

Φαινόμενα ανοξικών συνθηκών στην καρστική κρυπτολίμνη Αμβρακία

Κ. Αλμπανάκης, Α. Ψιλοβίκος, Κ. Βουβαλίδης και Χ. Παλικαρίδης
Τομέας Γεωλογίας & Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 54006

Περίληψη

Η λίμνη Αμβρακία είναι μια βαθιά καρστική κρυπτολίμνη, υπολειμματική της Τεταρτογενούς λίμνης Αγρινίου, στο ΒΔ άκρο της ομώνυμης τάφρου.

Έχει έκταση 14.5 km^2 για στάθμη $+25 \text{ m}$, όγκο νερού $278 \times 10^6 \text{ m}^3$ και τροφοδοτείται υπόγεια μέσω των καρστικών αγωγών του Ξηρόμερου μόνο κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων. Η ανανέωση του νερού γίνεται 1 φορά κάθε 6 χρόνια.

Χαρακτηριστικά γνωρίσματα του νερού της Αμβρακίας είναι οι υψηλές τιμές αγωγιμότητας και η μεγάλη συμμετοχή θειικών ανιόντων λόγω απόπλυσης γύψου από το υπόγειο νερό. Το καλοκαίρι, σε βάθος μεγαλύτερο από 15-20 m επικρατούν ανοξικές συνθήκες και ευνοείται η παραγωγή υδροθείου και αμμωνίας.

Η κακή ποιότητα του νερού επιτρέπει την περιορισμένη χρήση του μόνο για αρδεύσεις, ενώ φαίνεται ότι επηρεάζει αρνητικά τους ζώντες οργανισμούς στις ακτές και μέσα στο νερό (φυτά, ψάρια, πτηνά).

Στην Αμβρακία δεν έγιναν ανθρωπογενείς επεμβάσεις, όπως συνέβη στις άλλες Ακαρνανικές λίμνες, αλλά η λίμνη ακολούθησε τη φυσική της εξέλιξη με πλήρη απομόνωσή της από το υδρολογικό σύστημα του Αχελώου.

Abstract

The lake Amvrakia is a deep, karstic, cryptolake, remnant of the Quaternary lake of Agrinio, at the NW end of the Agrinio graben.

It has an area of 14.5 km^2 for the water level of $+25 \text{ m}$, maximum depth of 53 m and water volume of $278 \times 10^6 \text{ m}^3$. It has an underground water inflow from the Xeromero karstic area only during the period of the rainfalls. The water is renewed every 6 years.

The very characteristic qualities of the water are high conductivity and high content in sulfide anions, both due to the influence of gypsum in the karstic water of the lake. Also, during the summer period the lake

becomes anoxic in depth greater than 15-20 m, thus producing hydrosulfur and ammonia.

The low quality of the water of the lake limits its use only for irrigation purposes and influences life within and around the lake (plants, fish, birds).

The lake Ambrakia was not affected by human activities unlike the other lakes of the area. It has been isolated from the hydrological system of Acheloos basin and followed its own natural way as an individual karstic lake.

Εισαγωγή

Η λίμνη Αμβρακία βρίσκεται στο βορειότερο άκρο της τοξοειδούς τάφρου Αγρινίου και αποτελεί υπολειμματική μορφή της μεγάλης Τεταρτογενούς λίμνης Αγρινίου. Η Αμβρακία διετήρησε τους τεκτονικούς χαρακτήρες της ως λίμνη, εξελίχθηκε όμως σε ένα καθαρά καρστικό ταμιευτήρα.

Η Αμβρακία παρότι φαίνεται σήμερα αποκομμένη από τις λοιπές Ακαρνανικές λίμνες, δεν παύει να αποτελεί ένα σημαντικό ταμιευτήρα νερού της λεκάνης του Κάτω Αχελώου, σε μια ιδιαίτερα ξηρή και άγονη περιοχή της Αιτωλοοκαρνανίας.

Η λίμνη αυτή μελετήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος Β477 της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ. που αφορά στη λεκάνη του Κάτω Αχελώου, με χρηματοδότηση της Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7) της Γεν. Γραμματείας Δημοσίων Έργων του ΥΠΕΧΩΔΕ.

