

Η Ευξεινική λεκάνη του Αιτωλικού σε σχέση με τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου

Κ. Αλμπανάκης, Α. Ψιλοβίκος, Κ. Βουβαλίδης και Χ. Παλικαρίδης

Τομέας Γεωλογίας & Φυσικής Γεωγραφίας,

Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 54006

Περίληψη

Η υποθαλάσσια λεκάνη του Αιτωλικού με βάθος -32 m είναι εγκλωβισμένη στο χώρο της χέρσου και επικοινωνεί με τη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου με ένα στενό και ρηχό στόμιο. Η ανταλλαγή θαλάσσιων μαζών είναι περιορισμένη. Η φυσικογεωγραφική του διαμόρφωση, το σχετικά μεγάλο βάθος, το έντονα θετικό ισοζύγιο γλυκού νερού και η ελλειπής κυκλοφορία θαλάσσιου νερού καθιστούν το Αιτωλικό τυπική ευξεινική λεκάνη. Στην λεκάνη αναπτύσσονται τρία στρώματα νερού τα οποία διαχωρίζονται από δύο πυκνοκλινή.

Τα στρώματα αυτά είναι:

- Το **επιφανειακό** (0 - 7 m), κορεσμένο σε O_2 .
- Το **ενδιάμεσο** (10 - 15 m), ψυχρό με τις χαμηλότερες θερμοκρασίες όλο το χρόνο.
- Το **βαθύ** (20 - 32 m), αμετάβλητο και ανεπηρέαστο από εποχιακές μεταβολές.

Τα δύο παρεμβαλλόμενα μεταξύ των στρωμάτων πυκνοκλινή είναι:

- Το **κανονικό** (7 - 10 m) θερμοκλινές.
- Το **ανάστροφο** (15 - 20 m) θερμοκλινές.

Κόττω από το επιφανειακό υφάλμυρο στρώμα το O_2 μηδενίζεται και παράγονται υδρόθειο και αμμωνία. Η περιβαλλοντική υποβάθμιση του Αιτωλικού τα τελευταία χρόνια οφείλεται σε σειρά ανθρωπογενών παρεμβάσεων τόσο στην γεωγραφική διαμόρφωση της περιοχής, που παρεμποδίζουν την κυκλοφορία του θαλάσσιου νερού, όσο και στο ισοζύγιο του γλυκού νερού της λεκάνης.

Abstract

Aetoliko is a small (17 km^2) and relatively deep (-32 m) land-locked basin at the northern side of the Patras gulf. A narrow and shallow mouth allows extremely limited outflows and inflows between Aetoliko

and Mesologi lagoon, which turned the basin into an Euxinic type basin. The Aetoliko water mass consists of three distinctive stratified beds, separated by two pycnoclines as follows:

- The surface bed (0-7 m), saturated with O_2 .
- The intermediate bed (10-15 m), remains the coldest one all through the year.
- The deep (20-32 m) stable bed, unaffected by seasonal changes.
- The normal thermocline (7-10 m).
- The inverted thermocline (15-20 m).

Bellow the surface bed (>7 m) the O_2 dissolved in the water reach zero values (anoxic condition) and thus favours the production of sulphur hydroxide and ammonia.

Due to recent anthropogenic influence in both the mouth of Aetoliko (limited cross-sectional area) and the hydrology of the basin (inflows of fresh water) the natural processes have been seriously affected.

The water circulation and exchange were decreased, the salinity was also decreased and the surface bed with the O_2 saturated water became thinner than before. According to fishermen and scientists the zero level of the O_2 before 1970 was at 12-15 m depth.

Εισαγωγή

Η υποθαλάσσια λεκάνη του Αιτωλικού και η λιμνοθάλασσα Μεσολογίου βρίσκονται στο ΒΔ άκρο του Πατραϊκού Κόλπου σε μιά χαμηλή περιοχή νοτίως των Ακαρνανικών ορέων και του Αράκυνθου, μεταξύ των δελταϊκών προσχώσεων των ποταμών Αχελώου στα Δυτικά και Εύηνου στα Ανατολικά.

Το Αιτωλικό βιβλιογραφικά χαρακτηρίζεται ως λιμνοθάλασσα (ΕΚΘΕ 1984, Κουτσούκος κ.ά. 1986, Κλαουδάτος κ.ά. 1989). Με την μελέτη όμως, από την ερευνητική μας ομάδα, των μορφολογικών, φυσικών και ωκεανογραφικών χαρακτηριστικών, το Αιτωλικό χαρακτηρίζεται περιφερειακή λεκάνη ευξείνικου τύπου.

Η ανάπτυξη των συγκεκριμένων φυσικοχημικών συνθηκών που καθιστούν το Αιτωλικό ευξείνικη λεκάνη, είναι συνάρτηση της σχέσης επικοινωνίας της λεκάνης με την αβαθή και πλατιά λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου.

Η σχέση των δύο αυτών συστημάτων σήμερα έχει διαταραχθεί βαρύντατα από ανθρωπογενείς επεμβάσεις που έχουν οδηγήσει το Αιτωλικό σε περιβαλλοντική υπαβάθμιση.

Η μελέτη αυτή έγινε στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος 8477 της Επιτροπής Ερευνών του Α.Π.Θ. που αφορά τη λεκάνη του Κά-

τω Αχελώου, με χρηματοδότηση της Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων (Δ7) της Γενικής Γραμματείας Δημοσίων Έργων του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε.

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

Μέθοδοι έρευνας πεδίου

Στην έρευνα πεδίου χρησιμοποιήθηκε το ταχύπλοο ερευνητικό σκάφος «Αίολος», με το οποίο πραγματοποιήθηκαν όλες οι εργασίες πεδίου που περιλαμβάνουν:

