



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

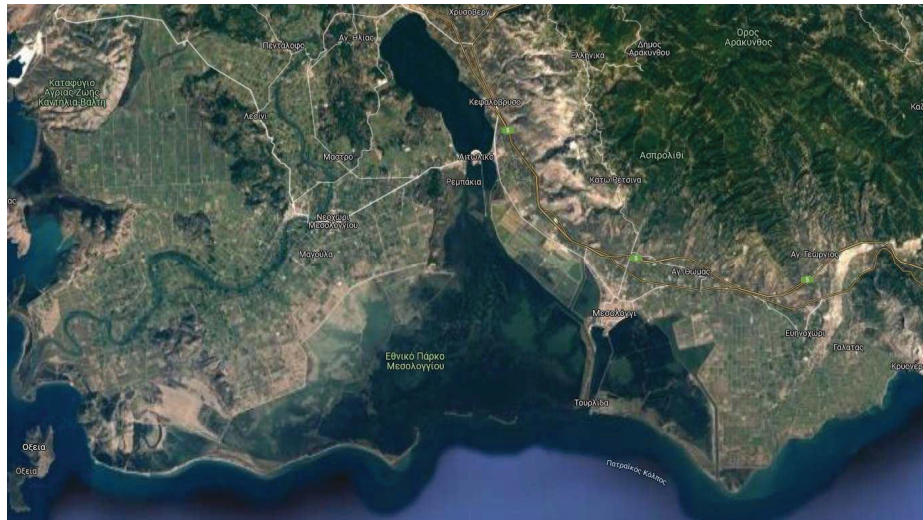
ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.)

«ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΛΙΕΙΑ - ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ»

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Συγκριτική καταγραφή των οικοσυστημικών δεδομένων  
του συμπλέγματος λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού  
και προσδιορισμός των κύριων ανθρωπογενών επιδράσεων και κινδύνων  
που απειλούν την βιοποικιλότητά τους



Κατσαρός Κωνσταντίνος

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

Επιβλέπων

Κωνσταντίνος Μπαταργιάς

Μεσολόγιο, 2021



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Π.Μ.Σ.)

«ΒΙΩΣΙΜΗ ΑΛΙΕΙΑ - ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ»

### ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Συγκριτική καταγραφή των οικοσυστημικών δεδομένων του συμπλέγματος λιμνοθαλασσών Μεσολογγίου – Αιτωλικού και προσδιορισμός των κύριων ανθρωπογενών επιδράσεων και κινδύνων που απειλούν την βιοποικιλότητά τους

Comparative recording of ecosystem data of the Messolonghi - Aetolian lagoon complex and identification of the main anthropogenic impacts and risks that threaten their biodiversity

Κατσαρός Κωνσταντίνος

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

### Εξεταστική Επιτροπή

Κωνσταντίνος Μπαταργιάς (Αν. Καθηγητής, επιβλέπων)

Γεώργιος Χώτος (Καθηγητής, μέλος)

Μαρία Μακρή – Σερεμέτη (Αν. Καθηγητής, μέλος)

## Ευχαριστίες

---

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Μπαταργιά για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα που με προβλημάτιζε από μικρό παιδί, ως κάτοικο της περιοχής. Η συμβολή του ήταν καταλυτική τόσο στο κομμάτι της κατεύθυνσης όσο και της υποστήριξης.

Να ευχαριστήσω επίσης τα μέλη της επιτροπής αξιολόγησης της διατριβής μου.

Δεν μπορώ να μην ευχαριστήσω επίσης τους συμφοιτητές μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα, με τους οποίους συνεργαστήκαμε αρμονικά για περίπου ενάμιση χρόνο.

Τέλος, να ευχαριστήσω θερμά την οικογένειά μου, τα παιδιά μου Διάνα και Ολυμπία και ιδιαιτέρως την σύζυγό μου Μίνα, που για αρκετό διάστημα ανέχτηκαν την αναγκαστική απουσία μου λόγω του φόρτου που υπήρχε ακόμη και μέσα σε περιόδους διακοπών και με βοήθησαν καταλυτικά στην ολοκλήρωση της προσπάθειάς μου.

## Πίνακας περιεχομένων

Εισαγωγή.....	3
Abstract .....	3
Σκοπός της παρούσας εργασίας.....	4
Οι Μεσογειακές παράκτιες λιμνοθάλασσες .....	5
Η Λιμνοθάλασσα Μεσολογίου – Αιτωλικού .....	6
Περιγραφή.....	7
Η περιοχή στο δέλτα των ποταμών.....	8
Δέλτα Ευήνου .....	8
Δέλτα Αχελώου.....	10
Μορφολογικά χαρακτηριστικά .....	12
Η λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας .....	12
Η κεντρική λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου.....	13
Η λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού .....	14
Η Λιμνοθάλασσα Θολής.....	17
Η Λιμνοθάλασσα Παλαιοποτάμου.....	18
Γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής .....	20
Τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής .....	22
Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά .....	24
Ποιοτικά χαρακτηριστικά.....	25
Θερμοκρασία (T) .....	25
Αγωγιμότητα (Conductivity-KCw) - Αλατότητα (Salinity).....	27
pH-Eh .....	29
Διαλυμένο οξυγόνο (DO).....	30
Θολότητα (Turbidity).....	30
Ενώσεις του αζώτου (N).....	30
Κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία .....	31
Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις σε λιμνοθάλασσες .....	33
Εισαγωγή.....	33
Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου.....	37
Ιστορικά στοιχεία .....	37
Μορφολογικές και υδρολογικές αλλαγές.....	38

---

Τα έργα για την αποξήρανση .....	39
Φράγμα Λυσιμαχείας - Διάνοιξη σήραγγας.....	41
Αναχώματα – Δίαυλοι επικοινωνίας.....	42
Ιχθυοφραγμοί.....	43
Αυθαίρετη κατασκευή εξοχικών κατοικιών και άλλων κτισμάτων.....	44
Εκτροπή ποταμών - φράγματα .....	45
Λειτουργία αλυκών .....	45
Αύξηση των θρεπτικών συστατικών και της οργανικής ύλης.....	45
Λειτουργία βιολογικών καθαρισμών .....	45
Απόθεση απορριμμάτων - Λύματα .....	46
Αντλιοστάσια - όμβρια .....	46
Επίδραση χαλκού από καλλιέργεια ελαιόδεντρων .....	47
Παράνομη αλιεία .....	47
Συνέπειες ανθρωπογενών παρεμβάσεων .....	49
Η ανοξία στην βαθιά λιμνοθάλασσα Αιτωλικού.....	49
Ευτροφισμός περιοχής Νίδοβας της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού.....	55
Συνέπειες στη Λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας.....	55
Συνέπειες στη Λιμνοθάλασσα της Θολής και του Παλαιοπόταμου .....	56
Αποξήρανση στο νοτιοδυτικό τμήμα (Θολή – Παλαιοπόταμος) .....	56
Μέτρα που βοηθούν στην αντιμετώπιση των συνεπειών.....	57
Μέτρα στην λιμνοθάλασσα Αιτωλικού .....	58
Μέτρα στα στόμια της λιμνοθάλασσας .....	59
Αποτελέσματα – συζήτηση .....	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	62
Ελληνική Βιβλιογραφία .....	67

## Εισαγωγή

---

Η λιμνοθάλασσα Μεσολογίου είναι από οικολογική και οικονομική άποψη μια από της σημαντικότερες λιμνοθάλασσες της Μεσογείου.

Αποτελεί κλασική περίπτωση βιότοπου όπου η ανθρώπινη επέμβαση είναι εμφανής και επέδρασε στο χαρακτήρα της λιμνοθάλασσας αφού όλες οι σημερινές δράσεις σε αυτή είναι προσαρμοσμένες στις αλλαγές που επέβαλαν αυτές οι παρεμβάσεις.

Οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις που έχουν συμβεί στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου είτε ήταν κεντρικές κρατικές επιλογές που είχαν στόχο, όπως θα δούμε στη συνέχεια, την αλλαγή χρήσης της λιμνοθάλασσας και τη μετατροπή της σε καλλιεργήσιμη έκταση, είτε προέκυψαν ως αποτέλεσμα άλλων παρεμβάσεων, είτε ήταν παρεμβάσεις μικρότερης κλίμακας από δραστηριότητες στο χώρο εντός ή πέριξ αυτής.

Η περιοχή είναι από τις πιο μεγάλες και σημαντικές περιοχές της χώρας αλλά και της Ευρώπης. Βρίσκεται σε καθεστώς προστασίας (NATURA2000) και είναι από τις πιο ευάλωτες περιοχές στις ανθρωπογενείς επιδράσεις. Παρόλα αυτά η δημοσιεύμενη πληροφορία δεν αντανακλά το μέγεθος και τη σημαντικότητα της περιοχής.

Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να καταγραφούν όλες οι δημοσιευμένες πληροφορίες που αφορούν σε αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες του συμπλέγματος των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού και να συγκεκριμενοποιηθούν οι ανθρωπογενείς επιδράσεις στη βιοποικιλότητα της περιοχής.

## Abstract

---

The lagoon of Messolonghi is from an ecological and economic point of view one of the most important lagoons of the Mediterranean.

It is a classic case of a habitat where human intervention is evident and affects the character of the lagoon since all current actions in this area are adapted to the changes imposed by these interventions.

The anthropogenic interventions that have taken place in the Messolonghi lagoon were either central government options aimed at changing the use of the lagoon and turning it into arable land, whether they arose as a result of other interventions or were smaller-scale interventions from activities in the area or around it.

The region is one of the largest and most important regions of the country and Europe. It is under protection (NATURA2000) and is one of the most vulnerable areas to anthropogenic influences. However, the published information does not reflect the size and importance of the area.

In the present study, an attempt to record all the published information concerning abiotic and biotic factors of the Mesolongi-Aetoliko lagoon complex is made and to specify the anthropogenic effects on the biodiversity of the area.

## **Σκοπός της παρούσας εργασίας**

---

Η παρούσα εργασία εστιάστηκε στις εξής ενότητες:

- Αναλυτική περιγραφή των χαρακτηριστικών της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου.
- Αναλυτική καταγραφή των ανθρωπογενών παρεμβάσεων στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου.
- Συνέπειες των ανθρωπογενών παρεμβάσεων.
- Μέτρα που μπορούν να ληφθούν για την άρση των συνεπειών των ανθρωπογενών παρεμβάσεων.

Σκοπός της εργασίας είναι αφενός η διερεύνηση των ανθρώπινων παρεμβάσεων στο χώρο της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και αφετέρου να παρουσιαστεί η επίδρασή τους διαχρονικά μέσα από τα καταγεγραμμένα στοιχεία στη διεθνή βιβλιογραφία.

## Οι Μεσογειακές παράκτιες λιμνοθάλασσες

---

Οι παράκτιες λιμνοθάλασσες είναι συνήθως ρηχές και διαφέρουν μεταξύ τους ως προς το μέγεθος, την αλατότητα και τις παλιρροιακές περιοχές, την έκθεση, τα χαρακτηριστικά ανάμειξης και το βάθος (Guelorget et al., 1983). Είναι συνήθως μερικώς απομονωμένες από τα ανοιχτά θαλάσσια περιβάλλοντα και η ανταλλαγή νερού με αυτή γίνεται μέσω λίγων σημείων (στομίων, διαύλων ή ευρύτερων τμημάτων). Πολλά από αυτά τα οικοσυστήματα επηρεάζονται επίσης από εκβολές ποταμών (Christia & Papastergiadou, 2007).

Λόγω της θέσης τους επηρεάζονται τόσο από το θαλάσσιο όσο και από το χερσαίο περιβάλλον. Σε αυτές καταλήγουν μεγάλες και μεταβλητές ποσότητες γλυκών νερών από την ξηρά αλλά και μεταβλητές ποσότητες πυκνού αλμυρού νερού από την θάλασσα. Έτσι, οι Katselis et al. (2013) θεωρούν ότι αυτά τα μοναδικά οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από: (α) την υψηλή φυσική παραγωγικότητα που προσφέρει τροφή και καταφύγιο σε πολλά είδη ψαριών (β) υψηλές μεταβλητές αβιοτικές συνθήκες (δηλαδή, αλατότητα, θερμοκρασία, διαλυμένο οξυγόνο, τύπος υποστρώματος) που ελέγχουν τη χωρική και χρονική κατανομή των ειδών ψαριών (γ) υπερευαισθησία στις κλιματικές αλλαγές, (δ) μεγάλες διακυμάνσεις σε μετεωρολογικές, φυσικές και χημικές συνθήκες, συμπεριλαμβανομένων των πολύ μεταβλητών εισροών θρεπτικών συστατικών που προέρχονται από γεωργικά λύματα και οικιακά λύματα (Castel et al., 1996) και (ε) ευπάθεια στις ανθρώπινες παρεμβάσεις λόγω του περιορισμού τους από την ανοιχτή θάλασσα και το μικρό βάθος τους.

Οι λιμνοθάλασσες είναι μοναδικά θαλάσσια οικοσυστήματα που συχνά είτε προστατεύονται βάσει της σύμβασης Ramsar ή μέρος του δικτύου Natura 2000 (Katselis et al., 2013). Παρόλα αυτά, οι μεσογειακές λιμνοθάλασσες σπάνια προστατεύονται πραγματικά και η καταστροφή τους συνεχίζεται. Ορισμένες μελέτες έχουν αναφέρει την υποβάθμιση της υδρόβιας βλάστησης (De Casabianca, et al. 1997, Sfrjso & Ghatti 1998) ή την επιδείνωση των φυσικών και χημικών παραμέτρων (Souchu et al. 1998) ακόμη και στην κατανομή και στη δομή των πληθυσμών και των βενθικών ειδών (Millet & Guelorget 1994).

Λόγω των γεωμορφολογικών τους συνθηκών, αυτά τα οικοσυστήματα είναι πολύ ευαίσθητα σε μορφολογικές αλλαγές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Λόγω της μεταβατικής τους φύσης, θεωρούνται φυσικά συστήματα που αντιμετωπίζουν συχνές περιβαλλοντικές διαταραχές και διακυμάνσεις (Barnes, 1980). Οι Elliott και Quintino, (2007) θεωρούν ότι λόγω υψηλής μεταβλητότητας είναι δύσκολο να διακριθεί ποιες από τις αλλαγές είναι η συνέπεια των ανθρώπινων επιπτώσεων.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που επηρεάζουν τα συστήματα αυτά, έχουν γενικά σχέση με τουρισμό, αλιεία, θαλάσσιες μεταφορές, ναυτιλία, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και αστικά, βιομηχανικά και γεωργικά λύματα). Σκοπός της εργασίας μου ήταν να εντοπιστούν οι δραστηριότητες που επηρέασαν στο παρελθόν και συνεχίζουν να επηρεάζουν τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου Αιτωλικού και ο βαθμός επηρεασμού.



## Η Λιμνοθάλασσα Μεσολογίου – Αιτωλικού

---

Η Λιμνοθάλασσα Μεσολογίου – Αιτωλικού βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του Πατραϊκού κόλπου, καταλαμβάνοντας μια εκτεταμένη περιοχή από τις εκβολές του ποταμού Αχελώου μέχρι και τις εκβολές του ποταμού Εύηνου στο νότιο τμήμα της Αιτωλοακαρνανίας. Δημιουργήθηκε από τα φερτά υλικά των δύο ποταμών σε συνδυασμό με τους ισχυρούς κυματισμούς που προκαλούνται από τους επικρατούντες νότιους και νοτιανατολικούς ανέμους και τα ρεύματα που κυριαρχούν στη θαλάσσια περιοχή του Πατραϊκού Κόλπου.

Οι αποθέσεις του Εύηνου που εκβάλλει στον Πατραϊκό Κόλπο κατευθύνονται προς τα Δυτικά και του Αχελώου προς τα Ανατολικά. Ο Αχελώος στις εκβολές του υποδιαίρεται σε ένα δυτικό κομμάτι που εκβάλλει στο Ιόνιο Πέλαγος και ένα υπόγειο ανατολικότερο δέλτα που μαζί με το δέλτα του Εύηνου σχημάτισαν τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου – Αιτωλικού (Piper and Panagos, 1981, Haenssler et al. 2013).

Είναι ένα από τα σημαντικότερα συμπλέγματα της Μεσογείου, τόσο σε αριθμό ειδών, όσο και σε πληθυσμό, ενώ είναι η μεγαλύτερη λιμνοθάλασσα της χώρας, καλύπτοντας περίπου το 50% της συνολικής επιφάνειας λιμνοθαλασσών στην Ελλάδα (Ανώνυμος 2001) και περιλαμβάνεται στους ελληνικούς υγρότοπους διεθνούς σημασίας.

Αποτελείται από λιμνοθάλασσες, αλυκές, ποτάμιες και παραποτάμιες περιοχές, εκτεταμένους αλμυρόβαλτους, έλη γλυκού νερού, λασποτόπια και αμμώδεις όχθες που δημιουργήθηκαν από τις φερτές ύλες των ποταμών (άργυλοι, άμμος, αμμοκροκάλες και κροκάλες), σε συνδυασμό με τον κυματισμό και την επίδραση του θαλάσσιου μετώπου στην περιοχή.

Η Λιμνοθάλασσα Μεσολογίου οριοθετείται φυσικά από τον Πατραϊκό κόλπο με νησίδες αλλά και μεγάλες επιμήκεις αμμολουρίδες στο νότιο τμήμα της, μερικές από τις οποίες εκτείνονται σε μήκος άνω των 15 χιλιομέτρων. Στα ανατολικά οι αμμώδεις αυτές περιοχές εμφανίζονται ως εν σειρά διακοπτόμενες νησίδες (Τουρλίδα, Βασιλάδι, Αγ. Σώστης, Κόμμα, Σχοινιάς, Προκοπάνιστος, Θολή) και στη συνέχεια προς τη Δύση, ως μία πλατιά αμμολουρίδα που στενεύει στα τελευταία χιλιόμετρα.

Οι βαλτώδεις ή αμμώδεις σχηματισμοί παρουσιάζουν σταθερότητα λόγω της μικρής παλιρροιακής έντασης αλλά και της μικρής διακύμανσης της στάθμης στο σύστημα, χαρακτηριστικά που συναντώνται στο χώρο της Μεσογείου.

Αν εξαιρέσουμε την βαθιά λεκάνη της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού που φτάνει σε βάθος άνω των 30 μέτρων, το μέσο βάθος της λιμνοθάλασσας είναι περί τα 0.8 μέτρα με μέγιστο λίγο κάτω από τα 2 μέτρα (Albanakis et al. 1995).

## Περιγραφή

Η λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου – Αιτωλικού ήταν αρχικά μια ενιαία περιοχή. Με την πάροδο των ετών και εξαιτίας των πολλών ανθρωπογενών παρεμβάσεων (κυρίως στο διάστημα 1960-1995), σχηματοποιήθηκε και διακρίνουμε σήμερα ένα σύστημα 6 σχετικά απομονωμένων μεταξύ τους λιμνοθαλασσών με διαφορετικά τοπογραφικά, υδρολογικά και βιολογικά χαρακτηριστικά:

1. Λιμνοθάλασσα Ανατολικής Κλείσοβας (διάυλου Κλείσοβας), που είναι το ανατολικότερο κομμάτι της περιοχής και φτάνει μέχρι και τις εκβολές του Ευήνου,
2. Λιμνοθάλασσα Δυτικής Κλείσοβας που χωρίζεται από την Ανατολική με ένα διάυλο και από την υπόλοιπη λιμνοθάλασσα με δρόμο που ξεκινά από το Μεσολόγγι και καταλήγει στην Τουρλίδα.
3. Κεντρική λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, που εφάπτεται σε όλο το νότιο τμήμα της με τον Πατραϊκό κόλπο σε ευρύ μέτωπο στο οποίο υπάρχουν τα ιχθυοτροφεία: Τουρλίδα, Βασιλάδι, Σχοινιάς και Προκοπάνιστος, προς βορρά με τη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού και δυτικά της έχει τη λιμνοθάλασσα της Θολής.
4. Λιμνοθάλασσα Αιτωλικού, που είναι ουσιαστικά μια βαθιά λίμνη στο βόρειο τμήμα του συμπλέγματος και εκτείνεται μέχρι την περιοχή της πόλης-νησιού του Αιτωλικού στο νότο.
5. Λιμνοθάλασσα Θολής, δυτικά της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και ανατολικά της αντίστοιχης του Παλαιοπόταμου.
6. Λιμνοθάλασσα Παλαιοποτάμου, το δυτικότερο κομμάτι που φτάνει μέχρι και τις εκβολές του Αχελώου.

Κάθε μία από τις λιμνοθάλασσες επικοινωνεί τουλάχιστον με μια γειτονική της ή με τα νερά του Πατραϊκού Κόλπου μέσω παλιρροιακών εισόδων (Fourniotis et al., 2018).



*Το συγκρότημα λιμνοθαλασσών Μεσολογγίου - Αιτωλικού*

## Η περιοχή στο δέλτα των ποταμών

---

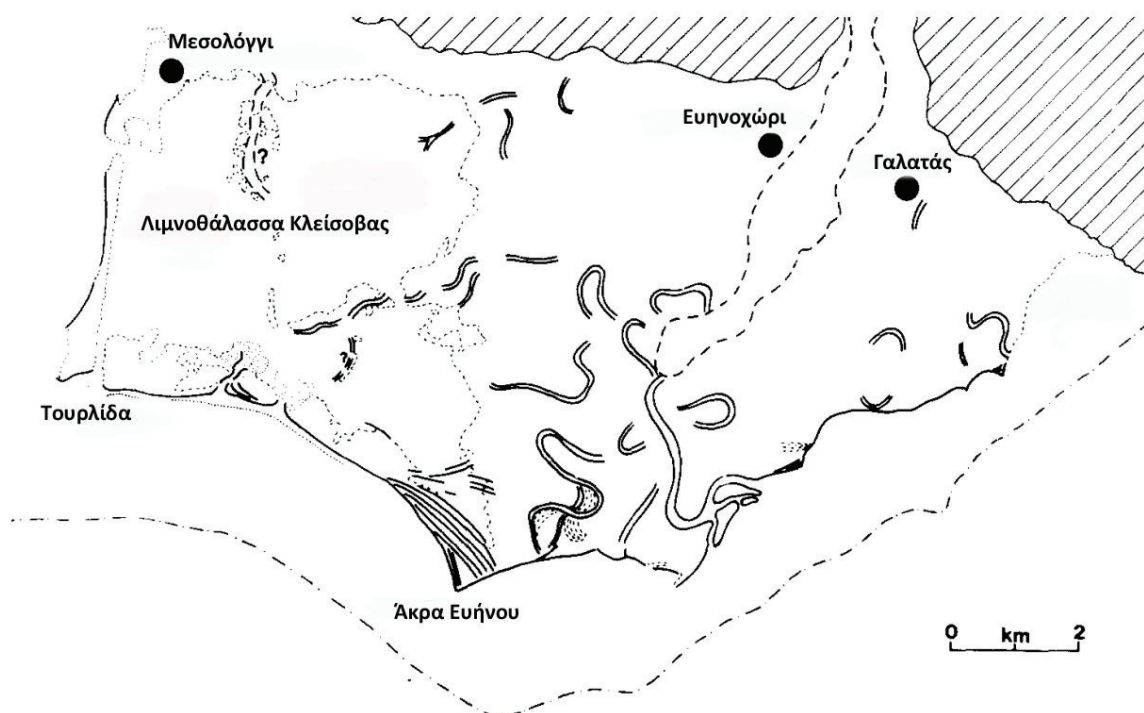
Το δέλτα ενός ποταμού εκτείνεται γενικά προς τις εκβολές και σχηματίζεται από τις εναποθέσεις των φερτών υλικών, ιζημάτων, που παράγονται λόγω διάβρωσης των εδαφών. Η μεταφορά προς τις λεκάνες απορροής ευνοείται τόσο από τις κλιματολογικές συνθήκες όσο και από ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Το μέγεθος των κόκκων των φερτών υλικών μικραίνει όσο πλησιάζουμε προς τις εκβολές. Στην περίπτωση της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου – Αιτωλικού, συσσωρεύεται ψιλή άμμος στις παράκτιες περιοχές του δέλτα του Αχελώου ενώ σε αυτό του Ευήνου υπάρχει αμμοχάλικο (Piper & Panagos (1981). Στο βυθό των λιμνοθαλασσών συσσωρεύεται αμμώδης λάσπη. Στο εσωτερικό δυτικό τμήμα του δέλτα του Ευήνου συναντούμε λάσπη που παρασύρεται από ισχυρούς ανατολικούς ανέμους.

### Δέλτα Ευήνου

Το δέλτα του ποταμού Ευήνου έχει έκταση 93 τετραγωνικά χιλιόμετρα και βρίσκεται στη βόρεια πλευρά του Πατραϊκού κόλπου.

Η κατανομή ιζημάτων τόσο δυτικά όσο και ανατολικά είναι ισότιμη, παρόλο που η δυτική περιοχή είναι απομακρυσμένη από την ενεργή εκβολή του ποταμού. Αυτό οφείλεται στο

γεγονός ότι η ροή του ποταμού συμπληρώνονταν από διάφορα κανάλια με κυριότερα ένα προς την περιοχή Άκρα Ευήνου, ένα προς την λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας τα απομεινάρια του οποίου είναι κάποιες μικρές νησίδες μέσα στη λιμνοθάλασσα, ένα δυτικά του Ευηνοχωρίου προς το βόρειο τμήμα της Κλείσοβας κι ένα ακόμη νότια και ανατολικά του Γαλατά. Έτσι υπήρχε ομοιόμορφη κατανομή των φερτών. Τα κανάλια αυτά απενεργοποιήθηκαν με την πάροδο των χρόνων.



Χάρτης της περιοχής του δέλτα Ευήνου με απεικόνιση των καναλιών που υπήρχαν (από Piper & Panagos 1981)

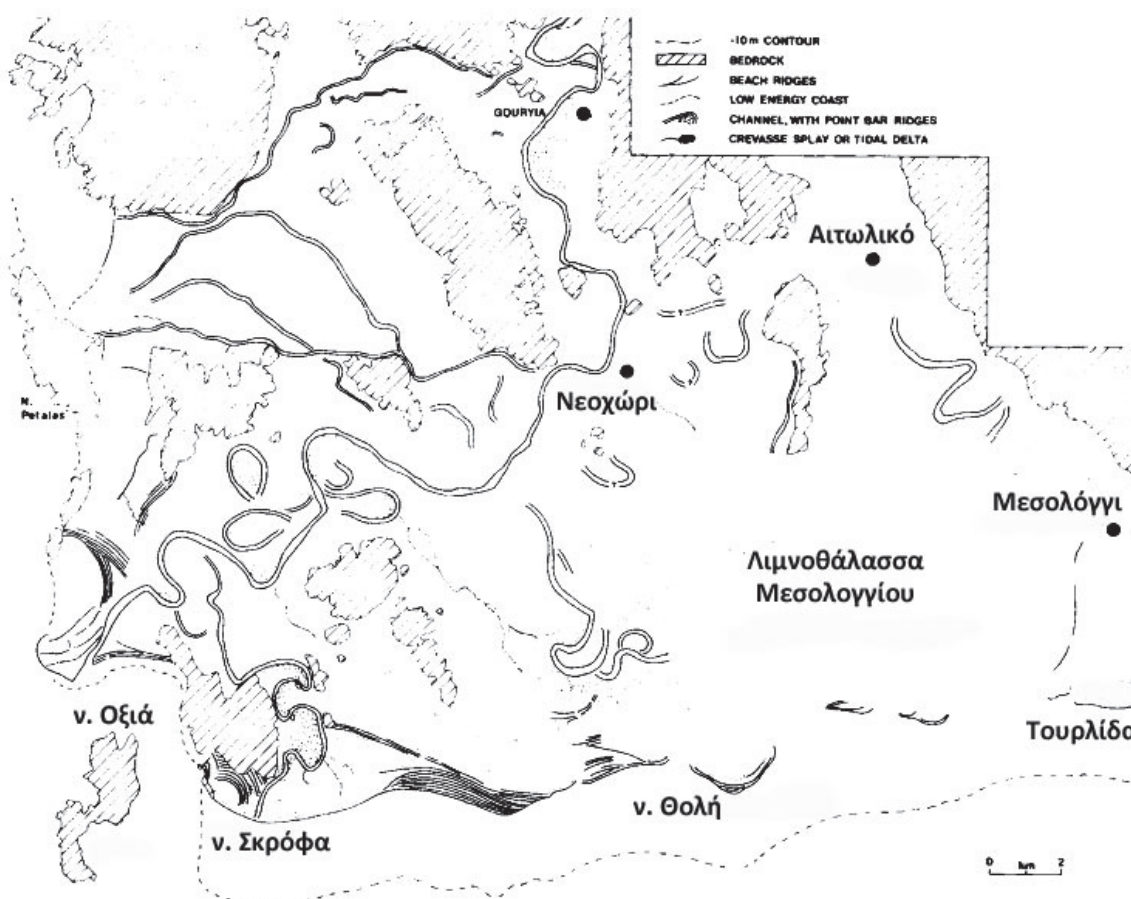
Κυρίαρχο ρόλο στη διαμόρφωση του δέλτα έπαιξε και παίζει ο κυματισμός. Η παράκτια ζώνη υποχωρεί με ρυθμό που φτάνει τα 3,6 μέτρα κάθε έτος, σύμφωνα με μελέτες (Karymbalis et al. 2007) και συγκρίσεις φωτογραφιών από το 1959 μέχρι το 1995. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα, το φαινόμενο είναι περισσότερο έντονο στο ανατολικό τμήμα. Η ανατολική ακτή επηρεάζεται λόγω των ανέμων που είναι βορειοδυτικοί, ανατολικοί και νοτιοανατολικοί. Μάλιστα, σε χάρτες του 1838 ο Εύηνος παρουσιάζεται να εκβάλλει ανατολικότερα των σημερινών εκβολών.

