

| | | | | | |
|-------------------------|------|----------|-----------|--------|------|
| Πρακτικά | | του | Συνεδρίου | Μάιος | 1992 |
| Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ. | Τομ. | | σελ. | Αθήνα | |
| | | XXVIII/1 | 625-634 | | 1993 |
| Bull. Geol. Soc. Greece | Vol. | | pag. | Athens | |

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΤΩΝ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΙΖΗΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ
ΠΟΤΑΜΟΥ ΣΤΡΥΜΩΝΑ ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΚΕΡΚΙΝΗΣ

Κ.ΑΛΜΠΑΝΑΚΗΣ*, Σ.ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΣ**, Α.ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προκαταρκτική παρουσίαση ορισμένων στοιχείων που αφορούν στη μελέτη των αιωρούμενων υλικών του ποταμού Στρυμόνα και της λίμνης Κερκίνης. Το εργαστηριακό μέρος βασίστηκε στην ανάπτυξη και εφαρμογή μεθόδων-τεχνικών ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σαρώσεως (SEM) καθώς και στην ποιοτική χημική ανάλυση με το σύστημα της μικροανάλυσης (EDS). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η απόθεση των αιωρούμενων κλαστικών υλικών του Στρυμόνα, μεγέθους ιλύος κυρίως, γίνεται με γρήγορους ρυθμούς μπροστά στις εκβολές του ποταμού (δέλτα) στη λίμνη Κερκίνη. Τα υλικά αυτά δεν διασπείρονται σε όλη την έκταση της λίμνης, όπου το αιωρούμενο φορτίο είναι κυρίως βιογενούς προέλευσης, με επικράτηση των πυριτιτικών κελυφών διατόμων.

ABSTRACT

The present paper is a preliminary report of some observations related to the nature and the distribution of the suspended sediments of the River Strymon and the Lake Kerkini. The sediments were examined by the use of Scanning Electron Microscope (SEM) and microanalysis (EDS) techniques. The application of these techniques revealed that the suspended sediment load of the River Strymon water consists mainly of silt, which is deposited rapidly in front of the river mouth. The suspended clastic sediments are not distributed in the broader area of the lake. There, the suspended sediment load is mainly of biological origin consisting of siliceous diatom cells.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνητή λίμνη Κερκίνη η οποία λειτουργεί ως αντιπλημμυρικό και ως αρδευτικό έργο έχει γίνει περισσότερο γνωστή ως ένας από τους σημαντικότερους υδροβιότοπους της Ευρώπης εξαιτίας των συνθηκών που ευνόησαν την συγκέντρωση σημαντικού αριθμού σπανίων ειδών πουλιών. Η σημασία του είναι τόσο μεγάλη ώστε να προστατεύεται από

¹ Τομέας Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54006, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

² Τομέας Ορυκτολογίας, Πετρογραφίας, Κοιτασματολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54006, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

την συνθήκη του RAMSAR. Η διαχείριση της λίμνης ως ταμιευτήρα νερού γίνεται από υπηρεσίες της Νομαρχίας Σερρών οι οποίες αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της ελάττωσης του συνολικού όγκου της, λόγω πρόσφασης από φερτά υλικά και η ανησυχία τους αυτή έδωσε το έναυσμα για την πλήρη μελέτη του συστήματος Στρυμόνα-Κερκίνης.

Η εργασία αυτή σκοπό έχει να παρουσιάσει τα πρώτα αποτελέσματα μίας εκτεταμένης έρευνας (ερευνητικό πρόγραμμα 2343, με επιστημονικό υπεύθυνο τον καθηγητή Α.Ψιλοβίκο), που άρχισε το 1989 και αφορά στα προβλήματα που δημιουργούνται από την απόθεση υλικών, τόσο μέσα στην κοίτη του ποταμού Στρυμόνα, όσο και μέσα στη λίμνη Κερκίνη. Δεπτομερή επιμέρους στοιχεία βρίσκονται σήμερα στο στάδιο της αξιολόγησης και οι σχετικές μελέτες θα δούν σύντομα την δημοσιότητα.

Η παρούσα εργασία βασίζεται στην εργασία πεδίου και στις αναλύσεις των δειγμάτων με το σαρωτικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM) και τον μικροαναλυτή (EDS) του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