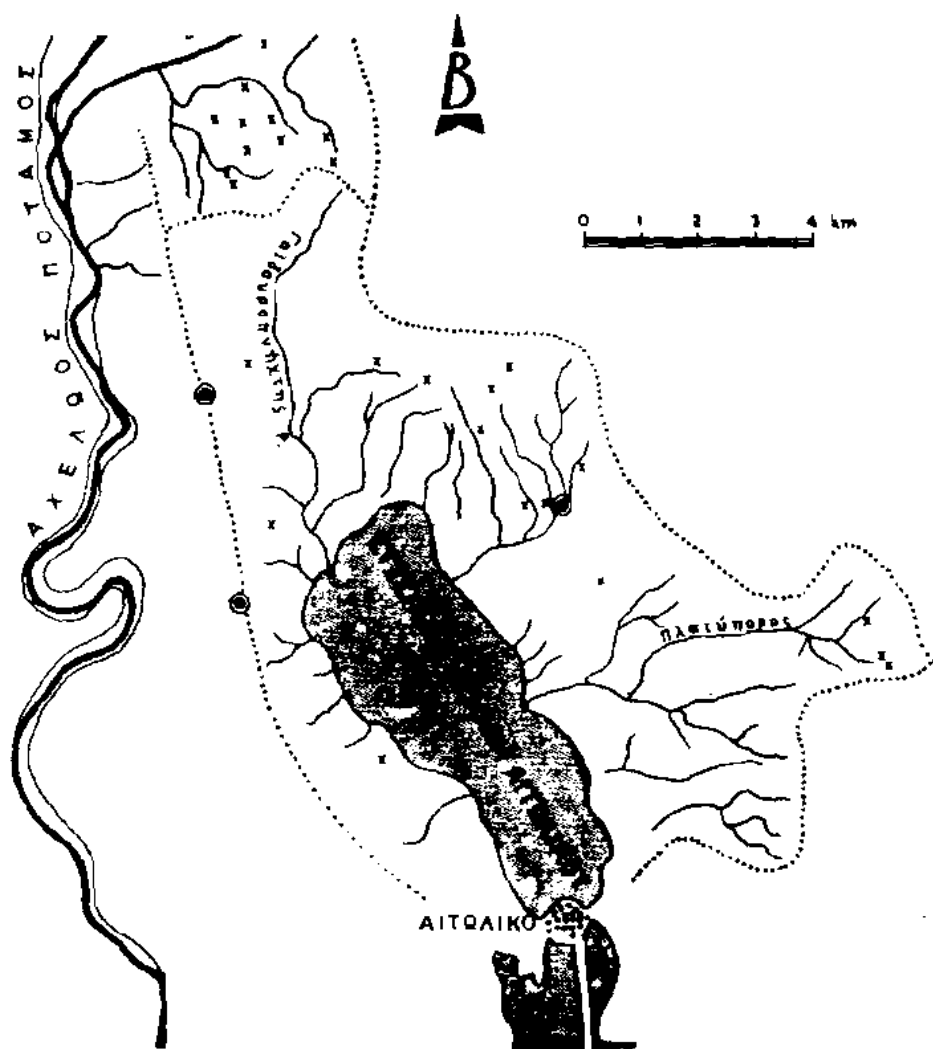
- Χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:20.000 του Αιτωλικού με χρήση Sonar τύπου Raytheon ακριβείας ± 10 cm και υπαλογισμό στίγματος GPS τύπου Garmin.
- Προφίλ συνεχούς καταγραφής της θερμοκρασίας, της αλατότητας, του διαλυμένου O_2 και του pH με όργανα τύπου WTW που διαβιβάζουν αισθητήρια με καλώδιο 100 m.
- Δειγματοληψία νερού στά σημεία των μεταβαλών των παραμέτρων όπως καθοριζόταν από το προφίλ των μετρήσεων, με δειγματολήπτη τύπου HYDROBIOS.

Γεωγραφικά-Γεωλογικά στοιχεία

Η υποθαλάσσια λεκάνη του Αιτωλικού βρίσκεται στο βορειότερο τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου και έχει σχήμα περίπου ορθογώνιου παραλληλόγραμμου, με τον μεγαλύτερο άξονά του να έχει ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση (Σχ. 5). Το μήκος της λεκάνης είναι 7.5 km και πλάτος 2,5 km. Αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα με βαθύ (- 32 m) ανώμαλο πυθμένα, εγκλωβισμένο στο χώρο της χέρσου. Έχει σχηματιστεί από ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης μεταξύ του καρστικού όγκου του Αράκυνθου στα ανατολικά και των νότιων απολήξεων των Ακαρνανικών ορέων, στα δυτικά, που αποτελούν μια καρστική λοφοσειρά ασβεστολιθικών λατυποπαγών και εβαποριτών επάνω στους οποίους έχουν αποθεθεί Νεογενείς αποθέσεις αργιλοψαμμιτικού χαρακτήρα. Εφόσον ο τεμαχισμός με ρήγματα και η βύθιση της κεντρικής περιοχής της τάφρου συμπεριέλαβε και τα Νεογενή ιζήματα, το Αιτωλικό είναι νεότερος αυτών σχηματισμός, δηλαδή Τεταρτογενής. Έχει την ίδια ηλικία που έχουν και οι άλλες τάφροι στην περιοχή αυτή.

Γεωμορφολογικά στοιχεία

Η λεκάνη απορροής του Αιτωλικού έχει έκταση $87,9 \text{ km}^2$ από τα οποία τα 71 km^2 αποτελούν το χώρο της χέρσου και τα $16,9 \text{ km}^2$ τον υδάτινο χώρο. Το υδρογραφικό δίκτυο έχει ασύμμετρη ανάπτυξη κυρίως από βόρεια και ανατολικά. Την λεκάνη αποστραγγίζουν τρεις κύριοι χείμαρροι, ο Γαϊδουροπνίχτης από τα βόρεια, ο Πλατύπαρος και ο Τριλάγγαδος στα ανατολικά (Σχ. 1).



Σχ. 1. Το υδρογραφικό δίκτυο και η λεκάνη απορροής του Αιτωλικού.

Η μορφολογία του πυθμένα της λεκάνης είναι έντονη, καθώς προέκυψε από βυθομετρική αποτύπωση που έγινε με το ερευνητικό σκάφος «ΑΙΟΛΟΣ» (Σχ. 2) και μπορεί να χωριστεί σε τρία τμήματα. Το νότιο τμήμα, το οποίο έχει μικρά βάθη (5-7 m) και ομαλή κλίση πυθμένα, το κεντρικά τμήμα, που έχει ανώμαλη μορφολογία με βάθη 7-20 m και το βόρειο τμήμα όπου βρίσκεται το μεγαλύτερο βύθισμα των 32 m. Το κεντρικά και το βόρειο τμήμα έχουν πολύ στενή παράκτια ζώνη με μεγάλες κλίσεις του πυθμένα. Τα μορφολογικά στοιχεία της λεκάνης φαίνονται στον Πίνακα 1Α.