Ο Εύηνος έχει ψηλό σε σχέση με το μέγεθός του απορριπτόμενο φορτίο. Όμως μελέτες δείχνουν μακροχρόνια σημαντική φθίνουσα τάση στις ποσότητες νερού που εκβάλλουν στον Πατραϊκό κόλπο (Giakoumakis & Baloutsos 1997) με συνέπεια και οι φερτές ύλες να μειώνονται.

## Δέλτα Αχελώου

Το δέλτα του Αχελώου είναι ένα πολύ δυναμικό σύστημα και τα χαρακτηριστικά του αλλάζουν με την πάροδο των ετών. Το ποτάμι ρέει σήμερα προς την ακτογραμμή εκβάλλοντας βόρεια της νήσου Οξιάς.

Νοτιοανατολικά της σημερινής ροής, υπήρχαν τρία κανάλια μαιανδρικής μορφής. Το πρώτο έρρεε προς τη νησίδα Σκρόφα, το δεύτερο έρρεε προς τη νήσο Θολή, το τρίτο έρρεε ανατολικά προς Αιτωλικό και εν συνεχεία προς Μεσολόγγι. Το γλυκό νερό στην περιοχή της Θολής όσο και στις νησίδες νοτιοδυτικά του Μεσολογγίου μπορεί να είναι αποτέλεσμα της δράσης αυτών των καναλιών ακόμη και σήμερα (Piper & Panagos 1981). Σε αεροφωτογραφίες της περιοχής διακρίνονται και μερικά μικρότερα και στενότερα κανάλια που τροφοδοτούνταν από τα νερά των υπερχειλίσεων του ποταμού. Μπορούμε συνεπώς να συμπεράνουμε με ασφάλεια ότι η σημερινή πεδιάδα του ανατολικού τμήματος φτιάχτηκε πριν χιλιάδες χρόνια από τις απορροές αυτών των καναλιών.



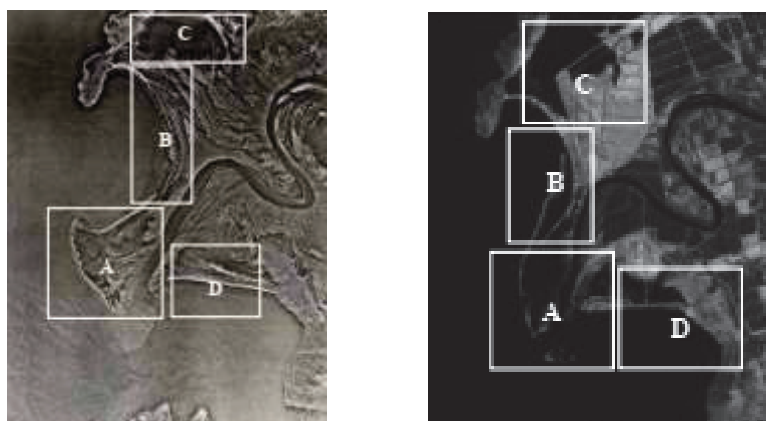
Χάρτης της περιοχής του δέλτα Αχελώου με απεικόνιση των καναλιών που υπήρχαν

Μεγάλες αλλαγές στα χαρακτηριστικά της ροής του ποταμού προήλθαν από την κατασκευή φραγμάτων στον Αχελώο με συνέπεια τη μεγάλη μείωση των φερτών υλικών και τελικά ακόμη και την αλλαγή χρήσης της γης μέσα στην περιοχή του δέλτα (Sabot, et al, 2002). Σε

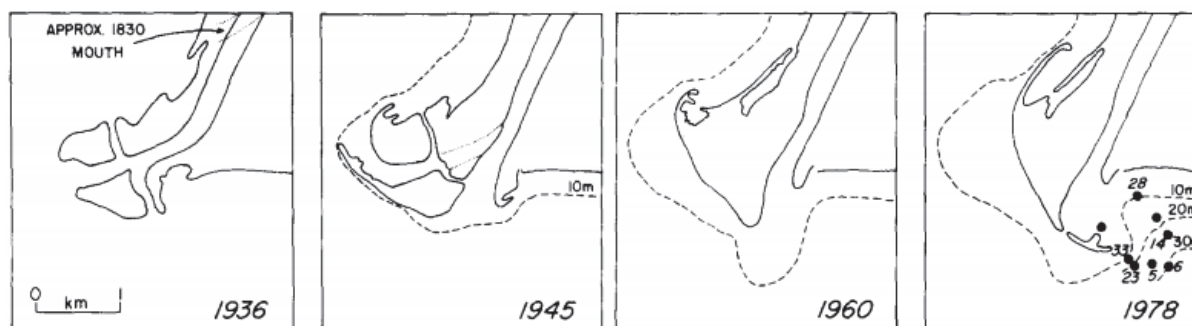
σχέση με την περιοχή όπως αποτυπώνεται σε φωτογραφίες του 1960 (Vassilopoulos et al., 2008), παρατηρούμε ότι έχουν αποστραγγιστεί μεγάλες εκτάσεις που σήμερα χρησιμοποιούνται για εντατική καλλιέργεια.

Οι αλλαγές στις εκβολές του ποταμού Αχελώου παρέχουν πληροφορίες για το ρόλο που έπαιζαν οι πλημμύρες πριν την κατασκευή των φραγμάτων. Πολλά από τα μικρά κανάλια στέρεψαν και αποξηράνθηκαν μεγάλες εκτάσεις που δέχονταν σημαντικές ποσότητες νερού. Σε αεροφωτογραφίες των εκβολών μέχρι και το 1960 απεικονίζονται πολλές περιοχές με ρηγά νερά. Από το 1970 και μετά απεικονίζεται καθαρά μια διακριτή αμμώδης περιοχή ενώ τα νερά του ποταμού χύνονται στον κόλπο αριστερά και δεξιά από αυτή.

Η ακτογραμμή στο δυτικό τμήμα του δέλτα έχει διαβρωθεί και είναι πιο επιμήκης σε σχέση με το παρελθόν λόγω της μείωσης των φερτών και της δράσης του κυματισμού της ανοιχτής θάλασσας. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη μεγάλη διείσδυση αρμυρού νερού στην παράκτια περιοχή. Όπως φαίνεται και σε σχηματική παράσταση από τη μελέτη Piper & Panagos (1981), το στόμιο της εκβολής του Αχελώου μετατοπίστηκε από το 1940 και μετά περίπου 1 χιλιόμετρο ανατολικότερα την ώρα που υπήρχε επίσης διάβρωση της ακτής πάνω από 200 μέτρα στο νότιο τμήμα. Οι συνεχιζόμενες ενέργειες και εργασίες εκτροπής του Αχελώου προς την περιοχή της Θεσσαλίας θα εντείνουν το πρόβλημα.



Φωτογραφίες της περιοχής της εκβολής του Αχελώου το 1960 και 1990  
(από Piper & Panagos 1981)



Σχηματική παράσταση των μεταβολών στην εκβολή του Αχελώου διαχρονικά  
(από Piper & Panagos 1981)

Να σημειωθεί επίσης ότι η διάχυση των φερτών υλικών στην περιοχή του Πατραϊκού κόλπου εμποδίζεται από τον κυματισμό. Μικρές ποσότητες φτάνουν σε απόσταση μέχρι και 15 χιλιομέτρων από την ακτογραμμή αλλά οι μεγάλες ποσότητες συσσωρεύονται κοντά στο στόμιο. Τα φερτά συγκεντρώνονται κοντά στις εκβολές και σχηματίζουν ρηχές περιοχές που οριοθετούνται από αμμώδεις λουρίδες, άλλοτε ψηλότερες όταν τα φερτά είναι ενισχυμένα και άλλοτε πιο χαμηλότερες.

## Μορφολογικά χαρακτηριστικά

### Η λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας

Βρίσκεται στο νοτιοανατολικό κομμάτι του συγκροτήματος λιμνοθαλασσών Μεσολογγίου – Αιτωλικού (Avramidis, et al., 2010).

Η λιμνοθάλασσα διαμορφώθηκε εξαιτίας κυρίως της επιρροής του ποταμού Εύηνου. Οι φερτές του ύλες δημιούργησαν μια αμμολουρίδα δυτικά του ποταμού μέχρι τη θέση Τουρλίδα όπου εντοπίζεται και η ομώνυμη αλυκή. Η αμμολουρίδα αυτή διαχώρισε μια μεγάλη θαλάσσια έκταση από τον Πατραϊκό κόλπο που δεν ξεχώριζε και αποτελούσε συνέχεια της κεντρικής λιμνοθάλασσας πριν την κατασκευή του δρόμου Μεσολογγίου – Τουρλίδας.



Η Ανατολική (α) και η Δυτική (β) λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας

Καταλαμβάνει συνολικά περίπου 23.000 στρέμματα, είναι πολύ ρηχή με βάθος λιγότερο από 1 μέτρο στην πλειονότητα της έκτασής της και χωρίζεται τεχνητά σε δύο διαμερίσματα με ξεχωριστό περιβαλλοντικό χαρακτήρα, την Ανατολική και τη Δυτική Κλείσοβα (Marazioti et al., 2010).

Το δυτικό κομμάτι, έκτασης 15.000 στρεμμάτων, είναι συνδυασμός κλειστού και ανοιχτού τύπου λιμνοθάλασσας που επικοινωνεί με τη θάλασσα με δύο διαύλους και οριοθετείται από αυτή με πέντε ιχθυοφραγμούς. Ένα πλήθος εγκάρσιων αναχωμάτων κατασκευάστηκαν σε αυτή με σκοπό την αύξηση της αλατότητας για την τροφοδοσία των αλυκών Μεσολογίου (Katselis et al. 2003). Το ιδιαίτερα μικρό βάθος και η σχετικά μικρή κυκλοφορία, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία συνθηκών πολύ υψηλής αλατότητας κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών.

Το ανατολικό μικρότερο κομμάτι έχει έκταση 8000 στρεμμάτων. Είναι πλήρως απομονωμένο από την υπόλοιπη Κλείσοβα και χαρακτηρίζεται ως κλειστού τύπου. Έχει σχετικά χαμηλή αλατότητα, σε αντίθεση με το δυτικό, λόγω της σταθερής ροής γλυκού νερού από το βιολογικό καθαρισμό, τα αποστραγγιστικά αντλιοστάσια και ρέματα. Επικοινωνεί με τη θάλασσα με ένα διάυλο μήκους 3 χιλιομέτρων περίπου. Οριοθετείται προς νότο από τον Πατραϊκό Κόλπο με δύο ιχθυοφραγμούς. (Katselis et al. 2003).

Η Ανατολική και η Δυτική Κλείσοβα αποτελούσαν ενιαία περιοχή αλλά στα τέλη της δεκαετίας του '60 πραγματοποιήθηκε ο τεχνητός διαχωρισμός τους με τη δημιουργία καναλιού απομάκρυνσης των λυμάτων του Μεσολογίου από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας τους προς την ανοιχτή θάλασσα (Hotos et al., 1997)

## **Η κεντρική λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου**

Είναι η κύρια και μεγαλύτερη περιοχή του οικοσυστήματος με έκταση 80.000 στρεμμάτων.

Είναι εξαιρετικά ρηχή στο σύνολό της. Το βάθος των υδάτων κυμαίνεται μεταξύ λίγων εκατοστών στις εσωτερικές περιοχές, έως περίπου 2,5 μέτρα κοντά στο νησί Βασιλάδι (Marazioti C.E. et al., 2010). Το μέσο βάθος της είναι μικρότερο από 1 μέτρο.

Συνδέεται με τον Πατραϊκό Κόλπο προς νότο και συνεπώς άμεσα με ανοιχτή θάλασσα. Το θαλασσινό νερό κυκλοφορεί μεταξύ της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου και του Πατραϊκού κόλπου αλλά και μεταξύ των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου και Αιτωλικού (Koutsodendris et al. 2015).

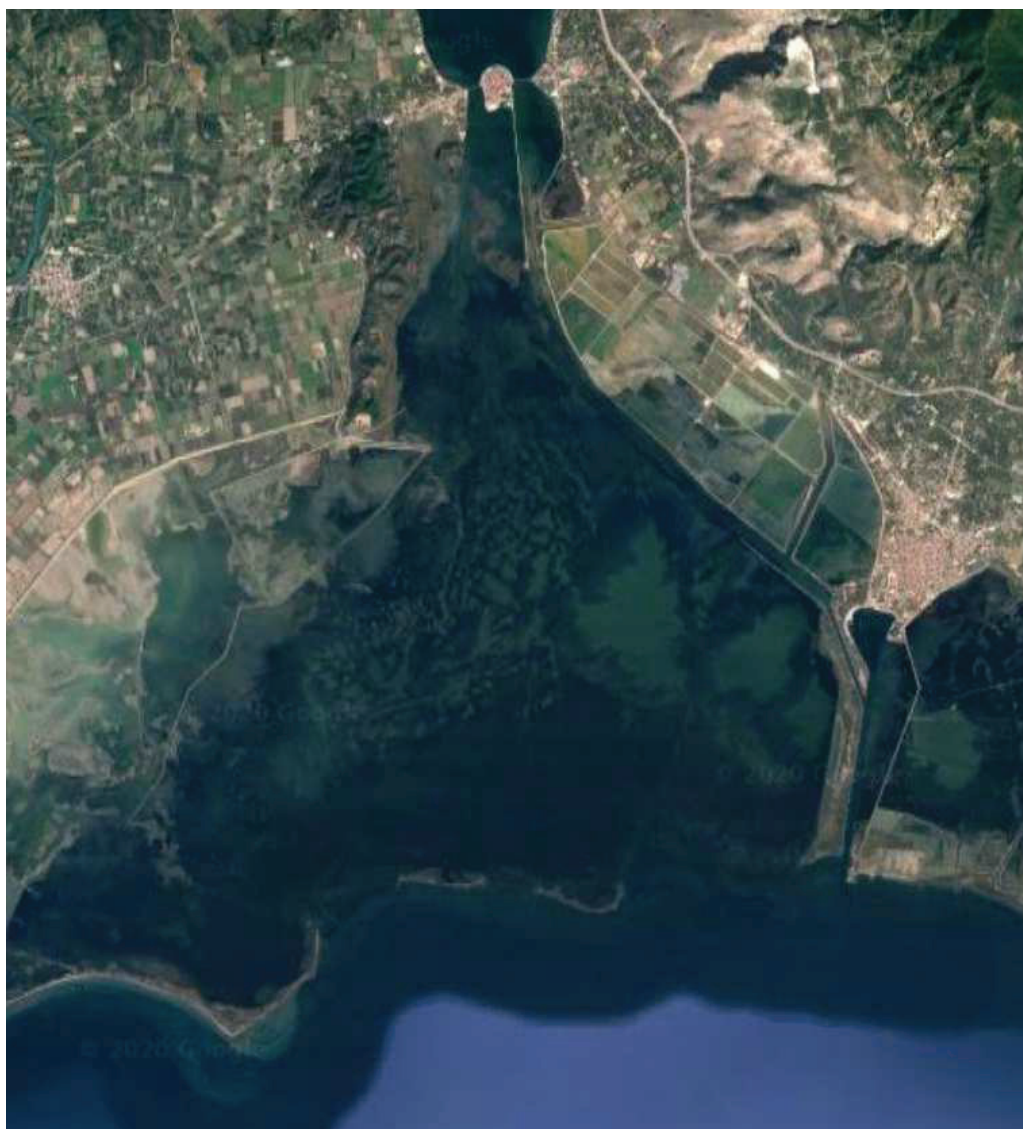
Στο όριο μεταξύ Πατραϊκού κόλπου και λιμνοθάλασσας Μεσολογίου υπάρχουν μακριές και στενές αμμουριές και μικρά νησιά (Vött et al., 2007) σε προσανατολισμό ανατολής-δύσης.

Η επικοινωνία με την ανοιχτή θάλασσα ρυθμίζεται από το εποχικό αιολικό καθεστώς (Katselis et al. 2007). Σύμφωνα με τον Τσίμπλη (Tsimplis MN, 1994), οι παλίρροιες ακολουθούν κύκλο με ύψος γενικά μικρότερο από 20 εκατοστών.



Στο δυτικότερο άκρο της απομονώνεται από τη λιμνοθάλασσα της Θολής μέσω των "αλογοπεραμάτων".

Στο ανατολικό της άκρο, πραγματοποιήθηκαν το 1930 εργασίες εκβάθυνσης για τη δημιουργία διαύλου μήκους 6 χιλιομέτρων που ξεκινά από το Μεσολόγγι και καταλήγει δυτικά της Τουρλίδας. Το πλάτος του διαύλου είναι 50 μέτρα και το βάθος του λίγο πάνω από τα 6 μέτρα. Τα βυθοκορύματα εναποτέθηκαν δυτικά του διαύλου και δημιούργησαν το λεγόμενο νησί Τουρλίδας.



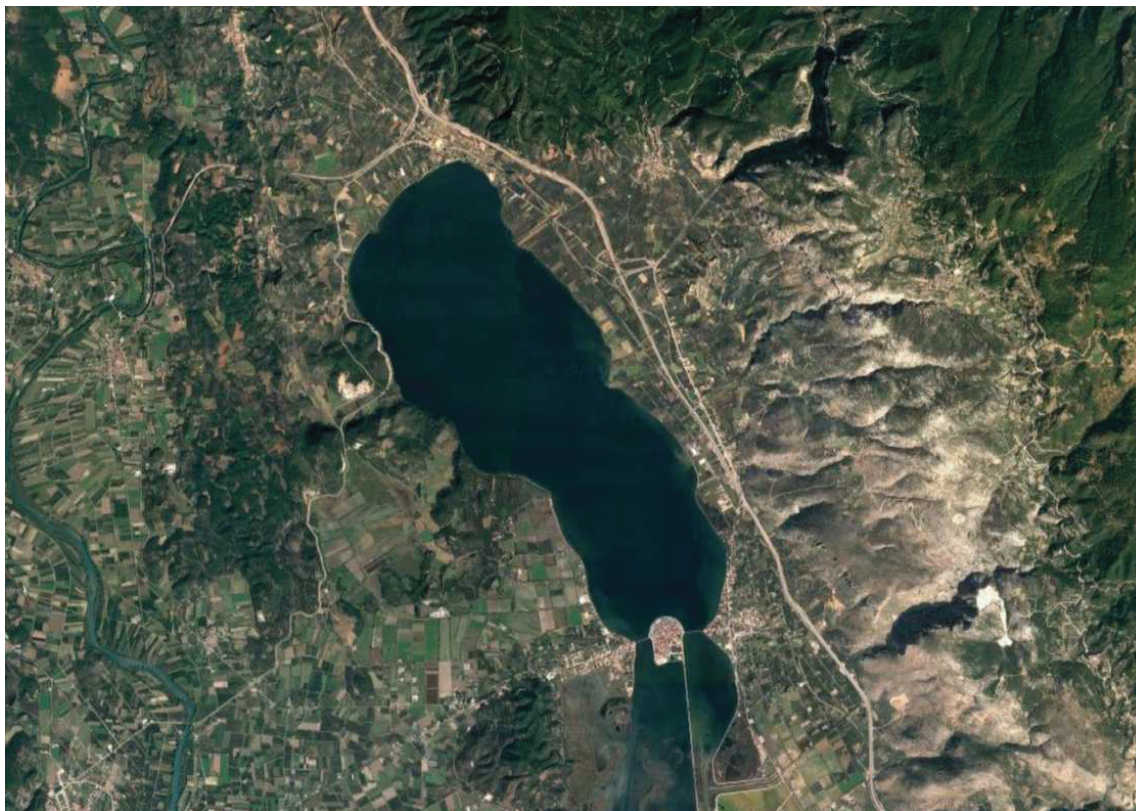
*Η Κεντρική λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου*

## **Η λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού**

Βρίσκεται στη βόρεια περιοχή του οικοσυστήματος και επικοινωνεί στο νότο με την κεντρική λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου μέσω δύο διαύλων.

Είναι η βαθύτερη λιμνοθάλασσα της περιοχής, με μέγιστο βάθος 33 μέτρα (Marazioti C.E. et al., 2010) και καταλαμβάνει έκταση 18.000 στρεμμάτων περίπου.

Το σχήμα της είναι ελλειψοειδές σε κατεύθυνση ΒΔ – ΝΑ. Οι διαστάσεις της είναι περίπου 7 χιλιόμετρα μήκος και πλάτος 2-3 χιλιόμετρα. (Avramidis et al., 2015).



*Η λιμνοθάλασσα Αιτωλικού*

Το μεγάλο βάθος της σύμφωνα με τους Vött et al. (2007) εξηγείται λόγω της ισχυρής τεκτονικής επιρροής στο σχηματισμό της.

Στα βόρεια και ανατολικά, η λιμνοθάλασσα πλαισιώνεται από τα ασβεστολιθικά βουνά του Αρακύνθου με μέγιστο υψόμετρο 700 μέτρα (Koutsodendris et al. 2015). Το δυτικό τμήμα της συνορεύει με εβαπορίτες, ασβεστόλιθο και γύψο στην περιοχή Αγίου Ηλία αλλά και συγκροτήματα Πλειόκαινου και μαρμάρων στην περιοχή του Αγίου Νικολάου (Avramidis et al. 2000, Haenssler et al. 2013).

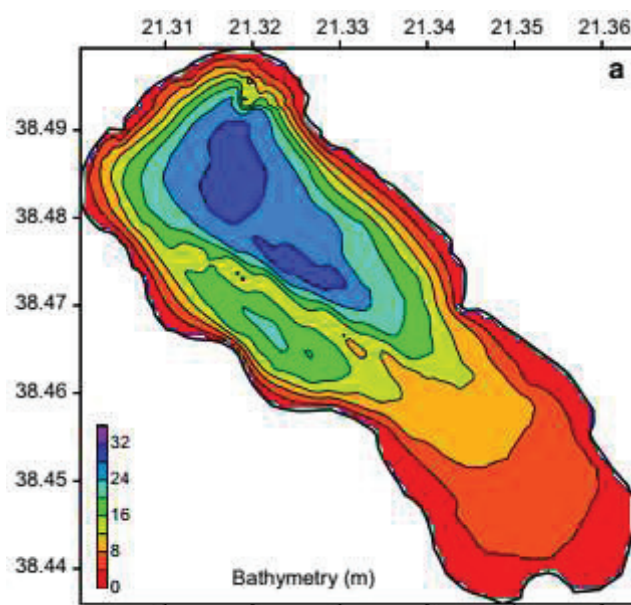
Στο νότιο τμήμα της βρίσκουμε το νησί της πόλης του Αιτωλικού που χωρίζει ουσιαστικά τη βαθιά λιμνοθάλασσα Αιτωλικού από τη ρηχή λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου.

Οι δύο λιμνοθάλασσες συνδέονται μέσω δύο στενών καναλιών με συνολικό άνοιγμα περίπου 170 μέτρων δυτικά και ανατολικά του νησιού που είναι ιδιαίτερα ρηχά (σε ορισμένα σημεία το βάθος δεν υπερβαίνει τα 30 εκατοστά), περιορίζοντας την κυκλοφορία

του νερού μεταξύ των δύο λιμνοθαλασσών (Marazioti et al., 2010). Το μέσο βάθος των ανοιγμάτων αυτών είναι 1,2 μέτρα. (Gianni et al., 2011)

Η περιορισμένη σύνδεση με τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου, η ανεπαρκής εισροή γλυκού νερού και γενικά η μορφολογία της λιμνοθάλασσας οδηγεί σε μια μόνιμα στρωματοποιημένη στήλη νερού (Paradas et al., 2009). Το κύριο χαρακτηριστικό της λιμνοθάλασσας είναι η μόνιμη θερμοκλίνη και αλοκλίνη και ένα ανοξικό υπολίμνιο (Brauer, 2004).

Λόγω του βάθους της, του προσανατολισμού της σε σχέση με την ακτογραμμή (έχει τον άξονά της κάθετα στην ανοικτή θάλασσα) και της έλλειψης μετώπου προς την ανοικτή θάλασσα, η λιμνοθάλασσα Αιτωλικού αποτελεί παράδειγμα άτυπης μορφής λιμνοθάλασσας (Koutsodendris et al., 2015).



Απεικόνιση του βάθους της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού  
σχήμα από: Avramidis et al., (2015)

Εκτός όμως από τα θαλασσινά νερά η λιμνοθάλασσα δέχεται και άφθονα γλυκά νερά από τρεις μεγάλους χείμαρρους, από πολλούς μικρούς, από παροδικές και μόνιμες πηγές που βρίσκονται σε όλη την έκτασή της, καθώς επίσης και από αντλιοστάσια που στέλνουν τα ιδιαίτερα ρυπασμένα νερά τους στην ευαίσθητη λεκάνη.

Έρευνα στα ιζήματα της λιμνοθάλασσας έδειξε ότι μέχρι και το 6500 π.Χ. η λιμνοθάλασσα Αιτωλικού ήταν μια λίμνη με γλυκό νερό. Έτσι, σύμφωνα με τον Haenssler et al. (2013), είναι λάθος να καλείται λιμνοθάλασσα, αφού ήταν ανεξάρτητη δομή χωρίς αμφιβολία.

Από το 6500 πΧ και μετά έχουμε εισβολή αρμυρού νερού με ένα δεύτερο κύριο κύμα εισβολής να εμφανίζεται περίπου στο 4.600 π.Χ..

Περίπου το 3200 π.Χ., αυξάνεται η είσοδος γλυκού νερού που διακόπτει περιοδικά τη θαλάσσια επιρροή.

Οι Vött et al. (2007) επαλήθευσαν ότι στη λίμνη απορρίπτονταν νερά και του ποταμού Αχελώου μέσω καναλιού που δεν υπάρχει σήμερα. Το ίδιο υποστηρίζουν και μια σειρά περιηγητών. Με βάση αεροφωτογραφίες και ιστορικά αρχεία, οι Piper και Panagos (1981) εντόπισαν ένα εγκαταλελειμμένο σύστημα μαιανδρικής μορφής καναλιού του ποταμού Αχελώου που αποστράγγιζε στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της λιμνοθάλασσας είναι οι μόνιμα ανοξικές συνθήκες στο βαθύτερο στρώμα νερού (7-35μ) και ο σχηματισμός υδρόθειου, όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια. Η ανοδική μετανάστευση του υδρόθειου στα επιφανειακά ύδατα προκάλεσε διάφορες εκδηλώσεις θνησιμότητας ψαριών κατά τα τελευταία 150 χρόνια.

## **Η Λιμνοθάλασσα Θολής**

Είναι λιμνοθάλασσα κλειστού τύπου, δημιούργημα της δράσης του Αχελώου, έκτασης 14.000 στρεμμάτων και μέσου βάθους περίπου 1 μέτρου, στο δυτικό τμήμα του συμπλέγματος λιμνοθαλασσών του Εθνικού Πάρκου.

Είναι μια υφάλμυρη κλειστή λιμνοθάλασσα με περιορισμένη δυνατότητα ανταλλαγής και κυκλοφορίας νερών. Το μέτωπό της νοτιοδυτικά βρίσκεται στο Ιόνιο πέλαγος. Δυτικά συνορεύει με το ιχθυοτροφείο «Γουρουνούπoules» του Παλαιοπόταμου, ενώ στα ανατολικά της βρίσκεται το ιχθυοτροφείο του Προκοπάνιστου. Προς βορρά υπάρχουν αβαθείς ή αποξηραμένες εκτάσεις.



Οι λιμνοθάλασσες Θολής (α) ανατολικά και Παλαιοπόταμου (β) νοτιοδυτικά (χάρτης από Google Earth, επεξεργασία Κ. Κατσαρός)

Νότια, επικοινωνεί με τη θάλασσα του Πατραϊκού κόλπου μέσω των ανοιγμάτων του Προκοπάνιστου και της Θολής, δύο περιοχών με ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις και οριοθετείται από αυτή με φυσική αμμονησίδα μήκους 2,5 χιλιομέτρων. Επικοινωνεί επίσης και με την κεντρική λιμνοθάλασσα μέσω δύο διαύλων.

Στην αμμονησίδα υπάρχουν δύο στόμια επικοινωνίας με την ανοιχτή θάλασσα. Πρόκειται για εσοδευτικά στόμια με πλάτος 10 μέτρα και 30 μέτρα περίπου. Μέχρι την δεκαετία του '70 υπήρχε και τρίτο στόμιο μέσω του οποίου η λιμνοθάλασσα επικοινωνούσε με την λιμνοθάλασσα του Παλαιοπόταμου, το οποίο έκλεισε με την κατασκευή του αντλιοστασίου της περιοχής απομονώνοντας εντελώς τη μία από την άλλη περιοχή την δεκαετία του '60.

## Η Λιμνοθάλασσα Παλαιοποτάμου

Βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο του συμπλέγματος των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού και είναι μια λιμνοθάλασσα κλειστού τύπου υψηλής σχετικά αλατότητας, έκτασης 6.000 στρεμμάτων και βάθους που κυμαίνεται από 0.1 έως 6 μέτρα (έχει μέσο βάθος 1 μέτρο). Αποτελείται από δύο κύρια τμήματα το ανατολικό αβαθές με μέγιστο βάθος 80 εκατοστών και το δυτικό (Πόρτο) με μέγιστο βάθος 6 μέτρων, τα οποία επικοινωνούν μέσω τριών στενών διαύλων. (Christia et al., 2016)

Η περιοχή, όπως και αυτή της Θολής, έχει δεχτεί την έντονη επιρροή από την ανάπτυξη και την εξέλιξη του ποταμού Αχελώου, ενός ποταμού με τρέχουσα ετήσια απόρριψη 3-4 εκατομμυρίων τόνων φερτών υλικών (Piper and Panagos 1981).



