φωσφορικά ήταν 1,22mg/L ή 13,5 ολόκληρες φορές άνω του ορίου, στο κέντρο της λίμνης 0,33mg/L ή 3,6 φορές περισσότερα, στο θυρόφραγμα 0,18mg/L ή διπλάσια, ενώ στις πηγές του ski 0,13mg/L ή 1,5 φορά υψηλότερα του ορίου.

Στην παραπάνω ανάλυση χρησιμοποιούνται ως τιμές-οδηγοί, οι τιμές της Λεκάνης Απορροής Ποταμών της Παμβώτιδας (1<sup>ο</sup> Σχέδιο Διαχείρισης των ΛΑΠ του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου, 1<sup>η</sup> Αναθεώρηση) για λόγους σύγκρισης των φυσικοχημικών παραμέτρων.

Συμπερασματικά, η **φυσικοχημική κατάσταση** της Παμβώτιδας το έτος 2023-2024 χαρακτηρίζεται ως «**κακή**» και ασκούνται σημαντικές ανθρωπογενείς πιέσεις στη λίμνη. Σχετικά με την συνολική **οικολογική κατάστασή** της, μετρήσεις της τελευταίας δεκαετίας την ταξινομούν ως «**κακή**» από το *Εθνικό Δίκτυο παρακολούθησης των Υδάτων* (ΕΚΒΥ, 2013-2021) και παρουσιάζει ευτροφισμό, κάτι που δεν μπορούσε να μετρηθεί στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση

- Aubouin, J. (1959), Contribution à l'étude géologique de la Grèce Septentrionale. Les confins de l'Epire et de la Thessalie, Ann. Geol. d. Pays Helen. 10, 1-525, Athènes.
- Hach Company, DR 2800 Spectrophotometer Procedures Manual, June 2007, edition 2, printed in Germany.
- Ioannides K., Stamoulis K., Papachristodoulou C. et al. Distribution of heavy metals in sediment cores of Lake Pamvotis (Greece): a pollution and potential risk assessment. Environ Monit Assess 187, 4209 (2015). <https://doi.org/10.1007/s10661-014-4209-4>
- Kagalou I., Tsimarakis G. & Paschos I. (2001), *Water chemistry and biology in a shallow lake (Lake Pamvotis-Greece). Present state and perspectives*, Global Nest: the Int. J. Vol 3, No 2, pp 85-94.
- Karaouzas I., Kapetanaki N., Mentzafou A., Kanellopoulos T.D. & Skoulikidis N. (2021), *Heavy metal contamination status in Greek surface waters: A review with application and evaluation of pollution indices*, Chemosphere, Vol 263, January 2021, 128192.
- Koutsoyiannis, Demetris & Andreadakis, Andreas & Mavrodimitou, R. & Christofides, Antonis & Mamassis, N. & Efstratiadis, Andreas & Koukouvinos, A. & Karavokiros, G. & Kozanis, Stefanos & Mamais, Daniel & Noutsopoulos, Constantinos. (2008). Εθνικό Πρόγραμμα Διαχείρισης και Προστασίας των Υδατικών Πόρων [National Programme for Water Resources Management and Preservation]. 10.13140/RG.2.2.25384.62727
- Latinopoulos D., Koulouri M. & Kagalou I. (2020). How historical land use/land cover changes affected ecosystem services in lake Pamvotis, Greece. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 27(6), 1472–1491. <https://doi.org/10.1080/10807039.2020.1855575>
- Lorilla, R.S. (2020), Mapping and valuation of ecosystem services for informed decision making in spatial planning, Harokopio University, Athens.
- Moschos S., Piperagkas O. & Karayanni H. (2021). A vertically and temporally diverse bacterial community in a shallow lake-water sediment site of a eutrophic lake. Inland Waters, 11(2), 141–153. <https://doi.org/10.1080/20442041.2020.1809952>
- Papastergiadou E., Kagalou I., Stefanidis K. et al. Effects of Anthropogenic Influences on the Trophic State, Land Uses and Aquatic Vegetation in a Shallow Mediterranean Lake: Implications for Restoration. Water Resour Manage 24, 415–435 (2010). <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9453-y>
- Pekel J.F., Cottam A., Gorelick N. & Belward A. (2016), *High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes*, Nature, Vol 540, pp. 418-422, <https://doi.org/10.1038/nature20584>
- Spiliotis M., Panagiotou L., Kagalou I. et al. A Fuzzified Multicriteria Outranking Method for Water Framework Directive Implementation in a Heavily Modified Urban Lake (Pamvotis, Greece). Water Resour Manage 34, 4491–4510 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02624-2>
- Vardon M. (2014), *Water and Ecosystem Accounting: SEEA Experimental Ecosystem Accounting Technical Guide*, No. 4, 2014/12/17, 10.13140/RG.2.2.31754.59840.