Α. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

| | |
|----------------------------|--------------------------|
| Λεκάνη απορροής | 71 Km ² |
| Διαστάσεις υποθαλ. λεκάνης | 2.5 x 7.5 Km |
| Έκταση καθρέφτη | 16.9 Km ² |
| Βάθη (μέγιστα - μέσσα) | 32 m - 11.5 m |
| Όγκος λεκάνης | 195 x 106 m ³ |
| Μήκος ακτών | 29 Km |
| Ανάπτυγμα ακτών | 1.37 |

Γ. ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

| | | | |
|--------------------------------|-------------|------------|---------|
| Σχηματίζονται 3 στρώματα: | | | |
| A. Επιφανεϊακό Υπόλυμορο (ΕΥΣ) | 0-7 m | | |
| B. Ψυχρό Ενδιάμεσο (ΨΕΣ) | 10-15 m | | |
| Γ. Βοθύ Αμετάβλητο (ΒΑΣ) | 20-32 m | | |
| | ΕΥΣ | ΨΕΣ | ΒΑΣ |
| Θερμοκρ. °C | 14-28 | 10-13 | 14.6 |
| Αλσιότητα ο/οο | 17-18 | 19-20 | 26.5 |
| σt | 12.57-09.62 | 15,10-15,2 | 19.50 |
| O ₂ mg/l | 8-16 | 0.1 | 0.0 |
| PH | 9.1-8.5 | 7.2-7.7 | 6.9-7.0 |

Β. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

| | |
|-----------------------------|-------------------------------|
| ΕΜΥ Μεσολ. Κατακρημνιάματα | 764 mm/yr |
| A. Όγκος κατακρ. επιφάνειες | 12.9 x 106 m ³ /yr |
| B. Συναλική απορραή (0.30) | 16.3 x 106 m ³ /yr |
| Γ. Αντλιαστάσιο D6 | 13.0 x 106 m ³ /yr |
| Δ. Ογκ. εξάτμ. (1470mm/y) | 24.8 x 106 m ³ /yr |

$$A + B + \Gamma > \Delta$$

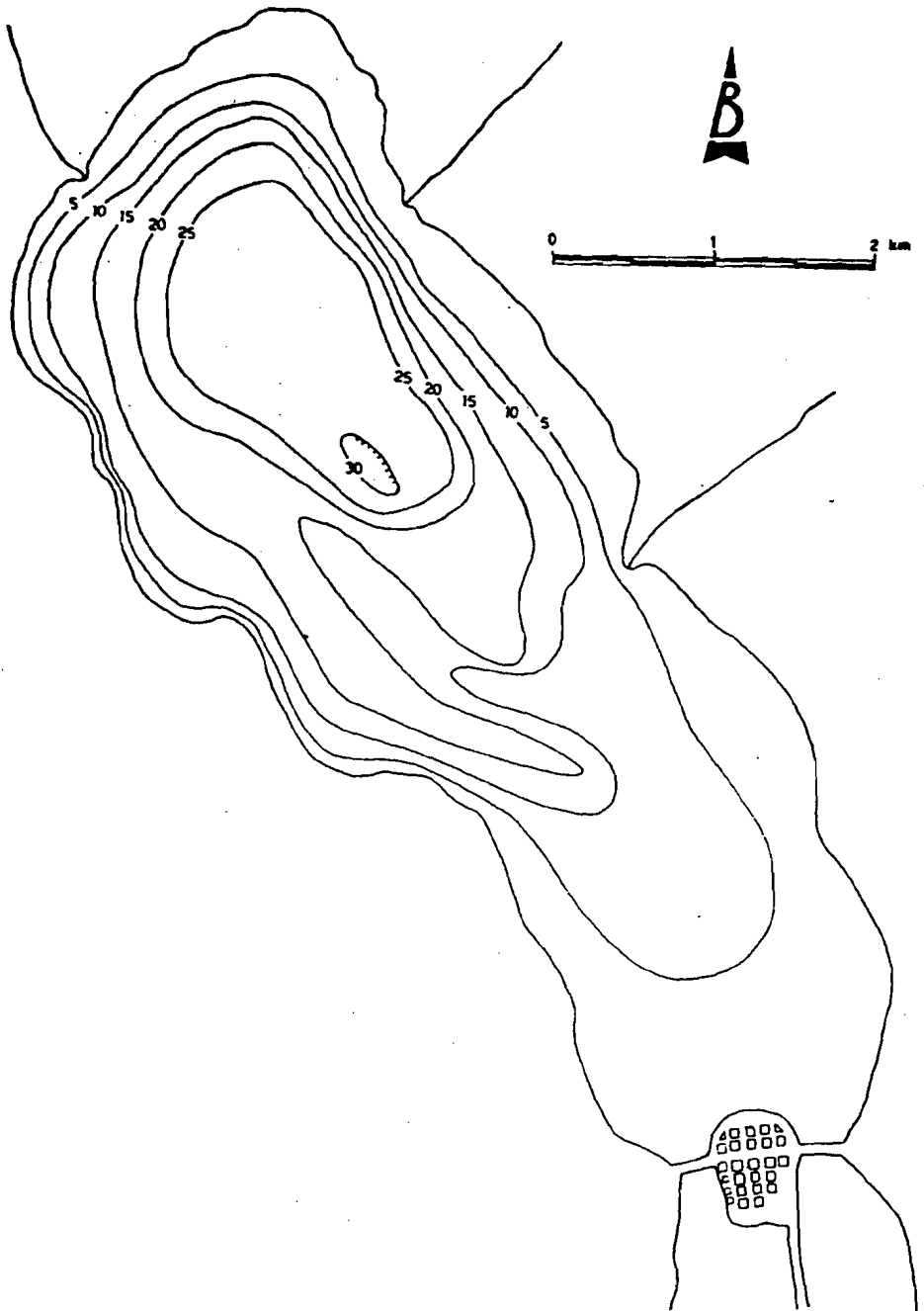
| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| Θετικά ισοζύγιο γλυκού νερ.: | 17.4 x 106 m ³ /yr |
|------------------------------|-------------------------------|

Δ. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ

| | | | |
|------------------|--------------------------------|--------|--------|
| | (ενδεικτική μέτρηση 20-7-1995) | | |
| Βάθος: | 0.5 m | 6.5 m | 25 m |
| (mg/l) | | | |
| Νιτρικά | - | - | - |
| Νιτρώδη | 0.0 | 0.01 | 0.01 |
| Θειικά | 1500.0 | 1583.3 | 1583.3 |
| Φωσφορικά | 0.03 | 0.03 | 0.0 |
| Αμμωνικά | 0.0 | 0.0 | 38.0 |
| HS ⁻ | 0.0 | 0.0 | 45.0 |
| Zn | 0.42 | 0.33 | 0.07 |
| Cu | <0.01 | <0.01 | <0.01 |
| Fe | <0.02 | <0.02 | 0.1 |
| Mn | 0.01 | 0.92 | 0.46 |
| SiO ₂ | 2.6 | 8.8 | 35.9 |

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. Μορφολογικά, υδρολογικά, ωκεανογραφικά, και ποιοτικά στοιχεία του νερού του Αιτωλικού.

