

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ (Τ.Ε.Ι.) ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ**Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας****Τμήμα Ιχθυοκομίας - Αλιείας**

Εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών Ιχθύων Θαλάσσης και Υφαλμύρων Υδάτων

Υπεύθυνος Εργαστηρίου: Δρ. Γεώργιος Χώτος, Καθηγητής

30 200 Μεσολόγγι Τηλ.: 0631-58252, Fax: 0631- 58250

e-mail: gphotos@teimes.gr

ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ Δ. ΕΛΛΑΔΟΣ**ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΡΓΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΟΥ**
ΥΔΡΟΘΕΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΑΝΟΞΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ
ΤΟΥ ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ**Βιολογικά δεδομένα στη μέθοδο τεχνητής οξυγόνωσης των υδάτων που**
βρίσκονται κοντά στον πυθμένα της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού

Το «κανάλι» του Αιτωλικού δεν είναι ένα δημιούργημα μονοδιάστατο. Στο κλίμα μας, η λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, κάτω από ένα ορισμένο βάθος (σε συνάρτηση και εξάρτηση από τη σχέση όγκου-επιφάνειας, επίδραση των ανέμων και από τη μορφολογία του πυθμένα) διαιρείται κατά τον κάθετο άξονα σε τρία διακριτά στρώματα, τα οποία από μόνα τους η σχεδόν μόνα τους δημιουργούν διαφορετικά περιβάλλοντα.

Στην περίπτωση της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού έχουμε τα εξής χαρακτηριστικά.

1. Επιλίμνιον – Επιφανειακό στρώμα

Στην καλοκαιρινή περίοδο το στρώμα αυτό αποτελείται από νερό το οποίο παρουσιάζει υψηλή θερμοκρασία, αποτέλεσμα της μεγάλης ηλιοφάνειας. Σε αυτό ακριβώς το στρώμα έχουμε την πρωτογενή παραγωγή, δηλ. φύκη τα οποία πολλαπλασιάζονται έντονα εκμεταλλευόμενα τα διαλυμένα θρεπτικά στοιχεία (φωσφορικά, αζωτούχα, θειϊκά κ.λπ.) και την ηλιακή ενέργεια. Έτσι λοιπόν στο επιλίμνιο έχουμε την ικανότητα δέσμευσης και αλλαγής των θρεπτικών ουσιών, οι οποίες προέρχονται από το εξωτερικό περιβάλλον ή ακόμη και από άλλα μέρη της λιμνοθάλασσας, σε οργανική ύλη. Στο επιλίμνιο επειδή ακριβώς η διαδικασία της φωτοσύνθεσης λαμβάνει χώρα σε κανονικές συνθήκες, παρουσιάζεται κορεσμός ή ακόμη και υπερκορεσμός σε οξυγόνο, με συνέπεια σε αυτό το στρώμα να μην

παρουσιάζονται φαινόμενα σήψης της οργανικής ύλης με τη μη συμμετοχή του οξυγόνου, δηλαδή με σε αναερόβιες συνθήκες.

2. Μεταλίμιον – Μεσαίο στρώμα

Είναι το στρώμα όπου παρατηρείται σταθερή θερμοκρασία η οποία συγκριτικά με την επιφάνεια κατά τους καλοκαιρινούς μήνες μεν είναι χαμηλότερη κατά το χειμώνα δε, υψηλότερη.

Αυτό το στρώμα διαιρεί το επιλίμιον από το υπολίμιον και μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες επιτρέπει εσωτερικές κινήσεις στον κάθετο άξονα της στήλης του νερού.