Χάρτης της λιμνοθάλασσας του Παλαιοπόταμου όπου απεικονίζονται οι διάυλοι επικοινωνίας με τη θάλασσα (βέλη), η θέση του αντλιοστασίου (A) και το σημείο εισόδου του νερού από το αποστραγγιστικό κανάλι (E) (χάρτης από Google Earth, επεξεργασία Κ. Κατσαρός)

Προς νότο επικοινωνεί με την ανοιχτή θάλασσα του Πατραϊκού κόλπου μέσω τριών στομιών που κατασκευάστηκαν το 1988 ενώ δέχεται γλυκό νερό από αποστραγγιστικό κανάλι στη νοτιοανατολική της πλευρά. Το συνολικό πλάτος των στομιών, που κατασκευάστηκαν το 1988, είναι 35 μέτρα. Η περιορισμένη εισροή γλυκών υδάτων καθώς και η περιορισμένη επικοινωνία με το Ιόνιο Πέλαγος, πέρα από την εποχικά υψηλή αλατότητα τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες που έχουμε μειωμένες ποσότητες εισερχόμενων γλυκών νερών, έχουν σαν συνέπεια και την εποχικά αυξημένη συγκέντρωση θρεπτικών. (Christia et al., 2016)

Υπόκειται σε συστηματική αλιευτική εκμετάλλευση (Katselis et al., 2003).

Λιμνοθάλασσα	Έκταση (στρέμματα)	Μέσο βάθος (σε μέτρα)
Ανατολική Κλείσοβα	8000	0,8
Δυτική Κλείσοβα	15000	1
Κεντρική Μεσολογίου	80000	0,8
Αιτωλικού	18000	20
Θολής	14000	1
Παλιοπόταμου	6000	1

Βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά συμπλέγματος λιμνοθαλασσών Μεσολογίου-Αιτωλικού

## Γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής

---

Η περιοχή της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου – Αιτωλικού διαμορφώθηκε εντός εγκατακρημνισιγενούς λεκάνης στο νοτιοδυτικό τμήμα της Αιτωλοακαρνανίας (Καρανίκα Μ., 2015). Η δημιουργία ολοκληρώθηκε κατά την Πλειστοκαινική περίοδο με την επίδραση γλυκών και υφάλμυρων νερών στην τάφρο Μεσολογγίου – Πατραϊκού. Η λιμνοθάλασσα οριοθετείται από τα δυτικά προς τα ανατολικά από τον ποταμό Αχελώο, τις απολήξεις των Ακαρνανικών ορέων, τον ορεινό όγκο του Αράκυνθου, τον ποταμό Εύηνο και το όρος Βαράσοβα.

Η περιοχή ανήκει στην ενότητα των ασβεστόλιθων της Πίνδου και αναπτύσσεται στους ανθρακικούς σχηματισμούς της ζώνης αυτής.

Γεωλογικά η περιοχή ανήκει σε δύο κύριες περιοχές, αυτή της κεντρικής Ιόνιας ενότητας και αυτή των μεταλλικών σχηματισμών. Στην πρώτη ενότητα υπάρχουν ανθρακικοί σχηματισμοί βαθιάς θάλασσας στη βάση των οποίων βρίσκουμε λατυποπαγείς μάζες τεφρών ασβεστόλιθου και γύψου του Τριαδικού και στην κορυφή φλύσχη του Ολιγόκαινου.

Προς τις εκβολές του Αχελώου θα συναντήσουμε ασβεστόλιθους και σε μικρότερη έκταση ασβεστόλιθους - δολομίτες με κερατόλιθους Ιουρασικής ηλικίας.

Λατυποπαγή και γύψος συναντώνται από τις παρυφές των Ακαρνανικών μέχρι και τον Πατραϊκό κόλπο, διασχίζοντας το δυτικό τμήμα της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού.

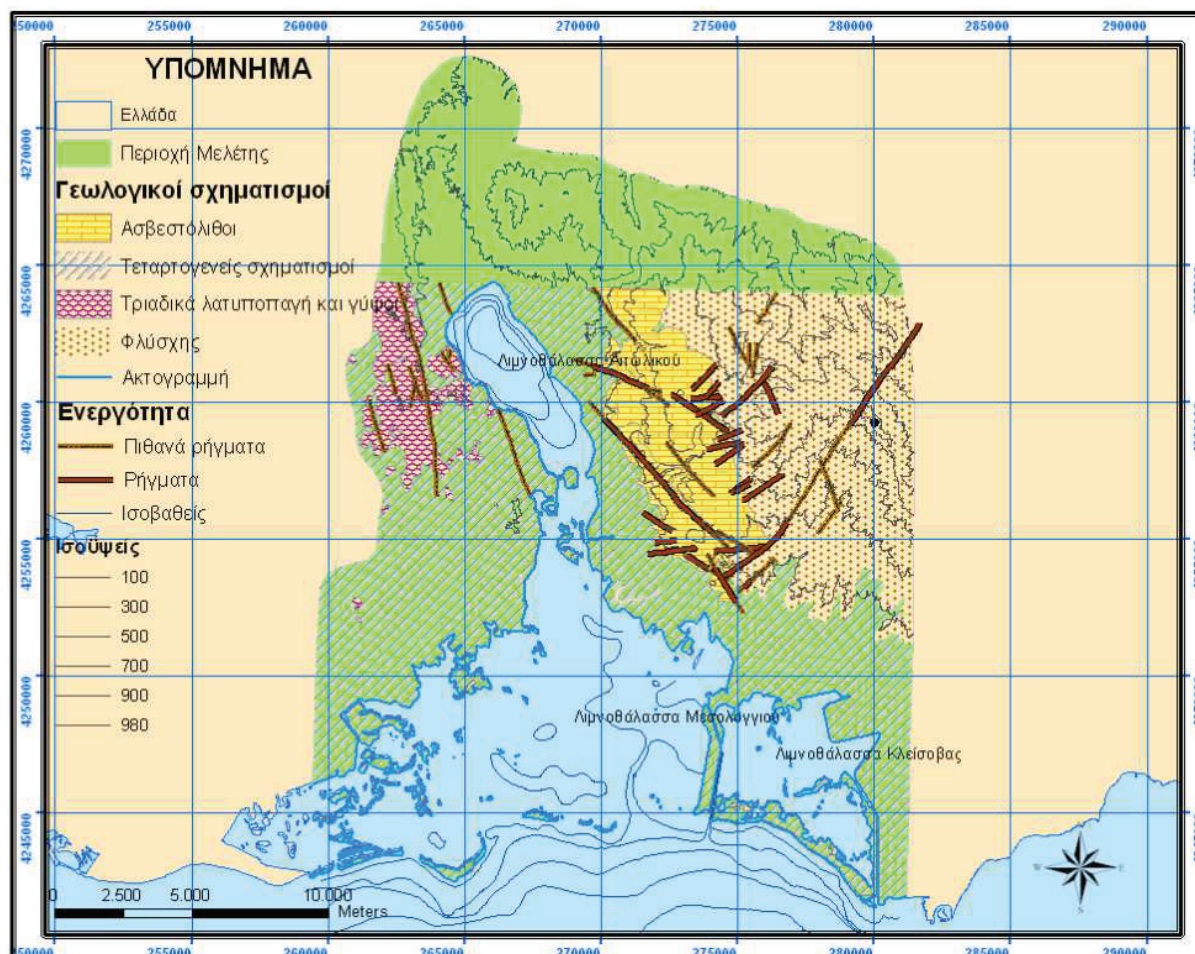
Μεταλλικούς σχηματισμούς θα συναντήσουμε στην ημιορεινή περιοχή βόρεια της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού αλλά και σε πεδινά τμήματα στην ίδια περιοχή καθώς και στις κοίτες των ποταμών.

Στον Αράκυνθο συναντούμε στο μεγαλύτερο τμήμα φλύσχη αλλά και ασβεστόλιθους. Σε αυτό το σχηματισμό, τα φαράγγια της Κλεισούρας και της Κρεμαστής αποτελούν δύο μεγάλα δημιουργήματα της διαβρωτικής δράσης των νερών της Αιτωλοακαρνανικής λεκάνης που υδροδοτείται από τον Αχελώο αλλά και άλλους χείμαρρους.

Στο νοτιοανατολικό άκρο της λιμνοθάλασσας υπάρχει ο επίσης ασβεστολιθικός όγκος της Βαράσοβας, ένας σχηματισμός με απόκρημνες ορθοπλαγιές προς το μέρος της θάλασσας και πιο ήπιες κλίσεις στην άλλη πλευρά.

Τόσο στον Αράκυνθο όσο και στη Βαράσοβα θα συναντήσουμε επίσης μικρούς σπηλαιϊκούς σχηματισμούς.

Στο γεωλογικό χάρτη, οι σχηματισμοί έχουν χωριστεί σε Τριαδικά λατυποπαγή και γύψους, ασβεστόλιθους, φλύσχεις και τεταρτογενείς σχηματισμούς.



Οι γεωλογικοί σχηματισμοί στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου (σχήμα από: Λαγκαδινού Μαρία, Ειδική Περιβαλλοντική - Οικιστική Μελέτη του Συμπλέγματος Λιμνοθαλασσών Μεσολογγίου – Αιτωλικού με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.), Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών 2004)

Η έντονη ιζηματογένεση από τους σχηματισμούς γύρω από τη λιμνοθάλασσα σε συνδυασμό με τις συχνές βροχοπτώσεις στην περιοχή έχει δημιουργήσει ή τροφοδοτεί αρκετές πηγές. Συμβάλει όμως και στη δημιουργία του χώρου μετά από τους ορεινούς όγκους. Η περιοχή χαρακτηρίζεται γενικά πεδινή, αφού το ορεινό τμήμα της περιλαμβάνει κυρίως χαμηλούς λόφους και τα χαμηλά βουνά βρίσκονται σε απόσταση αρκετών χιλιομέτρων από την ακτογραμμή.

Η παρούσα γεωμορφολογία είναι αποτέλεσμα της έντονης ιζηματογένεσης. Κατά τη μεταπλειοκαινική περίοδο, μετά από καθιζήσεις και γεωλογικές ανακατατάξεις, τα νερά πήραν την πορεία που έχουν και σήμερα και κατέληξαν στο χώρο της λιμνοθάλασσας δεχόμενα τις επιδράσεις της ανοιχτής θάλασσας (Καρανίκας Μ., 2015). Τα ιζήματα που μεταφέρονταν από τον Εύηνο και τον Αχελώο ισοπέδωσαν μορφολογικές ανωμαλίες του πυθμένα. Σε όλο το πεδινό κομμάτι οι κλίσεις του εδάφους είναι μικρές. Οι κλίσεις είναι μεγαλύτερες στους πρόποδες των λόφων και στο ορεινότερο τμήμα.



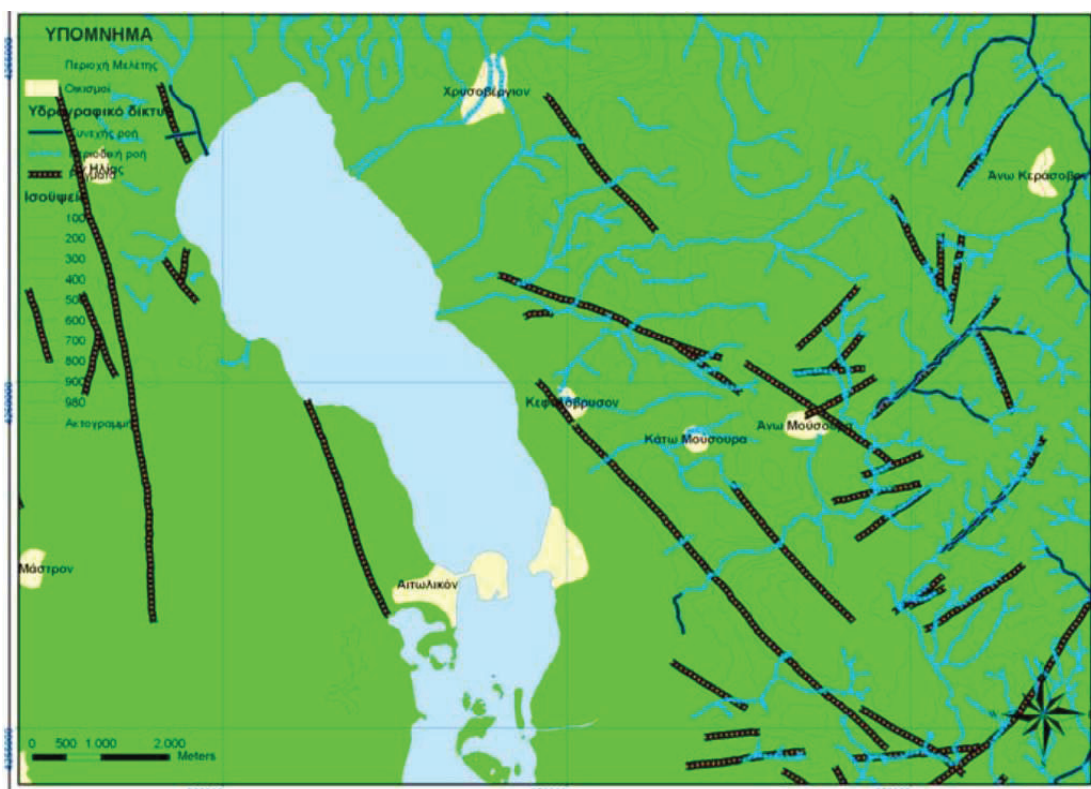
Πολλά νησάκια της περιοχής, που ανήκαν στο σχηματισμό των Εχινάδων νήσων, ενώθηκαν με τη στεριά εξαιτίας των προσχώσεων, ενώ άλλα παρέμειναν. Η υφή των πετρωμάτων σε αυτά τα νησάκια δείχνει ιζηματογένεση σε αβαθές και ήρεμο περιβάλλον (Καρανίκα Μ., 2015).

Στην ίδια περιοχή παρατηρούνται επίσης πρωτογενείς αμμοθίνες που έχουν συσσωρευτεί πιο εσωτερικά λόγω της επίδρασης του θαλάσσιου κυματισμού.

## Τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής

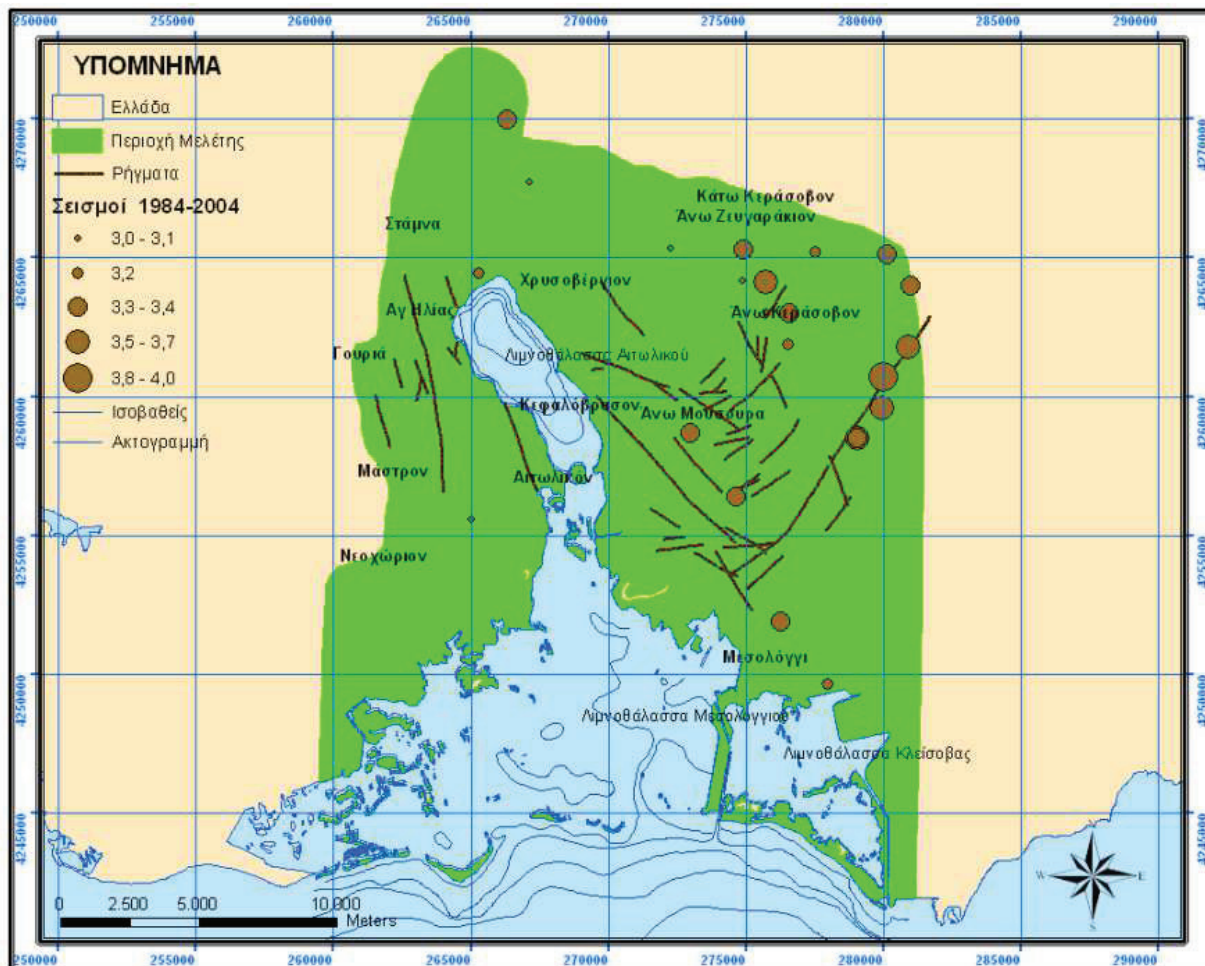
Η περιοχή της Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου έχει δεχτεί πολλές τεκτονικές ανακατατάξεις από την εποχή των αλπικών ορογενέσεων και μετά. Έντονη δραστηριότητα παρατηρείται επίσης προς το τέλος της Μειοκαινικής περιόδου με το σχηματισμό ρηξιγενών ζωνών, ποικίλων διευθύνσεων. Κατά την περίοδο αυτή διασπάται η ενιαία λεκάνη του Αχελώου σε πολλά τμήματα και σχηματίζονται οι τάφροι του Αγρινίου και του Πατραϊκού κόλπου.

Κατά την τελευταία Πλειστοκαινική περίοδο η τάφρος του Αγρινίου γέμισε με γλυκό νερό και η τάφρος Μεσολογίου – Πατραϊκού με γλυκό ή υφάλμυρο νερό. Τελικά ένα μεγάλο μέρος κατακλύσθηκε από τη θάλασσα.



Τα ρήγματα στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού  
(σχήμα από: Λαγκαδινού Μαρία, Ειδική Περιβαλλοντική - Οικιστική Μελέτη του Συμπλέγματος  
Λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.),  
Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών 2004)

Η μορφή της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού ακολουθεί την διεύθυνση των ρηγμάτων αποδεικνύοντας την επιρροή των τεκτονικών διαδικασιών στην περιοχή.



Τα ρήγματα στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου (σχήμα από: Λαγκαδινού Μαρία, Ειδική Περιβαλλοντική - Οικιστική Μελέτη του Συμπλέγματος Λιμνοθαλασσών Μεσολογγίου – Αιτωλικού με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.), Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών 2004)

## Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

---

Η λιμνοθάλασσα Μεσολογίου – Αιτωλικού, είναι ένας υγρότοπος η μεγάλη οικολογική σημασία. Για το λόγο αυτό ολόκληρη η λιμνοθάλασσα προστατεύεται από τη Σύμβαση Ramsar και ορισμένες περιοχές της περιλαμβάνονται στο δίκτυο Natura 2000.

Σχηματίστηκε στην περιοχή μεταξύ των δέλτα του Αχελώου και του Ευήνου δεχόμενη τις φερτές ύλες από αυτούς αλλά και την επίδραση της ανοιχτής θάλασσας στο νότο. Εξαίρεση αποτελούν η βαθιά λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού που είναι σήμερα σχετικά απομονωμένη αλλά και οι βαλτονησίδες του Ντολμά και του Πόρου Αιτωλικού που σχηματίστηκαν από τις προσχώσεις του χειμάρρου της Κρεμαστής στον χώρο δυτικά της Φοινικιάς.

Η επικοινωνία με την ανοιχτή θάλασσα ρυθμίζεται από το εποχικό αιολικό καθεστώς (Katselis et al. 2007) και οι παλίρροιες ακολουθούν ένα χρονικό κύκλο με παλιρροιακό ύψος μικρότερο από 20 εκατοστά. Τα γεωλογικά και υδροδυναμικά χαρακτηριστικά της λιμνοθάλασσας, που είναι ιδιαίτερα σημαντικά για τη δημιουργία αλλά και τη συντήρηση του οικοσυστήματος, καθορίζονται και επηρεάζονται τόσο από τις εναποθέσεις ιζημάτων και τη ροή νερού στις λιμνοθάλασσες (Basset et al. 2006). (Karageorgis et al., 2012) όσο και από την ανταλλαγή υδάτινων μαζών στο νότιο τμήμα που υπάρχει επικοινωνία με τον Πατραϊκό κόλπο (Fourniotis et al., 2008). Οι αλλαγές στην υδρολογική κατάσταση μιας λιμνοθάλασσας μπορεί να οφείλονται και σε αλλαγές χρήσης στη λεκάνη απορροής κυρίως εξαιτίας ανθρωπογενών παρεμβάσεων.

Τα παλιρροιακά ρεύματα στον Πατραϊκό κόλπο είναι γενικά πολύ αδύναμα με εξαίρεση την περιοχή στο στενό του Ρίου που μπορεί να είναι ισχυρά. Κατά τον τελευταίο παγετώνα πριν από 20.000 χρόνια, η στάθμη της θάλασσας μειώθηκε περισσότερο από 100 μέτρα ενώ αυξήθηκε και πάλι ραγδαία στη συνέχεια και μέχρι το 5000 π.Χ.. Οι αλλαγές που ακολούθησαν ήταν μικρές και οφείλονται κυρίως σε τοπικές τεκτονικές αλλαγές. Τα δέλτα των δύο ποταμών είχαν προχωρήσει μέχρι και 40 μέτρα ή περισσότερο σε περιοχές του Πατραϊκού κόλπου, που σήμερα είναι κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Όμως, τα ρηχά νερά στην περιοχή των δύο δέλτα είναι εκτεθειμένα και σε ισχυρούς νοτιοδυτικούς ανέμους που μπορεί κάποιες φορές να οδηγήσουν σε άνοδο της στάθμης μέχρι και 1 μέτρο (Karymbalis et al., 2007) και συνεπώς τα ιζήματα τελικά συσσωρεύονται κυρίως στα σημερινά όρια των λιμνοθαλασσών.

Ο έντονος κυματισμός λόγω καιρικών συνθηκών δημιουργεί και το μεγάλο πρόβλημα της σταδιακής αποσάθρωσης και διάβρωσης της ακτογραμμής με αποτέλεσμα και την σταδιακή σφράγιση των εισόδων από ιζήματα. Το πρόβλημα σύμφωνα με τους Fourniotis & Horsch (2008) είναι έντονο σε δύο κυρίως περιοχές, αυτή της λιμνοθάλασσας της Θολής στα δυτικά και της λιμνοθάλασσας της Κλείσοβας στα ανατολικά. Στις περιοχές αυτές έχουν κατασκευαστεί τεχνικά έργα για τη διατήρηση του ανοίγματος των εισόδων και την παρεμπόδιση της συσσώρευσης ιζημάτων στα στόμια. Απαιτείται τακτική συντήρηση των έργων με βυθοκόρηση στην περιοχή μπροστά από το στόμιο και στο πίσω μέρος του καναλιού μέσα στη λιμνοθάλασσα, μέχρι το βάθος της ανοιχτής θάλασσας. Η άμμος από

την ανασκαφή μπορεί να χρησιμοποιείται για τη διατήρηση των τεχνικών έργων (Piper & Panagos 1981).

Στην περίπτωση της βαθιάς λιμνοθάλασσας Αιτωλικού, η μορφολογία και η κυκλοφορία των υδάτων ρυθμίζει και το εύρος της ανοξίας ή υποξίας. Σύμφωνα με τους Gianni & Zacharias (2012), η μείωση των απορρίψεων γλυκού νερού σε μια βαθιά λιμνοθάλασσα επηρεάζει άμεσα τις φυσικοχημικές παραμέτρους των επιφανειακών στρωμάτων νερού και στη συνέχεια ολόκληρη τη στήλη νερού. Μικρή αύξηση των εισερχόμενων ροών φρέσκου αρμυρού οξυγονωμένου νερού μπορεί να ελέγξει τη ροή των γλυκών νερών. Μεγαλύτερη αύξηση στα εισερχόμενα οξυγονωμένα νερά μπορεί να οδηγήσει περισσότερο οξυγόνο σε κατώτερα επίπεδα στη στήλη νερού και να μειώσει την ανοξία σε αυτή.

Λιμνοθάλασσα	Επίδραση δέλτα	Κυματισμός	Κυκλοφορία νερού με ανοικτή θάλασσα
Αν. Κλείσοβας	Ευήνου	Όχι	1 κανάλι
Δυτ. Κλείσοβας	Ευήνου	Ήπιος	3 κανάλια
Μεσολογίου	Αχελώου και Ευήνου	Επίδραση ανοικτής θάλασσας	Μέτωπο μεγάλου μήκους
Αιτωλικού	Όχι	Επίδραση κεντρικής ΛΘ	2 κανάλια κατά μήκος
Θολής	Όχι	Όχι	2 κανάλια με κεντρική
Παλιοπόταμου	Αχελώου	Όχι	3 κανάλια με ανοικτή

Υδρολογικά χαρακτηριστικά συμπλέγματος λιμνοθαλασσών Μεσολογίου Αιτωλικού

## Ποιοτικά χαρακτηριστικά

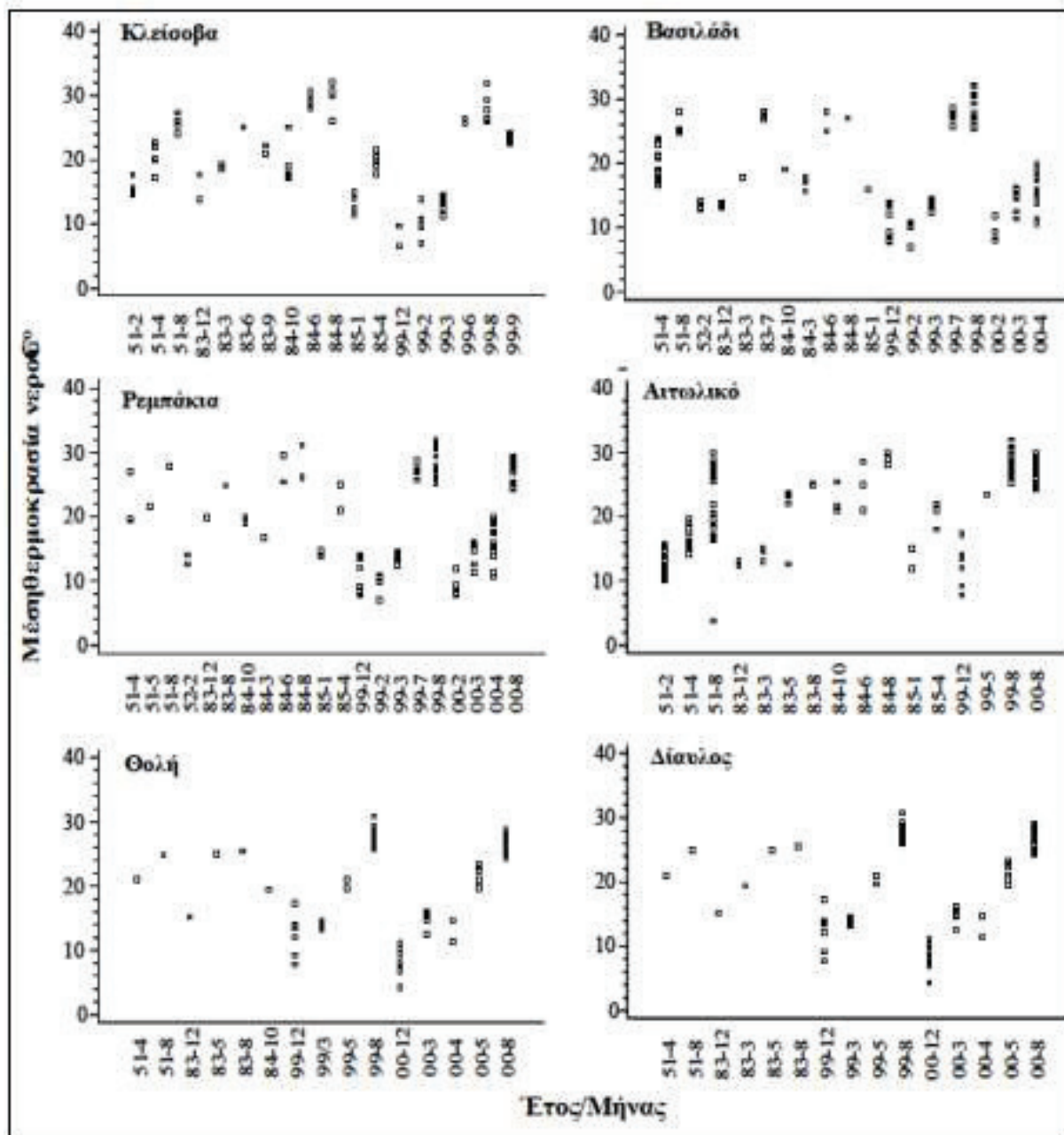
Στο παρελθόν (Hatzikakidis 1952, Dasenakis et al. 1994, Hotos and Avramidou 1997, Dimitriou 2007, FAO) έχουν γίνει μετρήσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου – Αιτωλικού. Οι παράμετροι που μετρήθηκαν ήταν η θερμοκρασία αέρα, η αλατότητα (SAL), το διαλυμένο οξυγόνο (DO), η στάθμη νερού και η θερμοκρασία νερού (WT). Συνοπτικές πληροφορίες και συμπεράσματα φαίνονται στη συνέχεια.