[Ε.Ε Α.Π.Θ. Ερ. Πρ. 8477, Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. (Δ7) 1995]



Σχ. 2. Βυθομετρικός χάρτης του Αιτωλικού όπως κατασκευάστηκε από τομές με ηχοβολιστικό μηχανήμα (sonar).

Η λεκάνη του Αιτωλικού παρά το μεγάλο βάθος της επικοινωνεί με μία ρηχή δίοδο βάθους μόλις $-0,8$ m ως $-1,0$ m με την επίσης ρηχή ($-0,4$ ως $-1,5$ m) λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, η οποία προς το νότο έχει ελεύθερη επικοινωνία με τον Πατραϊκό Κόλπο.

Ανθρωπογενείς επεμβάσεις

Η επικοινωνία του Αιτωλικού με την λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου έχει διαταραχτεί από ανθρωπογενείς επεμβάσεις που έχουν επιφέρει ουσιαστικές μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής.

Οι επεμβάσεις ξεκίνησαν πολύ παλιά (πριν τον 20ο αιώνα) με το κτίσιμο της πόλης του Αιτωλικού επάνω σε τεχνητές νησίδες που δημιουργήθηκαν από την απόρριψη αδρανών υλικών στο στόμιο της λεκάνης και σταδιακά οι νησίδες ενώθηκαν σχηματίζοντας μία ενιαία νησίδα στο μέσο του φυσικού διαύλου επικοινωνίας της λεκάνης του Αιτωλικού με την λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου. Η νησίδα συνδέθηκε με την ανατολική και την δυτική ακτή με δύο λιθάκτιστες γέφυρες με πλατιά πέδιλα στήριξης και τοξοειδείς καμάρες. Σήμερα διέρχεται από αυτές η εθνική οδός Κατοχής-Μεσολογγίου. Οι γέφυρες αυτές σήμερα φαίνεται να έχουν υποστεί καθίζηση και έχουν περιορίσει περισσότερο από 70% την δίοδο επικοινωνίας του νερού.

Σειρά από άλλες επεμβάσεις ιδίως των δύο τελευταίων δεκαετιών έχουν συμβάλει στην μεγαλύτερη αλλοίωση της φυσικής γεωγραφικής διαμόρφωσης της περιοχής και περιλαμβάνουν:

- Την κατασκευή αναχωμάτων, που έχουν περιορίσει και στενέψει την λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου.
- Την κατασκευή διαύλου (με αναχώματα) από την πόλη του Μεσολογγίου ως το νησάκι του Αιτωλικού, που εγκλωβίζει ολόκληρη την ανατολική γέφυρα.
- Την δημιουργία τεσσάρων αποστραγγιστικών αντλιοστασίων D1, D6, B1, B3 από τα οποία το D6 παροχετεύει γλυκά νερά μέσα στη λεκάνη του Αιτωλικού, το D1 στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου και τα B1, B3 στο δίαυλο Μεσολογγίου-Αιτωλικού.
- Την κατασκευή ιχθυοφραγμών, ιδίως στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου για τις ανάγκες των ιχθυοτροφείων, με υλικά που περιορίζουν την ταχύτητα διέλευσης του νερού κατά τον παλιρροϊκό κύκλο.

Υδρολογικά στοιχεία

Το Αιτωλικό αποτελεί μια λεκάνη η οποία επικοινωνεί με την λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου με μία ατενή δίοδο υπό μορφήν «λαιμού φιάλης».

από την οποία γίνεται η ανταλλαγή θαλάσσιων μαζών. Για την ανταλλαγή αυτή σημασία έχει το ισοζύγιο γλυκού νερού της λεκάνης του Αιτωλικού (Píckard & Epeury 1990), δηλαδή πρέπει να εξεταστεί η εξάτμιση από την επιφάνεια της λεκάνης και να συγκριθεί με τη συνολική ποσότητα του γλυκού νερού που καταλήγει στη λεκάνη. Η ποσότητα αυτή καταλήγει στη λεκάνη μέσω της επιφανειακής και υπόγειας απορροής, των κατακρημνισμάτων στην επιφάνεια του νερού αλλά και των τεχνικών υδραυλικών έργων (αντλιοστασίων - αποστραγγιστικών τάφρων) που τροφοδοτούν με γλυκό νερό την λεκάνη.

Ο συνολικός όγκος των κατακρημνισμάτων της χερσαίας λεκάνης απορροής είναι $54,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$, επομένως η συνολική απορροή στο Αιτωλικό (επιφανειακή και υπόγεια) υπολογιζόμενη με συντελεστή 0,30 είναι $16,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{y}$. Ο όγκος των κατακρημνισμάτων της επιφάνειας είναι $12,9 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{yr}$. Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι την ίδια σχεδόν τιμή ($13 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$) έχει και ο όγκος νερού που χύνεται από το αντλιοστάσιο D6, που βρίσκεται στην νοτιοδυτική ακτή του Αιτωλικού. Έτσι η συνολική ποσότητα γλυκού νερού που χύνεται στην λεκάνη είναι $42,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$, χωρίς να συνυπολογίζονται τυχόν υπόγειες απορροές από τους γειτονικούς καρστικούς όγκους. Η απώλεια νερού που οφείλεται στην εξάτμιση (τιμή εξατμισιμέτρου Λεσσινίου $1470 \text{ mm}/\text{y}$) είναι $28,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$. Υπάρχει δηλαδή ένα ετήσιο πλεόνασμα νερού $17 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$ το οποίο εξέρχεται από την στενή διοδο επικοινωνίας προς την λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου (Πίνακας 1B).

Ωκεανογραφικά στοιχεία

Στη λεκάνη του Αιτωλικού πραγματοποιήθηκαν πλήρεις μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων σε κάθετες ταμές (προφίλ). Οι μετρήσεις παρουσιάζονται στο σχήμα 3, μαζί με μία χαρακτηριστική μορφολογική τομή κατά πλάτος της λεκάνης που έγινε με το ηχοβολιστικό (sonar), στην ίδια κατακόρυφη κλίμακα. Η τομή διέρχεται από τη βαθύτερη περιοχή της λεκάνης όπου έγιναν τα προφίλ των φυσικοχημικών παραμέτρων και αποτελεί μία από τις έξι τομές με βάσει τις οποίες κατασκευάστηκε ο βυθομετρικός χάρτης του σχήματος 2.