3. Υπολίμιον – κατώτερη στρωμάτωση

Είναι το στρώμα του νερού που έχει συνήθως χαμηλή θερμοκρασία . Τα νερά σε αυτό το βάθος διαφέρουν από τα υπόλοιπα, χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα σε οργανικές ουσίες και συχνά από παντελή έλλειψη οξυγόνου. Στη λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού παρατηρείται και το αξιόλογο φαινόμενο, σε αυτό το στρώμα να υπάρχουν νερά υψηλής αλατότητας, περίπου 36 ‰ όταν στην επιφάνεια τα νερά παρουσιάζουν 20-22 ‰ και στα νερά του Πατραϊκού κόλπου η αλατότητα κυμαίνεται από 34 έως 35 ‰.

Εδώ ακριβώς τίθεται και το ερώτημα, πως και πόσο θα βοηθούσε μια μαζική ροή αλμυρού νερού στο κανάλι του Αιτωλικού; όταν γνωρίζουμε ότι όσο πιο θερμό και αλμυρό είναι το νερό τόσο πιο φτωχό είναι σε οξυγόνο.

Μήπως τελικά θα έχουμε να αντιμετωπίσουμε κάποια ακραία φαινόμενα όπως τότε που έπεσαν μαζικά τεράστιες ποσότητες γλυκών υδάτων; μόνο που τώρα θα είναι διαφορετικής μορφής και ενδεχομένως χειρότερης;

Κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής και της χειμωνιάτικης περιόδου έχουμε την παραπάνω στρωμάτωση του νερού στην πιο ξεκάθαρη μορφή του. Όμως κατά τους φθινοπωρινούς και τους ανοιξιάτικους μήνες λόγω της θέρμανσης η της ψύξης, ανάλογα, (οπότε και αλλαγή του ειδικού βάρους του νερού) το θερμοκλινές μετατρέπεται σε ισοκλινές και κάτω από την επίδραση των ανέμων, της έντονης αμψότητας και των βροχοπτώσεων, ακολουθεί μίξη του νερού σε όλη τη στήλη του. Σε κανονικές συνθήκες το φαινόμενο αυτό βοηθά στην οικολογική ισορροπία , επειδή μεταφέρει νερά του πυθμένα τα οποία είναι πλούσια σε θρεπτικές ύλες, στην επιφάνεια και νερά πλούσια σε οξυγόνο στον πυθμένα. Λόγω όμως της υπάρχουσας κατάστασης στη "λίμνη" του Αιτωλικού (ανοξικά νερά του πυθμένα, πλούσια σε υδρόθειο), μια μεγάλης κλίμακα ανταλλαγή νερών είναι καταστροφική. Ακριβώς τότε (τέλη Οκτωβρίου – Δεκεμβρίου) παρατηρείται έκλυση υδρόθειου από το κανάλι του

Αιτωλικού στην ατμόσφαιρα, με καθοριστικό συντελεστή τα φυσικά φαινόμενα (αέρας – τρικυμία, μεγάλη άμπωτη κ.τ.λ.).

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΟΞΥΓΟΝΩΣΗΣ ΤΗΣ Λ/Θ ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ

Η πρωτογενής παραγωγή γίνεται μόνο σε εκείνο τον όγκο του νερού όπου μπορεί και διαπερνάται από την ηλιακή ακτινοβολία (ευφωτική ζώνη). Καθοριστικός παράγοντας για το πάχος αυτού του στρώματος είναι η παραγωγικότητά του. Δηλαδή όσο λιγότερες θρεπτικές ουσίες έχει αυτό το στρώμα, τόσο λιγότερους πλαγκτονικούς οργανισμούς περιέχει και λόγω αυτού τόσο πιο βαθιά φτάνει η ηλιακή ενέργεια. Στην αντίθετη περίπτωση, το στρώμα αυτό λεπταίνει επειδή υπάρχει αφθονία σε φυκικά κύτταρα και ζωϊκούς οργανισμούς.

Τα αίτια της αύξησης της παραγωγικότητας έχουν δύο βασικές πηγές:

1. Την εισαγωγή θρεπτικών ουσιών από το εξωτερικό περιβάλλον (αλλοτροφία)
2. Την απελευθέρωση θρεπτικών ουσιών από άλλα μέρη της Λ/Θ του Αιτωλικού (αυτοτροφία).