### Θερμοκρασία (T)

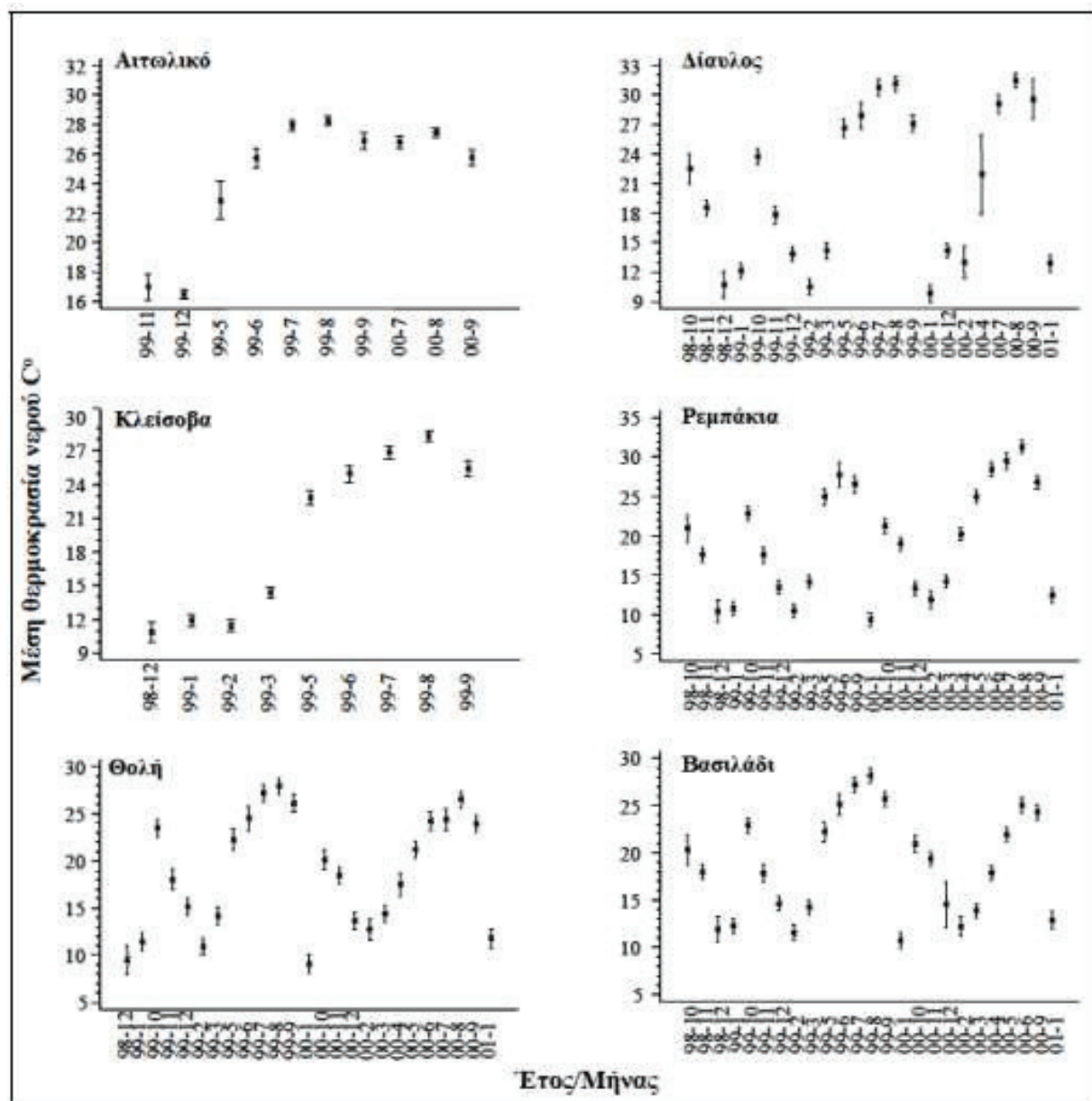
Η μεταβολή της θερμοκρασίας είναι καθοριστικός παράγοντας για την επιβίωση και τη συμπεριφορά των οργανισμών της λιμνοθάλασσας. Επηρεάζει επίσης όλες τις χημικές αντιδράσεις στα υδάτινα συστήματα αφού συνδέεται με την παρουσία διαλυμένου οξυγόνου σε αυτά.

Η μεταβολή της θερμοκρασίας στο νερό ακολουθεί αντίστοιχη πορεία με αυτή του αέρα και συνδέεται με αυτή με μαθηματικό τρόπο. Για παράδειγμα, στη λιμνοθάλασσα της Δυτικής Κλείσοβας περιγράφεται από τη σχέση:  $T_{νερού} = 1.081 + 0.96 T_{αέρα}$  (Χώτος et al. 1994)

Σύμφωνα με καταγραφές που έχουν γίνει, η θερμοκρασία σε όλα τα τμήματα της ΛΘ Μεσολογίου – Αιτωλικού ακολουθεί εποχιακή διακύμανση.



Μέσες μηνιαίες (1= Ιανουάριος.....12=Δεκέμβριος) τιμές θερμοκρασίας νερού από μελέτες που πραγματοποιήθηκαν το 1951-1952, το 1983, το 1984-1985 και το 1999-2000 σε κάθε λιμνοθάλασσα του συμπλέγματος Μεσολογίου-Αιτωλικού (Σχήμα σε: Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου (2009). Καταγραφή ανθρωπογενών και κλιματικών αλλαγών και της επίδρασής τους στο Εθνικό Πάρκο Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου. Τελική Έκθεση, από Χατζηκακίδης 1952, ΕΚΘΕ 1984, Δημητρίου 2007).



Μέση μηνιαία θερμοκρασία νερού σε κάθε τμήμα της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου κατά την περίοδο 1998-2001

(Σχήμα σε: Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου (2009). Καταγραφή ανθρωπογενών και κλιματικών αλλαγών και της επίδρασής τους στο Εθνικό Πάρκο Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου. Τελική Έκθεση από Δημητρίου, 2007)

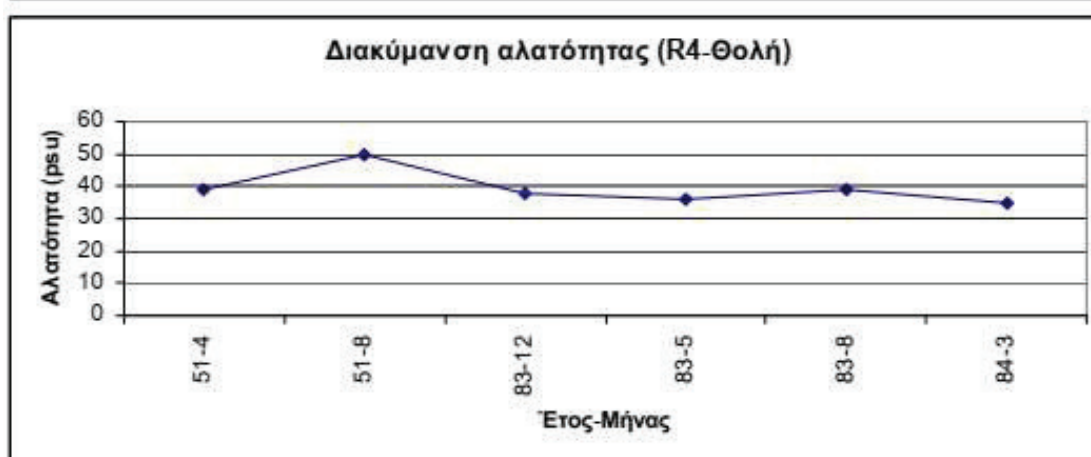
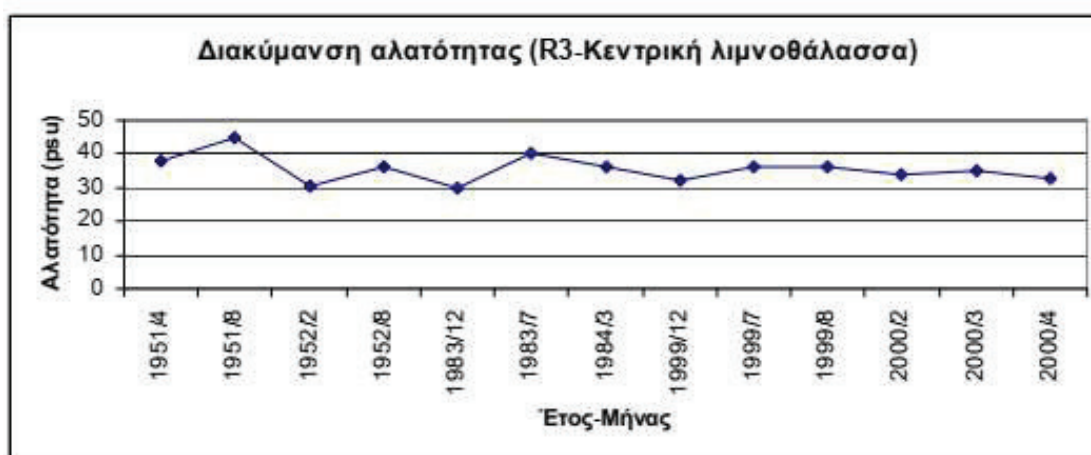
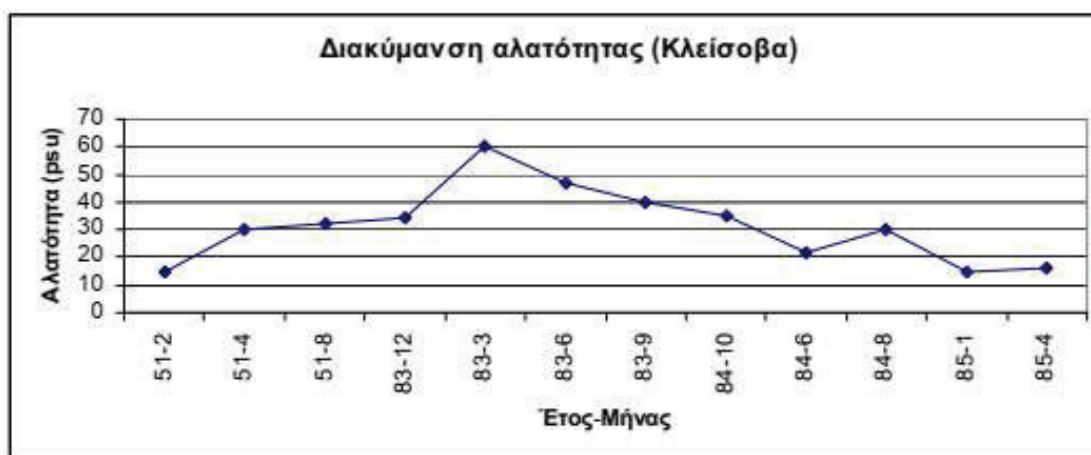
### Αγωγιμότητα (Conductivity-KCw) - Αλατότητα (Salinity)

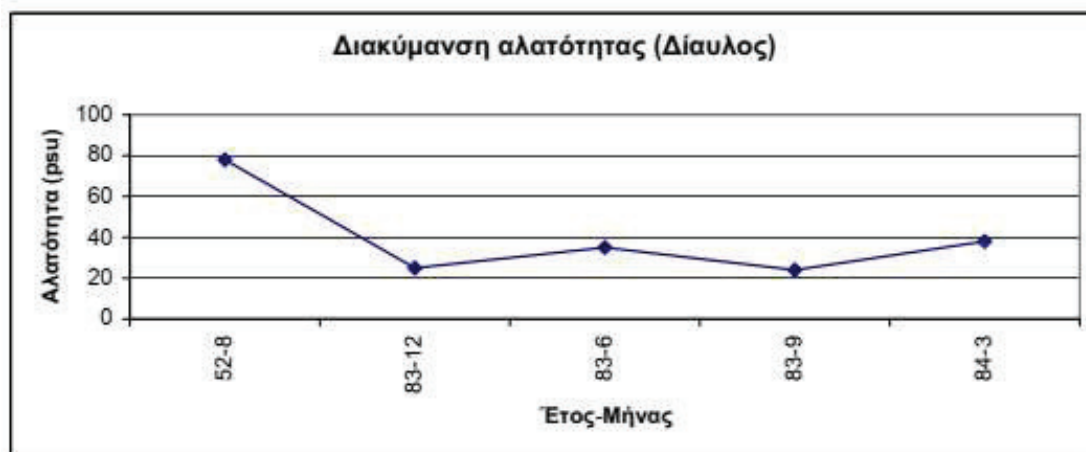
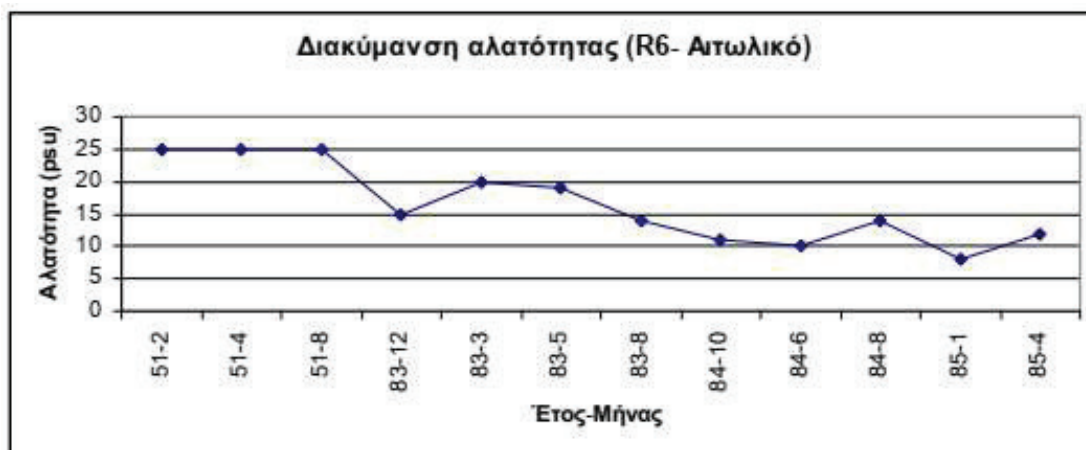
Η αγωγιμότητα του νερού της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου κυμαίνεται από 101-117000  $\mu\text{S cm}^{-1}$ . Ανάλογα με τις τιμές αλατότητας το νερό κατατάσσεται στις παρακάτω κατηγορίες:

Γλυκό	Υφάλμυρο	Αλμυρό	Υπεραλμυρό
<0.05%	0.05 – 3%	3 – 5 %	> 5%
<0.5 psu	0.5 – 30 psu	30-50 psu	>50 psu

Μεγαλύτερες διακυμάνσεις παρατηρούνται στη λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας. Στο δυτικό τμήμα της οι τιμές κυμαίνονται από 2-3 psu τον Απρίλιο (μετά τις βροχοπτώσεις του χειμώνα) μέχρι και 95 psu τον Ιούλιο (Hotos and Antramidou, 1997). Στο ανατολικό τμήμα η αλατότητα είναι σαφώς χαμηλότερη λόγω της εισροής υδάτων από το βιολογικό καθαρισμό αλλά και τις μονάδες επεξεργασίας ελαιόκαρπου.

Κατά τη θερινή περίοδο, στη λιμνοθάλασσα παρατηρείται γενικά αύξηση της αλατότητας του νερού που οφείλεται στην αυξημένη εξάτμιση και τη μειωμένη εισροή γλυκού νερού.





Μέσες μηνιαίες τιμές αλατότητας τμημάτων της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου-Αιτωλικού (χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις από Χατζηκακίδη 1952, ΕΚΘΕ 1984, Δημητρίου 2007).

## pH-Eh

Το pH ρυθμίζει τους μηχανισμούς των αντιδράσεων που ελέγχουν την ποιότητα του νερού, ενώ σε συνάρτηση με το Eh καθορίζει την χημική μορφή με την οποία ένα στοιχείο εμφανίζεται στο νερό. Συμπληρωματικά, παρεμποδίζει ή επιταχύνει τις βιοχημικές διεργασίες (Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου (2009). Καταγραφή



ανθρωπογενών και κλιματικών αλλαγών και της επίδρασής τους στο Εθνικό Πάρκο Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου. Τελική Έκθεση).

Η τιμή του pH στο νερό της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου κυμαίνεται από 7.6 έως 9.0, καθιστώντας τη ελαφρώς αλκαλική έως αλκαλική. Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο νερό επηρεάζει το μεταβολισμό των ζώων και των φυτών, αλλά είναι δύσκολο να καθοριστούν λεπτομερώς οι ειδικές επιδράσεις αυτού του παράγοντα.

Η τιμή του Eh στο νερό της θάλασσας του Μεσολογίου κυμαίνεται από 81 έως 241 mV.

### **Διαλυμένο οξυγόνο (DO)**

Το διαλυμένο οξυγόνο επηρεάζει άμεσα ένα υδάτινο οικοσύστημα αφού η έλλειψή του αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για τα έμβια όντα σε αυτό.

Η περιεκτικότητα των νερών σε διαλυμένο οξυγόνο εξαρτάται από διάφορες παραμέτρους με κυριότερους τη θερμοκρασία, την αλατότητα, τη φωτοσύνθεση και τον κυματισμό.

Η οξυγόνωση είναι πολύ καλή σε όλη τη λιμνοθάλασσα, με εξαίρεση κάποιες απομονωμένες περιοχές κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες. Στις περιοχές που παρατηρείται μειωμένη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου αυτό οφείλεται τόσο στην κακή κυκλοφορία των νερών όσο και στις υψηλές θερμοκρασίες της εποχής αλλά και την έντονη βιοαπεικοδομητική δράση αερόβιων βακτηρίων.

### **Θολότητα (Turbidity)**

Η θολότητα συνδέεται τόσο με την παρουσία αιωρούμενων στερεών όσο και με την υψηλή συγκέντρωση βακτηρίων, φυσαλίδων αέρα ή και οξειδίων και υδροξειδίων του σιδήρου.

Γενικά η θολότητα στη λιμνοθάλασσα είναι ψηλότερη από την ανοικτή θάλασσα και οι τιμές της είναι μεγαλύτερες στην περιοχή της Ανατολικής Κλείσοβας. (Hotos and Avramidou, 1997).

### **Ενώσεις του αζώτου (N)**

Εμφανίζεται με τη μορφή νιτρικών ( $\text{NO}_2^-$ ) ή νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) και φωσφορικών ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ιόντων και αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ).

Η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών είναι σαφής ένδειξη ρύπανσης. Κύρια πηγή τους είναι τα αστικά λήμματα, τα απόβλητα κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων, τα αζωτούχα λιπάσματα και τα προϊόντα αποσύνθεσης οργανικών λιπασμάτων.

Στην κεντρική λιμνοθάλασσα, η συγκέντρωση της αμμωνίας ( $\text{NH}_4^+$ ) κυμαίνεται από 0,0 έως  $0,47 \text{ mg L}^{-1}$ , των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) από 1 έως  $24 \text{ mg L}^{-1}$  και των νιτρικών ( $\text{NO}_2^-$ ) από  $0,01$  έως  $0,281 \text{ mg L}^{-1}$ .

Στην Κλείσοβα, η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων κυμαίνεται από 0.0 έως 2.5 mg L<sup>-1</sup> και των φωσφορικών ιόντων (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) κυμαίνεται από 0,0 έως 4.15 mg L<sup>-1</sup>.

Η συγκέντρωση PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> στο νερό είναι μεγαλύτερη από 10 μg L<sup>-1</sup> στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού, ενώ η συγκέντρωση NH<sub>4</sub><sup>+</sup> είναι μεγαλύτερη από 400 μg L<sup>-1</sup>, η συγκέντρωση NO<sub>2</sub><sup>-2</sup> κυμαίνεται από 0.04- 5.90 μg/L, ενώ η συγκέντρωση NO<sub>3</sub><sup>-</sup> κυμαίνεται από 0-15 μg L<sup>-1</sup> (Dassenakis et al. 1994).

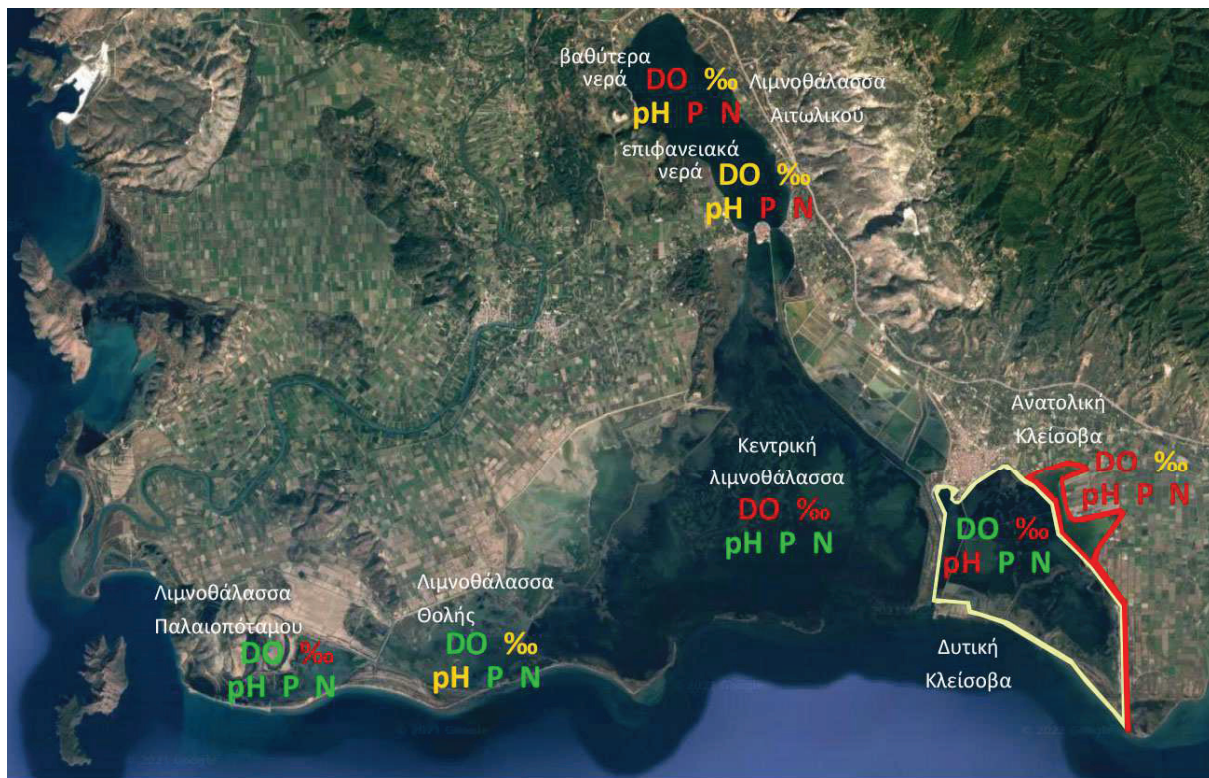
## Κύρια στοιχεία και ιχνοστοιχεία

Σε αντίθεση με τις περισσότερες οργανικές ενώσεις, τα ιχνοστοιχεία δεν αποικοδομούνται και μέσω της τροφικής αλυσίδας καταλήγουν στον ανθρώπινο οργανισμό προκαλώντας χρόνιες βλάβες.

Οι συγκεντρώσεις των ιχνοστοιχείων Κάδμιο (Cd), Κοβάλτιο (Co), Μαγγάνιο (Mn) και Ουράνιο (U) στο νερό της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου είναι μικρότερες από τα αντίστοιχα όρια ανιχνευσιμότητας.

	Αλατότητα (σε psu) - χαρακτηρισμός	Θερμοκρασία (°C)	Διαλυμένο οξυγόνο (mg/L)	pH χαρακτηρισμός	Θολερότητα (NTU)	ηλεκτρική αγωγιμότητα Cond (μS/cm)	ηλεκτρική αγωγιμότητα SPC (μS/cm)	ολικά διαλυμένα στερεά (mg/L)
Ανατολική Κλείσοβα	7.66 - 26.48 (μικρή)	14,6-16,2	6.5-8.92	8.69-9.65 αλκαλική	12 - 181	10662-33054	13225-41223	8600-26832
Δυτική Κλείσοβα	39.0-39.5 (υψηλή)	15 - 15.4	7.70-7.88	9.40-9.43 αλκαλική	3.1- 3.2	47874-47900	37979-37990	37979-37990
Κεντρική Λιμνοθάλασσα	23.66 - 39.54 (υψηλή)	15.1 - 15.6	7.70-8.99	8.61-8.86 αλκαλική	15-39	30576-48113	37247-59037	24225-38417
Θολή	8.22 - 21.79 (μικρή)	14.5-15.9	4.17-7.74	7.81-8.10 Ελαφρώς αλκαλική	8.5-15.4	11660-27627	14133-34602	9184.5-22490
Παλαιόποταμος	36.27 - 37.44 (υψηλή)	14.5 - 14.7	6.59-6.96	8.59-8.70 αλκαλική	8.7-15.4	43777-45847	54807-56311	35620-36614
Λιμνοθάλασσα Αιτωλικού	15-38 (μικρή)	14.8 - 16.1	6.18-9.21	7.68-8.62 Ελαφρώς αλκαλική	7.0-7.4	1618-28341	1950-35248	1267-22906

(αποτελέσματα όπως καταγράφηκαν σε Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου (2009). Καταγραφή ανθρωπογενών και κλιματικών αλλαγών και της επίδρασής τους στο Εθνικό Πάρκο Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου. Τελική Έκθεση)



DO: Διαλυμένο Οξυγόνο  
‰: Αλατότητα  
pH: pH  
P: Φωσφόρος  
N: Άζωτο

υψηλή τιμή  
κανονική τιμή  
χαμηλή τιμή

Καταγραφή ομοιοτήτων και διαφορών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών στο σύμπλεγμα Λιμνοθαλασσών Μεσολογίου - Αιτωλικού

## Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις σε λιμνοθάλασσες

---

### Εισαγωγή

Οι λιμνοθάλασσες είναι παραγωγικά οικοσυστήματα που χρειάζονται συνεχή παρακολούθηση για τη διατήρησή τους (ευρωπαϊκή οδηγία 2000/60/EC). Πρόκειται για κατηγορία μεταβατικών υδάτων, στα οποία περιλαμβάνονται περιοχές που βρίσκονται ανάμεσα σε γλυκά ύδατα και θαλάσσια και χερσαία οικοσυστήματα όπως οι λιμνοθάλασσες και οι εκβολές των ποταμών (Karageorgis et al., 2012). Τα μεταβατικά ύδατα δέχονται πολλαπλές και ισχυρές πιέσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες (Basset et al. 2008) και είναι από τις πλέον απειλούμενες περιβαλλοντικές περιοχές.

Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις, αλλά και διάφοροι φυσικοί και κλιματικοί παράγοντες, έχουν συμβάλει στην διαμόρφωση και των παράκτιων Μεσογειακών περιοχών (Brinson & Malvarez 2002). Οι περισσότερες Μεσογειακές λιμνοθάλασσες έχουν δημιουργηθεί από τις αποθέσεις παρακείμενων ποταμών αλλά και ανθρωπογενείς δράσεις όπως αποστραγγιστικά έργα, αναχώματα, κανάλια, διώρυγες και άλλα. Οι περισσότερες από τις επεμβάσεις αποσκοπούσαν στην αύξηση της αλιευτικής παραγωγής αλλά και την αποξήρανση χώρων για γεωργική εκμετάλλευση.

Η ανθρώπινη παρέμβαση περιλαμβάνει την αλλαγή της σύνθεσης και της κατανομής των ειδών καθώς και την τροποποίηση της λειτουργίας του οικοσυστήματος και οδήγησε σε μια άνευ προηγουμένου υποβάθμιση και απώλεια φυσικών οικοτόπων τα τελευταία 150–300 χρόνια (Lotze et al. 2006).

Στην Ελλάδα υπάρχουν 24 λιμνοθάλασσες με συνολική επιφάνεια 245.000 στρέμματα. Μόλις το 10% της συνολικής αυτής έκτασης είναι φυσικό, το 85% είναι εν μέρει φυσικό και το υπόλοιπο 5% είναι ανθρωπογενές. Υπάρχουν επίσης έλη με συνολική επιφάνεια 709.000 στρέμματα (Annamidis et al., 2010). Κατά τη διάρκεια του εικοστού αιώνα, η έκταση που καταλαμβάνουν οι λιμνοθάλασσες και γενικά το οικοσύστημα γύρω από αυτές (εκβολές, παράκτια έλη) μειώθηκε κατά 45-60% (Zalidis et al. 1997) γεγονός που δείχνει ότι σε αυτούς τους οικοτόπους αυξήθηκαν οι παρεμβάσεις.