Γενικά οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από τους συγγραφείς βρίσκονται σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία αλλά προσθέτουν το στοιχείο των συνεχών καταγραφών, στα προφίλ των παραμέτρων, καθώς επίσης και για πρώτη φορά εξετάζεται και το νερό μέχρι τα 32 m ενώ τα βιβλιογραφικά στοιχεία των μετρήσεων είναι μέχρι το βάθος των 20 m.

Το πιο σημερινό χαρακτηριστικό στο νερό του Αιτωλικού είναι ο μηδενισμός του διαλυμένου O_2 κάτω από βάθος 7 m. Η πλήρης αυτή έλλειψη του οξυγόνου διαρκεί ολόκληρο το έτος και έχει μετρηθεί και από το ΕΚΘΕ (1984).

Η καμπύλη κατανομής της θερμοκρασίας με το βάθος, παρουσιάζει μια ιδιαιτερότητα. Εμφανίζει ένα κανονικό και ένα ανάστροφο θερμοκλινοές, ιδίως στις 12-3-95 όπου βρισκόμαστε στο τέλος της ψυχρής χειμερινής περιόδου και στην αρχή της άνοιξης. Ίχνη αυτής της κατάστασης διατηρούνται επίσης και στις μετρήσεις του Ιουλίου, γεγονός που επιτρέπει να διαπιστώσουμε ότι υπάρχει ένα μόνιμο ενδιάμεσο στρώμα νερού το οποίο είναι το ψυχρότερο της λεκάνης.

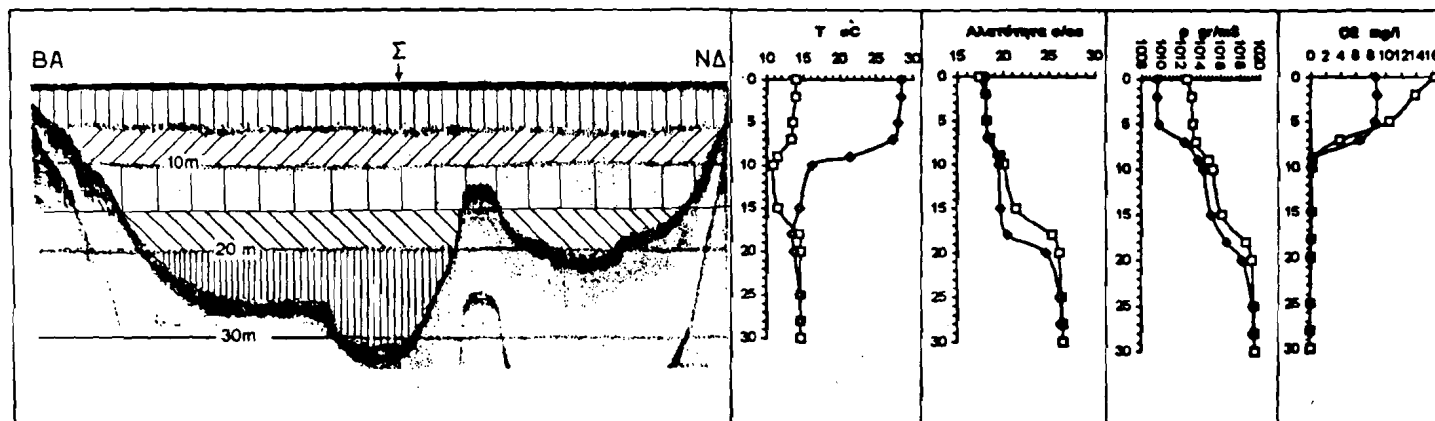
Από τις καμπύλες κατανομής της πυκνότητας με το βάθος διαπιστώνεται η ύπαρξη 3 κυρίων στρωμάτων νερού σχετικά ομογενών, όσον αφορά την πυκνότητα, τα οποία διαχωρίζονται από 2 έντονες ζώνες μετάβασης (πυκνοκλινή).




Τα στρώματα αυτά είναι:



- Το επιφανειακό υφάλμυρο στρώμα, ΕΥΣ, με έντονες εποχιακές μεταβολές της θερμοκρασίας, η αλατότητα του οποίου παραμένει σχεδόν αμετάβλητη. Το στρώμα αυτό βρίσκεται από 0-7 m βάθος και έχει πολύ καλή σξυγόνωση.
- Η ζώνη του κανονικού θερμοκλινούς από 7-10 m, μέσα στην οποία το O_2 σχεδόν μηδενίζεται.
- Ακολουθεί το ψυχρό ενδιάμεσο στρώμα (ΨΕΣ), το οποίο αποτελείται από το ψυχρότερο νερό της λεκάνης και επιπλέει στο υποκείμενο στρώμα.
- Στη ζώνη ενός ισχυρού πυκνοκλινούς (15 - 20 m) το οποίο ταυτίζεται με την ζώνη του ανάστροφου θερμοκλινούς. Η κυριότερη συνιστώσα του πυκνοκλινούς αυτού, είναι η διαφορές αλατότητας (μετάβαση από τα 190/οο στα 250/οο).
- Τέλος υπάρχει το βαθύτερο στρώμα 20-32 m, του οποίου το επιφανειακό τμήμα (20-25 m) αποτελεί μια ομαλή μεταβατική ζώνη προς ένα εποχιακά αμετάβλητο στρώμα, ΒΑΣ, σε βάθος 25-32 m.

Στην ταμή του ηχοβολιστικού (Σχ. 3) διακρίνεται μέσα στην μάζα του νερού, σαν οριζόντια σκιά, το όριο του επιφανειακού υφάλμυρου στρώματος. Το στρώμα καταλαμβάνει ολόκληρο το διαθέσιμο χώρο στη λεκάνη και απουσιάζουν εμφανείς εσωτερικοί κυματισμοί.

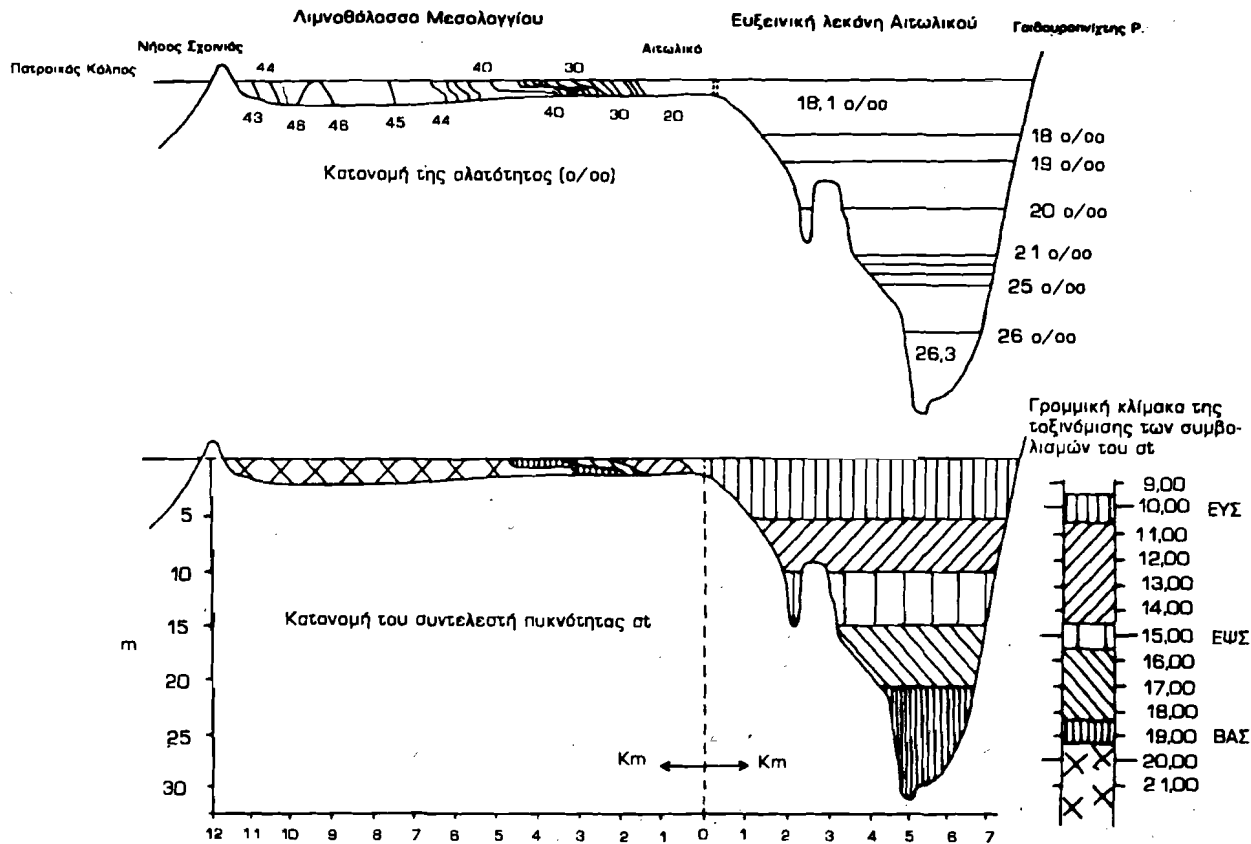
Στα σχήματα 4α, β είναι μια μορφολογική τομή από τη νήσο Σχοινιάς, νοτιότερο άκρο της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου, ως το βόρειο άκρο της λεκάνης του Αιτωλικού. Στα σχήμα 4α φαίνονται οι καμπύλες κατανομής της αλατότητας και στο σχήμα 4β είναι ταξινομημένος, με γραμμοσκιασμένες διαβαθμίσεις, ο συντελεστής πυκνότητας σ_t ($\sigma_t = 1000 - \rho$,



 : Επιφανειακό Υφάλιμο Στρώμα
 : Ψυχρό Ενδιάμεσο Στρώμα
 : Βαθύ Αμετάβλητο Στρώμα

 : Ζώνη κανονικού θερμοκλιούς
 : Ζώνη αναστροφου θερμοκλιούς
 Σ : Θέση του σταθμού δειγματολημίας και μετρήσεων των προφίλ

Σχ. 3. Μορφολογική τομή με το ηχοβολιστικό μηχάνημα (sonar) στο κέντρο περίπου του Αιτωλικού με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, όπου φαίνεται ο ανώμαλος πυθμένας. Στην τομή του sonar διακρίνεται το όριο του ισχυρού πικνοκλιούς στα -5 m και έχουν σχεδιαστεί τα στρώματα νερού. Στα δεξιά της δομής είναι τα προφίλ των παραμέτρων που μετρήθηκαν (θερμοκρασία, αλατότητα, πυκνότητα, O₂). Τα προφίλ έγιναν στο σημείο Σ.



Σχ. 4. Κατανομή της αλατότητας (επάνω) και της πυκνότητας (κάτω) με το βάθος σε μια μορφολογική τομή διεύθυνσης Ν-Β-ΒΔ κατά μήκος της Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και της λεκάνης του Αιτωλικού. Διακρίνεται η στρωμάτωση των διαφόρων τύπων νερού της περιοχής.

όπου ρ η πυκνότητα του νερού, kg/m^3). Η τομή έγινε στις 20-7-95 και δείχνει αρκετά παραστατικά τις διεργασίες, την θερμή περίοδο, όπου η λιμνοθάλασσα έχει έντονη εξάτμιση και η αλατότητα αυξάνεται σημαντικά. Έτσι βλέπουμε το νοτιότερο τμήμα της λιμνοθάλασσας με την επίδραση του Πατραϊκού να έχει αλατότητα, 43ο/οο-44ο/οο. Στο κεντρικό τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου έχουμε τις υψηλότερες τιμές που φτάνουν τα 46ο/οο και μετά αρχίζει μία βαθμιαία ελάττωση της αλατότητας καθώς εισερχόμαστε στην περιοχή του Πόρου. Το νοτιότερο τμήμα του Πόρου παρουσιάζει ισχυρή στρωμάτωση (επιφάνεια 33ο/οο, πυθμένας 40ο/οο) και προχωρώντας βορειότερα, πρὰς το νησάκι της πόλης του Αιτωλικού η στήλη του νερού γίνεται όλο και πιο ομογενής και υφάλμυρη, καταλήγοντας να έχει αλατότητα 19.5ο/οο και $\sigma_t = 10.66$. Η πυκνότητα αυτή αντιστοιχεί στο βαθύτερο τμήμα του επιφανειακού υφάλμυρου στρώματος (ΕΥΣ) του Αιτωλικού.

Χημικές αναλύσεις (Πίν. 1Δ) τριών δειγμάτων νερού από την λεκάνη του Αιτωλικού, στο βαθύτερό της σημείο, κατά βάθος στήλης νερού (στην επιφάνεια, στά 6,5 m και στα 25 m βάθος) δείχνουν ότι στο βαθύτερο στρώμα, όπου το O_2 είναι ανύπαρκτο, υπάρχουν υδρόθειο (HS^-) καί αμμωνία (NH^+).