Ευχαριστίες για τη συνεργασία τους στην έρευνα εκφράζουμε προς το λέκτορα του Τμήματος Χημικών Μηχανικών κ. Μ. Μήτρακα, προς τη Δρ. Υδροχημικό κ. Ε. Ντάτσικα και προς το γεωλόγο κ. Α. Μουσουρίδη.

Η έρευνα στο χώρο της λίμνης πραγματοποιήθηκε με το πλήρως εξοπλισμένο ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ» της ομάδας μας, το οποίο μεταφέρθηκε στην Αμβρακία για το σκοπό αυτό.

Γεωγραφικά - Γεωλογικά στοιχεία

Η λίμνη Αμβρακία βρίσκεται στο βορειότερο και στενότερο άκρο της τάφρου Αγρινίου, μεταξύ του όρους Θύαμου ανατολικά και των λόφων του Ξηρόμερου δυτικά. Έχει προσαντολισμό Β - Ν, σχήμα περίπου ανεστραμμένου Τριγώνου και φάνεται απομονωμένη από την υπόλοιπη περιοχή της τάφρου Αγρινίου.

Μια ράχη χωρίζει την Αμβρακία από τον Αμβρακικό κόλπο στα βάρεια, στην περιαχή Αμφιλοχίας, ενώ χαμηλοί λόφοι χωρίζουν την Αμβρακία στα νότια από τον Οζερό.

Η Αμβρακία έχει σχηματιστεί σε ένα μεγάλο καρστικό βύθισμα τα οποία κυριαρχείται από ανθρακικά πετρώματα της Ιονίου ζώνης. Οι παλαιότεροι σχηματισμοί είναι τα τριαδικά λατυπσπαγή με τις γύψους του λόφου του Ξηρόμερου δυτικά, έντονα διαρρηγμένα και αποκαρστωμένα. Προς το βόρεια άκρο της δυτικής πλευρός επικρατούν ασβεστόλιθοι της Βίγλας και του Παντοκράτορα ηλικίας Ιουρασικού και Κρητιδικού. Στην ανατολική πλευρά, στις απότομες πλαγιές του Θύαμου επικρατούν ασβεστόλιθοι του Ηωκαίνου.

Στα περιθώρια της Αμβρακίας και ιδιαίτερα στα ανατολικά, έχει σχηματιστεί μια ζώνη πρόσφατων σύνθετων αλλουβιακών ριπιδίων (περιοχή Ρίβιου), ενώ στα νότια υπάρχουν νεογενή ιζήματα σε χαμηλούς λόφους.

Πολλές ομάδες ρηγμάτων Β/ΒΔ-Ν/ΝΑ πρσανατολισμού έχουν τεμαχίσει τα ανθρακικά πετρώματα και έχουν προκαλέσει ποικίλα τεκτονικά φαινόμενα στην περιοχή αυτή.

Γεωμορφολογικά στοιχεία (Πιν. 1)

Η Αμβρακία κατέχει το βαθύτερο τμήμα ενός ασύμμετρου τεκτονικού βυθίσματος, με απόκρημνα, σχεδόν κατακόρυφα δυτικά τοιχώματα (ρηξιγενής δυτική πλευρά) και μεγάλης κλίσης ανατολικά τοιχώματα.

Η λεκάνη απορροής της έχει έκταση 101.5 km², από τα οποία τα 87 km² αποτελούν την περιλίμνια χερσαία ζώνη και τα 14.5 αποτελούν την έκταση της λίμνης. Ένα ισχνό δίκτυο χειμάρρων αναπτύσσεται στη λεκάνη αυτή, ιδιαίτερα στις δυτικές πλαγιές του Θύαμου, ανατολικά της λίμνης. Ένα σημαντικό μέρος της απορροής φαίνεται ότι λειτουργεί υπόγεια.

Οι καρστικές μαρφές ιδιαίτερα οι επιφανειακές (δολίνες, ουβάλες) έχουν μεγάλη εξάπλωση στην περιαχή αυτή. Οι Verginis & Leonardis (1978) μάλιστα θεωρούν και την ίδια την Αμβρακία ως μια πόλγη, η οποία έχει γεμίσει με καρστικό νερό.