Δραστηριότητες όπως η εντατική γεωργία, η υδατοκαλλιέργεια, η βιομηχανία, η υπερεκμετάλλευση των υδάτινων πόρων, η ρύπανση λόγω της αστικοποίησης και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων, η ύπαρξη και εκμετάλλευση βοσκοτόπων καθώς και η υπερβολική αλιεία, επιφέρουν σοβαρές επιζήμιες επιπτώσεις.

Η επιρροή από την εντατική γεωργία είναι πολύπλευρη. Από τη μια η διάβρωση του εδάφους επιφέρει μεταφορά φερτών υλικών στις λιμνοθάλασσες. Υπάρχουν καλλιέργειες που επηρεάζουν λιγότερο το περιβάλλον σε σχέση με κάποιες άλλες και θα μπορούσαν να είναι η λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα. Οι πολυετείς καλλιέργειες (κυρίως οι δενδρώδεις όπως η καλλιέργεια ελιών και εσπεριδοειδών) είναι αρκετά φιλικότερες προς το περιβάλλον αφού σε αυτές ο βαθμός κατεργασίας του εδάφους είναι μικρότερος σε αντίθεση με τις εποχιακές καλλιέργειες (όπως γενικά οι καλλιέργειες κηπευτικών). Από την

άλλη, μεγάλες ποσότητες χημικών που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες καταλήγουν τελικά στις λιμνοθάλασσες μέσω της απορροής των νερών. Τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα καταλήγουν μέσω του υδρολογικού κύκλου σε υδάτινους αποδέκτες και εν συνεχεία σε θάλασσες ή λιμνοθάλασσες. Η επικινδυνότητα της χρήσης τους στη γεωργία, σχετίζεται με την οξεία και τη χρόνια τοξικότητα των δραστικών τους ουσιών.

Η αλόγιστη χρήση ανόργανων φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων μπορεί να έχει δυσμενείς επιπτώσεις στο βιολογικό οικοσύστημα:

- αλλοίωση ή ελάττωση της βιοποικιλότητας (όλα τα λιπάσματα).
- προσθήκη βαρέων μετάλλων στα εδάφη (φωσφορικά λιπάσματα).
- οξίνιση εδαφών και επιφανειακών νερών (αζωτούχα λιπάσματα).
- αλάτωση εδαφών (όλα τα λιπάσματα).
- παραγωγή νιτρώδους οξέος (αζωτούχα λιπάσματα).

Σε ένα ανοικτό θαλάσσιο περιβάλλον, η ανταλλαγή ύλης και ενέργειας είναι μεγάλη και οδηγεί στη δημιουργία οικοσυστήματος υψηλής παραγωγικότητας. Αν αυτό το οικοσύστημα γειτνιάζει με εκβολές ποταμών, όπου επιπλέον έχουμε ανάμιξη γλυκών με αρμυρά νερά, τότε τα φαινόμενα είναι εντονότερα σε ολόκληρη τη στήλη νερού. Στην ίδια κατεύθυνση συμβάλει και το μικρό βάθος των νερών. Η υδροδυναμική και ο άνεμος οδηγούν σε συνεχή αιώρηση υλικών, θρεπτικών ουσιών και μικροοργανισμών από τα επιφανειακά στρώματα. Τα οικοσυστήματα αυτά είναι ευμετάβλητα και αντιμετωπίζουν συχνές διαταραχές και διακυμάνσεις.

Σε αυτά τα συστήματα είναι έντονες και οι διαταραχές που προκαλούνται από τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Είναι έτσι κι αλλιώς δύσκολο να μελετηθεί αν έχουν δυσμενέστερα αποτελέσματα οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις σε σχέση με τις φυσικές μεταβολές. Για την καλύτερη μελέτη χρησιμοποιούνται ειδικοί βιολογικοί και χημικοί δείκτες.

Ένας δείκτης που θεωρείται ως ένας από τους καθιερωμένους δείκτες ποιότητας του νερού και διαπίστωσης ανθρωπογενών παρεμβάσεων σε λιμνοθαλάσσια συστήματα είναι το διαλυμένο οξυγόνο στα παράκτια νερά. Οι ανθρωπογενείς πιέσεις που οδηγούν σε αυξημένη συγκέντρωση θρεπτικών εισροών προκαλούν σοβαρές μεταβολές στην ποιότητα του νερού και τελικά σε χαμηλές (υποξία) ή μηδενικές (ανοξία) συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου με αρνητικές επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς που ζουν σε αυτά τα περιβάλλοντα.

Λαμβάνοντας πάντα υπόψη τα φυσικά, υδρολογικά και βιογεωχημικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη υδάτινων περιβαλλόντων, μπορούμε να πούμε ότι η υποξία και η ανοξία στα παράκτια ύδατα συνήθως προκαλείται από την αναπνοή των βυθισμένων οργανικών υλών που ακολουθείται από υπερβολικό εμπλουτισμό θρεπτικών συστατικών και ευτροφισμό (Gianni et al. 2012b).

Η κατανόηση του ευτροφισμού προϋποθέτει μελέτη και της οργανικής φόρτωσης στο περιβάλλον. Η ποσότητα οργανικής ύλης που υπάρχει στα ιζήματα μπορεί να εκτιμηθεί από το συνολικό οργανικό άνθρακα ενώ τα θρεπτικά στα ιζήματα μπορούν να εκτιμηθούν από το ολικό άζωτο και τον ολικό φωσφόρο. Η οργανική ύλη που αποσυντίθεται μειώνει τα ιζήματα άνθρακα, ενώ στη στήλη νερού απελευθερώνονται διαλυμένες θρεπτικές ουσίες από το ίζημα.

Στις παράκτιες λιμνοθάλασσες, οι αυξημένες εισροές θρεπτικών ουσιών οδηγούν σε ευτροφισμό. Η αποσύνθεση της αυξημένης βιομάζας των φυτών οδηγεί σε δυστροφικές κρίσεις στα υδάτινα συστήματα (Avramidis et al., 2015).

Μπορούμε συνεπώς να υποθέσουμε με ασφάλεια ότι οι ανθρώπινες δραστηριότητες ενισχύουν την παρουσία και τη στρωματοποίηση υψηλών φορτίων θρεπτικών ουσιών και οργανικής ύλης στο νερό με κακή κυκλοφορία.

Γνωρίζουμε επίσης ότι σε βαθιά θαλάσσια συστήματα με περιορισμένη ανταλλαγή νερού (π.χ. Βαλτική, Μαύρη Θάλασσα) (Powilleit & Kube, 1999), η παρουσία μεγάλων φορτίων θρεπτικών συστατικών και οργανικής ύλης ανθρωπογενούς προέλευσης δημιούργησε μόνιμη υποξία ή και ανοξία στα νερά κοντά στον πυθμένα και σύμφωνα με τους Gianni et al (2011a). Οι οικολογικές συνέπειες του φαινομένου περιλαμβάνουν:

- χαμηλές τιμές ποικιλομορφίας και ισχυρή κυριαρχία λίγων ειδών που συχνά σχηματίζουν μονοειδική υδρόβια βλάστηση
- μείωση ή ακόμη και εξαφάνιση αγγειόσπερμων (angiosperms)
- πολλαπλασιασμό της χλωροφύλλης που ευνοείται περισσότερο από υψηλές ποσότητες θρεπτικών ουσιών και ρύπων

Αν αλλάξει μία από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους μεταβάλλεται και το προφίλ βλάστησης μιας λιμνοθάλασσας. Το βάθος και η αλατότητα διαδραματίζουν βασικό ρόλο στη διαμόρφωση της κατανομής των υδρόβιων μακροφυτών και γι αυτό οι μεταβολές των δύο αυτών χαρακτηριστικών μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαχείριση αυτών των λιμνοθαλασσών και ενδέχεται να αλλάξουν την ποικιλομορφία και τη σύνθεση των ειδών (Christia et al., 2007). Έτσι:

- παρατηρούνται είδη προσαρμοσμένα στην υψηλή αλατότητα
- ανοξικά γεγονότα, χαμηλό βάθος, διαφάνεια και ευτροφισμός οδήγησαν κυρίως κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου στην κυριαρχία των επιπλεόντων μακροφυκών (*Ulva rigida*), ένα είδος ανεκτικό σε αγχωτικές καταστάσεις η παρουσία του οποίου υποδηλώνει οργανική ρύπανση.
- το είδος *Cymodocea nodosa* που υπάρχει σε περιοχές υψηλής αλατότητας.

Οι συνήθεις παρεμβάσεις σε περιοχές γύρω από λιμνοθάλασσες ή και σε αυτές περιλαμβάνουν σύμφωνα με την μελέτη Λαγκαδινού (2004-2005):

- Παρενοχλήσεις και κυνήγι των αγρίων πτηνών.
- Κίνηση αυτοκινήτων και μοτοσικλετών στις αμμώδεις παραλίες των υδροβιοτόπων που καταστρέφουν την αμμόφιλη βλάστηση με άμεση και έμμεση επίδραση σε πολλά ζώα της περιοχής.
- Μπαζώματα βάλτων και λιμνοθαλασσών, που γίνονται συνήθως σε περιοχές όπου ο υγρότοπος εφάπτεται πόλεων ή οικισμών και αποσκοπεί στην δημιουργία οικοπέδων και την οικοδόμηση αυθαίρετων κατασκευών.
- Καταπατήσεις τμημάτων των υγροτόπων από κτηνοτρόφους.
- Μόνιμες αλλοιώσεις σε υγροτοπικά ενδιαίτηματα, που προέρχονται από την διάνοιξη δρόμων σε ευαίσθητες περιοχές και από την λειτουργία λατομείων σε παρακείμενους λόφους. Τέτοιες παρεμβάσεις επιφέρουν μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στους πληθυσμούς αγρίων ειδών εξαιτίας των προσβάσεων που παρέχονται προς τα ενδιαίτηματα των πληθυσμών αυτών.
- Προσχώσεις των υγροτόπων λόγω της απευθείας εισροής χειμάρρων σ' αυτούς και επακόλουθη χρήση των προσχώσεων για επέκταση καλλιεργειών, που συντελούν στην βαθμιαία απώλεια υγροτοπικών εκτάσεων.
- Ρύπανση από στερεά απορρίμματα, όπως στο παράδειγμα της πόλης του Μεσολογίου που, σπανίως τα τελευταία χρόνια, εναποθέτει σκουπίδια της στην λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας.
- Ρύπανση από αστικά λύματα καθώς οι σταθμοί Βιολογικού Καθαρισμού που έχουν δημιουργηθεί υπολειτουργούν.
- Ρύπανση από υπόλοιπα αγροχημικών. Τα ρυπασμένα νερά με υπόλοιπα λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, αποστραγγίζονται από τις καλλιέργειες και διοχετεύονται στους παρακείμενους υγρότοπους. Εκεί δημιουργούνται έντονα φαινόμενα ευτροφισμού και βαθμιαία συρρίκνωση του υγροτόπου. Τα υπόλοιπα των φυτοφαρμάκων εγκυμονούν κινδύνους για την άγρια ζωή καθώς βιοσυσσωρεύονται στους ιστούς των οργανισμών.
- Ρύπανση από χοιροστάσια και από μεταποιητικές μονάδες αγροτικών προϊόντων όπως τυροκομεία και ελαιουργία.
- Διατάραξη στην υδρολογία των υγροτόπων από την κατασκευή και λειτουργία φραγμάτων, από την υπεράντληση των υπογείων νερών για την άρδευση των γεωργικών εκτάσεων, από την κατασκευή αναχωμάτων σε βάλτους και σε τμήμα των λιμνοθαλασσών και από τις αποστραγγίσεις υγροτοπικών ενδιαιτημάτων.

## Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου

---

### Ιστορικά στοιχεία

Τα ελκυστικά στοιχεία που εξηγούν την ανθρώπινη παρουσία στην είσοδο του Πατραϊκού κόλπου στο Ιόνιο πέλαγος στο νοτιοδυτικό τμήμα της Αιτωλοακαρνανίας από την νεολιθική εποχή, ήταν η εξαιρετικής στρατηγικής σημασίας θέση της λιμνοθάλασσας και οι άφθονοι φυσικοί πόροι τόσο της θάλασσας όσο και της στεριάς (Bommeljé & Doom, 1987).

Μέχρι και την κλασική ελληνιστική περίοδο, στην ευρύτερη περιοχή άκμασαν η Καλυδώνα και η Πλευρώνα. Η ανθρώπινη παρουσία και δραστηριότητα αυξάνεται, το ίδιο και η ζήτηση για πόρους όπως το ξύλο, τα τρόφιμα και άλλα.

Η περιοχή υφίσταται μεγάλες μεταβολές που καταγράφονται και στα γεωλογικά χαρακτηριστικά. Μελέτες και χρονολόγηση των αποτελεσμάτων στα ιζήματα της λιμνοθάλασσας δείχνουν ότι υπάρχει ανθρώπινη δραστηριότητα κατά τα Ομηρικά χρόνια. Η ύπαρξη άμμου υποδηλώνει έντονη διάβρωση από βλάστηση και καλλιέργειες. (Haenssler, et al., 2013).

Η κατοίκηση συνεχίζεται και στην περίοδο των ρωμαϊκών χρόνων (30 π.Χ. - 330 μ.Χ.) αν και η βίαιη μετακίνηση Αιτωλών σε άλλους μεγάλους οικισμούς όπως η Νικόπολη (Bommeljé και Doom, 1987) μειώνει τον πληθυσμό της περιοχής και τα ίχνη της ανθρώπινης παρουσίας παραμένουν πιο αραιά. Η σταδιακή εγκατάλειψη των οικισμών οδήγησε σε μερική ανάκαμψη της βλάστησης, άρα και σε μικρότερη διάβρωση του εδάφους.

Από το 600 μ.Χ. έχουμε σταθερές υδρολογικές συνθήκες στη λεκάνη του Αιτωλικού. Σταμάτησε η παροχή γλυκού νερού από τον ποταμό Αχελώο (Vött et al., 2007) και η λιμνοθάλασσα συνδέθηκε με αυτή του Μεσολογίου. Η εισβολή αλμυρού νερού βρίσκεται σε σταθερό επίπεδο και αναπτύσσεται πυκνό αλατούχο στρώμα στον πυθμένα. Οι χαμηλότερες πλαγιές των γειτονικών βουνών ευνοούσαν την αμπελουργία και το δάσος που κάλυπτε τις ανώτερες πλαγιές ικανοποίησε τη ζήτηση για ξυλεία.

Κατά την περίοδο 1600-1700, ο ανταγωνισμός Τούρκων και Βενετών οδηγεί στο μαρασμό των σημαντικότερων γεωργοπαραγωγικών κέντρων στην περιοχή. Όσοι από τους κατοίκους έχουν δυνατότητα, καταφεύγουν σε ασφαλή μέρη εγκαταλείποντας τις καλλιέργειες δημιουργώντας πρόσθετους βοσκοτόπους προς όφελος της εκτατικής κτηνοτροφίας.

Κατά το 18ο αιώνα, η συνεχής επέκταση των οικισμών είχε ως αποτέλεσμα την εκκαθάριση των δασών στην περιοχή του Αράκυνθου. Χωρίς την προστασία των δένδρων, που δρουν προστατευτικά και ανακουφιστικά στην υδρολογία της περιοχής, η απορροή των υδάτων άλλαξε και οδήγησε σε λιγότερο ανθεκτικό γεωμορφολογικό σύστημα.

Μην ξεχνάμε επίσης ότι η περιοχή της λιμνοθάλασσας ήταν περιοχή επιχειρήσεων για αρκετά χρόνια κατά την περίοδο των τελευταίων χρόνων παρουσίας των Οθωμανών στην περιοχή. Μεγάλες μάχες δόθηκαν στα νερά της και απομεινάρια τους είναι βέβαιο ότι



υπάρχουν ακόμη και σήμερα στην περιοχή. Δυστυχώς, καμία έρευνα με άμεση αναφορά επί του θέματος δεν εντοπίζεται στη βιβλιογραφία.

Πολύ μεγάλες αλλαγές συνέβησαν και κατά την περίοδο μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο, με αποκορύφωμα τη δεκαετία του 1960. Τα αναπτυξιακά έργα δεν έλαβαν υπόψη τις περιβαλλοντικές παραμέτρους, και μάλιστα ένα από αυτά είχε σαν τελικό στόχο την αποξήρανση ολόκληρης της λιμνοθάλασσας. Στο διάστημα αυτό, θεμελιώνονται φράγματα στον Αχελώο, αρδεύονται κάμποι, σχεδιάζονται και κατασκευάζονται νέοι οδικοί άξονες ενώ γίνονται και προσπάθειες για την εκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου.

Η ευαισθησία του τοπίου στη διάβρωση συμπίπτει με την περίοδο αιχμής της ανθρώπινης δραστηριότητας. Μπορούμε να πούμε συνεπώς πως ακόμη και η μορφολογία της περιοχής έχει βασιστεί και διαμορφωθεί από την παρουσία του ανθρώπου στην περιοχή.

Η λιμνοθάλασσα Μεσολογίου-Αιτωλικού γνώρισε συνεπώς πολλές φορές ανθρωπογενείς επεμβάσεις που αλλοίωσαν τόσο την φυσική της μορφή όσο και την παραγωγικότητά της. Αυτό είναι πολύ σημαντικό αν σκεφτούμε συμπληρωματικά ότι οι λιμνοθάλασσες αποτελούν τους χώρους τροφοδοσίας της ανοικτής θάλασσας σε πρωτογενή και δευτερογενή παραγωγή και εφόσον οι ίδιες υποβαθμίζονται ως άμεσο αποτέλεσμα έχουμε και την υποβάθμιση της παρακείμενης θαλάσσιας περιοχής.

## **Μορφολογικές και υδρολογικές αλλαγές**

---

Οι λιμνοθάλασσες που αποτελούν το σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού, παρουσιάζουν μορφολογικές διαφορές αλλά και διαφορές σε αβιοτικές παραμέτρους. Βρίσκονται πίσω από μια αμμώδη παραλιακή ζώνη που ξεκινά από το όρος Κοτσιλάρης, φτάνει μέχρι τις εκβολές του Ευήνου και χωρίζει το σύμπλεγμα από τον Πατραϊκό κόλπο. Η σημερινή εικόνα της περιοχής είναι αποτέλεσμα των ανθρώπινων παρεμβάσεων.

Σε όλες τις λιμνοθάλασσες του συμπλέγματος έχουν γίνει παρεμβάσεις μικρές ή μεγαλύτερες.

Γενικά, οι επιδράσεις στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού είναι κλιματολογικές, μορφολογικές, γεωλογικές και ανθρωπογενείς. Η λιμνοθάλασσα Αιτωλικού έχει μια ιδιαιτερότητα σε σχέση με το υπόλοιπο σύστημα λιμνοθαλασσών. Αποτελείται ουσιαστικά από δύο διαφορετικής φύσης συστήματα: ένα με μεγάλο βάθος προς βορρά κι ένα με εντελώς διαφορετικά χαρακτηριστικά νότια του νησιού του Αιτωλικού. Η λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού είναι κάτω από ανθρώπινη πίεση από τη δεκαετία του 1950. Το περιβαλλοντικό στρες κορυφώνεται από το 1980 και μετά.

Η λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας φαίνεται να είναι πιο ευάλωτη σε ανθρωπογενείς πιέσεις, σε σύγκριση με την κεντρική λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου. Τόσο η Δυτική όσο και η Ανατολική δέχτηκαν πολλές και σοβαρές επιδράσεις. Μάλιστα, η ίδια η ύπαρξή τους

οφείλεται σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις αφού στο παρελθόν ήταν μέρος της μεγάλης ενιαίας κεντρικής λιμνοθάλασσας του Μεσολογγίου.

Η λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου δέχτηκε σοβαρές παρεμβάσεις από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα και μετά. Οι πιέσεις, που κορυφώθηκαν τις δεκαετίες του 60 και του 70, διαμόρφωσαν ουσιαστικά όλο το σημερινό σύμπλεγμα με τις έξι διακριτές περιοχές.

Η λιμνοθάλασσα της Θολής και δευτερεύοντος του Παλαιοπόταμου δέχτηκαν επίσης έντονες επιρροές. Η απομόνωση των δύο τόσο μεταξύ τους όσο και σε σχέση με το υπόλοιπο σύμπλεγμα οφείλεται σε αυτές.

Οι παρεμβάσεις γενικά περιλαμβάνουν τεχνικά έργα εντός και εκτός της λιμνοθάλασσας που πολλές φορές οδήγησαν στον αποκλεισμό από χαμηλές χερσαίες περιοχές, παρεμπόδισαν τη ροή νερών είτε από τον Πατραϊκό κόλπο προς το εσωτερικό είτε και μεταξύ των διάφορων τμημάτων, ή διαχειρίστηκαν με λανθασμένο τρόπο απορροές γλυκού νερού προς αυτές με αποκοπή ή προώθηση γλυκών νερών, εκτεταμένη χρήση γεωργικής γης στις γύρω περιοχές, δραστικό περιορισμό των περιφερειακών ελών, χημική ρύπανση, αλιεία (είτε εντατική είτε παράνομη) (Basset et al., 2008, Koutsodendris, et al., 2015).

Οι Gianni et al. (2012) περιγράφουν ότι οι ανθρώπινες επιρροές μπορούν να συνοψιστούν σε δύο κύριες ομάδες: (1) μορφολογικές και υδρολογικές αλλαγές, με κύριες συνέπειες τον περιορισμό της επικοινωνίας αυτών των λεκανών με τις λεκάνες πηγής τους και την ενίσχυση της στήλης νερού και της στρωματοποίησης και (2) αύξηση των θρεπτικών συστατικών και της οργανικής ύλης.

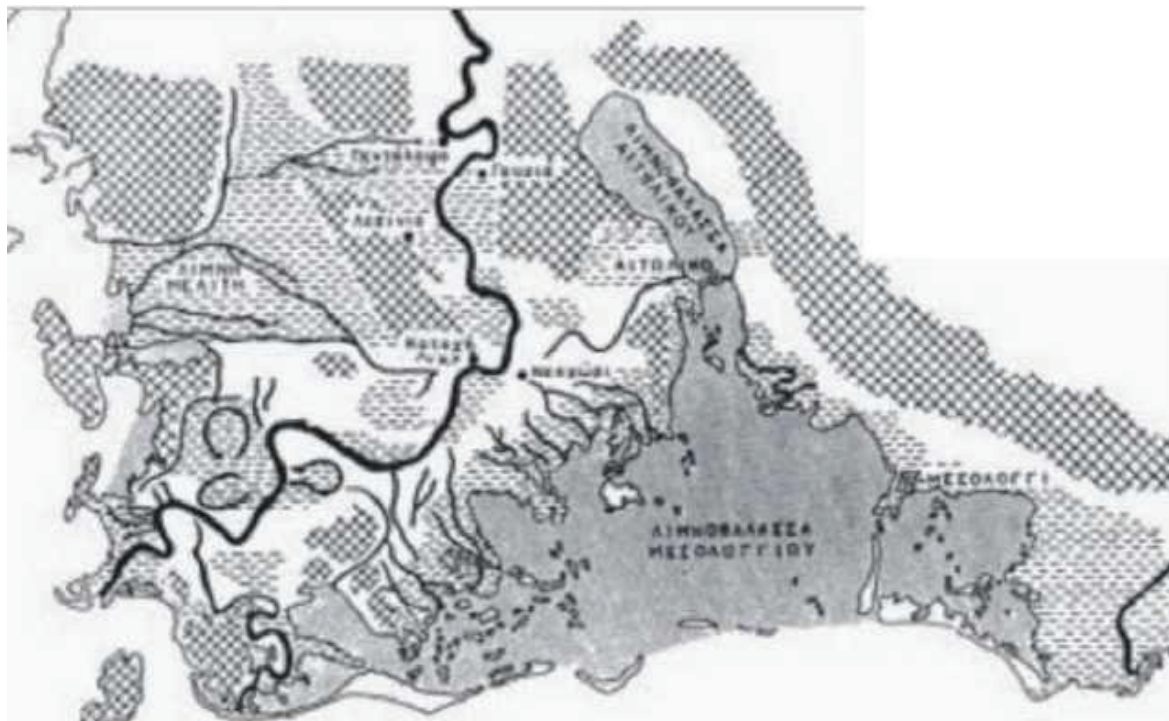
## **Τα έργα για την αποξήρανση**

Η πρώτη μεγάλη παρέμβαση στη λιμνοθάλασσα ήταν ο διαχωρισμός της Κλείσοβας από το υπόλοιπο σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών. Αυτό συνέβη το 1874, όταν κατασκευάστηκε ο δρόμος που συνδέει την πόλη του Μεσολογγίου με το νησί Τουρλίδα (Marazioti et al., 2010) με συνέπεια την απομόνωση της λιμνοθάλασσας της Κλείσοβας από το υπόλοιπο σύμπλεγμα λιμνοθαλασσών.

Το 1954, στο πλαίσιο του σχεδίου Μάρσαλ, η Αμερικανική εταιρία Knarreu-Kirperts-Abbot υπέβαλε ολοκληρωμένη μελέτη για την αποξήρανση ολόκληρης σχεδόν της λιμνοθάλασσας με εξαίρεση λόγω βάθους της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού, και τη μετατροπή του συμπλέγματος σε καλλιεργήσιμη έκταση (Ψιλοβίκος 1997). Η λιμνοθάλασσα Αιτωλικού θα παροχέτευε τα νερά της μέσω του διαύλου Αιτωλικού – Μεσολογγίου προς το λιμάνι Μεσολογγίου. Ο προϋπολογισμός για την παρέμβαση αυτή θα έφτανε με τιμές του 2005 περίπου στα 200 εκατομμύρια €.

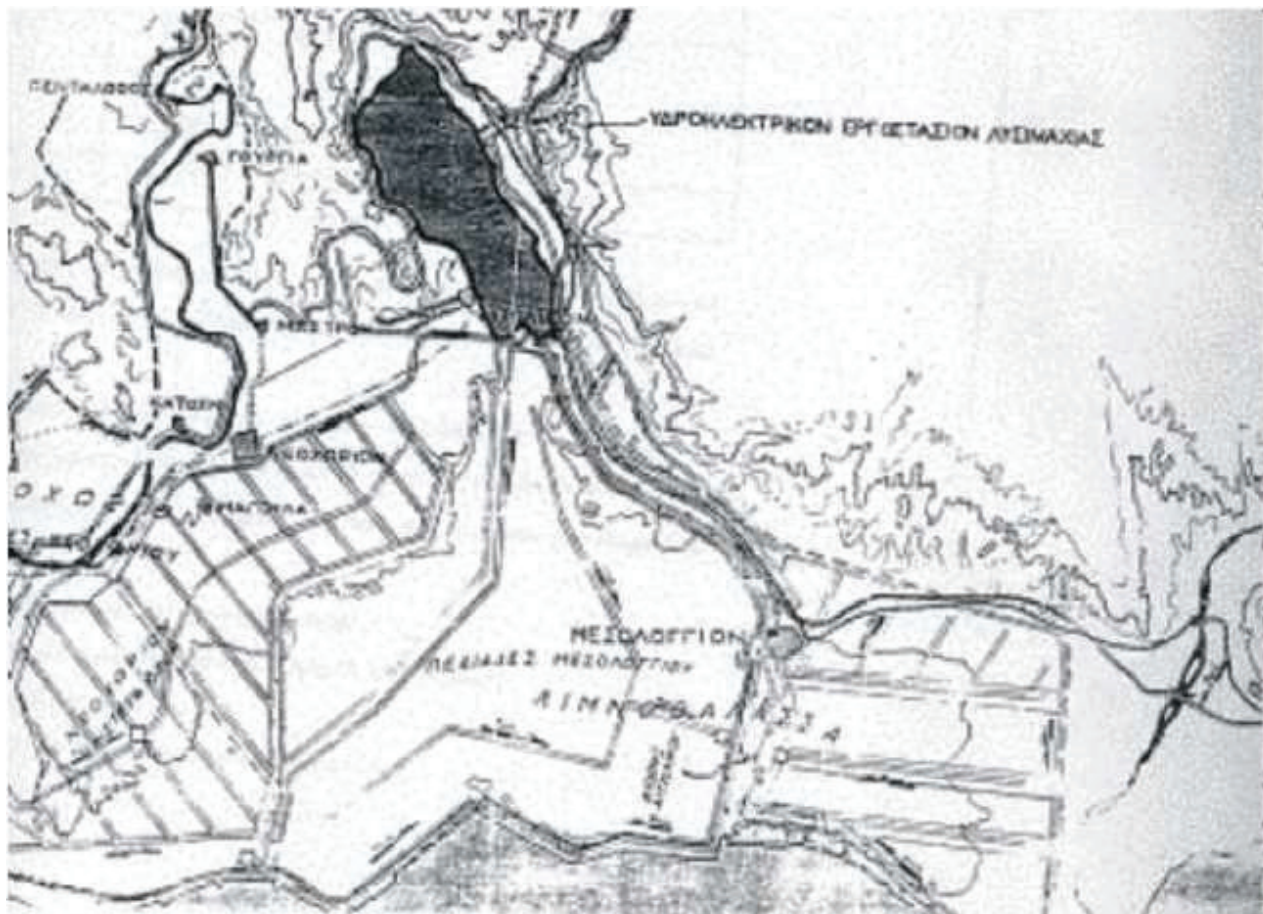
Η ολοκλήρωση του έργου περιελάμβανε κατασκευή αναχωμάτων για την πλήρη απομόνωση των λιμνοθαλασσών από τον Πατραϊκό κόλπο, εσωτερικών αναχωμάτων αλλά και δικτύου άρδευσης που θα διοχέτευε νερά της Λυσιμαχείας προς την περιοχή των

λιμνοθαλασσών που θα είχαν αποξηρανθεί. Περιελάμβανε επίσης την κατασκευή πολλών αποστραγγιστικών αντλιοστασίων.



Η περιοχή του συμπλέγματος Μεσολογγίου-Αιτωλικού πριν από τις παρεμβάσεις της περιόδου της δεκαετίας του '60 (Ψιλοβίκος 1997)

Τελικά, εκτελέστηκε μόνο ένα τμήμα αυτών των έργων κατά τα έτη 1970-73 κατά τη διάρκεια της δικτατορίας. Αποξηράνθηκε ένα μεγάλο τμήμα στην Ανατολική Κλείσοβα που σήμερα χρησιμοποιείται για καλλιέργεια βαμβακιού, τμήμα της λιμνοθάλασσας της Θολής (μέσω και άλλων παρεμβάσεων) καθώς και άλλες μεγάλες εκτάσεις ανατολικά και νότια που αποδόθηκαν για εκμετάλλευση με τη δημιουργία αλυκών. Κατασκευάστηκαν επίσης αναχώματα που διαμόρφωσαν τις σημερινές 6 λιμνοθάλασσες, άλλες κλειστού και άλλες ανοικτού τύπου, χαμηλής ή υψηλής αλατότητας, και το διάυλο Μεσολογγίου – Αιτωλικού. Όλα αυτά είχαν σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό της λιμνοθάλασσας στο 60% της αρχικής της έκτασης.



Χάρτης του Υπουργείου Συντονισμού (1954) που δείχνει τις προγραμματισμένες παρεμβάσεις (Ψιλοβίκος 1997)

## Φράγμα Λυσιμαχίας - Διάνοιξη σήραγγας

Ο σκοπός του φράγματος ήταν να αρδευτεί η περιοχή του κάτω Αχελώου, δηλαδή οι περιοχές του κάμπου Κατοχής, Νεοχωρίου και Μεσολογγίου. Η πρώτη μελέτη ξεκίνησε να εκπονείται το 1955, η δεύτερη το 1966 και η τρίτη το 1967. Η τελική μελέτη εκπονήθηκε το 1978 και η λειτουργία του φράγματος ξεκίνησε το 1981.

Η κατασκευή του φράγματος περιελάμβανε την κατασκευή σήραγγας με επένδυση από οπλισμένο σκυρόδεμα, συνολικού μήκους 6410 μέτρων, με κυκλική διατομή διαμέτρου 5.20 μέτρων. Η κατασκευή της σήραγγας ξεκίνησε το 1960 και τελείωσε το 1972. Τα νερά της Τριχωνίδας και της Λυσιμαχίας παροχετεύονται μέσω της σήραγγας κάτω από τον Αράκυνθο προς το εξωτερικό βύθισμα Μεσολογγίου. Η έξοδος βρίσκεται στην περιοχή της Σταμνά Αιτωλοακαρνανίας στο βόρειο μυχό της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού. Το νερό κατευθύνεται μέσω των διωρύγων Δ28 και Δ20 προς τα αντλιοστάσια άρδευσης και αρδεύουν περίπου 280000 στρέμματα.

Τα νερά που περισσεύουν αποστραγγίζουν στη λιμνοθάλασσα (Marazioti et al. 2010).

Τα χώματα της εκσκαφής εναποτίθονταν σε βαλτώδη μέρη της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού μέχρι και την παραλία της Σταμνάς. Με τον τρόπο αυτό, οι βάλτοι μετατράπηκαν σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Το φράγμα λειτούργησε αρχικά ως αρδευτικό το καλοκαίρι και αποστραγγιστικό το χειμώνα ώστε να αποστραγγίζει την περιοχή Μακρυνείας και Αγρινίου. Στη συνέχεια, για μικρό διάστημα συνέχισε να λειτουργεί μόνο ως αρδευτικό αφού έκλεινε για συντήρηση στις διώρυγες το χειμώνα. Την περίοδο αυτή η λιμνοθάλασσα επανήλθε σταδιακά στην αρχική της κατάσταση (Anramidou-Kalitsi & Koutsoukos 1990).

Όταν λόγω ανόδου της στάθμης των νερών σταμάτησαν οι εντατικές καλλιέργειες στον κάμπο της Μακρυνείας και του Αγρινίου, αποφασίστηκε και πάλι η συνεχής λειτουργία του φράγματος, δηλαδή το καλοκαίρι ως αρδευτικό και το χειμώνα ως αποστραγγιστικό.

Έχει κατασκευαστεί επίσης κανάλι υπερχείλισης που διοχετεύει προς την λιμνοθάλασσα Αιτωλικού την περίσσεια υδάτων των λιμνών, που είναι σίγουρα επιβαρυμένα από ρυπογόνες ουσίες (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, απόβλητα).

(Με πληροφορίες και από τον υπεύθυνο του φράγματος κ. Τραγουλιά Ηλία).

## **Αναχώματα – Δίαυλοι επικοινωνίας**

Η λιμνοθάλασσα της Δυτικής Κλείσοβας, επικοινωνεί σήμερα με την κεντρική λιμνοθάλασσα Μεσολογίου μέσω 3 ανοιχτών διαύλων. Στο παρελθόν, μέχρι τη δεκαετία του 1970, οι διάυλοι αυτοί ήταν επτά. Η επικοινωνία με την ανοικτή θάλασσα γίνεται μέσω δύο διαύλων. Υπάρχει επίσης τεχνητό ανάχωμα μήκους 3,5 χιλιομέτρων καθώς και πλήθος εγκάρσιων αναχωμάτων που φτιάχτηκαν για να αυξηθεί η αλατότητα του νερού που οδηγείται προς τις αλυκές Μεσολογίου.

Στο ανατολικό τμήμα της λιμνοθάλασσας έχει κατασκευαστεί διάυλος που αρχικά είχε σχεδιαστεί να έχει βάθος ικανό για να πλέουν μικρά σκάφη. Δύο αποστραγγιστικά αντλιοστάσια (B1 και B3) παροχετεύουν στο διάυλο γλυκό νερό από αποστραγγίσεις αρδευόμενης γεωργικής γης. Στον ίδιο χώρο οδηγούνται επίσης τα απόβλητα του βιολογικού καθαρισμού του Αιτωλικού. Με την πάροδο των ετών, ο διάυλος προσχώθηκε σταδιακά και σημαντικά.

Ένα ακόμη μεγάλο ανάχωμα ξεκινάει από την περιοχή του Κατράκειου Μουσείου χαρακτηριστικής προς τον βιολογικό καθαρισμό στην περιοχή του Αιτωλικού. Αυτό έχει διαμορφώσει μια σχεδόν κλειστή, αβαθή λεκάνη με περιορισμένη ανανέωση υδάτων (Χορς Γεώργιος 2015) και αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ανθρωπογενούς παρέμβασης στη λιμνοθάλασσα νότια της πόλης του Αιτωλικού. Το πρόβλημα εντείνεται επίσης από την περιορισμένη ανταλλαγή υδάτων μεταξύ της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού βόρεια της πόλης και της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου προς το νότο που μπορεί να γίνει μόνο μέσω των στενών ανοιγμάτων των γεφυρών της πόλης.

Στη λιμνοθάλασσα της Θολής στο παρελθόν υπήρχε επίσης διάυλος επικοινωνίας του Παλαιοπόταμου με αυτή. Μετά την κατασκευή του αντλιοστασίου ο διάυλος έκλεισε από το δρόμο πρόσβασης και η Θολή απομονώθηκε από την λιμνοθάλασσα του Παλαιοπόταμου.

Τέλος, η λιμνοθάλασσα του Παλαιοπόταμου έχει τρία στόμια επικοινωνίας με τον Πατραϊκό κόλπο, συνολικού πλάτους 35 μέτρων, τα οποία κατασκευάστηκαν το 1988

## **Ιχθυοφραγμοί**

Στο μέτωπο της κεντρικής λιμνοθάλασσας Μεσολογίου και μεταξύ των φυσικών αμμονησίδων υπάρχουν τέσσερα ιχθυοτροφεία, γνωστά στους ντόπιους με την ονομασία «ιβάρια» ή «διβάρια». Αυτά βρίσκονται στην Τουρλίδα, το Βασιλάδι, το Σχοινιά και τον Προκοπάνιστο. Είναι όλα παραδοσιακού τύπου και οι ιχθυοφραγμοί είναι κατασκευασμένοι από ξύλινους πασσάλους και πλαστικό πλέγμα. Το συνολικό μήκος των φραγμών είναι 6 χιλιόμετρα.

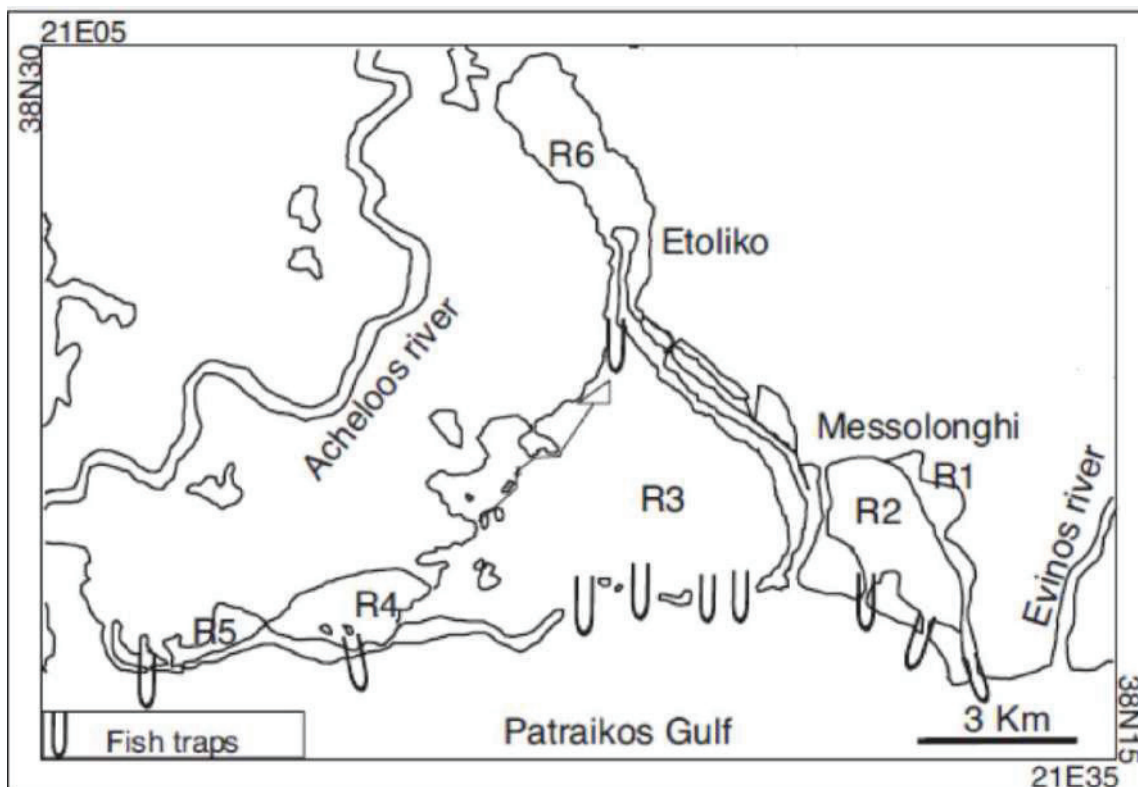
Στη λιμνοθάλασσα της Θολής, υπάρχουν δύο διάυλοι εφοδιασμένοι με σύγχρονες τιμεντένιες ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις.

Σύγχρονοι ιχθυοφραγμοί υπάρχουν επίσης και στο στόμιο της Ανατολικής Κλείσοβας που έχει πλάτος 40 μέτρων, στο ανατολικό τμήμα του συμπλέγματος.

Στην λιμνοθάλασσα της Δυτικής Κλείσοβας υπάρχουν επίσης παραδοσιακοί ιχθυοφραγμοί, στα δύο επιπλέον διβάρια της περιοχής αυτής.

Ιχθυοφραγμός υπήρχε και στη θέση Πόρος στην λιμνοθάλασσα Αιτωλικού. Μέχρι το 2000, στην περιοχή αυτή υπήρχε ιχθυοτροφείο, οι διαχειριστές του οποίου είχαν δημιουργήσει ιχθυοφραγμούς τόσο ανάμεσα στις νησίδες όσο και από την πλευρά του διαύλου Αιτωλικού, που οδηγούσαν τα ψάρια στις ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις του ιχθυοτροφείου. Με την πάροδο των ετών, η συσσώρευση υλικών στις εγκαταστάσεις δημιούργησε φραγμό και η διακίνηση των νερών γινόταν όλο και πιο δύσκολα.

Το 2000 το ιχθυοτροφείο έκλεισε αφού θεωρήθηκε αιτία δυστροφικών κρίσεων στη λιμνοθάλασσα αλλά λόγω έλλειψης κονδυλίων δεν έγινε ολική άρση των φραγμών. Παρόλα αυτά υπάρχει καλύτερη διακίνηση στα νερά και τα ψάρια επέστρεψαν σε περιοχές που δύσκολα μπορούσαν να προσεγγίσουν.



Χάρτης του συστήματος λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου-Αιτωλικού όπου απεικονίζονται οι έξι λιμνοθάλασσες: Ανατολική Κλείσοβα (R1), Δυτική Κλείσοβα (R2), Κεντρική Λιμνοθάλασσα (R3), Θολή (R4), Παλαιοπόταμος (R5), Αιτωλικό (R6) και οι θέσεις των ιχθύοσυλληπτικών εγκαταστάσεων (Katselis et al. 2003).

## Αυθαίρετη κατασκευή εξοχικών κατοικιών και άλλων κτισμάτων

Το πρόβλημα της κατασκευής παράνομων κτισμάτων υπάρχει γενικά σε πολλές περιοχές της λιμνοθάλασσας και ιδιαίτερα στην παραλιακή οριακή αμμουριίδα του Λούρου (μεταξύ της λιμνοθάλασσας Θολής και Παλαιοπόταμου), στο διάυλο Μεσολογγίου – Αιτωλικού, στο νησί της Τουρλίδας και το ανάχωμα που δημιουργήθηκε από τη βυθοκόρηση για τη διάνοιξη του διαύλου προς το λιμάνι Μεσολογγίου, καθώς και στην αμμουριίδα στο νότιο τμήμα της λιμνοθάλασσας της Δυτικής προς το διάυλο της Ανατολικής Κλείσοβας.

Στην πρακτική αυτή καταφεύγουν τόσο ιδιώτες όσο και Δημόσιες Αρχές που με προσχώσεις επεκτείνουν συνεχώς τη γη με σκοπό τη δημιουργία χώρων μέσα στη λιμνοθάλασσα για το χτίσιμο δημόσιων κτιρίων. Αν και υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι χώροι για τέτοια έργα σε άλλες περιοχές, χρησιμοποιείται αυτή η πρακτική λόγω της ευκολίας που προσφέρουν στους σχεδιαστές των έργων. (Hotos et al., 1997)

Τέλος, στο βόρειο τμήμα των λιμνοθαλασσών της Κλείσοβας υφίσταται οικισμός για προσωρινή στέγαση Ρομά.

## **Εκτροπή ποταμών - φράγματα**

Τα τελευταία 40 χρόνια έχουν κατασκευαστεί φράγματα-ταμιευτήρες νερού στον ποταμό Αχελώο (στις θέσεις Καστράκι, Κρεμαστά και Στράτος) που άλλαξαν τόσο τις ποσότητες φερτών υλών που διοχετεύονταν προς την περιοχή της λιμνοθάλασσας όσο και του νερού που κατέληγε σε αυτή. Συμπληρωματικά, τμήμα της κοίτης Αχελώου στον Πατραϊκό στην θέση Παλαιοπόταμος έχει αποκοπεί. Αποτέλεσμα της μειωμένης ποσότητας υλικών, αλλά και της αδρανοποίησης της εκβολής του ποταμού στον Πατραϊκό είναι η εξασθένησή των λουρονησίδων και η διάβρωσή τους από την κυματική δράση. Σήμερα οι λουρονησίδες διατηρούνται γιατί ενισχύθηκαν με λιθοριπή και ομοιάζουν περισσότερο με τεχνητά αναχώματα (Albanakis et al. 1995)

Θα πρέπει να σημειώσουμε επίσης ότι την ίδια στιγμή οι σκέψεις και οι εργασίες για την εκτροπή του Αχελώου συνεχίζονται ενώ ήδη και ο Εύηνος έχει εκτραπεί εν μέρει και εξυπηρετεί τις ανάγκες υδροδότησης της πρωτεύουσας. Οι συνέπειες στον υγρότοπο θα φανούν τα επόμενα χρόνια (Dassenakis et al., 1994).

## **Λειτουργία αλυκών**

Τόσο στο νότιο τμήμα της λιμνοθάλασσας της Κλείσοβας όσο και στο ανατολικό μεταξύ των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου και Αιτωλικού λειτουργούν αλυκές που παράγουν ετησίως 130.000 τόνους αλατιού, δηλαδή το 90% της συνολικής ετήσιας παραγωγής της χώρας μας (Karageorgis, et al., 2012).

## **Αύξηση των θρεπτικών συστατικών και της οργανικής ύλης**

---

### **Λειτουργία βιολογικών καθαρισμών**

Ο βαθμός ρύπανσης από λύματα δεν είναι ίδιος σε κάθε περιοχή του λιμνοθαλάσσιου συγκροτήματος. Στην κεντρική λιμνοθάλασσα οι τιμές είναι χαμηλές υποδηλώνοντας ότι σε αυτό το τμήμα δεν υπάρχει έντονη επιρροή από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Karageorgis et al., 2012).

Στο βόρειο κομμάτι της Ανατολικής Κλείσοβας εκβάλλουν απόβλητα από το βιολογικό καθαρισμό Μεσολογίου. Η ορθή λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού είναι συνυφασμένη με την σωστή διαχείριση των επεξεργασμένων λυμάτων και είναι πολύ σημαντική αφού προβλέπει να διοχετεύονται με χρήση σωστού σωλήνα σε μια περιοχή με καλαμιώνα, όπου μπορεί να γίνει απελευθέρωση από μεγάλο φορτίο ρύπων και ο οποίος συμπληρωματικά είναι τόπος διαβίωσης πουλιών προσθέτοντας πολύ στην οικολογική σημασία αυτής της περιοχής (Hotos et al., 1997, Karageorgis et al., 2012).

Στην περιοχή της Νίδοβας (λιμνοθάλασσα Αιτωλικού) απορρέουν επίσης οργανικά φορτία από το βιολογικό καθαρισμό του Αιτωλικού αλλά και άλλα αυλάκια που καταλήγουν στη λιμνοθάλασσα (Χορς Γεώργιος 2015).



## **Απόθεση απορριμμάτων - Λύματα**

Για πολλά χρόνια, η πόλη του Μεσολογίου χρησιμοποιούσε εντατικά ένα χώρο στην ακτογραμμή μεταξύ Δυτικής και Ανατολικής Κλείσοβας ως χωματερή, καθιστώντας τη ως μία από τις πιο μολυσμένες περιοχές (Marazioti, et al., 2010). Μάλιστα, περιστασιακά φαίνεται ότι στο χώρο συνεχίζεται η παράνομη αυτή δραστηριότητα ακόμη και μετά το επίσημο κλείσιμο της χωματερής και τη λειτουργία του ΧΥΤΑ.

Πρέπει να ληφθεί άμεσα δράση για την διαφύλαξη της περιοχής από τέτοιες δραστηριότητες αφού στο παρελθόν αποτελούσαν σταθερή πηγή ρύπανσης, τοξικών και επέκτασης των εδαφών προς τη λιμνοθάλασσα. (Hotos, et al., 1997)

Σύμφωνα με τους Paratheodorou et al. (2002) οι υψηλότερες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων και οργανικών ενώσεων άνθρακα καταγράφηκαν κοντά στην περιοχή της απόρριψης λυμάτων αλλά και της χωματερής στην Κλείσοβα, και πρόκειται για τις δύο κυριότερες πηγές ρύπανσης. Οι κύριες πηγές ρύπανσης της λιμνοθάλασσας της Κλείσοβας εξακολουθούν να είναι τα γεωργικά λύματα που εισέρχονται μέσω προσωρινών ρευμάτων, αντλιοστασίων και άλλων καναλιών αλλά και τα οικιακά απόβλητα από την περιοχή του Μεσολογίου που εισέρχονται στη λιμνοθάλασσα.

## **Αντλιοστάσια - όμβρια**

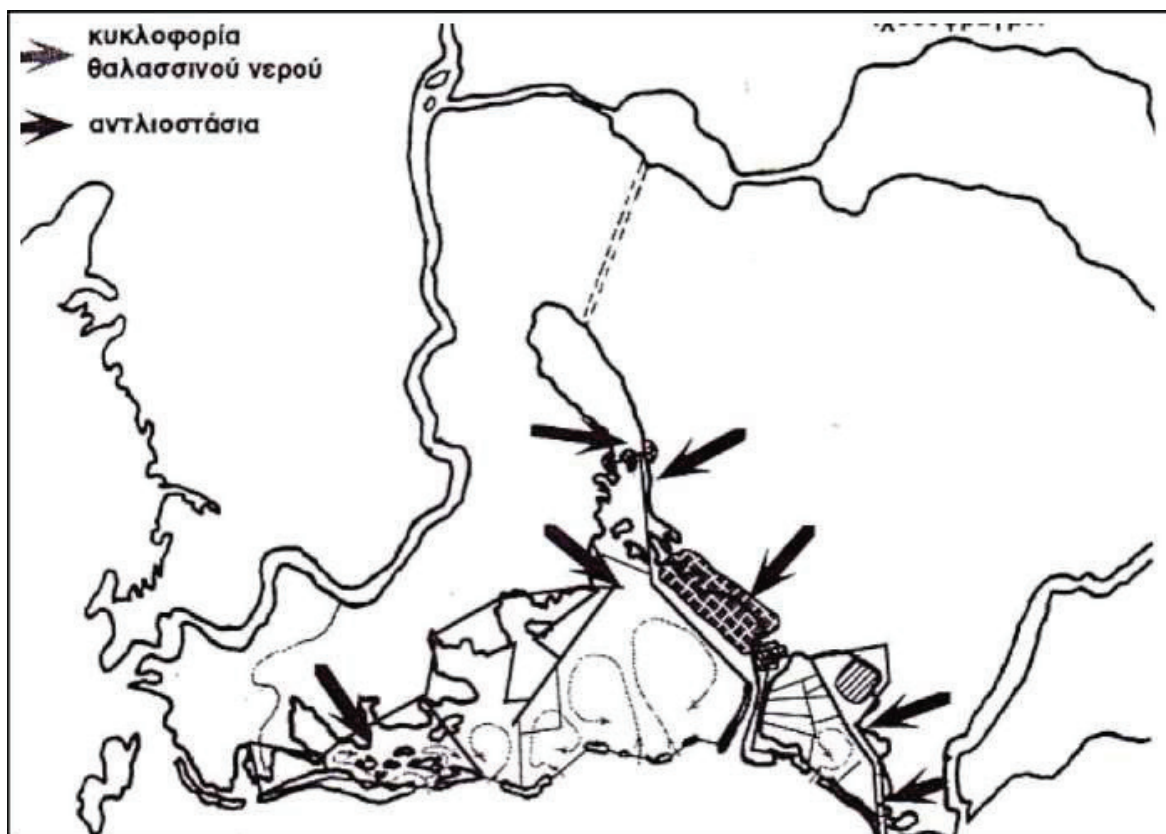
Το δίκτυο αντλιοστασίων απελευθερώνει σε διάφορα σημεία στη λιμνοθάλασσα υφάλμυρο νερό με συνολικό ρυθμό 299.420 κυβικά μέτρα ανά ώρα, όταν βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία (Marazioti et al., 2010). Το νερό αυτό προέρχεται είτε από αποστραγγιστικούς αύλακες είτε από την αποστράγγιση της περιοχής του κάμπου Μακρυνείας – Αγρινίου μέσω του φράγματος της Λυσιμαχείας.

Στην Ανατολική Κλείσοβα διοχετεύουν γλυκό νερό τρία αντλιοστάσια (B2,B4, P.Polder) καθώς και 3 αυλάκια με όμβρια.

Στο βορειοδυτικό τμήμα της κεντρικής λιμνοθάλασσας εκβάλλει ένα αντλιοστάσιο (D1).

Η λιμνοθάλασσα της Θολής είναι αποδέκτης του αντλιοστασίου D2 που αποστραγγίζει την περιοχή του κάμπου του Νεοχωρίου. Ποσότητα νερών του αντλιοστασίου αυτού διοχετεύεται το χειμώνα και στη λιμνοθάλασσα του Παλαιοπόταμου.

Στο νοτιοανατολικό και στο δυτικό τμήμα της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού εκβάλλουν δύο αντλιοστάσια, τα B3 και D6.



Εισροή και κυκλοφορία νερού στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου σήμερα. (Βλάχος Ν., 2005)

## Επίδραση χαλκού από καλλιέργεια ελαιόδεντρων

Οι καλλιεργητές ελαιόδεντρων στην περιοχή, εφαρμόζουν την τεχνική του ψεκασμού χαλκού στα ελαιόδεντρα για προστασία από παθογόνα και ασθένειες. Ο χαλκός ως ουσία δεν μπορεί να σκοτώσει το παθογόνο εισχωρώντας στα δέντρα αλλά με καλύτερη κάλυψη των επιφανειών του δέντρου, και για το λόγο αυτό οι αγρότες εκτελούν ψεκασμούς 3-4 φορές το χρόνο.

Οι μελέτες δείχνουν ότι η επίδραση της χρήσης μυκητοκτόνων με βάση το χαλκό στα εδάφη της περιοχής του Αιτωλικού είναι ψηλότερη σε σχέση με άλλες περιοχές στη χώρα.

Η συνολική ποσότητα χαλκού που μπορεί να βρεθεί στα εδάφη των ελαιώνων που περιβάλλουν τη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού είναι υψηλή και υπερβαίνει, στις περισσότερες περιπτώσεις, το κρίσιμο όριο που έχει θέσει η Ευρωπαϊκή Ένωση (Avramidis et al. 2019).

## Παράνομη αλιεία

Παρά το ισχυρό νομοθετικό πλαίσιο στις λιμνοθάλασσες, η αναποτελεσματική επιβολή του ελέγχου της αλιείας έχει αναγνωριστεί ως μείζον πρόβλημα.

Η τοπική αλιεία στις λιμνοθάλασσες διεξάγεται με μόνιμες παγίδες. Συνολικά υπάρχουν 208 παγίδες στις λιμνοθάλασσες εγκατεστημένες στο σημείο διασύνδεσης μεταξύ λιμνοθάλασσας και Πατραϊκού κόλπου (Katselis et al., 2003). Όμως υπάρχει και παράνομη αλιεία που σύμφωνα με τους Moutopoulos et al. (2017) οφείλεται σε:

(α) Αναποτελεσματικότητα αλιευτικών ελέγχων. Σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες ώρες παραβάσεων, αποτυπώνεται ότι οι αρχές ακτοφυλακής παρακολουθούν η περιοχή σε πολύ στενό χρονικό διάστημα της ημέρας και όχι σε ολόκληρο το 24ωρο.

(β) Ξεπερασμένη νομοθεσία. Οι ισχύοντες νόμοι διατυπώθηκαν πριν από 50 χρόνια όταν η μεσογειακή αλιεία και οι πολιτικές ήταν πολύ διαφορετικές.

(γ) Ετερογένεια ενός οικοσυστήματος λόγω μεγάλης έκτασης. Η νέα πολιτική της ΕΕ αναβαθμίζει το ρόλο του ψαρά ακόμη και ως φύλακα της θάλασσας. Αυτό θα μπορούσε να διευκολύνει τους ελέγχους λαμβανομένων υπόψη των δικαιωμάτων που παρέχονται στις ενώσεις αλιέων με τη μίσθωση των ιβαριών στη λιμνοθάλασσα. Επίσης θα μπορούσε να υπάρξει ανάπτυξη συστημάτων παρακολούθησης (Zaucha et al., 2016) ακόμη και με αυτόματο έλεγχο (Agnew et al., 2009).

(δ) Απουσία αναλογικών και αποτρεπτικών κυρώσεων. Υπάρχει η αίσθηση της ατιμωρησίας.

Σύμφωνα με στοιχεία των Tzanatos et al. (2005) το 38,2% των αλιευμάτων προέρχονται από παράνομη αλιεία με σοβαρές συνέπειες στις τιμές των νόμιμων αλιευμάτων αλλά και στους πληθυσμούς των αλιευμάτων που είναι ζωτικής σημασίας και μπορεί να επιφέρει ντόμινο επιδράσεων (Arias, 2015).

Συμπερασματικά, υπάρχει επείγουσα ανάγκη αναθεώρησης των υφιστάμενων αλιευτικών κανονισμών και καθιέρωσης νέων που να λαμβάνουν υπόψη τον παραδοσιακό χαρακτήρα της αλιείας και τις πολιτιστικές συμπεριφορές των παράκτιων κοινοτήτων.