## Ελληνόγλωσση

- Αραβαντινός Π. (1856), Χρονογραφία της Ηπείρου, τυπογρ. Βλαστός Σ.Κ., Αθήνα.
- Γκαίτλιχ Μ., Παπαδόπουλος Β. (2022), Μαθαίνω, συμμετέχω, φροντίζω τον υγρόΤΟΠΟ μου. Οδηγός για την ενεργή συμμετοχή των πολιτών στην προστασία των υγροτόπων και της Φύσης, Ελληνική ΟΡΝΙΘΟΛΟΓΙΚΗ Εταιρεία, Αθήνα.
- Διεύθυνση Υδατικού Δυναμικού και Φυσικών Πόρων, Υπουργείο Ανάπτυξης-ΕΜΠ-ΙΓΜΕ-ΚΕΠΕ, (2003), *Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των Υδατικών πόρων της χώρας*, Αθήνα.
- Βруниώτης Δ. (2010), Εδαφογεωχημική – Περιβαλλοντική Έρευνα ΒΔ πεδινού τμήματος Λεκάνης Ιωαννίνων, Τομέας Υδατικών πόρων και περιβάλλοντος, Δ/ση Υδρογεωλογίας – Δ/ση Γεωχημείας και Περιβάλλοντος, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Δούκα Σ. (2012), *Τοξικά κυανοβακτήρια στη λίμνη Παμβώτιδα*, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Καρδίτσα.
- Δροσιάδης Β. (2016), Προστασία και Διαχείριση Υγροτόπων, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Ειδική Γραμματεία Υδάτων (2013), Σχέδιο Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ηπείρου, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής.
- Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της Φύσης (2019), Οι Οδηγίες για τα Άγρια Πτηνά και τους Οικοτόπους: Οδηγός για δικηγόρους και υπάλληλους της διοίκησης, Αθήνα.
- Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρεία (2008), Πρόταση δημιουργίας ορνιθολογικού-περιβαλλοντικού πάρκου Παμβώτιδας, Φεβρουάριος 2008, Αθήνα.
- Ενδιάμεση Διαχειριστική Αρχή Περιφέρειας Ηπείρου (2015), *Μελέτη αποκατάστασης οικοσυστήματος λίμνης Παμβώτιδας*, Environplan S.A. Consultants & Engineers, Αθήνα.
- Καϊμάκη Σ., Γκουβάτσου Ε., Χριστοπούλου Ν. (2022), Τεύχη ΕΠΜ 1ης ομάδας περιοχών, Ανατολικό Τμήμα, ΤΑ3: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ - ΟΡΙΟΘΕΤΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΕΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ και ΤΒ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΕΟΥ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ. Παραδοτέο Μελέτης 11: Εκπόνηση ΕΠΜ και ΣΔ για τις περιοχές Natura 2000 της Περιφέρειας Ηπείρου και Περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας (μέρους)», Ανάδοχος: ADENS AE - Δ. ΑΡΓΥΡΟΠΟΥΛΟΣ και συνεργάτες ΟΕ, Φορέας Ανάθεσης Μελέτης: ΥΠΕΝ/Γενική Δ/ση Περιβαλλοντικής Πολιτικής/Διεύθυνση Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος και Βιοποικιλότητας/Τμήμα Προστατευόμενων Περιοχών, Αθήνα.
- Κοβάνη Ε. (2002), Λιμνών αποξηράνσεις: μελέτη αιτιολογίας και πολιτιστικής ιστορίας, Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών.
- Κουσουρής Θ. (2013), Οι λίμνες στην Ελλάδα, Αθήνα.
- Κυδωνάκη Ι. (2010), Μελέτη ευτροφισμού στη λίμνη Παμβώτιδα: Υδατικό ισοζύγιο και ισοζύγιο φωσφόρου, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Λαζαρίδου Μαρία, Μουστάκα – Γούνη Μαρία, Μπόμπορη Δήμητρα, Μιχαλούδη Ευαγγελία, Λιμνοποτάμιο Περιβάλλον και Οργανισμοί. Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ. Ανακτήθηκε από <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS419/>
- Λάμπρου Α. (1998), «Το υδατικό ισοζύγιο της λίμνης Παμβώτιδας, μια προσέγγιση με το Μοντέλο Ribasim», ΕΜΠ, Αθήνα.
- Μαρτάκης Ι. (2018), Ποιοτικός έλεγχος της λίμνης Παμβώτιδας και συγκριτική ανάλυση με τη λίμνη της Καστοριάς, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Μιμίκου Μ., Μπαλάς Ε. (2018), Τεχνική υδρολογία, εκδ. Παπασωτηρίου, 6<sup>η</sup> έκδοση, Αθήνα.

- Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας / Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων. 2023. Λίμνη Παμβώτιδα. Φυσικοχημικά δεδομένα έτους 2013-2021. Εθνικό δίκτυο παρακολούθησης των υδάτων των λιμνών της Ελλάδας, ΚΥΑ Αριθμ. ΥΠΕΝ/ΔΠΔΥΠ/107168/1444/2021, Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας.
- Μπούκας-Ανέστης Ν., Γαλάνη Α. Δ., Στάρα, Κ., Τσιακίρης Ρ. (2014), *Η σημασία των υγρολιβαδικών εκτάσεων της περιοχής του Κατσικά για τη διατήρηση των απειλούμενων υδρόβιων ειδών ορνιθοπανίδας της λίμνης Παμβώτιδας*, 8<sup>ο</sup> Λιβαδοπονικό Συνέδριο, Θεσσαλονίκη.
- Νικολάου Ε. (2008), Απογραφή Υδροσημείων – Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Δ/ση Υδρογεωλογίας, ΙΓΜΕ, Πρέβεζα.
- Νικολάου Ε. (2010), Υδρογεωλογική Μελέτη: Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Δ/ση Υδρογεωλογίας, ΙΓΜΕ, Πρέβεζα.
- Νικολάου Ε., Κολοβός Γ. (2009), Μετρήσεις Υπαίθρου (Υδρολογικές-Φυσικοχημικές): Υδατικό Διαμέρισμα Ηπείρου, Τεύχος 1&2, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Δ/ση Υδρογεωλογίας, ΙΓΜΕ, Πρέβεζα.
- Νικολάου Ε., Τζούλης Χ. & Γεωργάκης Μ. (2009), Χημικές αναλύσεις υπόγειων νερών (Γενικές-Ειδικές-Ιχνοστοιχεία): Υδατικό διαμέρισμα Ηπείρου, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Δ/ση Υδρογεωλογίας, ΙΓΜΕ, Πρέβεζα.
- Οδηγία 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23<sup>ης</sup> Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.
- Παπαδάκη Χ. (2010), Εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης λιμνών της Ηπείρου. Απειλές για τη βιοποικιλότητα των ορεινών περιοχών, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Παπαδημητρίου Θ. (2010), Επιπτώσεις των συγκεντρώσεων των μικροκυστινών σε υδρόβιους ζωικούς οργανισμούς, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.
- Παπασταύρου Α. (2006), Ιωαννίνων Ενθύμιον, Τα Γιάννενα μέσα από τις καρτ ποστάλ, εκδ. Απειρωτών, Ιωάννινα.
- Περδικάκη Μ. (2014), Εκτίμηση ρυπαντικής επικινδυνότητας παράκτιων υδροφορέων με τη χρήση του πολυκριτηριακού δείκτη GALDIT, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Ρήγγας Ν. (2011), Αποτίμηση της αξίας των υπογείων νερών της λεκάνης του Ασωπού ποταμού, ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σπίνος Σ. (2020), «Οικοσυστημικές υπηρεσίες υπόγειων υδάτων του όρους Μιτσικέλι Ιωαννίνων», ΕΜΠ, Αθήνα.
- Σχέδιο Διαχείρισης Λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων (2006), Υπηρεσία Διαχείρισης του Επιχειρησιακού Προγράμματος Ηπείρου, ανάθεση στην εταιρεία ΟΙΚΟΣ - Διαχείριση Φυσικού Περιβάλλοντος, Ηράκλειο Αττικής.
- Σχέδιο Προεδρικού Διατάγματος (2019), *Χαρακτηρισμός της υδάτινης, χερσαίας και ευρύτερης περιοχής της λίμνης Παμβώτιδας, ν. Ιωαννίνων, ως Περιφερειακό Πάρκο και καθορισμός χρήσεων γης όρων και περιορισμών δόμησης*.
- Τσώλης Θ. (2021), Η οικολογική υποβάθμιση της λίμνης Παμβώτιδας. Το πρόβλημα του ευτροφισμού, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.
- Υπουργική Απόφαση (ΦΕΚ 649 / 25 - 06 – 2003), «Χαρακτηρισμός της χερσαίας και λιμναίας περιοχής της λίμνης Παμβώτιδας Ιωαννίνων ως περιοχή οικοανάπτυξης, καθορισμός περιφερειακής ζώνης προστασίας αυτής, χρήσεων, όρων και περιορισμών δόμησης»
- Wetzel R. G. (2012), Λιμνολογία: Λιμναία και Ποτάμια Οικοσυστήματα, εκδ. Κωσταράκη, επιμ. ελλ. έκδοσης Αθηνά Οικονόμου-Αμίλλη, Αθήνα.