Η μη εισαγωγή θρεπτικών ουσιών από το εξωτερικό περιβάλλον, θα απαιτούσε μια ολοκληρωμένη πρόταση για τις αγροτικές καλλιέργειες που βρίσκονται γύρω από την λεκάνη της Λ/Θ του Αιτωλικού, καθώς επίσης και για τις αποστραγγιστικές καταλήξεις αυτών των καλλιεργειών.

Η μη εισαγωγή όμως των βιογενών στοιχείων από τις εσωτερικές πηγές, θα μπορούσε να πάρει διάφορες μορφές. Σε γενικές γραμμές μπορούμε να τα κατατάξουμε σε:

-Φυσική απενεργοποίηση των βιογενών στα μέρη τα οποία δεν θα μπορούσαν να επανέλθουν στον κύκλο του νερού (π.χ. στο ίζημα του πυθμένα το οποίο θα είναι ξεκομμένο από το νερό με ένα στρώμα το οποίο θα είναι αδιαπέραστο για τις απελευθερωμένες θρεπτικές ουσίες).

-Δημιουργία τέτοιας μορφής ενώσεων, τις οποίες δεν θα μπορούσαν να τις εκμεταλλευτούν οι ζωντανοί οργανισμοί.

Η τεχνητή οξυγόνωση των νερών του πυθμένα έχει σκοπό την εξουδετέρωση των απελευθερωμένων θρεπτικών ενώσεων, ώστε να μη φτάσουν στην επιφάνεια και τότε μέσω της φωτοσύνθεσης να προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού. Για να δούμε τι ακριβώς γίνεται κατά τη φωτοσύνθεση θα πρέπει να δώσουμε και κάποιες αναλογίες, οπότε θα πρέπει να ξέρουμε ότι οι ανάγκες για: άνθρακα (C), άζωτο (N) και φώσφορο (P), ακολουθούν περίπου την αναλογία: 106 (C) / 15 (N) / 1 (P).

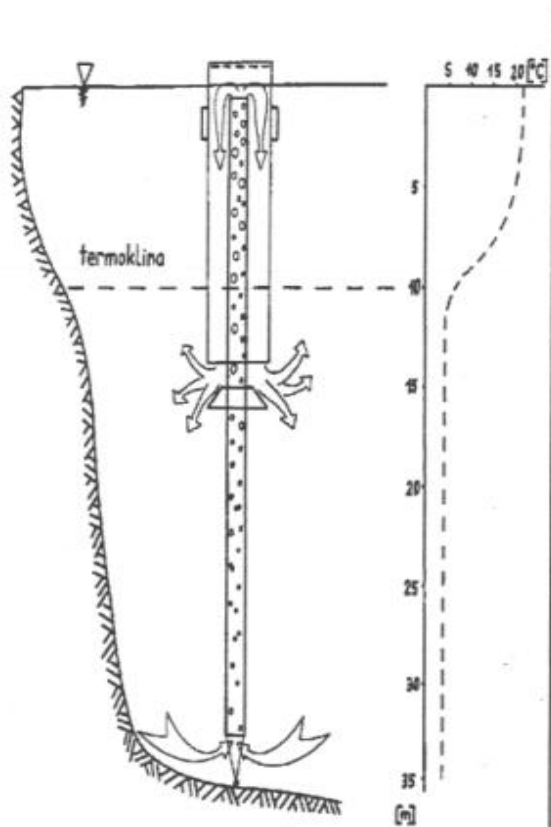
Ειδικά για τον φώσφορο θα πρέπει να επισημάνουμε ότι 1kg φωσφόρου αποδίδει περίπου 1000 kg ζωντανής μάζας φυκών, δηλαδή 100 kg αποξηραμένης οργανικής μάζας. Όταν νεκρώνεται αυτή η οργανική μάζα για την αποδόμησή της χρειάζεται περίπου 200 kg οξυγόνου. Πρέπει ακόμη να γνωρίζουμε ότι η έλλειψη οξυγόνου στο νερό, είναι ο καθοριστικός παράγοντας παραγωγής υδρόθειου, αλλά ακόμη και ότι κάτω από τα 4 mg/lit και ειδικά όταν η τιμή του red-ox πέφτει κάτω από τα 100 mV στο νερό και συγκεκριμένα στα ιζήματα του πυθμένα, αρχίζουν να λαμβάνουν μέρος χημικές αντιδράσεις που ως αποτέλεσμα έχουν την παραγωγή υδρόθειου, μεθανίου και οργανικών οξέων, επίσης τότε γίνεται εντονότερη και η μετανάστευση φωσφόρου από τα ιζήματα του πυθμένα στο νερό.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ανεπιθύμητο φαινόμενο θα πρέπει να υπάρχει συνεχής παροχή οξυγόνου, την εποχή που το θερμοκλίνας έχει την πιο ξεκάθαρη μορφή του, δηλαδή το καλοκαίρι και το χειμώνα. Τα αέρια όπως το υδρόθειο και το μεθάνιο είναι τοξικά για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, όπου ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (ειδικά το υδρόθειο) προκαλούν μαζικό θάνατο. Σε μια τέτοια κατάσταση, οι φυσικοί μηχανισμοί του οικοσυστήματος δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν και αρχίζει η συσσώρευση οργανικής ύλης, η οποία με τη σειρά της απαιτεί ακόμη περισσότερο οξυγόνο, του οποίου η έλλειψη συντομεύει το χρόνο της εξέλιξης του φαινομένου, δηλαδή της έκλυσης υδρόθειου στην ατμόσφαιρα.