- |                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| ■ : Αποστραγγιστικό αντλιοστάσιο | ➡ : Εισροή γλυκού νερού     |
| ■ : Βιολογικός καθαρισμός        | ↔ : Ανταλλαγή αρμυρού νερού |
| ■ : Ιχθυοσυλληπτική εγκατάσταση  | ▲ : Αυθαίρετες κατοικίες    |
| ● : Αλυκή                        | ▭ : Ανάχωμα, υφαλαύλακας    |

Ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και ανταλλαγή νερού στη Λιμνοθάλασσα Μεσολογίου – Αιτωλικού

## Συνέπειες ανθρωπογενών παρεμβάσεων

Ο ευτροφισμός και κατά συνέπεια η συσσώρευση φυτοπλαγκτόν στην περιοχή είναι ίσως η δυσμενέστερη συνέπεια των παρεμβάσεων στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού. Το φαινόμενο εμφανίζεται συχνά τα τελευταία χρόνια. Μια μάζα φυτοπλαγκτόν πρασινοκίτρινου χρώματος καλύπτει την επιφάνεια του νερού. Σε συνδυασμό και με την ανοξία οι συνέπειες είναι πολύ μεγάλες.

### Η ανοξία στην βαθιά λιμνοθάλασσα Αιτωλικού

Στη λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού έχουν εμφανιστεί πολλές φορές οικολογικά προβλήματα τα οποία γίνονται όλο και πιο συχνά με την πάροδο των ετών. Σύμφωνα και με ιστορικές αναφορές, ολόκληρη η λεκάνη έγινε πολλές φορές ανοξική με μαζική θνησιμότητα ψαριών και απελευθέρωση υδρόθειου. Η ανοξία είναι το κυριότερο περιβαλλοντικό πρόβλημα της λιμνοθάλασσας.

Οι Gianni et al. (2011) αναφέρουν ότι αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα φυσικού φαινομένου ή αποτέλεσμα ανθρωπογενών παρεμβάσεων που ενισχύουν τη στρωματοποίηση ή ακόμη αποτέλεσμα παρουσίας υψηλών φορτίων θρεπτικών ουσιών και οργανικής ύλης σε νερά με κακή κυκλοφορία (Pearl, 2006). Όταν κάποιοι παράγοντες συνυπάρχουν, η ανοξία μπορεί να είναι μόνιμη.

Οι Gianni, A., & Zacharias, I. (2012) αναφέρουν ότι φυσική υποξία / ανοξία εμφανίζεται: (1) στον πυθμένα λεκανών και φιορδ με περιορισμένη κυκλοφορία (2) ως αποτέλεσμα φυσικών εισβολών ή μη οξυγονωμένου νερού από το υπόστρωμα σε ανώτερα επίπεδα και (3) σε παράκτιες περιοχές εκβολών ποταμών, όπου υπάρχει είσοδος μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλών, οργανικών και μη.

Γενικά στις παράκτιες περιοχές, οι παράγοντες ελέγχου των ανοξικών συνθηκών σχετίζονται με τη μορφολογία, τα θρεπτικά συστατικά και τη σχέση αρμυρού με γλυκό νερό. Μόνιμη στρωματοποίηση παρατηρείται σε φιορδ ή ημίκλειστες θάλασσες. Τα ρηγά νερά και οι επιφανειακοί δίαυλοι επικοινωνίας με την ανοιχτή θάλασσα ευθύνονται για την περιορισμένη κυκλοφορία και τελικά την ανοξία (Gianni, et al. 2011).

Οι απότομες κακοκαιρίες και μετεωρολογικές αλλαγές, όπως καταιγίδες, ισχυροί άνεμοι, έχουν ως αποτέλεσμα την πρόσθεση ή προώθηση ανοξικού νερού στην επιφάνεια των νερών, και καταστροφικά αποτελέσματα που σχετίζονται με ολική ανοξία και μαζικούς θανάτους (Dassenakis et al., 1994).

Η λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού ανήκει στην κατηγορία των ημίκλειστων λεκανών, η ανοξία της οποίας ελέγχεται κυρίως από τη μορφολογία (μεγάλο βάθος, μικρό μήκος) και την επικοινωνία της με τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου μέσω πολύ ρηχών τμημάτων. Παράγοντες που επηρεάζουν επίσης είναι αυτοί της αναλογίας αρμυρού και γλυκού νερού και της παρουσίας θρεπτικών ουσιών. Η λιμνοθάλασσα Αιτωλικού συμπεριφέρεται συνεπώς σαν μια τυπική ανοξική λεκάνη τύπου φιορδ.

Έντονα φαινόμενα παρουσιάστηκαν ιδίως κατά τη διάρκεια των 1650-1670, 1881, 1990, το 1998, το 2008 αλλά και πιο πυκνά αργότερα.

Το πρώτο καταγεγραμμένο γεγονός στη λιμνοθάλασσα περιγράφεται από το Μητροπολίτη Άρτας και Ναυπάκτου Μελέτιο στο βιβλίο του «Γεωγραφία παλαιά και νέα» (1807) και αναφέρεται μεταξύ 1650 και 1670. Συγκεκριμένα αναγράφεται: «... και η Νήσος, εν Λιμνοθαλάττη Αιτωλικόν, ή κοινώτερον Ανατολικών, όπου προ ολίγου χρόνου εξήρχετο εκ της γης ανακοχλάζον αίμα, και εγειρόμενον πολλή βία πλείον μίας πήχεως. Ο Ισθμός της Χερσοννήσου της Αιτωλίας, είναι σχεδόν μεταξύ του Ανατολικού, και της Κατοχής».

κρείττον Μεσολάγιον, καὶ Νῆσος, ἐν Λιμνο-  
θαλάτῃ Αἰτωλικῶν, ἢ κοινώτερον Αἰνατο-  
λικῶν, ὅπου παρὰ ὀλίγου χρόνου ἐξήρχετο ἐκ  
πῆς Γῆς ἀνακοχλάζον αἶμα, καὶ ἐγειρόμενος  
πολλῇ βίᾳ πλείον μίας πήχιας. ὁ Ἰὼμός  
πῆς Χερσονήσου πῆς Αἰτωλίας, εἶναι σχε-  
δὸν μεταξὺ τοῦ Αἰνατολικῶν, καὶ πῆς Κα-  
τοχῆς.

Το γεγονός όπως καταγράφεται στο βιβλίο «Γεωγραφία παλαιά και νέα»  
του Μητροπολίτη Άρτας και Ναυπάκτου Μελέτιου

Επόμενη καταγραφή έχουμε το 1881 σε άρθρο στη εφημερίδα «Εστία» (Nider & Parlaras 1882). Το γεγονός συνέβη τη νύχτα της 3ης Δεκεμβρίου 1881 όπου κατά τη διάρκεια μιας σφοδρής κακοκαιρίας: «...απαίσιος συρισγός, εξελθών απο τα έγκατα της λιμνοθαλάσσης πλησίον της Αστροβίτσας, όπου βρίσκονται τα ορυχεία γύψου, εσχίσθη και απο σχηματιθέν ρήγμα ἐξήλθε τέφρα, παραλλήλους προς την παραλίαν ἐξήρχοντο πομφόλυγες επι της επιφάνειας ομίχλη διεχύθει ἐπ' αυτής, τα νερά εθόλωσαν και έλαβαν γαλακτώδες χρώμα, καλυφθέντα εδώ και εκεί με λεπτό λιπώδες στρώμα, το οποίο απέδειδε θειώδη οσμήν. Και εν γενεί πνοή καινόμενου θείου εκπλήρωσεν την ατμόσφαιρα με την αποπνικτικήν απόπνοια του. Εψόφησαν δε όλα τα ψάρια που ευρίσκοντο πλησίον της θέσεως εκείνης απο τον βίαιον τιναγμόν, που έλαβαν ως εαν εκτυπήθησαν υπο δυναμίτιδος και εσκέπασαν την θάλασσαν. Ενώ εκείνα που ευρίσκοντο προς την νήσον του Αιτωλικού, ή προς τας ακτάς της λιμνοθαλάσσης σαστισμένα έτρεχαν προς την ξηράν, δια να εύρουν άσυλον, ως εάν κατεδίωκοντω υπο αόρατου εχθρού. Οι κάτοικοι τα έπιαναν με τα χέρια».

Τα γεγονότα συνδέονται με γεωλογικά φαινόμενα αφού καταγράφεται κατολίσθηση στην περιοχή Αιτωλικού.

Το Νοέμβριο του 1990 στην περιοχή του Αιτωλικού υπήρχε έντονη μυρωδιά χαλασμένου αβγού. Η επιφάνεια της λιμνοθάλασσας καλύφθηκε με ένα πρασινοκίτρινο στρώμα φυκών. Το συγκεκριμένο γεγονός συνοδεύτηκε με θάνατο εκατοντάδων τόνων ψαριών που εκβράστηκαν στις ακτές ή παρέμειναν στον βυθό της λιμνοθάλασσας (Koutsodendris et al. 2015). Είχε προηγηθεί έντονη κακοκαιρία με ισχυρούς ανέμους που προκάλεσαν πλημμύρες στην περιοχή γύρω από τη λιμνοθάλασσα.

Την ίδια χρονική περίοδο του έτους, οκτώ χρόνια μετά, επαναλήφθηκε το γεγονός. Από το Νοέμβριο του 1998 εκτεταμένες περιοχές στη λιμνοθάλασσα εμφάνισαν και πάλι τα αποτελέσματα του ευτροφισμού, με την πρασινοκίτρινη μάζα από φυκοπλαγκτόν να καλύπτει την επιφάνεια και τη χαρακτηριστική οσμή να αναδύεται από αυτή. Και πάλι ως αποτέλεσμα υπήρξε ο θάνατος τόνων από ψάρια και άλλα αλιεύματα. Το φαινόμενο αναφέρθηκε σε τοπικές εφημερίδες. Αυτή η κρίση έφερε τη λήψη μέτρων, μεταξύ των

οποίων η διάνοιξη μιας πρόσθετης καμάρας σε κάθε ένα από τα δύο γεφύρια στα δυτικά και ανατολικά του Αιτωλικού, ώστε αλμυρό νερό από το τμήμα του Μεσολογίου να μπαίνει στο τμήμα Αιτωλικού. Ένα επιπλέον μέτρο ήταν η άρση τμήματος του αναχώματος μεταξύ των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου και Αιτωλικού.

Το Δεκέμβριο του 2008, και πάλι μετά από σφοδρούς νοτίους ανέμους, παρουσιάστηκαν αρχικά πλημμύρες συνέπεια της έντονης θαλασσοταραχής. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν από την εποπτεία αλιείας έδειξαν μηδενικές τιμές οξυγόνου στην επιφάνεια της θάλασσας και έκλυση υδρόθειου στην ατμόσφαιρα. Πολλά ψάρια πέθαναν κάτω από αυτές τις αντίξοες συνθήκες.

Το 2009 οι ισχυροί νότιοι άνεμοι γίνονται αιτία να καταστραφούν ιχθυοφραγμοί στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου. Τα νερά από τον Πατραϊκό κόλπο εισχώρησαν στο κανάλι του Αιτωλικού και η έκλυση υδρόθειου εκδηλώνεται με τη χαρακτηριστική της μυρωδιά στην περιοχή. Οι απώλειες στα αλιεύματα είναι μεγάλες καθώς σε αυτό το γεγονός χάθηκε το 50% της παραγωγής των φυσικών ιχθυοτροφείων.

Σε κανονικές συνθήκες, τα γλυκά νερά που εισέρχονται στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού, σχηματίζουν ένα στρώμα και ουσιαστικά επιπλέουν πάνω από τα αλμυρότερα και βαρύτερα νερά της. Ανανεώνονται μόνο τα επιφανειακά νερά. Τα υπόλοιπα, ανάλογα με το βάθος που βρίσκονται, μπορεί να παραμένουν και εντελώς στάσιμα, περιορίζοντας την κυκλοφορία σε μια επιφανειακή κυρίως ζώνη λίγων μέτρων. Αυτή η ζώνη οξυγονώνεται επαρκώς. Σε αυτή, η ζωή των οργανισμών μπορεί να συνεχίζεται κανονικά. Σε μεγαλύτερα βάθη ζουν μόνο αναερόβιοι μικροοργανισμοί.

Στα βαθύτερα στρώματα της λιμνοθάλασσας δημιουργείται συνεπώς μια ανοξική ζώνη. Στη ζώνη αυτή η δράση των αναερόβιων μικροοργανισμών παράγει διάφορες ενώσεις με κυρίαρχη ένα ιδιαίτερα τοξικό αέριο, το υδρόθειο. Η παρουσία του οφείλεται σε δυο λόγους, στην αποσύνθεση της οργανικής ύλης και στη γυψογενή σύσταση των πετρωμάτων της περιοχής.

Σε διάφορες μελέτες (Dassenakis et al., 1994, Leonardos and Sinis, 1997, Gianni και Zacharias, 2011) αναφέρεται πως η αιτία των καταστροφικών γεγονότων σχετίζεται με μετεωρολογικές / ωκεανογραφικές συνθήκες. Οι ισχυροί νότιοι άνεμοι οδήγησαν μεγάλες μάζες πυκνού αλμυρού νερού να εισέλθουν από τον Πατραϊκό κόλπο στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού μέσω των καναλιών επικοινωνίας με τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου. Τέτοια ρεύματα, που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τελικά την κάθετη ανάμειξη των νερών σε ρηχά συστήματα, δεν είναι ικανά να προκαλέσουν ανανέωση στα μεγάλα βάθη στη λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού. Το ίδιο φαινόμενο παρουσιάζεται όμως και με βόρειους ή βορειοανατολικούς ανέμους, αφού αυτοί προκαλούν μείωση της στάθμης των νερών. Μεγάλες ποσότητες οδηγούνται προς τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου. Όταν οι άνεμοι σταματήσουν, οι όγκοι νερών θα καλύψουν το κενό που είχε δημιουργηθεί. Το νερό όμως αυτό είναι πιο αρμυρό και πυκνό και εισερχόμενο στην λιμνοθάλασσα προκαλεί ανάμειξη στη στήλη.

Το πυκνό νερό μεγάλης αλατότητας διέρρευσε κάτω από το σχετικά ελαφρύτερο ανοξικό θειούχο νερό οδηγώντας το προς τα επιφανειακά στρώματα προκαλώντας ανάμιξη με το καλά οξυγονωμένο επιφανειακό νερό. Η στήλη νερού γίνεται ανοξική και απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα υδρόθειο.

Η ύπαρξη σε όλη τη διάρκεια του έτους μόνιμου θερμοκλινούς και αλοκλινούς είναι ένα από τα χαρακτηριστικά της Λιμνοθάλασσας.

Οι Avramidis et al. (2015) συγκέντρωσαν τα ιστορικά δεδομένα που αφορούν θερμοκρασία, αλατότητα και βάθος της διεπαφής οξικής – ανοξικής περιοχής στη στήλη νερού.

Κατά την περίοδο από το 1951 έως το 2004, το κάτω στρώμα έδειξε θερμοκρασίες με σχετικά σταθερές τιμές μεταξύ 15–16 C και τιμές αλατότητας που κυμαίνονται από 27,5 έως 32,5%. Τα στοιχεία έδειξαν ότι η οξική / ανοξική διεπαφή το 1951 ανιχνεύθηκε σε βάθος 14 μέτρων κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και 19 μέτρων κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Hatzikakidis 1951). Από τότε, το βάθος της διεπαφής μειώνεται σταδιακά έως το 1991 στα 10 μέτρα κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και 15 μέτρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Danielidis 1991) και ακόμη περισσότερο στα 7 μέτρα καθ' όλη τη διάρκεια του 1995 (Ψιλοβίκος 1995). Το 2003–2004 παρατηρήθηκε ότι το ελάχιστο βάθος της διεπαφής ήταν στα 4 m.

Η αύξηση του πάχους του ανοξικού κάτω στρώματος αποδόθηκε τις ανθρώπινες παρεμβάσεις, όπως οι αυξημένες απορρίψεις γλυκού νερού, η περιορισμένη επικοινωνία με τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου και τον Πατραϊκό κόλπο λόγω τεχνικών έργων (Gianni et al., 2011).

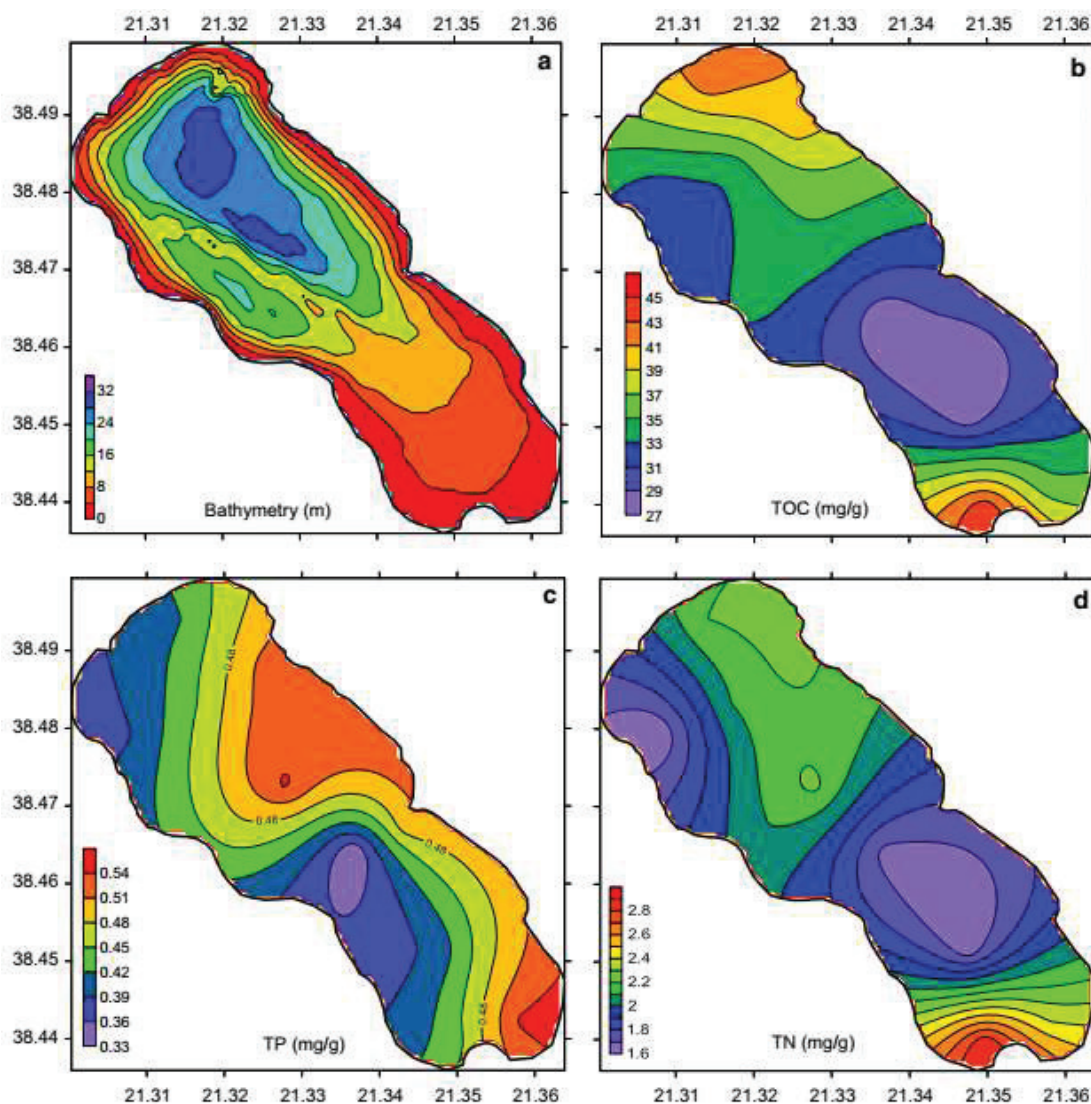
Στη διάρκεια 2006–2007, η διεπαφή μετακινήθηκε προς τα κάτω στα 15 μέτρα (καλοκαίρι) και στα 18 μέτρα (χειμώνας) λόγω της τεχνητής διεύρυνσης στα κανάλια επικοινωνίας μεταξύ των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου και Αιτωλικού (Gianni et al., 2011, Gianni & Zacharias, 2011) και έπεσε ακόμη περισσότερο τον Ιανουάριο του 2007 σε βάθος 24 μέτρων. Και αυτό το γεγονός οφείλεται σε ανθρωπογενή παρέμβαση αφού προηγήθηκε εμβάθυνση του καναλιού που συνδέει το Αιτωλικό και το Μεσολόγγι.

Συμπερασματικά, οι λόγοι για την παρουσία του υδρόθειου είναι τόσο οι μετεωρολογικές συνθήκες όσο και το υδροδυναμικό καθεστώς της λιμνοθάλασσας (Paradas et al. 2009; Gianni and Zacharias 2011).

Ο συνεχής εμπλουτισμός του νερού με υδρόθειο αποδίδεται τόσο στη διάλυση του γύψου στη λεκάνη αποχέτευσης όσο και σε βιοχημικές διεργασίες στη συσσωρευμένη οργανικής ύλης στα ιζήματα του πυθμένα (Leonardos & Sinis 1997, Paradas et al. 2009) που μεταφέρεται από χείμαρρους, αποστραγγιστικά αυλάκια, αντλιοστάσια και λύματα της πόλης του Αιτωλικού. Η κύρια εισροή ιζημάτων στη λιμνοθάλασσα παρατηρήθηκε στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας (Avramidis et al. 2015) αλλά υπάρχουν και συστήματα άρδευσης και / ή αποστράγγισης που εκβάλλουν στη λιμνοθάλασσα μέσω τεσσάρων αντλιοστασίων (Gianni et al., 2011).



Η ποσότητα της οργανικής ύλης είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή που μπορεί να αποσυντεθεί από τους μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο νερό. Το διαθέσιμο διαλυμένο οξυγόνο που απαιτείται για την αποσύνθεση εξαντλείται με αποτέλεσμα μια σειρά περίπλοκων βιολογικών και χημικών αντιδράσεων κατά τις οποίες βακτήρια αποσπών από τα θεϊκά ιόντα το οξυγόνο και έτσι δημιουργείται υδρόθειο.



Κατανομές βάθους νερών (a), ολικού οξυγόνου(b), ολικού φωσφόρου (c) και ολικού αζώτου (d) στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού (Avramidis et al., (2015)

Αν και τα κύρια αίτια αυτής της κατάστασης όπως περιγράφηκαν είναι κυρίως ωκεανογραφικά και ανθρωπογενή, δεν πρέπει να αποκλειστεί κι ένας ακόμη παράγοντας γεωλογικός. Στον πυθμένα της λιμνοθάλασσας έχει ανιχνευθεί κρατήρας τα χαρακτηριστικά του οποίου μπορεί να υποδηλώνουν τη διαφυγή αερίου (μεθάνιο και υδρόθειο) από ιζήματα. Σε αυτή οφείλονται και οι μηδενικές τιμές του εξαντλημένου διαλυμένου οξυγόνου κοντά στον πυθμένα. (Papatheodorou et al. 2001).

Εν κατακλείδι, μπορούμε να υποθέσουμε ότι η λιμνοθάλασσα Αιτωλικού έχει σε μικρότερη φυσικά κλίμακα χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά της Μαύρης Θάλασσας, της Βαλτικής Θάλασσας και του Αμβρακικού Κόλπου.

## Ευτροφισμός περιοχής Νίδοβας της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού

Η περιοχή της Νίδοβας βρίσκεται βορειοανατολικά της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου σε περιοχή της λιμνοθάλασσας Αιτωλικού και οριοθετείται προς βορρά από τα ανατολικά γεφύρια του Αιτωλικού, ανατολικά από ξηρά, δυτικά από το τεχνητό ανάχωμα – δρόμο προς το βιολογικό καθαρισμό του Αιτωλικού. Στο νότιο τμήμα της, η περιοχή επικοινωνεί μέσω υφαλαύλακα με την λιμνοθάλασσα Μεσολογίου.

Η ανανέωση των νερών είναι σαφώς προβληματική και το πρόβλημα εντείνεται σε συνδυασμό με την απορροή οργανικών φορτίων του βιολογικού καθαρισμού και παρακείμενων αυλακών. Οι συνέπειες είναι εμφανείς και εποχικά εμφανίζεται ευτροφισμός ως πυκνή μάζα φυτοπλαγκτόν.



Η περιοχή της Νίδοβας

## Συνέπειες στη Λιμνοθάλασσα της Κλείσοβας

Αρκετές φορές στο παρελθόν, είχαν σημειωθεί περιβαλλοντικές διαταραχές που είχαν ως αποτέλεσμα το μαζικό θάνατο ψαριών. Τον Δεκέμβριο του 2006 και τον Ιούλιο του 2008 καταγράφηκε μαζικός θάνατος ψαριών στην Ανατολική Κλείσοβα με εκτιμώμενο βάρος

τρεις τόνους. Η κατάσταση αυτή συνδέθηκε στενά με τις μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών αλλά και το οργανικό φορτίο στην περιοχή.

Από την άλλη, οι υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου είναι σαφής ένδειξη έντονου ευτροφισμού (υψηλές τιμές βιομάζας) εντός των καναλιών αφού υποδηλώνει εντεινόμενη φυσική αποσύνθεση και κύκλο αναπνοής ενώ οι συγκεντρώσεις αζώτου και θείου μπορούν να αποδοθούν σε φυσικές αιτίες, και πιο συγκεκριμένα στην αποσύνθεση βενθικής βλάστησης, ή στη φύση της λιμνοθάλασσας που έχει περιορισμένο βάθος και μικρή ανανέωση νερού και πιθανώς αυξημένη παραγωγικότητα. (Karageorgis et al. 2012)

### **Συνέπειες στη Λιμνοθάλασσα της Θολής και του Παλαιοπόταμου**

Οι επιπτώσεις των παρεμβάσεων στην περιοχή των δύο λιμνοθαλασσών είναι σήμερα έντονες.

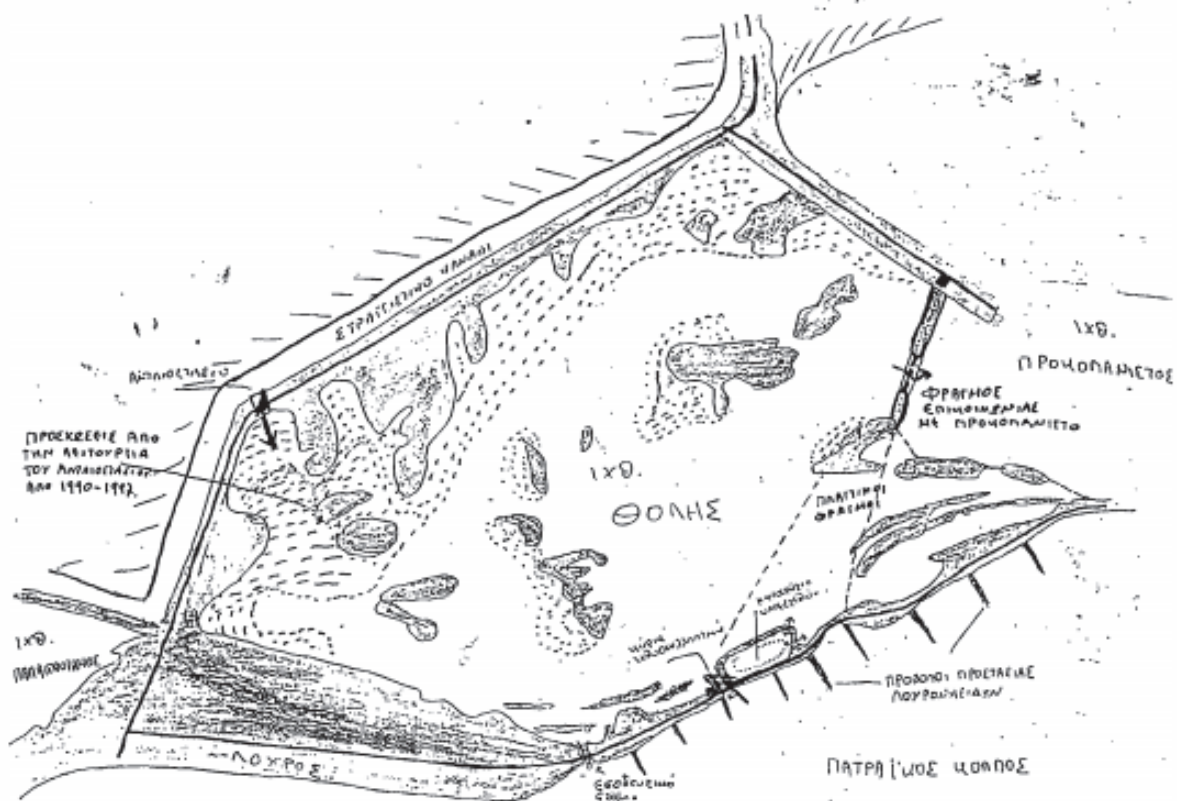
Οι παρεμβάσεις στον ποταμό Αχελώο (φράγματα) περιόρισαν τα νερά που φτάνουν σε αυτές με αποτέλεσμα την αποξήρανση τμημάτων στα βόρεια της λιμνοθάλασσας της Θολής.

Η λιμνοθάλασσα της Θολής ήταν εκ φύσεως πλούσια σε γλυκά νερά. Η λειτουργία του αντλιοστασίου είχε δύο κύριες συνέπειες. Πρώτον τροφοδότησε με επιπλέον γλυκά νερά την λιμνοθάλασσα. Η δεύτερη συνέπεια ήταν η πλήρης απομόνωση της λιμνοθάλασσας του Παλαιοπόταμου δυτικότερα, λόγω της κατασκευής δρόμου προς το αντλιοστάσιο. Επίσης, περιορίστηκε η κυκλοφορία του νερού.