Η λίμνη έχει σχήμα περίπου τριγωνικό με την κορυφή της προς νότο, ενώ κατά τις περιόδους των βραχών το νερό καλύπτει μια αυλακοειδή προεξοχή με κατεύθυνση προς την Αμφιλοχία, με έκταση 2.7 km². Η έκταση της λίμνης επομένως μεταβάλλεται από 14.5 km² το χειμώνα, σε 11.8 km², για στάθμη περίπου +25 m. Η διακύμανση της στάθμης υπαλογίζεται σε 1.0-1.5 m τα χρόνο.

A. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Λεκάνη απορροής	87 Km ²
Διαστάσεις λίμνης	3.7 × 13 Km
Στάθμη (ρυθμιζ.)	+ 25 m
Έκταση καθρέπτη	14.5 Km ²
Βάθη (μεγ. - μέσα)	53 m, 19.2 m
Βάθος κρυπτοβυθίσματος	- 28 m
Όγκος λίμνης	278 × 10 ⁶ m ³
Μήκας ακτών	34.2 Km
Ανάπτυγμα ακτών	2.5

Γ. ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Διαύγεια	4-5 m
Θερμοκρασία	11°C - 28°C
Αγωγιμότητα	881-991 μS/cm
Διαλ. O ₂	0-12 mg/l
ρΗ	7-8.5
Επιλίμνιο	0-10 m
Υπολίμνιο	20-53 m

Β. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

ΕΜΥ Αγρινίου κατακρ.	930 mm/yr
Όγκος κατακρ. λιμ.	80.9 × 10 ⁶ m ³ /yr
Συνολική απορροή (0.40)	32.3 × 10 ⁶ m ³ /yr
Όγκος κατακρηνησιμ. καθρέπτη	13.5 × 10 ⁶ m ³ /yr
Όγκος εξατμ. (1470 mm/y)	21.3 × 10 ⁶ m ³ /yr
Καθαρή απώλεια	7.8 × 10 ⁶ m ³ /yr
Καθαρές εισροές λίμνης	24.5 × 10 ⁶ m ³ /yr
Ανανέωση	6 χρόνια

Δ. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

Ολική σκληρ.	34.4 - 45.3°F
Νιτρικά	0.87 - 4.1 mg/l
Νιτρώδη	0 - 0.3 mg/l
Θειικά	300 - 346.2 mg/l
Φωσφορικά	0.05 - 0.24 mg/l
Αμμωνιακά	0 - 0.38 mg/l
Zn	0.13 - 0.18 mg/l
Cu	< 0.01 mg/l
Fe	< 0.02 mg/l
Mn	0.01 mg/l
SiO ₂	1.8 - 6.1 mg/l
ΦΕΚ 438/86	ΜΗ ΠΟΣΙΜΟ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφολογικά, υδρολογικά, λιμνολογικά και ποιοτικά στοιχεία του νερού της λίμνης Αμβρακίας [Ε.Ε. ΑΠΘ. Ερ. Πρ. 8477, ΥΠΕΧΩΔΕ (Δ7) 1995]

Η Αμβρακία αποτυπώθηκε τοπογραφικά από την ερευνητική μας ομάδα (βλέπε λιμνολογικά στοιχεία) και βρέθηκε να έχει μέγιστο βάθος 53 m και μέσο βάθος 19.2 m. Κατά συνέπεια είναι μια κρυπτολίμνη, όπως και η Τριχωνίδα, αφού ο πυθμένας της βρίσκεται 28 m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και αποτελεί το τοπικό βασικό επίπεδο της περιοχής.

Οι ακτές της λίμνης έχουν μήκος 34.2 km, είναι βραχώδεις, απόκρημνες και αποκαρστωμένες δυτικά, και ομαλότερες προσχωσιγενείς ανατολικά.

Υδρολογικά στοιχεία (Πίν. 1).

Η προχωρημένη αποκάρσωση της περιοχής της Αμβρακίας δυσχεραίνει την εκτίμηση των υδρολογικών της στοιχείων. Αν λάβουμε υπόψη το μέσο ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων της ΕΜΥ Αγρινίου (930 mm/y) τότε μπορούμε να δεχτούμε ότι οι εισροές στη λίμνη από τη λεκάνη απορροής της ανέρχονται σε $32.3 \times 10^6 \text{ m}^3$ το χρόνο. Στον καθρέπτη της λίμνης καταλήγουν κατ' ευθείαν $13.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$, ενώ από την εξότμιση (1470 mm/yr στα εξατμισίμετρα Λεσινίου και Καστρακίου) αφαιρούνται $21.3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$, δηλαδή το έλλειμμα νερού της Αμβρακίας είναι $7.8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$.

Κατά συνέπεια οι καθαρές εισροές νερού από το χώρο της λεκάνης απορροής της Αμβρακίας εκτιμώνται σε $24.5 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Οι εισροές αυτές σε σχέση προς τον όγκο του νερού της λίμνης, ο οποίος εκτιμήθηκε από την ερευνητική μας ομάδα σε $278 \times 10^6 \text{ m}^3$ είναι ελάχιστες, για να μπορέσουν να διατηρήσουν τη λίμνη σε φυσική κατάσταση.

Η ανανέωση του νερού της Αμβρακίας θα πρέπει να γίνεται κάθε 6 χρόνια περίπου.

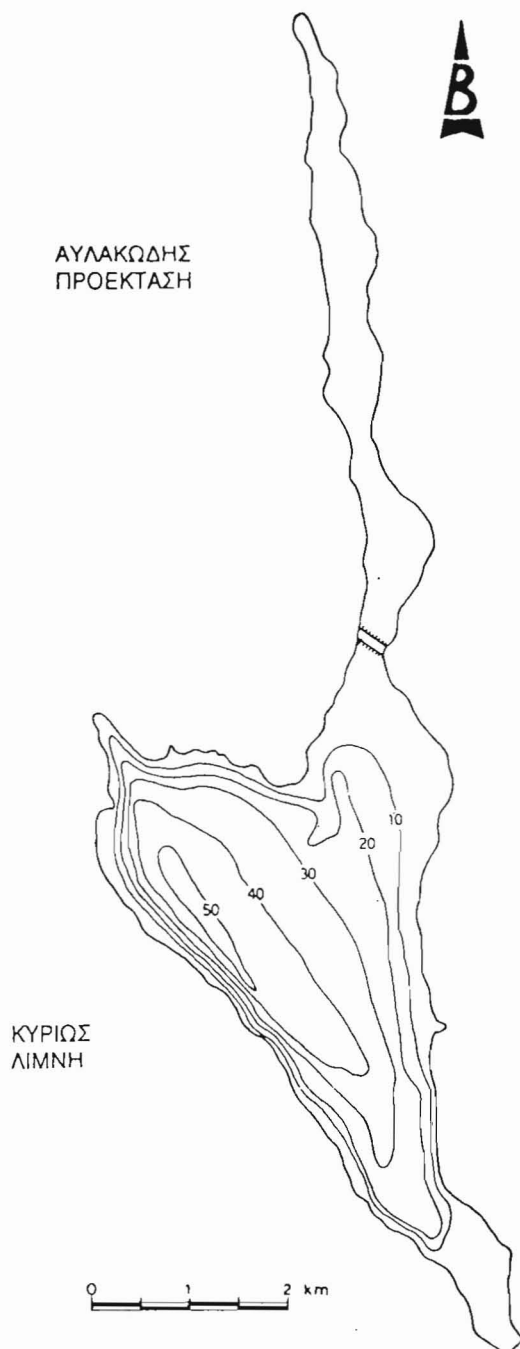
Φυσικά δεν αποκλείεται η Αμβρακία να τροφοδοτείται με υπόγειο νερό και από περιοχές εκτός της λεκάνης απορροής της, όπως γίνεται στην Τριχωνίδα, αλλά τα στοιχεία δείχνουν ότι η τροφοδοσία αυτή πρέπει να είναι πολύ περιορισμένη.

Λιμνολογικά στοιχεία

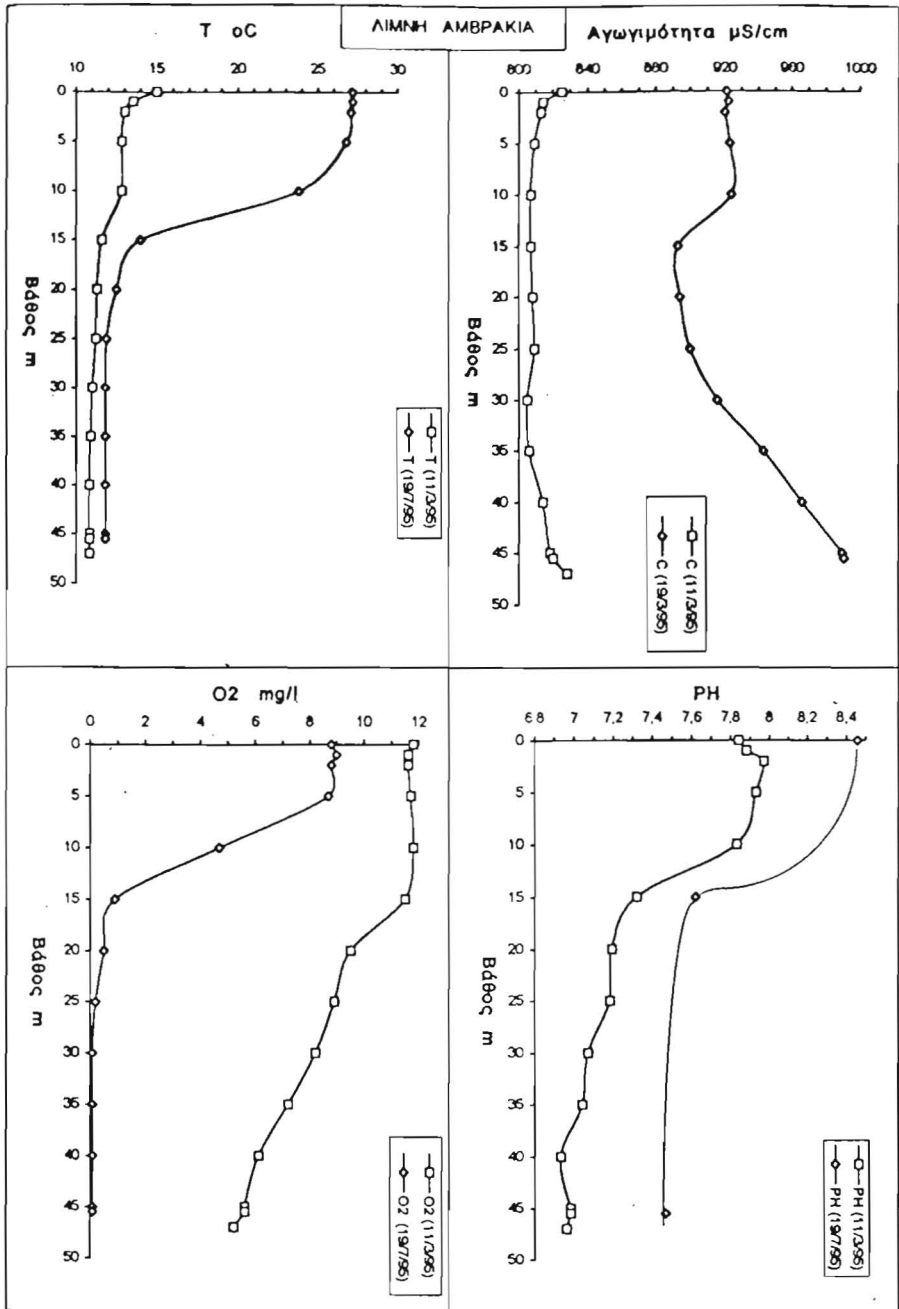
Στο Σχ. 1 δίνεται ο τοπογραφικός χάρτης της Αμβρακίας, όπως προέκυψε από την ηχοβολιστική αποτύπωση της λίμνης με το σκάφος μας ΑΙΟΛΟΣ. Στο χάρτη αυτό φαίνεται η ασυμμετρία της λίμνης η οποία ακολουθεί την ασυμμετρία του αναγλύφου και το μεγαλύτερο βάθος της (53 m) βρίσκεται κοντά στις δυτικές ακτές της.