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Το Αιτωλικό αποτελεί μια κλειστή, σχετικά βαθιά, για τις διαστάσεις της λεκάνη και η επικοινωνία της με την λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου και τον Πατραϊκό Κόλπο γίνεται από ένα στενά και ρηχό στόμιο όπου βρίσκεται το νησάκι της πόλης του Αιτωλικού (Σχ. 5). Τα γεωγραφικά αυτά δεδομένα παρουσιάζουν αντιστοιχία με τον Εύξεινο Πόντο, ο οποίος είναι μία κλειστή βαθιά λεκάνη (-2000 m) που επικοινωνεί με το Αιγαίο Πέλαγος και την Μεσόγειο Θάλασσα, μέσω των στενών των Δαρδανελίων.

Το πολύ ρηχό και στενό στόμιο επικοινωνίας δημιουργεί συνθήκες ανάμειξης των νερών Αιτωλικού και Μεσολογγίου στην βάρεια περιοχή του Πόρου. Αυτό αποτρέπει την στρωμάτωση και έτσι το πυκνό και αλμυρό νερό της κεντρικής περιοχής της λιμνοθάλασσας δεν μπορεί να σχηματίσει ένα στρώμα νερού στον πυθμένα και να διεισδύσει στο Αιτωλικό, ανανεώνοντας τα βαθύτερά του στρώματα (Σχ. 4). Το αναμειγμένο νερό της περιοχής του Πόρου διεισδύει στο Αιτωλικό αλλά η πυκνότητά του είναι τέτοια που δεν βυθίζεται βαθύτερα από τα 6-7 m.

Ομοιότητα του Αιτωλικού με τον Εύξεινο Πόντο υπάρχει επίσης και στις υδρολογικές, φυσικοχημικές και ωκεανογραφικές παραμέτρους. Η

περιγραφή του ευξείνικου μοντέλου γίνεται αναλυτικά από τους Rickard & Emerey, 1990, τα στοιχεία των οποίων χρησιμοποιήθηκαν για τις συγκρίσεις με το Αιτωλικό.

Οι υδρολογικές ομοιότητες με το ευξείνικό μοντέλο είναι το θετικό ισοζύγιο γλυκού νερού της λεκάνης ($17,4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$, Πίνακας 1) το οποίο πρέπει να εξέλθει από το στενό στόμιο προς τη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου. Το πλεόνασμα του γλυκού νερού είναι έντονα αισθητό γιατί προέρχεται και από την δράση του αντλιοστασίου D6 του οποίου η επήρεια ποσότητα νερού του παροχετεύει είναι σχεδόν ίση με τα κατακρημνίσματα που πέφτουν στην επιφάνεια του νερού της λεκάνης (Πίνακας 1).

Οι φυσικοχημικές και ωκεανογραφικές ομοιότητες του Αιτωλικού με το ευξείνικό μοντέλο είναι ίσως το πιο σημαντικό του γνώρισμα. Οι ομοιότητες αυτές είναι ο μόνιμος μηδενισμός του οξυγόνου κάτω από ορισμένο βάθος (7 m) που συνδυάζεται με την ταυτόχρονη ύπαρξη υδροθείου και αμμωνίας στα βαθύτερα στρώματα και την ύπαρξη ενός ψυχρού ενδιάμεσου στρώματος.

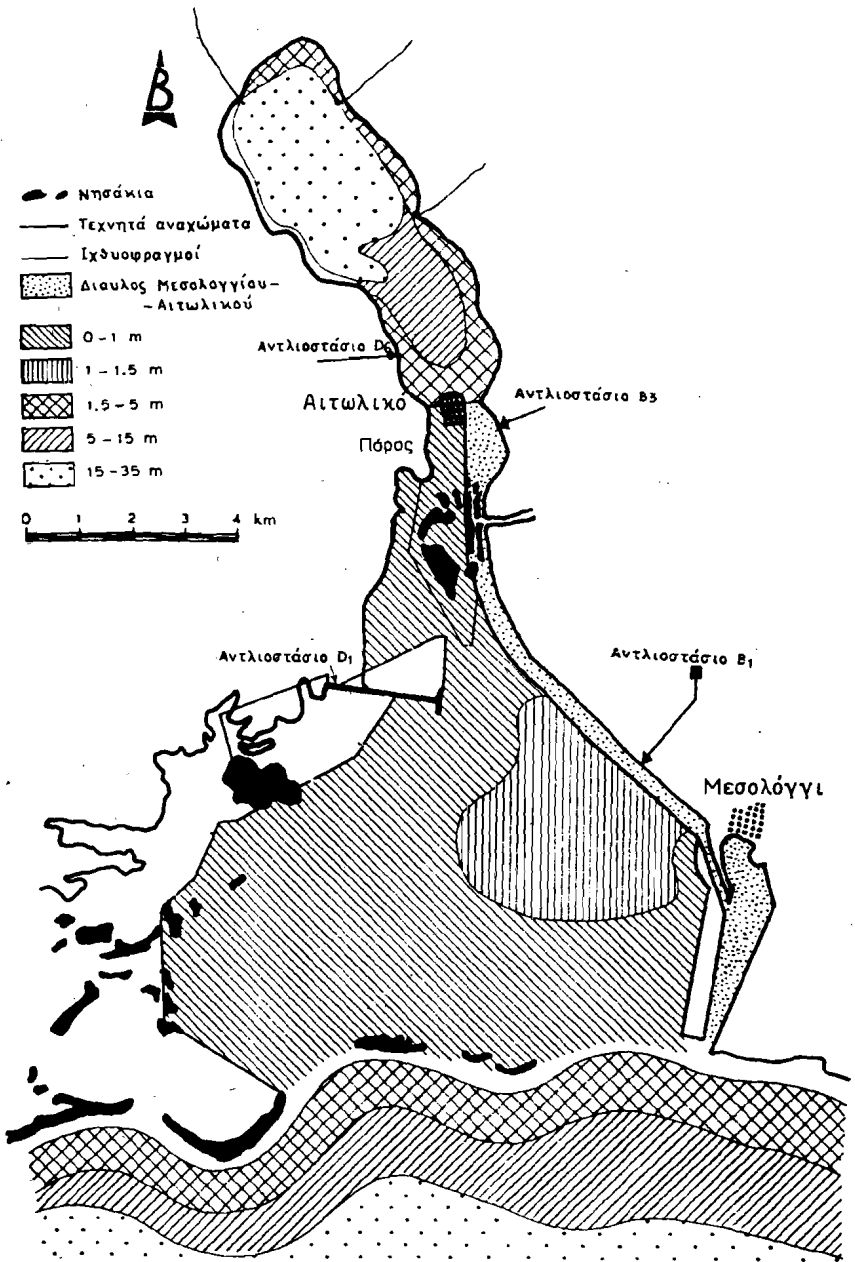
Πριν από 25 χρόνια (Λεοντάρης 1970) το επιφανειακό στρώμα, πλούσιο σε O_2 , έφτανε στα 15 με 18 m βάθος και τα ανοξικά φαινόμενα περιοριζόταν κάτω από το βάθος αυτό. Στην κατάσταση αυτή σημαντικό τμήμα του πυθμένα εφάπτονταν στο οξυγονωμένο στρώμα επιτρέποντας τη ζωή σε βενθονικούς οργανισμούς. Κατά γενική ομολογία των κατοίκων της περιοχής την εποχή εκείνη το Αιτωλικό ήταν ένα περιβάλλον με μεγάλη παραγωγή ψαριών.