Μεγάλοι όγκοι γλυκού νερού εκφορτίζονται στο ΒΔ άκρο της Θολής ενώ τα φερτά υλικά του νερού αποστράγγισης, καθιζάνουν στο χώρο εκφόρτισης. Σε συνδυασμό με την αποξήρανση των ελών που συγκρατούσαν νερά από βροχοπτώσεις και τα απελευθέρωναν σιγά - σιγά στη λιμνοθάλασσα, η φόρτιση εποχιακά είναι μεγάλη, κυρίως τους χειμερινούς μήνες. Πέρα από την μεταβολή της αλατότητας, δημιουργήθηκαν νησίδες γλυκού νερού καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στη λιμνοθάλασσα ενώ εμφανίζεται ευτροφισμός που γίνεται έντονος εποχιακά.

### **Αποξήρανση στο νοτιοδυτικό τμήμα (Θολή – Παλαιοπόταμος)**

Οφείλεται στις παρεμβάσεις στην ροή του Αχελώου με την κατασκευή φραγμάτων που οδήγησε στο δραστικό περιορισμό των ελωδών περιοχών στην περιφέρειά της και τον περιορισμό των φυσικών απορροών των γλυκών νερών. Επιπλέον, η κατασκευή των τριών φραγμάτων-ταμιευτήρων νερού στην κοίτη ροής της ορεινής λεκάνης του Αχελώου, είχε ως αποτέλεσμα να αποκοπεί το τμήμα της κοίτης του Αχελώου στον Πατραϊκό στην θέση Παλαιοπόταμος και η μόνη πλέον κοίτη να βρίσκεται δυτικά του λόφου Κοτσιλάρης στο Ιόνιο. Μοναδική παροχή γλυκού νερού αποτελεί το αποστραγγιστικό κανάλι στο ΝΑ τμήμα της λιμνοθάλασσας, η ροή του οποίου ελέγχεται από το αντλιοστάσιο που βρίσκεται ανατολικά της περιοχής (Αλμπανάκης Κ, Ψιλοβίκος Α, 2000).



Απεικόνιση της λιμνοθάλασσας της Θολής μετά τις παρεμβάσεις

## Μέτρα που βοηθούν στην αντιμετώπιση των συνεπειών

Τα μέτρα που θα βελτιώσουν την κατάσταση στη λιμνοθάλασσα περιλαμβάνουν:

- ανάπτυξη και εγκατάσταση, σύμφωνα με τις οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, μόνιμης διαδικασίας παρακολούθησης των υδάτων
- βελτίωση της κυκλοφορίας του νερού με επικοινωνία με τον Πατραϊκό κόλπο
- άρση αναχωμάτων που παρεμπόδιζαν την κυκλοφορία των υδάτινων μαζών προς το εσωτερικό της λιμνοθάλασσας
- κατασκευή υφαλαύλακα που θα επέτρεπε την καλύτερη ανάμιξη των νερών της λιμνοθάλασσας με τα νερά του Πατραϊκού κόλπου
- μελέτη της λειτουργίας των αντλιοστασίων
- βελτίωση της λειτουργίας της μονάδας επεξεργασίας λυμάτων
- λειτουργία βιολογικού καθαρισμού στο σύνολο των εγκαταστάσεων που παράγουν υγρά απόβλητα

- αντιμετώπιση παράνομων απορρίψεων λυμάτων ή απορριμμάτων
- απαγόρευση απόρριψης μπαζών
- καθαρισμός των χώρων της λιμνοθάλασσας από σκουπίδια και άλλα υλικά
- εκφόρτιση των διαύλων μέσω καλαμιώνων και όχι απευθείας
- στροφή προς την υιοθέτηση βιολογικής γεωργίας, με καλλιέργειες που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον (όπως οι δενδρώδεις πολυετείς)
- περιορισμένη χρήση φωσφορικών και νιτρικών λιπασμάτων στην περιοχή γύρω από τη λιμνοθάλασσα

### **Μέτρα στην λιμνοθάλασσα Αιτωλικού**

Αν και είναι πολύ δύσκολο να αντιστραφεί η ευτροφική κατάσταση της λιμνοθάλασσας, μπορούν να ληφθούν ορισμένα μέτρα για τη βελτίωση της κατάστασης. Τα τελευταία χρόνια έγιναν προσπάθειες να αντιστραφεί η υποβάθμιση του συστήματος και να γίνει επαναφορά στην πρότερη κατάστασή του. Οι προσπάθειες στρέφονται κυρίως στη διευκόλυνση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας του νερού μεταξύ των λιμνοθαλασσών Μεσολογίου και Αιτωλικού.

Ανανέωση των υδάτων μπορεί να γίνει είτε από τα βόρεια της λεκάνης μέσω των ανατολικών γεφυριών του Αιτωλικού είτε από τα νότια μέσω βυθοκορημένου υφαλούλακα που συνδέει τη Νίδαβα με τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου

Η μελέτη του Χορς (2014) βασίστηκε σε προσομοιώσεις. Τα αποτελέσματα τεσσάρων διαφορετικών σεναρίων έδειξαν ότι η υφιστάμενη είναι η βέλτιστη γεωμετρία για την καλύτερη αξιοποίηση της παλίρροιας για την ανανέωση των υδάτων. Αν και η άρση του αναχώματος (ολική ή μερική) παραδόξως δεν δημιουργεί καλύτερα αποτελέσματα, η διατήρηση του υφαλούλακα είναι ζωτικής σημασίας. Ο υφαλούλακας αλλά και η εξωτερική περιοχή ανάντη και κατάντη από αυτόν πρέπει να βυθοκορείται στο ίδιο επιθυμητό βάθος. Η μελέτη ανέδειξε ως βέλτιστη λύση βάθους τα 3 μέτρα.

Το Μάιο του 2006 ολοκληρώθηκαν έργα στο διάυλο Μεσολογίου – Αιτωλικού που αύξησαν τη διατομή του κατά περίπου 30% και διευκόλυναν πολύ την εισροή πυκνότερου νερού από την αλμυρή λιμνοθάλασσα Μεσολογίου. Αυτή η ενέργεια επηρέασε την υδρογραφία της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού αφού το οξυγονωμένο αλμυρό νερό οδήγησε σε ασθενή ανάμιξη της στήλης νερού εισάγοντας οξυγόνο κατά τη χειμερινή περίοδο.

Όμως σύμφωνα με τη Gianni et al. (2012), οι μορφολογικές αλλαγές που έγιναν στο διάυλο δεν παρέχουν μόνιμη λύση για τον έλεγχο των ανοξικών καταστάσεων στη στήλη νερού της βαθιάς λιμνοθάλασσας. Είναι γεγονός ότι πρέπει να γίνουν ολοκληρωμένες μελέτες για τεχνικές ρυθμίσεις που θα διευκολύνουν την κίνηση του νερού μεταξύ των λιμνοθαλασσών του Αιτωλικού και του Μεσολογίου και τις θετικές ή αρνητικές επιπτώσεις που θα έχουν στο περιβάλλον (Dassenakis et al., 1994)

Προς το βόρειο κομμάτι, η παρέμβαση που μπορεί να υπάρχει αφορά στον καθαρισμό του ιζήματος του βυθού και την εκβάθυνση στην περιοχή των γεφυρών του Αιτωλικού.

Οι Marazioti et al. (2010) αναφέρουν ότι συμπληρωματικά επιβάλλεται να υπάρχει ορθολογική χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων και να βελτιωθεί η λειτουργία της επεξεργασίας λυμάτων αφού ειδικά οι περιοχές κοντά στα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων είναι έντονα μολυσμένες. Τέλος, τεχνητή άντληση νερού από τη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου στη λιμνοθάλασσα Αιτωλικού θα βοηθούσε στην ανανέωση των υδάτων και θα μπορούσε να βελτιώσει την αλατότητα της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού, με παράλληλη μείωση της παρατηρούμενης διαστρωμάτωσης.

### **Μέτρα στα στόμια της λιμνοθάλασσας**

Οι εισοδοί της λιμνοθάλασσας είναι η πιο δυναμική περιοχή τόσο για την κυκλοφορία του νερού όσο και για τα αιωρούμενα ιζήματα που μεταφέρονται ως εκεί (Bruun et al., 1969). Τόσο το νερό όσο και τα ιζήματα αποτελούν δύο από τους παράγοντες που καθορίζουν τα υδροδυναμικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, καθώς και τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού, οι οποίες είναι σημαντικές για τη συντήρηση του οικοσυστήματος της λιμνοθάλασσας.

Μία από τις σημαντικότερες απειλές για τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογίου είναι η διάβρωση που παρατηρείται στις παλιρροιακές εισόδους που επιτρέπουν την ανταλλαγή νερού μεταξύ της λιμνοθάλασσας και του Πατραϊκού κόλπου, λόγω παράκτιας συσσώρευσης ιζημάτων που θα οδηγούσαν τελικά στη σφράγιση αυτών των εισόδων.

Σύμφωνα με τους Fourniotis et al. (2008), έχουν κατασκευαστεί βραχίονες ανατολικά και δυτικά κάθε παλιρροιακού στομίου για τη διατήρηση και προστασία των εισόδων από τη συσσώρευση παράκτιων ιζημάτων. Η παρουσία τους προκαλεί την παραμόρφωση της ακτής και τη μετακίνηση της ακτογραμμής προς τα εμπρός, ενώ παράλληλα συνεχίζεται και η συσσώρευση ιζήματος μπροστά από τα παλιρροιακά στόματα.

Η λύση στο πρόβλημα θα περιελάμβανε μελέτες για την καλύτερη κατανόηση των αιτιών του φαινομένου και φυσικά προγραμματισμό ήπιων εργασιών που θα έχουν ελάχιστο αντίκτυπο στην αμμώδη ζώνη του φραγμού, όπως βυθοκόρηση ή και άλλες συμπληρωματικές εργασίες στην περιοχή.

Στην περιοχή της Θολής, το στόμιο διατηρείται ανοιχτό με τη βοήθεια δύο προστατευτικών βραχιόνων που εμποδίζουν τις προσχώσεις. Επιπλέον, πρέπει να γίνεται βυθοκόρηση κατά μήκος του παλιρροιακού καναλιού, μπροστά στο στόμιο και στο πίσω μέρος του καναλιού μέσα στη λιμνοθάλασσα μέχρι το βάθος της ανοιχτής θάλασσας. Η άμμος από την ανασκαφή πρέπει να χρησιμοποιείται ως υλικό στην παραλία κατάντη του κοντινού βραχίονα (ανατολικά του στομίου) έτσι ώστε το υλικό να ανακυκλώνεται.



Δορυφορικές φωτογραφίες (Google Earth) του στομίου του ανατολικού διαύλου της Κλείσοβας τα έτη (a) 2007, (b) 2012 και (c) 2016



Δορυφορική φωτογραφία (Google Earth) του στομίου στην περιοχή της λιμνοθάλασσας της Θολής το 2012

## Αποτελέσματα – συζήτηση

---

Σύμφωνα με τη μελέτη που πραγματοποιήθηκε, μπορούμε να πούμε ότι στη διεθνή βιβλιογραφία υπάρχει επαρκής πληροφορία που περιγράφει τα χαρακτηριστικά της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου – Αιτωλικού αλλά και τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο χώρο διαχρονικά.

Εκτός από έρευνες πολύ μικρής διάρκειας τα τελευταία χρόνια, που στόχευσαν στην καταγραφή της μεταβολής ποιοτικών δεικτών (όπως παρουσιάστηκαν στην συγκεκριμένη μελέτη), δεν έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες για την διαχρονική καταγραφή των ανθρωπογενών επιδράσεων στην περιοχή.

Γνωρίζουμε συνεπώς πόσο άλλαξε το περιβάλλον και ποιες ήταν οι επιδράσεις της ανθρώπινης δραστηριότητας αλλά λόγω της έλλειψης στοιχείων ειδικά από τα προηγούμενα χρόνια δεν μπορούμε να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα για την επίδραση της καταγεγραμμένης διαφοροποίησης των δεικτών στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου – Αιτωλικού.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

- Agnew, D.J., Pearce, J., Pramod, G., Peatman, T., Watson, R., Beddington, J.R., Pitcher, T.J., 2009. Estimating the worldwide extent of illegal fishing. *PLoS One* 4 (2), e4570
- Albanakis K, Psilovikos A, Vouvalidis K, Palikaridis H (1995) Comparison of the euxinic Etoliko basin with Mesologgi lagoon. *In: Proceedings of the 4th Panhellenic Geographical Conference, Athens, Greece*, pp 27–41
- Anonymous (2001) Study of management of fishery exploitation of Greek lagoons. Project PESCA. Ministry of Agriculture of Greece, Direction of Aquaculture (in Greek)
- Arias, A., 2015. Understanding and managing compliance in the nature conservation context. *J. Environ. Manage.* 153, 134e143
- Avramidis P, Zelilidis A, Kontopoulos N (2000) Thrust dissection control of deep-water clastic dispersal patterns in the Klematia–Paramythia Foreland Basin, western Greece. *Geol Mag* 137:667–685
- Avramidis, P., Bekiari, V., Tsiotsis, E., & Kalimani, E. (2010). Seasonal variation of nutrients, COD and BOD<sub>5</sub> in klisova lagoon channels (S.E. Mesolonghi Aetoliko Lagoon Complex) W. Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(12 B), 3242–3248.
- Avramidis, P., Bekiari, V., Christodoulou, D., & Papatheodorou, G. (2015). Sedimentology and water column stratification in a permanent anoxic Mediterranean lagoon environment, Aetoliko Lagoon, western Greece. *Environmental Earth Sciences*, 73(9), 5687–5701.
- Avramidis, P., Barouchas, P., Dünwald, T., Unkel, I., & Panagiotaras, D. (2019). The Influence of Olive Orchards Copper-Based Fungicide Use, in Soils and Sediments—The Case of Aetoliko(Etoliko)Lagoon Western Greece. *Geosciences (Switzerland)*, 9(6), 1–17.
- Avramidou-Kalitsi, O. & Koutsoukos, E G. (1990). The aquatic chemistry of the lagoon of Messolonghi. *In Transport of Pollutants by Sedimentation*. MAP Technical Reports Series No 45, p. 237, UNEE Athens
- Barnes, R.S.K. (1980). Coastal Lagoons. Cambridge Studies in Modern Biology I. *Cambridge University Press*, Cambridge.
- Basset, A., Sabetta, L., Fonnesu, A., Mouillot, D., Do Chi, T., Viaroli, P., Giordani, G., Reizopoulou, S., Abbiati, M., & Carrada, G. C. (2006). Typology in Mediterranean transitional waters: New challenges and perspectives. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16(5), 441–455.
- Basset, A., Pinna, M., Sabetta, L., Barbone, E., Galuppo, N. (2008). Hierarchical scaling of biodiversity in lagoon ecosystems. *Transitional Waters Bulletin*, 3, 75-86.
- Bommeljé, S., Doom, P.K., 1987. Aetolia and the Aetolians: Towards the Interdisciplinary Study of a Greek Region (Studia Aetolica 1). Utrecht
- Brauer, A., 2004. Annually laminated lake sediments and their palaeoclimate relevance. *In: Fischer, H., Kumke, T., Lohmann, G., Flöser, G., Miller, H., von Storch, H., Negendank,*

- J.F.W. (Eds.), *The Climate in Historical Times. Towards a Synthesis of Holocene Proxy Data and Climate Models*. Springer Verlag, Berlin, pp. 109e128.
- Brinson MM, Malvarez AI (2002) Temperate freshwater wetlands: types, status, and threats. *Environ Conserv* 29: 115–133
- Bruun, P. "Tidal inlets on alluvial shores". In: *Lagunas Costeras*. (Castanares, A .A., Phleger, F. B. (eds.)). UN Simposio UNAM-UNESCO. Vol.1, pp. 349–366. 1969.
- Cabana D, Nicolaidou A., Sigala K., Reizopoulou S., (2017). Multi-scale functional and taxonomic  $\beta$ -diversity of the macroinvertebrate communities in a Mediterranean coastal lagoon. *Mediterranean Marine Science*, [S.I.], v. 18, n. 1, p. 121-133, oct. 2017. ISSN 1791-6763.
- Castel, J., Caumette, P. & Herbert, R., (1996). Eutrophication gradients in coastal lagoons as exemplified by the Bassin d'Arcachon and the Etang du Prévost. *Hydrobiologia* 329, ix–xxviii
- Christia, C., & Papastergiadou, E. (2007). Spatial and temporal variations of aquatic macrophytes and water quality in six coastal lagoons of Western Greece. *Belgian Journal of Botany*, 140(1), 39-50.
- Christia, C., Maneta, M., Papastergiadou, E., Katselis, G., & Ramfos, A. (2016). Monitoring of environmental parameters at Palaiopotamos lagoon (Mesolonghi, w. Greece) - First approach.
- Danielidis D (1991) A systematic and ecological study of diatoms in the lagoons of Messolonghi, Etoliko and Kleisova (Greece). PhD thesis, University of Athens, Athens, Greece
- Dassenakis, M., Krasakopoulou, E., & Matzara, B. (1994). Chemical Characteristics of Aetoliko Lagoon, after an Ecological Shock. *Marine Pollution Bulletin*, 28(7), 427–433.
- De Casabianca, ML., Laugier, T. & Collart, D. (1997). Impact of shellfish farming eutrophication on benthic macrophyte communities in the Thau lagoon, France. *Aquaculture International* 5, 301–314.
- Dimitriou E (2007) Biology and behavior of *Sparus aurata* L. in the Messolonghi-Etoliko lagoons. PhD thesis, University of Patras, Patras, Greece
- Dimitriou E (2007) Contribution to the study of growth and behavior of the sea bream (*Sparus aurata* L.) in the Messolonghi–Etoliko lagoons. PhD thesis, University of Patras, 207 p (in Greek with English abstract)
- Dimitriou, E., Katselis, G., Moutopoulos, D. K., Akovitiotis, C., & Koutsikopoulos, C. (2007). Possible influence of reared gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) on wild stocks in the area of the Messolonghi lagoon (Ionian Sea, Greece). *Aquaculture Research*, 38(4), 398–408.
- Elliott, M., Quintino, V., 2007. The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin* 54 (6), 640e645.

- Fourniotis, N., Th., Horsch, G. M. (2008) Modeling Wind and Tide-Induced Currents In The Eastern Ionian Sea: Patraikos Gulf (Greece), In: Proceedings of 16th IAHR-APD Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISHS, 20–23 October, Hohai University, Nanjing, China, pp. 1201–1206.
- Giakoumakis, S. G., & Baloutsos, G. (1997). Détection de tendances dans les séries hydrologiques du bassin versant de la rivière Evinos. *Hydrological Sciences Journal*, 42(1), 81–88.
- Gianni A, Zacharias I (2011) Anoxia, hydrogen sulfide and storm events in Aitoliko lagoon, Greece. In: Proceedings of the 3rd International CEMEPE & SECOTOX Conference, pp 125–130
- Gianni, A., Kehayias, G., Zacharias, I., (2011). Geomorphology modification and its impact to anoxic lagoons. *Ecological Engineering* 37 (11), 1869e1877
- Gianni, A., Kehayias, G., & Zacharias, I. (2012). Temporal and spatial distribution of physico-chemical parameters in an anoxic lagoon, Aitoliko, Greece. *Journal of Environmental Biology*, 33(1), 107–114.
- Gianni, A., & Zacharias, I. (2012). Modeling the hydrodynamic interactions of deep anoxic lagoons with their source basins. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 110, 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2012.04.030>
- Guelorget, O., Frisoni, G., Perthuisot, J., 1983. La zonation biologique des milieux lagunaires: définition d'une échelle de confinement dans le domaine paraliquméditerranéen. *Journal de Recherche Oceanographique*, 8, 15-35.
- Haenssler, E., Nadeau, M. J., Vött, A., & Unkel, I. (2013). Natural and human induced environmental changes preserved in a Holocene sediment sequence from the Etoliko Lagoon, Greece: New evidence from geochemical proxies. *Quaternary International*, 308–309, 89–104. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2012.06.031>
- Hatzikakidis A (1952) Seasonal hydrological study in Mesolongi–Etoliko lagoon. *Proc Hell Hydrobiol Inst* 5:85–130
- Hotos GN, Avramidou DN (1997) A one year water monitoring study of Klisova lagoon (Mesolonghi, W. Greece). *GeoJournal* 41:15–23
- Katselis G, Koukou K, Dimitriou E, Koutsikopoulos C (2007) Shortterm seaward fish migration in the Messolonghi–Etoliko lagoons (Western Greek coast) in relation to climatic variables and the lunar cycle. *Estuar Coastal Shelf Sci*. doi:10.1016/j.ecss. 2007.02.010
- Karageorgis, A. P., Sioulas, A., Krasakopoulou, E., Anagnostou, C. L., Hatiris, G. A., Kyriakidou, H., & Vasilopoulos, K. (2012). Geochemistry of surface sediments and heavy metal contamination assessment: Messolonghi lagoon complex, Greece. *Environmental Earth Sciences*, 65(6), 1619–1629. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1136-3>
- Karymbalis, E., Chalkias, C., & Stournaras, G. (2007). Quantitative morphometric analysis of the evinos river delta (western Greece). *Proceedings of the 8th International Conference*

- on the Mediterranean Coastal Environment, *MEDCOAST 2007*, (January 2007), 1333–1344.
- Katselis, G., Koutsikopoulos, C., Dimitriou, E., & Rogdakis, Y. (2003). Spatial patterns and temporal trends in the fisheries landings of the Messolonghi-Etoliko lagoons (Western Greek Coast). *Scientia Marina*, 67(4), 501–511.
- Katselis G, Koukou K, Dimitriou E, Koutsikopoulos C (2007) Shortterm seaward fish migration in the Messolonghi–Etoliko lagoons (Western Greek coast) in relation to climatic variables and the lunar cycle. *Estuar Coastal Shelf Sci*.
- Katselis, G. N., Moutopoulos, D. K., Dimitriou, E. N., & Koutsikopoulos, C. (2013). Long-term changes of fisheries landings in enclosed gulf lagoons (Amvrakikos gulf, W Greece): Influences of fishing and other human impacts. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 131, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.07.004>
- Koutsodendris, A., Brauer, A., Zacharias, I., Putyrskaya, V., Klemt, E., Sangiorgi, F., & Pross, J. (2015). Ecosystem response to human- and climate-induced environmental stress on an anoxic coastal lagoon (Etoliko, Greece) since 1930 AD. *Journal of Paleolimnology*, 53(3), 255–270. <https://doi.org/10.1007/s10933-014-9823-1>
- Koutsodendris, A., Brauer, A., Reed, J. M., Plessen, B., Friedrich, O., Hennrich, B., ... Pross, J. (2017). Climate variability in SE
- Leonardos I, Sinis A (1997) Fish mortality in the Etolikon lagoon, Greece: the role of local geology. *Cybiurn* 21: 201–206
- Lotze HK, Lenihan HS, Bourque BJ, Bradbury RH, Cooke RG, Kay MC, Kidwell SM, Kirby MX, Peterson CH, Jackson JB (2006) Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science* 312:1806–1809
- Marazioti, C. E., Flessia, G., Vlachos, P., Koutrouli, E., Ntaikou, I., Antonopoulou, G., ... Lyberatos, G. (2010). On the environmental state of the mesologgi lagoon in Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 19(6), 1151–1164.
- Meletios Metropolitan of Artas and Nafpaktos (1807) *Geography new and old*, vol 4. Meletios Metropolitan of Artas and Nafpaktos, Venice
- Millet, B., & Guelorget, O. (1994). Spatial and seasonal variability in the relationships between benthic communities and physical environment in a lagoon ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 108(1/2), 161-174.
- Moutopoulos, D. K., Dimitriou, E., Katselis, G., & Koutsikopoulos, C. (2017). Typology of illegal fishing in transitional waters: Fisheries infringement records from Mesolonghi-Etolikon lagoons (Ionian Sea, Greece). *Ocean and Coastal Management*, 141, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.03.007>
- Nider X, Parlapas G (1882) Regarding the extraordinary geological phenomenon at Aetoliko Lagoon. *Estia* 13(321):122–125
- Papadas, I. T., Katerinopoulos, L., Gianni, A., Zacharias, I., & Deligiannakis, Y. (2009). A theoretical and experimental physicochemical study of sulfur species in the anoxic

- lagoon of Aitoliko-Greece. *Chemosphere*, 74(8), 1011–1017.  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2008.11.009>
- Papatheodorou G, Hotos G, Geraga M, Avramidou D, Vorinakis T (2002) Heavy metal concentrations in sediments of Klisova lagoon (southeast Mesolonghi–Aetolikon lagoon complex), W. Greece. *Fresenius Environ Bull* 11:951–956
- Pearl, H.W., 2006. Assessing and managing nutrient-enhanced eutrophication in estuarine and coastal waters: Interactive effects of human and climatic perturbations. *Ecol. Eng.* 26, 40–54
- Piper, D.J.W., Panagos, A.G., (1981). Growth patterns of the Acheloos and Evinos deltas, western Greece. *Sedimentary Geology* 28 (2), 111-132.
- Powilleit, M., Kube, J., 1999. Effects of severe oxygen depletion on macrobenthos in the Pomeranian Bay (southern Baltic Sea): a case study in a shallow, sublittoral habitat characterised by low species richness. *J. Sea Res.* 42, 221–234.
- Sabot V., Evelpidou N., Vassilopoulos A., (2002). Study of environmental and geomorphological consequences at Acheloos delta (West Greece) due to anthropogenic interferences, using GIS. *In: Congress of Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications, and Geology II.*
- Sfriso A. & Ghetti P.F. (1997). Seasonal variation in biomass, morphometric parameters and production of seagrasses in the lagoon of Venice. *Aquat. Bot.* 61:207-223
- Souchu P., Gasc A., Collos Y., Vaquer A., Tournier H., Bibent B., Deslous-Paoli J.M. (1998). Biochemical aspects of bottom anoxia in a Mediterranean lagoon (Thau, France). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 164:135-146
- Tsimplis MN (1994) Tidal oscillations in the Aegean and Ionian seas. *Estuar Coast Shelf Sci* 39:201–208
- Tsimplis MN, Blackman D (1997) Extreme sea-level distribution and return periods in the Aegean and Ionian Seas. *Estuar Coast Shelf Sci* 44:79–89
- Tzanatos, E., Dimitriou, E., Katselis, G., Georgiadis, M., Koutsikopoulos, C., 2005. Composition, temporal dynamics and regional characteristics of small-scale fisheries in Greece. *Fish. Res.* 73, 147e158
- Vassilopoulos, A., Evelpidou, N., & Koussouris, S. (2008). Using Gis To Study the Coastal Geomorphology of the Acheloos river mouth in West Greece. *Journal of Coastal Conservation* 11, 209–213
- Vött, A., Schriewer, A., Handel, M., Brückner, H., 2007. Holocene palaeogeographies of the Eastern Acheloos River Delta and the Lagoon of Etoliko (NW Greece). *Journal of Coastal Research* 23, 1042e1065
- Zaucha, J., Conides, A., Klaoudatos, D., Noren, K., 2016. Can the ecosystem services concept help in enhancing the resilience of land-sea social-ecological systems? *Ocean. Coast. Manage.* 124, 33e41

Zalidis GC, Mantzavelas AL, Gourvelou E (1997) Environmental impacts on Greek wetlands. *Wetlands* 17:339–345

## Ελληνική Βιβλιογραφία

---

- Αλμπανάκης Κ., Ψιλοβίκος Α., 2000, Διακυμάνσεις της αλατότητας στην λιμνοθάλασσα της Θολής, Μεσολογίου. 6<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Χίος, Μάιος ΓΥΣ. Χάρτης κλίμακας 1:50.000 Φύλλο Μεσολόγγιον ΓΥΣ. Χάρτης κλίμακας 1:50.000 Φύλλο Εχινάδες
- Καρανίκα Μ. (2015) ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ, *Περιοδική Έκδοση Φορέα διαχείρισης ΛΘ Μεσολογίου – Αιτωλικού ΑΒΟΚΕΤΑ*, τεύχη 3 – 4, σελίδες 26-27.
- Καταγραφή ανθρωπογενών και κλιματικών αλλαγών και της επίδρασής τους στο Εθνικό Πάρκο Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου. Τελική Έκθεση (2009). Αθήνα, Φορέας Διαχείρισης Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου
- Κλαουδάτος Σ. , Κονίδης Α, Μελέτη των επιπτώσεων των έργων αλιευτικής αξιοποίησης της Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου – Αιτωλικού από την παραγωγή των κυριότερων εμπορικών ειδών ιχθύων. Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Αγ. Κοσμάς,
- Λαγκαδινού, Μ. 2004-2005. Ειδική Περιβαλλοντική - Οικιστική Μελέτη του Συμπλέγματος Λιμνοθαλασσών Μεσολογίου – Αιτωλικού με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.). Μεταπτυχιακή Εργασία Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Πατρών, 117 σελ.
- Ψιλοβίκος Α., Αλμπανάκης Κ., Κοσματόπουλος Κ., Σουβατζόγλου Γ. & Νεοφώτιστος Π., 2000. Διαχείριση λειτουργίας σταθμών μέτρησης περιβαλλοντικών παραμέτρων στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου -Αιτωλικού. Πρακτικά 9<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων. Μεσολόγγι 20-23 Ιανουαρ. 201-204
- Χορς, Γ., 2014. Διερεύνηση και Βελτίωση της Υδροδυναμικής Κυκλοφορίας (Ανανέωσης) των Υδάτων στην Περιοχή Νίδοβα, Λ/Θ Αιτωλικού, με Χρήση Αριθμητικού Ομοιώματος Κυκλοφορίας. Τεχνική Έκθεση, Εργαστήριο Υδραυλικής Μηχανικής Πανεπιστημίου Πατρών, 51 σελ.