Στο Σχ. 2 δίνονται οι τιμές των παραμέτρων της θερμοκρασίας, της αγωγιμότητας, του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου και του pH, από τις οποίες προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Το χειμώνα η λίμνη έχει ένα ελαφρό θερμοκλίνο με υπολίμνιο 11°C σε βάθος μεγαλύτερο από 15 m και επιλίμνιο $12-15^\circ\text{C}$, ενώ το καλοκαίρι παρουσιάζει πλήρη ανάπτυξη θερμοκλινούς με υπαλίμνιο $11-12^\circ\text{C}$, μεταλίμνιο $12-13^\circ\text{C}$ και επιλίμνιο $26-28^\circ\text{C}$. Αξιοσημείωτο είναι το πάχος του μεταλιμνίου (9-20 m) και η διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ επιλιμνίου και υπολιμνίου ($> 15^\circ\text{C}$).



Σχ. 1. Βυθομετρική αποτύπωση της λίμνης Αμβρακίας, όπως έγινε με το ερευνητικό σκάφος Αίολος.



Σχ. 2. Κάθετες διατομές λιμνολογικών παραμέτρων (T, C_{op}, O₂, pH) που έγιναν στις 11-3-95 & 19-7-95).

- Η αγωγιμότητα της Αμβρακίας είναι πολύ υψηλή, τριπλάσια περίπου από αυτήν των άλλων Ακαρνανικών λιμνών. Το χειμώνα έχει τιμές 800-825 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ομοιόμορφα κατανεμημένες στο βάθος. Το θέρος έχει τιμές 890-991 $\mu\text{S}/\text{cm}$ οι οποίες παρουσιάζουν μια παράξενη κατανομή με το βάθος, όπως φαίνεται στο Σχ. 4 (μείωση στα 15,30 m και αύξηση στα βαθύτερα). Οι υψηλές τιμές της αγωγιμότητας ερμηνεύονται αν δεχθούμε ότι το υπάγειο-καρστικό νερό το οποίο διέρχεται από τους φακούς των γύψων των τριαδικών λατυποπαγών καταλήγει στη λίμνη. Τις ίδιες τιμές αγωγιμότητας έχουν και οι καρστικές πηγές της Λάμπρας οι οποίες αναβλύζουν στο νότιο άκρο του καρστικού όγκου του Ξηρόμερου.
- Το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο το χειμώνα έχει πολύ υψηλές τιμές στην επιφάνεια 12 mg/l, ενώ σε βάθη μεγαλύτερα των 15 m μειώνεται σταθερά μέχρι τα 5.2 mg/l στα 50 m. Αντίθετο το καλοκαίρι η λίμνη έχει επάρκεια οξυγόνου μέχρι τα 5 m βάθος, ενώ στη συνέχεια μειώνεται δραστικά η τιμή μέχρι σχεδόν μηδενισμού στα 15 m. Στα βαθύτερα στρώματα δεν υπάρχει οξυγόνο διαλυμένο στο νερό (ανοξικές συνθήκες).
- Το pH, ουδέτερο το χειμώνα και αλκαλικό το θέρος παρουσιάζει σαφή μείωση με την αύξηση του βάθους.
- Η διαύγεια της Αμβρακίας μετρήθηκε σε 4-5 m.

Ποιότητα νερού (Πίν. 1)

Από χημικές αναλύσεις του νερού της Αμβρακίας που πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια των δυσμενών συνθηκών του θέρους σε διάφορα βάθη, προέκυψαν τα στοιχεία του πίν. 1 για τις πιο σημαντικές παραμέτρους του νερού.

Οι μεγάλες τιμές ολικής σκληρότητας και αγωγιμότητας του νερού, συνοδεύονται από υψηλές τιμές περιεκτικότητας του σε θειικά ανιόντα. Υψηλές επίσης είναι και οι τιμές των νιτρικών, φωσφορικών και αμμωνιακών. Τα αμμωνιακά έχουν μεγάλες συγκεντρώσεις στα βαθύτερα στρώματα του νερού λόγω της επικράτησης των ανοξικών συνθηκών σε αυτά. Όπως και στην περίπτωση του Αιτωλικού, έτσι και στην Αμβρακία υπάρχει υδρόθειο με χαρακτηριστική οσμή.

Είναι προφανές ότι η ποιότητα του νερού της Αμβρακίας δεν είναι καλή και το νερό, κυρίως το επιφανειακό επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί μόνο για άρδευση.

Ίσως στην κακή ποιότητα του νερού να αφείλεται και η απουσία καλαμώνων από τις παράκτιες περιοχές της λίμνης.

Η Αμβρακία είναι η μόνη λίμνη της τόφρου Αγρινίου, η οποία διαφέρει σημαντικά ως προς την ποιότητα του νερού της από τις άλλες Ακαρνανικές λίμνες και φαίνεται ότι δεν τροφοδοτείται με νερό από το σύστημα του Αχελώου.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η λίμνη Αμβρακία ακαλούθησε τη φυσική εξέλιξη της μητρικής της λίμνης Αγρινίου και απομονώθηκε αυσιαστικό από τις άλλες υπολειμματικές λίμνες της περιαχής.

Η μεγάλη αποκάρσωση, η έντονη τεκτονική και η μικρή τροφοδασία της σε νερό και φερτό υλικά, συνέβαλαν στη διατήρηση της λίμνης στη σημερινή μορφή του κρυπτοβυθίσματος, αλλά προκάλεσαν επιδείνωση της ποιότητας του νερού της. Αυτό συνέβη λόγω της απόπλυσης των γύψων από τα υπόγειο νερό και της τροφοδοσίας της λίμνης με υλικά, τα οποία αύξησαν την αγωγιμότητα του νερού και την περιεκτικότητά του σε θειικά ανιόντα.

Φαίνεται όμως ότι η τροφοδοσία της λίμνης σε υπόγειο νερό γίνεται μόνο κατά τη διάρκεια των βροχερών περιόδων. Κατά τη διάρκεια των ξηρών περιόδων η τροφοδοσία σταματά, το νερό γίνεται στάσιμο και δημιουργούνται ανοξικές συνθήκες στο βάθος λόγω πλήρους μηδενισμού του διαλυμένου οξυγόνου σ' αυτό. Την επικράτηση των ανοξικών συνθηκών στο βάθος ακολουθεί η παραγωγή υδροθειού και αμμωνιακών ενώσεων. Την κατάσταση αυτή ευνοεί και η τοπογραφική θέση του πυθμένα της λίμνης που βρίσκεται 28 m χαμηλότερα από τη στάθμη της θάλασσας και ελαχιστοποιεί τη δυνατότητα κυκλοφορίας του νερού.

Η λίμνη Αμβρακία δεν δέχθηκε ανθρωπογενείς επεμβάσεις, εκτός μικρών επεμβάσεων στην αυλοκοειδή προεξοχή της προς Αμφιλοχία (Γέφυρα Εθνικής οδού – χρησιμοποίησή της για βόσκηση όταν ξηραίνεται). Παρόλα αυτά οι φυσικές διεργασίες την οδήγησαν σε αρνητικά αποτελέσματα ως προς την ποιότητα του νερού της.

Βιβλιογραφία

- Λεοντάρης, Σ. (1970). Γεωμορφολογικά έρευναι επί της λεκάνης των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών. Γεωλ. Χρον. Ελλ. Χωρών, ΧΙΧ, 541-688, Αθήναι.
- Λιάκουρης, Σ. (1971). Γεωμορφολογικά έρευναι περιοχής κάτω Αχελώου (Ανω Τμήμα). Διδ. Διατρ., Σχ. Φυσικομαθηματική, Παν. Πατρών, Αθήνα.

- Πανεπιστήμιο Πατρών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας & Γεωφυσικής, Εργαστήριο Υδρογεωλογίας & Τεχνικής Γεωλογίας, (1993). Οικολογική Χωροταξική μελέτη των χαρακτηριστικών οικοσυστημάτων λιμνών Αιτωλοακαρνανίας. ΥΠΕΧΩΔΕ, Δ/νση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Αθήνα.
- Verginis, S., Leondaris, S. (1978). Beitrage zur Morfologie und Entwicklung des Semipoljes Amvrakia (Limni Amvrakia). Westgriechenland. Int. Revue ges. Hystobiol, 63, 6, 1978, 831 - 839.