Αιτία της σημερινής υποβάθμισης είναι σειρά από ανθρωπογενείς επεμβάσεις, η μεγαλύτερη από τις οποίες ήταν η παροχέτευση νερού ($> 500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{yr}$) το 1972 από το σύστημα των λιμνών Λυσιμαχείας-Τριχωνίδας, μέσω σήραγγας στο Αιτωλικό. Πολύ γρήγορα έγιναν αντιληπτές οι συνέπειες και σταμάτησε η λειτουργία του το 1982. Από τότε το Αιτωλικό δεν μπορεί να ανακάμψει γιατί εξακολουθούν να υφίστανται μια σειρά από άλλες επεμβάσεις που είναι:

α) Η λειτουργία του αντλιοστασίου D6 που παροχετεύει στο Αιτωλικό μεγάλες ποσότητες από γλυκά νερά αποστραγγίζοντας το έλος της Γλώσσας και την ευρύτερη περιοχή μεταφέροντας ρύπανση γεωργικής προέλευσης (λιπάσματα, φυτοφάρμακα).

β) Η γέφυρα Μεσολογγίου-Κατοχής που διέρχεται από το στόμιο του Αιτωλικού διά μέσου της τεχνητής νησίδας της πόλης του Αιτωλικού. Η γέφυρα φαίνεται να έχει βυθιστεί τα τελευταία χρόνια περιορίζοντας σημαντικά την κυκλοφορία του νερού.

γ) Η κατασκευή του δίαυλου Μεσολογγίου-Αιτωλικού, στο ανατολικό τμήμα του στομίου της λεκάνης, τα αναχώματα του οποίου έκλεισαν την



Σχ. 5. Χάρτης της Λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και του Αιτωλικού με ταξινόμηση του βάθους σε 5 κλάσεις, όπου επίσης φαίνονται οι νησίδες και τα τεχνικά έργα (αναχώματα, διαυλοι, ιχθυοφραγμοί, αντλιοστάσια).

ελεύθερη επικοινωνία του νερού με τη λιμνοθάλασσα. Ο διάυλος παρά του ότι σχεδιάστηκε να έχει βάθος ικανό για να πλέουν μικρά σκάφη σήμερα έχει προσχωθεί σημαντικά, ιδίως σε ένα τμήμα του περίπου 2 km νότια της πόλης του Αιτωλικού (Σχ. 5). Μέσα στο διάυλο παροχετεύουν γλυκό νερό δύο αποστραγγιστικά αντλιοστάσια Β1, Β3 και ρίχνονται επίσης τα απόβλητα του βιολογικού καθαρισμού του Αιτωλικού, δημιουργώντας σημαντικά προβλήματα στην ποιότητα του νερού. Ο διάυλος, στην κατάσταση που βρίσκεται σήμερα, έχει πρακτικά θέσει εκτός λειτουργίας το ανατολικό άνοιγμα επικοινωνίας του Αιτωλικού με τη λιμνοθάλασσα.

δ) Η κατασκευή ιχθυοφραγμών, για τις ανάγκες των ιχθυοτροφείων στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου (Σχ. 5). Τα υλικά που κατασκευάζονται είναι συνήθως πλαστικά διχτυωτά πετάματα, που ευνοούν την ανάπτυξη υδρόβιας βλάστησης επάνω τους, με αποτέλεσμα την σημαντική ελάττωση της ενεργού διατομής τους. Αυτό έχει ως συνέπεια την ελάττωση της ταχύτητας των παλιρροϊκών ρευμάτων και τελικά τον περιορισμό της κυκλοφορίας του θαλασσινού νερού προς το Αιτωλικό.

Όλες αυτές οι ανθρώπινες επεμβάσεις έχουν συμβεί σε ένα ιδιαίτερα ευαίσθητο περιβάλλον: μια μικρή ευξείνική λεκάνη, με αποτέλεσμα την έντονη υποβάθμισή της. Εφ' όσον διατηρούνται οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις όπως είναι σήμερα και δεν αντιμετωπιστεί το πρόβλημα στο σύνολό του δεν φαίνεται να υπάρχει περίπτωση ανάκαμψης της περιοχής με μεμονωμένα έργα.

Βιβλιογραφία

- ΕΚΘΕ. (1984). Μελέτη-Προστασία και αλιευτική αξιοποίηση της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου-Αιτωλικού. Τεχνική Έκθεση, Αθήνα.
- Κλαουδάτος, Σ., Ρογδάκης, Μ., Μπαλτάς, Β., Ζόγολος, Β. (1989). Οριστική μελέτη αλιευτικής αξιοποίησης κεντρικού τμήματος λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου-Αιτωλικού. ΙΧΘΥΚΑ., Νεοχώρι Μεσολογγίου, Τ.Κ. 30001.
- Κουτσούκος, Π., Αβραμίδου. (1986). Δειγματοληψίες ποιότητας νερών στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου-Αιτωλικού 10/1985, 11/1985, 12/1985, 1/1986, 3/1986, 4/1986, 5/1986, 6/1986, 7/1986, 8/1986. Πανεπιστήμιο Πατρών. Τμήμα Χημικών Μηχανικών. Πάτρα.
- Λεοντάρης, Σ. (1970). Γεωμορφολογικά έρευναι επί της λεκάνης των Αιτωλοακαρνανικών λιμνών. Γεωλ. Χρον. Ελλ. Χωρών, ΧΙΧ, 541-688, Αθήνα.
- Pickard, L.G. & Emery, K. (1990). Descriptive physical Oceanography. Pergamon Press, Oxford.