Η τεχνητή οξυγόνωση των νερών του πυθμένα δουλεύει στη βάση της μεταφοράς αυτού του νερού με πεπιεσμένο αέρα ή οξυγόνο μέσα από ένα σωλήνα. Κατά τη μεταφορά του μέσα από αυτό τον σωλήνα γίνεται ανταλλαγή αερίων και «διαχωρισμός» του θείου από το υδρογόνο. ($2 \text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O} + \text{S}_2 + \text{ενέργεια}$). Το οξυγονωμένο νερό επιστρέφει δια μέσου δεύτερου σωλήνα μεγαλύτερου διαμετρήματος σε βάθος μικρότερο από το πρώτο.

Στην όλη διαδικασία προβλέπεται η μη διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας του θεμοκλινούς, βασικό στοιχείο και κριτήριο της σωστής λειτουργίας του συστήματος οξυγόνωσης του νερού.

Στο παρακάτω Σχήμα 1 απεικονίζεται η αναπαράσταση της λειτουργίας ενός πρότυπου μηχανισμού τεχνητής οξυγόνωσης βαθέων υδάτων.



Σχήμα 1. Διαγραμματική απεικόνιση συστήματος βαθείας οξυγόνωσης νερών

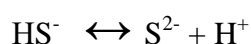
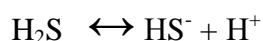
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΤΗΣ Λ/Θ ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ

Η πρώτη συστηματική μελέτη των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των νερών της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού έγινε στις αρχές της δεκαετίας του 50 από τον Χατζηκακίδη (1951). Ήδη από τότε βρέθηκε ότι σε βάθη μεγαλύτερα των 15 – 18 μέτρων τα νερά είναι στερημένα οξυγόνου (ανοξικά). Από τότε μέχρι τις μέρες μας άλλες παρόμοιες μελέτες διαπίστωσαν ότι το ανοξικό στρώμα άρχιζε να μεγαλώνει και διακρίνονταν πλέον από τα 7 – 10 μέτρα και κάτω (Δανιηλίδης, 1991). Σύμφωνα με τις τελευταίες εκτιμήσεις (Αλμπανάκης, κ.ά., 1995) η ζώνη του οξυγονωμένου νερού περιορίστηκε στα 5 – 7 μέτρα από την επιφάνεια. Έχοντας υπ' όψιν ότι ο συνολικός όγκος νερού της λιμνοθάλασσας υπολογίζεται στα $190 \times 10^6 \text{ m}^3$ με βάση τα χαρακτηριστικά της λιμνοθάλασσας (σχεδόν παραλληλόγραμμου σχήματος με μήκος 7,5 Km, πλάτος 2,3 Km και συνολική έκταση περί τα 17.000 στρέμματα), τότε ο συνολικός όγκος του ανοξικού νερού σήμερα υπολογίζεται στα $190 \times 10^6 \text{ m}^3$. Αυτός είναι και θεωρητικά ο όγκος νερού (στόχος) ο οποίος απαιτείται να οξυγονωθεί με το προτεινόμενο έργο.

Το στρώμα του ανοξικού νερού πρακτικά σημαίνει ότι από ιχθυοτροφική και γενικά βιολογική-παραγωγική άποψη είναι μια νεκρή ζώνη και μόνο αναερόβιοι μικροοργανισμοί ζουν και επιδρούν στο ιδιαίτερο αυτό περιβάλλον. Η δράση των αναερόβιων οργανισμών μέσω των οποίων αποσυντίθεται η όποια νεκρή οργανική ύλη καταβυθίζεται, επιφέρει σταθεροποίηση των ανοξικών συνθηκών και επιπλέον παραγωγή τοξικών αερίων (υδρόθειο πρωτίστως καθώς και μεθάνιο και αμμωνία). Επιπλέον το τοξικό υδρόθειο προέρχεται και από την αναγωγή των γυψογενών πετρωμάτων ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) της περιοχής της λιμνοθάλασσας (ιδιαίτερα στο βορειοδυτικό της τμήμα). Το υδρόθειο στη μη ιονισμένη μορφή του (H_2S) είναι εξαιρετικά τοξικό για τα ψάρια και σε πολύ μικρές ακόμη συγκεντρώσεις της τάξης του λιγότερο από 1 mg/lit. Σύμφωνα με τον Boyd (1979) η ασφαλής συγκέντρωσή του είναι κάτω από 0.002 mg/lit. Στις αναερόβιες συνθήκες του υπολιμνίου της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού τα ετερότροφα θειοβακτηρίδια χρησιμοποιούν τα θειϊκά ιόντα (SO_4^{3-}) καθώς και την οργανική ύλη που περιέχει θείο για το μεταβολισμό τους, με τελικό προϊόν θείο και διοξείδιο του άνθρακα κατά την παρακάτω αντίδραση:



Το δημιουργηθέν ιόν θείου (S^{2-}) αποτελεί προϊόν της διάστασης του υδρόθειου (H_2S) του οποίου οι αντιδράσεις διάστασης στο νερό είναι οι παρακάτω:



Η ισορροπία των παραπάνω αντιδράσεων εξαρτάται από το pH του νερού. Όσο το pH μειώνεται τόσο η αναλογία του υδρόθειου (H_2S) αυξάνεται σε σχέση με τα HS^- και S^{2-} . Από ειδικούς πίνακες γνωρίζοντας τη συγκέντρωση του ολικού διαλυμένου θείου στο νερό καθώς και το pH, είμαστε σε θέση να υπολογίσουμε το διαθέσιμο υδρόθειο στο νερό αυτό.