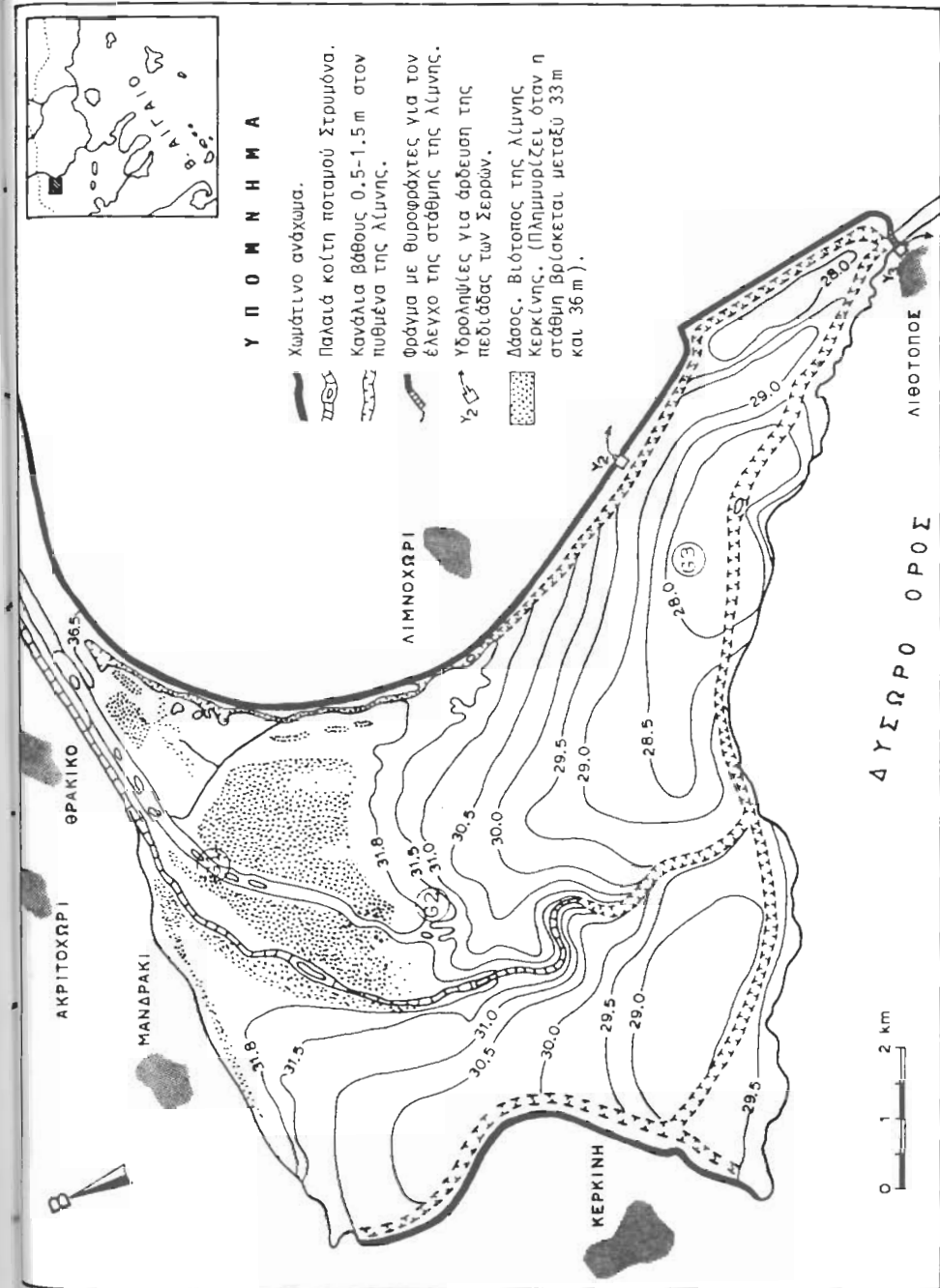
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ - ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ.

Η λίμνη Κερκίνη έχει κατασκευαστεί στα ΒΔ περιθώρια της πεδιάδας των Σερρών, επάνω σε αλλουβιακές αποθέσεις του ποταμού Στρυμόνα. Νότιο όριο της λίμνης είναι οι απότομες κλιτιές του όρους Δύσωρο (Κρούσια), βόρειο όριο είναι η βάση των αλλουβιακών ριπίδων του όρους Κερκίνη (Μπέλες) και ανατολικά και δυτικά έχουν κατασκευαστεί χωμάτινα ανάχωμα. Ο πυθμένας της λίμνης ακολουθεί την γενική μορφολογία της πεδιάδας και μπορεί να χαρακτηριστεί σχεδόν επίπεδος με μέσο υψόμετρο 29.5m (από την επιφάνεια της θάλασσας) στον οποίο υπάρχουν διεσπαρμένα κανάλια βάθους 0.5m έως 1.5m, τα οποία αντιστοιχούν σε παλιές κοίτες του Στρυμόνα (σχήμα 1).