## Διαδίκτυο

- [www.lakepamvotis.gr](http://www.lakepamvotis.gr)
- <https://necca.gov.gr/mdpp/m-d-prostatevomenon-periochon-ipeirou/>
- <https://www.naturagraeca.com/ws/129,191,114,1,1,%CE%9B%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7-%CE%A0%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1>
- <https://oldsite.physics.uoi.gr/sites/default/seci/Climate.jpg>
- [meteo.gr](http://meteo.gr)
- <https://www.proinoslogos.gr/%CE%B1%CF%81%CE%B8%CF%81%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%B9%CE%B1/33695-%CE%B1%CE%BD%CE%AC%CE%B3%CE%BA%CE%B7-%CE%BA%CE%BF%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%8D-%CE%B1%CE%B3%CF%8E%CE%BD%CE%B1-%CE%B3%CE%B9%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CF%80%CE%B1%CE%BC%CE%B2%CF%8E%CF%84%CE%B9%CE%B4%CE%B1%E2%80%A6>
- <https://typos-i.gr/article/otan-epinan-nero-kai-apo-th-limnh>
- <https://typos-i.gr/article/mia-protash-gia-thn-oikologikh-sta8mh-ths-pambwtidas>
- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/?uri=celex%3A32000L0060>
- [www.geo.auth.gr](http://www.geo.auth.gr)
- <https://www.eyath.gr/elegchos-poiotita-neroy/elegchomenes-parametroi/#1549988401177-b2d4da1c-49ed>
- <https://ekby.gr/>
- eClass Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος, Παν/μιο Πατρών
- <https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS419/>
- <https://blog.farmacon.gr/katigories/tehniki-arthrografia/threpsi-lipansi/item/1886-azoto-ena-themeliodes-stoixeio-morfes-azotou>
- <https://wfd.ekby.gr/parakolouthisi-limnon/methodologia/>
- <https://floods.ypeka.gr/sdkp-lap/maps-2round/sdkp-el05-2round/>
- <https://wfdver.ypeka.gr/el/project/gr05-05-approved-management-water-character-gr/>
- <https://greenapple.gr/2016/06/11/%CE%BB%CE%B9%CE%BC%CE%BD%CE%B1%CE%AF%CE%B1-%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%83%CF%85%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B5%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1%CF%82/>
- <https://www.mixanitouxronou.gr/oi-chamenes-limnes-tis-elladas-apoxiranthikan-gia-tin-elonosia-kai-gia-nea-chorafia-alla-den-pigan-ola-kala/>
- <https://deyai.gr/>
- <https://mesogeos.gr/%CF%80%CE%BF%CE%B9%CE%BF%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%82-%CE%B5%CE%BB%CE%AD%CE%B3%CF%87%CE%BF%CF%82-%CE%BB%CF%85%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B9%CF%89%CE%B1%CE%BD%CE%BD%CE%AF%CE%BD%CF%89%CE%BD/>



## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

## α) Αποτελέσματα Δεκεμβρίου 2023

α/α	Σταθμός δειγμ/ψίας	Αγωγιμ/τα (μS/cm)	PH	Θερμοκρ. (°C)	D.O. (mg/l)	D.O. κορεσμός %	Νιτρικά NO <sub>3</sub> (mg/l)	Νιτρώδη NO <sub>2</sub> (mg/l)	Αμμώνιο NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Αμμωνία NH <sub>3</sub> (mg/l)	NH <sub>3</sub> -N (mg/l)
1	κέντρο λίμνης	290	8,12	12,1	9,04	88,07%	3,6	0,091	0,25	0,24	0,19
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	298	7,99	12,9	8,33	84,30%	2,8	0,016	0,25	0,23	0,19
3	Ski-πηγές Νο1	602	7,44	11,8	8,77	86,90%	2	0,197	0,1	0,1	0,08
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	596	7,57	10,7	8,33	84,30%	3,3	0,052	0,22	0,21	0,17
5	Ντραμπάτοβα	294	8,36	13	8,98	88,80%	2,6	0,024	0,33	0,32	0,26
6	Ντουραχάνι	297	7,9	14,5	8,29	84,00%	1	0,008	0,26	0,25	0,2
7	Λογγάδες	605	7,34	9,2	6,75	68,30%	2,9	0,023	0,27	0,26	0,21
8	Καστρίτσα	678	7,95	11,9	8,78	90,20%	6,2	0,068	0,14	0,14	0,11
9	Κατσικάς	380	7,38	12,4	6,77	68,60%	10,4	0,084	0,19	0,18	0,14
10	Ανατολή	444	7,64	12,5	9,16	94,60%	13,6	0,108	0,07	0,07	0,06
11	Άστυ-πλ. Μαβίλλη	294	8,14	12,4	9,04	95%	5,5	0,01	0,51	0,48	0,39

α/α	Σταθμός δειγμ/ληψίας	Φωσφορικά PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	Θειικά SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Όξινα Ανθρ/κά HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Latitude	Longitude
1	κέντρο λίμνης	0,14	18,6	4,7	40,05	0,49	13	104	26	39.664.118	20.888.284
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	0,23	18,9	6	54,47	0,49	12	229	29	39.689.122	20.840.906
3	Ski-πηγές Νο1	0,09	48	4	52,06	9,23	31	170	82	39.689.663	20.856.317
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	0,01	55	6,8	62,47	3,89	31	371	81	39.686.447	20.863.918
5	Ντραμπάτοβα	0,02	19,2	4,7	39,25	5,35	14	113	27	39.683.093	20.878.087
6	Ντουραχάνι	0,04	19,8	4,9	34,44	5,83	14	155	27	39.674.575	20.913.304
7	Λογγάδες	0,01	17	9,4	88,91	16,04	28	338	17	39.660.087	20.923.441
8	Καστρίτσα	0,32	19,3	5	90,51	26,73	31	367	16	39.640.916	20.902.018
9	Κατσικάς	0,18	13,2	16,8	46,46	9,72	19	192	40	39.632.996	20.898.654
10	Ανατολή	0,25	38	5,3	65,68	8,26	24	221	15	39.640.190	20.880.366
11	Άστυ-πλ. Μαβίλλη	0,04	19,9	5,5	40,85	0,49	12	162	30	39.672.701	20.856.530

## β) Αποτελέσματα Ιουνίου 2024

α/α	Σταθμός δειγμ/ψίας	Αγωγιμ/τα (μS/cm)	PH	Θερμοκρ. (°C)	D.O. (mg/l)	D.O. κορεσμός %	Νιτρικά NO <sub>3</sub> (mg/l)	Νιτρώδη NO <sub>2</sub> (mg/l)	Αμμώνιο NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	Αμμωνία NH <sub>3</sub> (mg/l)	NH <sub>3</sub> -N (mg/l)
1	κέντρο λίμνης	428	8,12	24,9	7,1	91,80%	3,8	0,009	0,24	0,23	0,19
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	344	8,11	25,3	7,09	91%	7,5	0,005	0,20	0,19	0,16
3	Ski-πηγές Νο1	486	8,2	24,6	8,55	101%	4,0	0,012	0,35	0,33	0,27
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	497	8,11	24,5	7,41	95,10%	9,4	0,006	0,29	0,27	0,23
5	Ντραμπάτοβα	337	8,33	25,9	8,17	105,10%	2,3	0,003	0,32	0,30	0,25
6	Ντουραχάνι	329	7,76	26,8	4,73	60,90%	2,6	0,005	0,27	0,25	0,21
7	Λογγάδες	565	7,86	24,5	6,33	81,50%	2,7	0,004	0,32	0,3	0,25
8	Καστρίτσα	339	7,67	24,6	5,26	66,30%	0,3	0,001	0,29	0,28	0,23
9	Κατσικάς	343	7,48	23,2	3,41	43,30%	3,7	0,005	0,44	0,42	0,35
10	Ανατολή	391	7,11	24	0,7	9,30%	8,4	0,045	0,17	0,16	0,13
11	Άστυ-πλ. Μαβίλλη	341	8,03	24,2	6,42	82,60%	3,4	0,004	0,18	0,17	0,14

α/α	Σταθμός δειγμ/ληψίας	Φωσφορικά PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	Θειικά SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	Όξινα Ανθρ/κά HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	Latitude	Longitude
1	κέντρο λίμνης	0,33	17,9	3,3	39,25	9,48	12	128	22	39.664.118	20.888.284
2	Πέραμα-θυρόφραγμα	0,18	19,1	3,3	43,25	4,86	9	146	24	39.689.122	20.840.906
3	Ski-πηγές Νο1	0,13	47,5	1,2	50,46	3,89	18	168	57	39.689.663	20.856.317
4	Αμφιθέα-πηγές Νο2	0,07	47,1	1,4	52,86	1,70	18	132	55	39.686.447	20.863.918
5	Ντραμπάτοβα	0,02	19,5	3,1	39,25	4,62	12	127	21	39.683.093	20.878.087
6	Ντουραχάνι	0,00	19,7	3,4	41,65	2,67	12	131	24	39.674.575	20.913.304
7	Λογγάδες	0,02	15,29	1,88	74,39	11,76	4	232	22	39.660.087	20.923.441
8	Καστρίτσα	0,03	18,9	3,2	51,69	3,88	11	110	21	39.640.916	20.902.018
9	Κατσικάς	0,25	19,2	3,4	46,46	0,97	10	131	23	39.632.996	20.898.654
10	Ανατολή	1,22	21,5	6,7	44,05	3,65	13	156	20	39.640.190	20.880.366
11	Άστυ-πλ. Μαβίλλη	0,06	20,1	3,9	32,84	10,94	13	120	23	39.672.701	20.856.530