Η τεχνητή οξυγόνωση φυσικών ή τεχνητών μεγάλων σχετικά μαζών νερού τα οποία είναι έντονα ανοξικά και παρουσιάζουν πρόβλημα υδρόθειου, δεν είναι μια άγνωστη πρακτική. Στη συγκεκριμένη πρόταση παραδειγματικά αναφέρονται οι περιπτώσεις της υδατοσυλλογής φράγματος Casitas στη Ν. Καλιφόρνια (Barnett, 1975) και Wahnbach στη Γερμανία (Bernhardt, 1967). Στην περίπτωση του Casitas που περιέχει $308.250 \times 10^3 \text{ m}^3$ νερό με μέγιστο βάθος 76,2 μέτρα, τοποθετήθηκαν και

λειτούργησαν με απόλυτη επιτυχία αεραντλίες. Το βάθος διοχέτευσης αέρα ήταν αρκετά μεγάλο περίπου 48 μέτρα. Τα αποτελέσματα απέδειξαν ότι το κέρδος σε οξυγόνο ήταν τουλάχιστον 3 mg/lit και το υδρόθειο εξαφανίστηκε. Στην περίπτωση του Wahnbach με χωρητικότητα περί τα $45.000 \times 10^3 \text{ m}^3$ νερό, μέγιστο βάθος 43 μέτρα και μέσο βάθος 19,2 μέτρα, τα αποτελέσματα της εφαρμογής του αερισμού ήταν επίσης εντυπωσιακά. Ένα επιπλέον παράδειγμα επιτυχούς οξυγόνωσης αντιπροσωπεύει επίσης η περίπτωση της υδατοσυλλογής Ottonville στο Οχάϊο των Η.Π.Α. (Fast et al., 1975). Η λίμνη αυτή με μέγιστο βάθος 18 μέτρα, συνολικό όγκο νερού $63,4 \times 10^3 \text{ m}^3$, και $35 \times 10^3 \text{ m}^3$ όγκο υπολίμνιου νερού, οξυγονώθηκε με απόλυτη επιτυχία χρησιμοποιώντας καθαρό οξυγόνο από εγκαταστάσεις στεριάς.

Στη λιμνοθάλασσα του Αιτωλικού όπως αναφέρθηκε παραπάνω ο συνολικός όγκος του ανοξικού νερού υπολογίζεται στα $190 \times 10^6 \text{ m}^3$ δηλαδή 190.000.000.000 λίτρα. Αν θεωρητικά επιθυμούμε να επιτύχουμε συγκέντρωση οξυγόνου 4 mg/lit, τότε συνολικά απαιτούνται 760.000.000.000 mg οξυγόνου. Επειδή 1 Kg O_2 περιέχει 1.000.000 mg τότε συνεπάγεται ότι απαιτούνται 760.000 Kg O_2 . Με βάση υπολογισμών μια αποδοτικότητα οξυγόνωσης μιας καλής αεραντλίας της τάξεως του 1,5 – 1,8 Kg O_2 / KWh, τότε προκύπτει ότι απαιτούνται το ελάχιστο 422.200 Kwh και το μέγιστο 506.600 Kwh. Ποσότητες ενέργειας απόλυτα παραδεκτές για μια τόσο μεγάλης έκτασης ενέργεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. **Αλμπανάκης, Κ., Ψιλοβίκος, Α., Βουβαλίδης, Κ. και Παλικαρίδης, Χ.,** 1995. Η ευξείνική λεκάνη του Αιτωλικού σε σχέση με τη λιμνοθάλασσα του Μεσολογγίου. Πρακτικά 4^{ου} Πανελ. Γεωγραφ. Συνεδρίου, Αθήνα. Σελ.: 27 – 41.
2. **Δανηλίδης, Δ.,** 1991. Η συστηματική και οικολογική μελέτη των διατόμων στη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, Αιτωλικού και Κλείσοβας. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Αθηνών, 287 σελ.
3. **Χατζηκακίδης, Α.,** 1951. Εποχιακά υδρολογικά έρευνα εις τας λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου και Αιτωλικού. Πρ. Ελλ. Υδρ. Ινστιτούτου, 5(1): 85 – 130.
4. **Barnett, H. R.,** 1975. Case study of reaeration of Casitas reservoir. ASCE Hydraulics Division: Symposium on Reaeration Research, Gatlinburg, Tenn., 236 – 262.