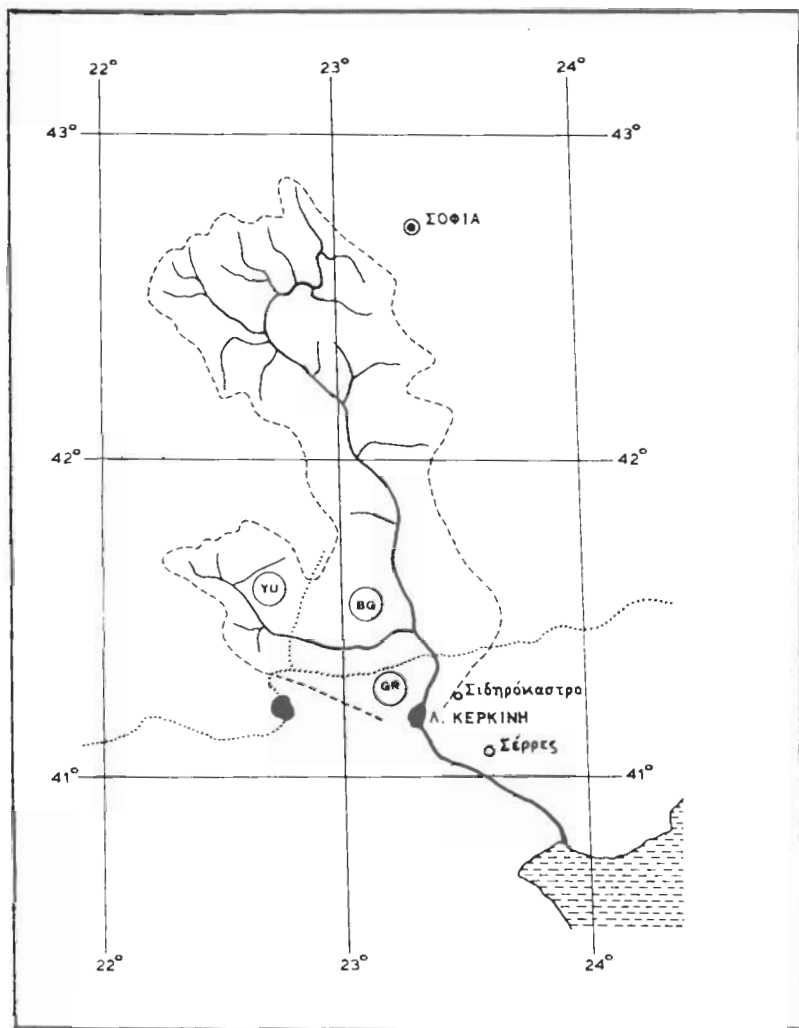
Στην ΒΑ όχθη της λίμνης εκβάλλει ο ποταμός Στρυμόνας, ο οποίος εισέρχεται στο ελληνικό έδαφος από τα στενά του Ρούπελ και μετά από διαδρομή 25km χύνεται στη λίμνη σχηματίζοντας εκτεταμένο δέλτα. Η λεκάνη απορροής του ποταμού έως τη λίμνη Κερκίνη είναι περίπου 12000 Km², το μεγαλύτερο μέρος της οποίας βρίσκεται εκτός ελληνικής επικράτειας (σχήμα 2). Στη λιθολογική σύσταση της περιοχής συμμετέχουν κυρίως κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα, γνεύσιοι, σχιτόλιθοι, αμφιβολίτες και μάρμαρα, ενώ μεγάλη συμμετοχή έχουν οι γρανιτικές διειδύσεις, τα ιζηματογενή πετρώματα του παλαιογενούς στο ψηλότερο τμήμα, καθώς επίσης και τα χαλαρά ιζήματα του Νεογενούς-Τεταρτογενούς στο χαμηλότερο τμήμα της λεκάνης.

Η σημερινή μορφή της λίμνης είναι αποτέλεσμα δύο κατασκευαστικών φάσεων (Μπαμπατζιμόπουλος και Αντωνόπουλος, 1989). Τα έργα άρχισαν το 1932 οπότε σχηματίστηκε η αρχική τεχνητή λίμνη της Κερκίνης με στάθμη +32m. Στο βόρειο άκρο της λίμνης ο Στρυμόνας δημιούργησε ένα μεγάλο δέλτα με μορφή πέλματος πτηνού. Ένα σκέλος του δέλτα αυτού απέκτησε σταδιακά μεγάλη ανάπτυξη, κατά μήκος του κεντρικού τμήματος της λίμνης, με κίνδυνο να την χωρίσει σε δύο μέρη. Νέα έργα έγιναν το 1982-84 οπότε ανυψώθηκε το ανάχωμα, για να αυξηθεί η χωρητικότητα της λίμνης και μετατοπίστηκαν η κοίτη και η εκβολή του Στρυμόνα ανατολικά του παλαιού δέλτα (σχήμα 1).

Η λίμνη Κερκίνη λειτουργεί ταυτόχρονα ως αντιπλημμυρικό και ως αρδευτικό έργο και για το λόγο αυτό η στάθμη της παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις. Σε εποχές που αναμένονται πλημμυρικές παροχές του ποταμού πρέπει η στάθμη της να διατηρείται χαμηλά (+31m), ενώ πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερα (+36m), λόγω της αρδευτικής περιόδου, για να επαρκέσει το νερό για την άρδευση του



Σχήμα 1. Μορφολογικός χάρτης της λίμνης Κερκίνης που κατασκευάστηκε από αεροφωτογραφίες κλίμακας 1:10000, λήψης 1990 και από τομογραφίες sonar (που έγιναν από τους συγγραφείς το 1991) για τις περιφέρειες ΒΔ της Υ2. Ορισμένα στοιχεία βασίστηκαν στην εργασία του Κιλικίδη (1987) για τις περιοχές ΝΑ της Υ2.



Σχήμα 2. Σκαρίφημα της λεκάνης απορροής του Στρυμόνα έως τη λίμνη Κερκίνη.

κάμπου των Σερρών. Στην λίμνη επίσης υπάρχουν πολλά είδη ψαριών που αλιεύονται συστηματικά (Κιλικίδης, 1987).

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην εργασία αυτή παραθέτονται δείγματα τριών μόνο από τους δέκα περίπου σταθμούς δειγματοληψίας που θεωρήθηκε ότι είναι αντιπροσωπευτικά του είδους και του μεγέθους των αιωρούμενων υλικών στο νερό. Ο πρώτος στάθμος δειγματοληψίας (G1) ήταν μέσα στο ποτάμι, 3000 περίπου μέτρα βόρεια της εκβολής, ο δεύτερος στάθμος (G2) στο βόρειο τμήμα της λίμνης, ακριβώς μετά την εκβολή του ποταμού και ο τρίτος στάθμος (G3) στο ανατολικό και κεντρικό τμήμα της.

Η δειγματοληψία έγινε τον Μάρτιο του 1991 μετά από μία πλημμυρική παροχή (μετρίας έντασης) του ποταμού Στρυμόνα. Την ημέρα της δειγματοληψίας δεν υπήρχε θερμοκλινές στη λίμνη, και τα νερά του ποταμού είχαν την ίδια θερμοκρασία με τα νερά της λίμνης 9.5°C. Η κατάσταση αυτή ήταν αναμενόμενη γιατί η στάθμη της λίμνης τον Μάρτιο διατηρείται σε απολυτο υψόμετρο +32m και η χωρητικότητά της είναι περίπου 100X10⁶ m³ νερού. Ο όγκος αυτός αντιστοιχεί σε μια πλημμυρική παροχή μετρίας έντασης του ποταμού.

Για τη συλλογή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε δειγματολήπτης κατασκευασμένος στο Εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας του Α.Π.Θ. και είναι παραπλήσιος με τον δειγματολήπτη τύπου MERCOS με χωρητικότητα φιαλών 750 ml.

Σε κάθε στάση δειγματοληψίας συλλέχθηκαν δύο δείγματα νερού βάθους, 40cm από τον πυθμένα, ένα για να γίνει μέτρηση του συνολικού αιωρούμενου φορτίου και ένα για να χρησιμοποιηθεί για εξέταση στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Επελέγησαν δείγματα νερού βάθους γιατί τα νερά του ποταμού ήταν ισοθερμοκρασιακά με τα νερά της λίμνης και επιπλέον ήταν φορτισμένα με σημαντικό αιωρούμενο φορτίο που τα έκανε λίγο πυκνότερα από τα νερά της λίμνης.

Ο υπολογισμός του συνολικού αιωρούμενου φορτίου έγινε με διήθηση γνωστής ποσότητας νερού σε προζυγισμένα φίλτρα και στη συνέχεια ξήρανση και ζύγιση του δείγματος. Χρησιμοποιήθηκαν φίλτρα (fiber glass) Whatman GF/C που συγκρατούν υλικά με μέγεθος μεγαλύτερο από 1.2μm.

Για να γίνει το αιωρούμενο ιζημα παρασκεύασμα κατάλληλο για εξέταση στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, πρέπει να ληφθεί πρόνοια ώστε το υλικό που θα επικαθίσει στο πλακίδιο να μην έχει επιμολυνθεί και να είναι αντιπροσωπευτικό του περιβάλλοντος από το οποίο συλλέχθηκε. Οι επιμολύνσεις αποφεύγονται και η αντιπροσωπευτικότητα εξασφαλίζεται αν η καθίζηση επάνω στον φορέα δείγματος του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου αρχίσει αμέσως μετά την συλλογή του δείγματος, επάνω στη βάρκα.

Ήταν αναγκαίο επίσης να γίνει καταστολή της αναπαραγωγικής δραστηριότητας των οργανισμών που βρίσκονται σε αιώρηση κατά τη διάρκεια του χρόνου που απαιτείται για την καθίζηση όλου του υλικού, γεγονός που επιτυγχάνεται όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος γίνει εξαιρετικά χαμηλή (M. Μουστάκα, προσωπική επικοινωνία).

Για τον σκοπό αυτό κατασκευάστηκε ένα μικρό ψυγείο από πολυστερίνη που περιείχε λουτρό νερού με κομματάκια πάγου για να διατηρείται στους 0°C. Μέσα στο λουτρό τοποθετούντο ειδικά κατασκευασμένοι κύλινδροι που περιείχαν τα δείγματα, στον πυθμένα των οποίων υπήρχε ο φορέας δείγματος του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου. Στο εργαστήριο, αφού ολοκληρώθηκε ο χρόνος καθίζησης, έγινε προσεκτική αφαίρεση της μεγαλύτερης ποσότητας του νερού και ακολούθησε εξάτμιση και ξήρανση του εναπομείναντος νερού στους κυλίνδρους (σε

φούρνο στους 95°C). Κατόπιν ο φορέας δείγματος αποχωρίστηκε από τον κύλινδρο καθίζησης και το παρασκεύασμα προετοιμάστηκε για την επόμενη διεργασία που είναι να γίνει αγωγίμο με με επικάλυψη άνθρακα, πάχους περίπου 200 μm σε εξάχνωση κενού.

Η εξέταση των δειγμάτων περιελάμβανε οπτική παρατήρηση, φωτογράφιση των ιζημάτων και ποιοτική χημική ανάλυση.

Η οπτική παρατήρηση και φωτογράφιση αντιπροσωπευτικών σημείων του παρασκευάσματος έγιναν σε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σαρώσεως (Jeol 840).

Η ποιοτική χημική ανάλυση έγινε με το σύστημα μικροανάλυσης (EDS) με επεξεργασία σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (LINK-AN 10000). Η ποιοτική χημική ανάλυση έγινε σε επιλεγμένες περιοχές του παρασκευάσματος και οι αναλύσεις αντιπροσωπεύουν το σύνολο της περιοχής και όχι ένα μόνο σημείο.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ.

Τα συνολικά αιωρούμενα φορτία που υπολογίστηκαν με την μέθοδο της διήθησης ήταν 100mg/l για το δείγμα G1, 20mg/l για το δείγμα G2 και 7mg/l για το δείγμα G3.

Από την οπτική εξέταση στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο των δειγμάτων G1 (φωτ. 1), G2 (φωτ. 2), G3 (φωτ. 3 & 4) διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες υλικών σε αιώρηση, τα κλαστικά και τα βιογενή. Τα κλαστικά υλικά, που προέρχονται από την διάβρωση στη λεκάνη απορροής του Στρυμόνα, μεταφέρονται στην λίμνη και αποτελούν την κυριώτερη πηγή προσχωσιγενών υλικών. Στο δείγμα G1 παρατηρούμε μόνο κλαστικά ιζήματα μεγέθους χονδρόκοκκης έως μεσόκοκκης ιλύος (φωτ. 1), στο δείγμα G2 παρατηρούμε κλαστικά ιζήματα μεγέθους μεσόκοκκης ιλύος με εμφάνιση ορισμένων βιογενών (κελυφών, φωτ. 2) και στο δείγμα G3 σχεδόν αποκλειστικά βιογενή ιζήματα (φωτ. 3 & 4), που αποτελούνται από κελύφη διατόμων.

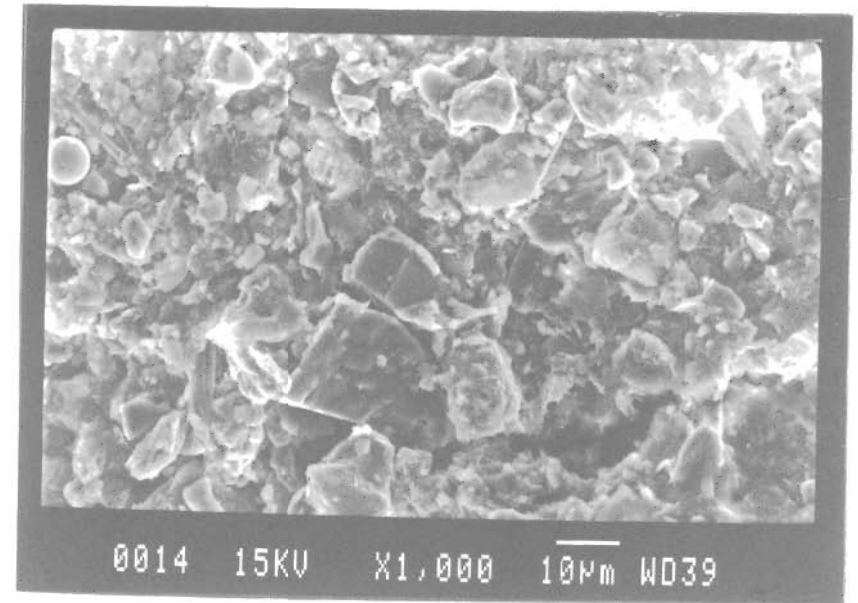
Από την παρατήρηση των φασματικών αποκρίσεων των τριών δειγμάτων στην ανάλυση EDS (σχήμα 3) φαίνεται ότι και στα τρία δείγματα τα κυριώτερα στοιχεία που δίνουν μετρήσιμες κορυφές είναι τα: Cu, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Fe και Zn. Από τα στοιχεία αυτά ο Cu και ο Zn οφείλονται στο ορεινό πλακίδιο επάνω στο οποίο έγινε η απόθεση του ιζήματος.

Στα φάσματα των δειγμάτων G1 και G2 υπάρχουν ομοιότητες στις δύο μεγαλύτερες κορυφές του φάσματος που είναι αυτές του αργιλίου και του πυριτίου, ενώ στο φάσμα του δείγματος G3 υπάρχει μόνο μία ισχυρή κορυφή, αυτή του πυριτίου. Επίσης το μαγνήσιο, το κάλιο και ο σίδηρος σχεδόν εξαφανίζονται στο δείγμα G3 το οποίο και παρουσιάζει μια πολύ μικρή αύξηση του ασβεστίου και του θείου.

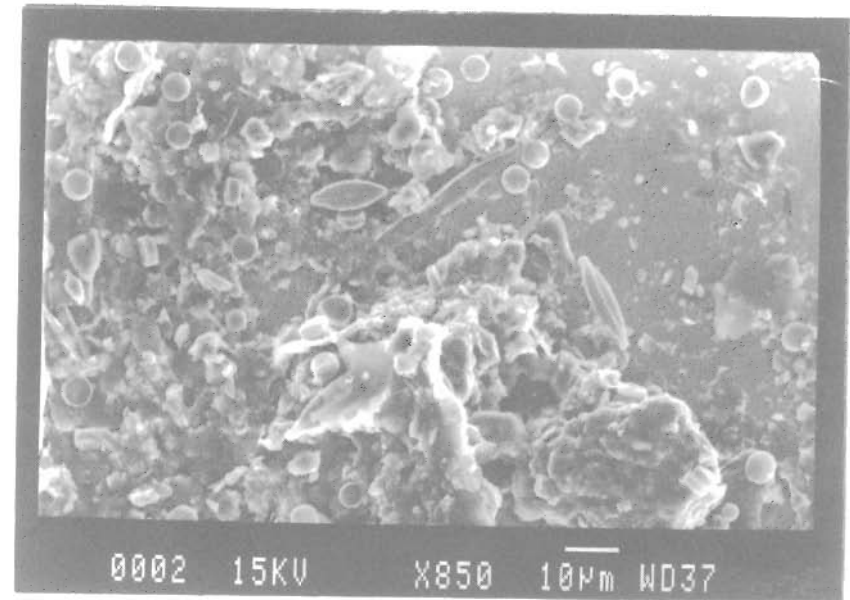
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Από τις αναλύσεις του αιωρούμενου φορτίου η εικόνα που σχημάτιστηκε ήταν ότι το φορτίο των εν αιωρήσει υλικών ήταν μεγάλο μέσα στην κοίτη (100mg/l (δείγμα G1)), για να μειωθεί στα 20mg/l στην περιοχή της εκβολής στην λίμνη Κερκίνη (δείγμα G2) και να φθάσει στα 7mg/l στο κέντρο της λίμνης (δείγμα G3). Υπάρχει δηλαδή μία διαδοχική δραστηκή ελάττωση των αιωρουμένων υλικών από τον ποταμό προς το εσωτερικό της λίμνης.

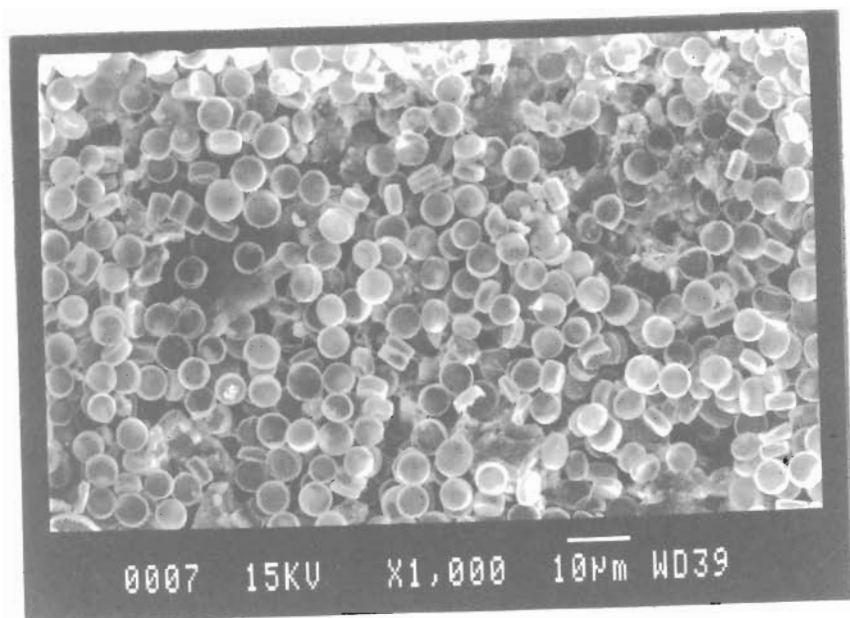
Από τις φωτογραφίες του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου φαίνεται ότι το αιωρούμενο φορτίο αποτελείται αποκλειστικά από κλαστικά υλικά και βιογενή στην κοίτη του ποταμού, ενώ αρχίζει η εμφάνιση βιογενών σωματιδίων



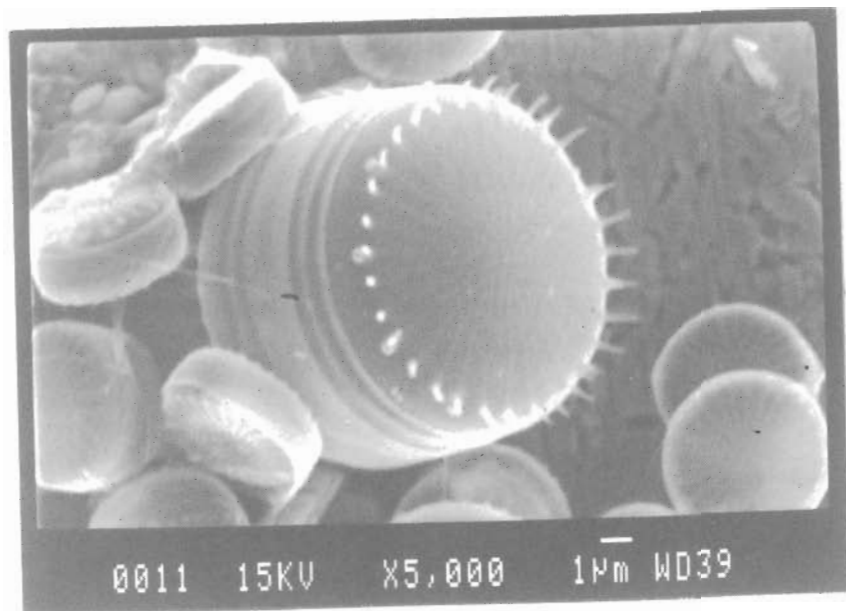
Φωτ. 1. Αιωρούμενα υλικά του ποταμού Στρυμόνα (G1).



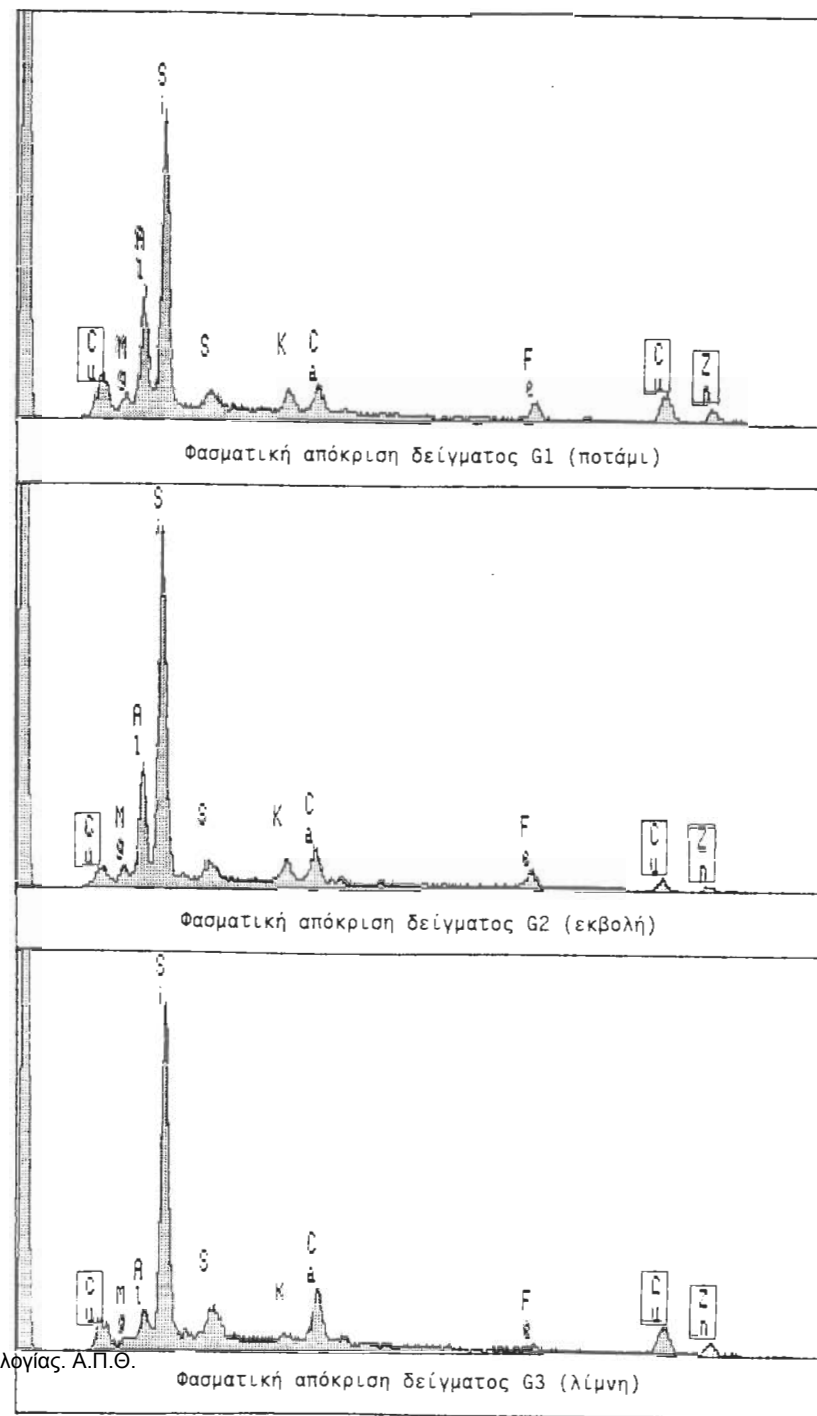
Φωτ. 2. Αιωρούμενα υλικά της λίμνης Κερκίνης εμπίπτει από την εκβολή του ποταμού Στρυμόνα (G2).



Φωτ. 3. Αιωρούμενα βιογενή υλικά (διάτομα) της λίμνης Κερκίνης (G3).



Φωτ. 4. Μεγέθυνση απο το δείγμα G3 όπου φαίνονται καθαρά τα διάτομα.



Σχήμα 3. Φασματικές αποκρίσεις των τριών διειγμάτων στην ανάλυση

(κελυφών) στον χώρο της εκβολής. Στις κεντρικές περιοχές της λίμνης (δείγμα G3) τα αιωρούμενα υλικά αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από κελύφη διατόμων.

Απο την ποιοτική χημική ανάλυση EDS (κορυφές Mg, Al, Si, K, Fe) συνάγεται ότι τα κλαστικά αιωρούμενα ιζήματα του ποταμού και της λίμνης εμπρός από την εκβολή είναι αργιλλοπυριτιτικά ορυκτά. Τα βιογενή αιωρούμενα ιζήματα του νερού της λίμνης αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος από πυριτινά κελύφη διατόμων με ελάχιστη παρουσία ασβεστίου, που συνήθως υπάρχει στα σκελετικά τους μέρη, (κορυφές Si, Ca).

Απο τις φωτογραφίες (φωτ. 1 και φωτ. 2) φαίνεται ότι υπάρχει συσσωμάτωση των αργιλλικών κόκκων. Επειδή η καθίζηση έγινε αμέσως μετά την συλλογή του δείγματος πιστεύεται ότι οι φωτογραφίες αντιπροσωπεύουν την πραγματική κατάσταση (συσσωμάτωσης) που έχουν οι αργιλλικοί κόκκοι στο περιβάλλον αιώρησής τους. Ο μηχανισμός της τόσο έντονης συσσωμάτωσης παραμένει υπο μελέτη απο τους συγγραφείς.

Πάντως το σύνολο των κλαστικών εν αιωρήσει ιζημάτων αποτίθενται πολύ γρήγορα στο χώρο της εκβολής του Στρυμόνα στη λίμνη Κερκίνη, γεγονός που πρέπει να οφείλεται στα φαινόμενα συσσωμάτωσης των υλικών. Γι αυτό τα αιωρούμενα ιζήματα δέν διασπείρονται σε όλη την έκταση της λίμνης, ακόμα και όταν είναι ανοικτοί οι θυροφράγμιτες του φράγματος του Λιθότοπου. Έτσι το νερό του Στρυμόνα όταν εξέρχεται απο την λίμνη είναι απαλλαγμένο απο το σύνολο σχεδόν των κλαστικών αιωρούμενων υλικών του.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται πρὸς τον Τομέα Λιβαδοπονίας και Θηραμάτων, του Τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, του Α.Π.Θ. και ιδιαίτερα στον καθηγητή κ. Ν. Παπαγεωργίου και στον συνεργάτη του δασολόγο κ. Θ. Ναζηρίδη, για τη βοήθειά τους στην εκτέλεση του προγράμματος των δειγματοληψιών. Επίσης στην λέκτορα του Τμήματος Βιολογίας, του Α.Π.Θ. κ. Μ. Μουστάκα για τις συμβουλές της σχετικά με τα βιογενή ιζήματα της λίμνης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΚΙΛΙΚΙΔΗΣ, Σ. (1987) Οικολογική έρευνα της λίμνης Κερκίνης (Ν.Σερρών) με σκοπό τη βελτίωση της παραγωγής. Κτηνιατρικό Ινστιτούτο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη. σελ. 1-74
- ΜΠΑΜΠΑΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1989) Υδρολογικά στοιχεία της λίμνης Κερκίνης. Πρακτικά συνάντησης εργασίας για τους Ελληνικούς Υγρότοπους, Θεσσαλονίκη 1990. σελ. 259.
- PSILOVIKOS, A. AND PAPAPHILIPPOU, E. (1990) Pediments, alluvial fans and neotectonic movements of the Mt. Kerkini/Belasitsa. Geographica Rhodopica, vol.2 pp 95-103.