5. **Bernhardt, H.**, 1967. Aeration of Wahnbach reservoir without changing the temperature profile. J. Am. Water Works Assoc., 59: 943 – 964.
6. **Boyd, C. E.**, 1979a. Water quality in warmwater fish ponds. Alabama Agric. Exper. St., Auburn University, Auburn Alabama.
7. **Fast, W. A., Overholtz, J. W. & Tubb, A. R.**, 1975. Hypolimnetic oxygenation using liquid oxygen. Water Resources Research, 11: 294 – 299.

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΡΓΟΥ

Το έργο συνολικά αποτελείται από δύο φάσεις. Την προκαταρκτική και την κατασκευαστική-λειτουργική.

Κατά την προκαταρκτική φάση θα διεξαχθούν πολυάριθμες μετρήσεις επιλεγμένων φυσικοχημικών παραμέτρων σε επιλεγμένα σημεία της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού καθ' όλο το έτος και σε συχνότητα τουλάχιστον εβδομαδιαία. Σκοπός της αναγνωριστικής φάσης είναι η εύρεση των κατάλληλων σημείων τοποθέτησης των «νησίδων οξυγόνωσης» που θα κατασκευασθούν ακολούθως. Τα σημεία αυτά της λιμνοθάλασσας θα επιλεγθούν με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να ικανοποιούν τα παρακάτω κριτήρια:

1. Να παρουσιάζουν ανοξικές συνθήκες στον πυθμένα.
2. Να παρουσιάζουν έντονη συγκέντρωση υδρόθειου στα βαθύτερα στρώματα..
3. Να παρουσιάζουν σταθερή διαστρωμάτωση μαζών νερού λόγω της παρουσίας του θερμοκλινούς - αλοκλινούς κατά το μεγαλύτερο διάστημα του έτους.
4. Το βάθος τους κατά κανόνα να είναι άνω των 10 μέτρων.

Η διάρθρωση και τα εκτιμητικά στοιχεία κόστους της πρώτης αναγνωριστικής φάσης είναι τα ακόλουθα:

A. Σύνθεση της επιστημονικής ομάδας του έργου

- Υπεύθυνος: Δρ. Γεώργιος Χώτος, Καθηγητής Τμήματος Ιχθυοκομίας - Αλιείας Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου
- Επιστήμονες: 2 Βιολόγοι, 1 γεωλόγος, 2 ιχθυολόγοι Τ.Ε.
- Τεχνικοί: 2 άτομα
- Εξωτερικοί συνεργάτες, Καθηγητής Maciej Zalewski, Παν. Lodz Πολωνίας

B. Μέσα υλοποίησης

- Μικρό κατάλληλα διαμορφωμένο σκάφος
- Δειγματολήπτες βυθού
- Δειγματολήπτες νερού
- Ηλεκτρονικά όργανα μετρήσεων
- Συστήματα οξυγόνωσης
- Αναλώσιμα χημικά και τεχνικά υλικά
- Απρόβλεπτα και υλικά συντήρησης

Οικονομικά στοιχεία κόστους της πρώτης φάσης (Προκαταρκτική).

Αμοιβή επιστημονικού προσωπικού: 12 μήνες x 300.000 δρχ. x 5 άτομα = 18.000.000 δρχ.

Αμοιβή τεχνικών: 2 άτομα x 12 μήνες x 200.000 δρχ. = 4.800.000 δρχ.

Αμοιβή εργαστηρίων για χημικές αναλύσεις: 1.500.000 δρχ.

Αγορά μικρού σκάφους: 2.500.000 δρχ.

Αναλώσιμα χημικά, τεχνικά και λοιπά υλικά: 6.000.000 δρχ.

Απρόβλεπτα: 2.000.000 δρχ.

Αγορά οργάνων: 5.000.000 δρχ.

ΣΥΝΟΛΟ 1^{ης} ΦΑΣΗΣ: 39.800.000 δρχ.

Οικονομικά στοιχεία κόστους της δεύτερης φάσης (Κατασκευαστική-λειτουργική).

Αμοιβή επιστημονικού προσωπικού: 12 μήνες x 400.000 δρχ. x 5 άτομα = 24.000.000 δρχ.

Αμοιβή τεχνικών και εργατών: 2 άτομα x 12 μήνες x 250.000 δρχ. = 6.000.000 δρχ.

Αμοιβή εξωτερικών συνεργατών για παροχή υπηρεσιών: 4.500.000 δρχ.

Αναλώσιμα χημικά, κόστος ενέργειας, τεχνικά και λοιπά υλικά: 19.000.000 δρχ.

Αγορά – εγκατάσταση μηχανολογικού εξοπλισμού (πλωτές εξέδρες, αγκυροβόλια, αεραντλίες, σωληνώσεις, ηλεκτρολογικά κ.λ.π.): 50.000.000 δρχ.

Μετακινήσεις: 2.000.000

Απρόβλεπτα: 8.000.000 δρχ.

ΣΥΝΟΛΟ 2^{ης} ΦΑΣΗΣ: 113.500.000 δρχ.

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ

Κατά την προκαταρκτική φάση η οποία θα διαρκέσει ένα έτος, θα πραγματοποιούνται οι συνεχείς μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων σε όλη τη στήλη του νερού καθώς και στο ίζημα του πυθμένα στα επιλεγμένα σημεία της λιμνοθάλασσας του Αιτωλικού. Η συχνότητα των δειγματοληψιών θα είναι 1-2 φορές την εβδομάδα και οι χημικές αναλύσεις θα πραγματοποιούνται επί τόπου με ηλεκτρονικά όργανα όσον αφορά το οξυγόνο, την αλατότητα, το pH και τη θερμοκρασία. Το υδρόθειο θα μετράται στο εργαστήριο μετά τη μεταφορά σε αυτό των σφραγισμένων και κατάλληλα λαμβανομένων δειγμάτων.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων θα καταγράφονται σε ειδικά διαμορφωμένα δελτία και θα καταχωρούνται για επεξεργασία σε ηλεκτρονικό υπολογιστή.

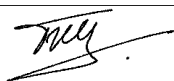
Η τελική ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων θα καθορίσει το φυσικοχημικό προφίλ των επιλεγμένων σημείων της λιμνοθάλασσας και αυτό θα επιτρέψει την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την επιλογή του κατάλληλου μηχανολογικού εξοπλισμού οξυγόνωσης που θα επιλεγθεί για τοποθέτηση σε ειδικές επιπλέουσες εξέδρες.

Χωρίς τη γνώση της κατάστασης των νερών πριν την εφαρμογή της τεχνητής οξυγόνωσης, κάτι που θα γίνει κατορθωτό μόνο μέσω των δραστηριοτήτων της παραπάνω προκαταρκτικής φάσης, δεν είναι δυνατή η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της επιχειρούμενης οξυγόνωσης και η ενδεχόμενη επέκταση του συστήματος αυτού σε μεγαλύτερη έκταση της λιμνοθάλασσας.

Στη συνέχεια θα τοποθετηθεί το σύστημα αερισμού σε ένα επιλεγμένο σημείο της λιμνοθάλασσας και η κατάσταση θα εκτιμηθεί για ένα χρονικό διάστημα 2-4 μηνών με σκοπό να εξαχθούν συμπεράσματα για την απόδοσή του. Ακολούθως θα τοποθετηθεί και ένα δεύτερο σύστημα σε σημείο που θα αποφασισθεί με σκοπό τη μεγιστοποίηση της απόδοσης.

Πάτρα 1 – 6 - 2001

Ο συντάξας



Δρ. Γεώργιος Χώτος

Βιολόγος – Ιχθυολόγος (M.Sc., PhD)

Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου