

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΤΗΝ  
ΧΩΡΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΟΥ ΒΕΝΘΟΥΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΒΙΣΤΩΝΙΑΔΑΣ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ  
ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΗ ΧΡΗΣΤΟΥ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΛΟΕΝΑΡΔΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΕΣ  
3/2-

**ΤΕΙ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ Σ.Τ.Ε.Γ.  
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ-ΑΛΙΕΙΑΣ**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή Dr. Πετρίδη Δημήτριο που ανέλαβε την πτυχιακή αυτή και με βοήθησε πάρα πολύ στην ολοκλήρωσή της όσον αφορά γενικές συμβουλές και ιδιαίτερα στην αναγνώριση μερικών οργανισμών σε επίπεδο είδους και στην βοήθειά του σε μερικά στατιστικά που απαιτούσαν την κατασκευή προγράμματος στον κομπιούτερ, που δεν κυκλοφορούσε στην ελληνική αγορά. Παράλληλα ευχαριστώ και τον καθηγητή του τμήματός μου κύριο Λεονάρδο Ιωάννη, ο οποίος ήταν ο εισηγητής της πτυχιακής αυτής.

Επίσης ευχαριστώ τους συμφοιτητές μου Καλαθέρη Πάυλο, Τσοκάκη Ελένη, Κανάκη Άγγελο, για την βοήθειά τους στην δειγματοληψία του βένθους και των φυσικοχημικών παραγόντων την οποία καθοδηγούσε ο κύριος Πετρίδης και τους Μενδρινό Δημήτρη, Αγγελή Γιάννη για την μέτρηση των χημικών στοιχείων του νερού στο φορητό εργαστήριο.

Τέλος ευχαριστώ τον καθηγητή του τμήματος μου κύριο Χάτο Γεώργιο για την βοήθειά του στις μικρομετρικές μετρήσεις που έγιναν στο μικροσκόπιο για την αναγνώριση των οργανισμών καθώς και την Δημοτική Επιχείρηση Πολιτισμού και Αναψυχής Κερατσινίου, για την παραχώριση επιτραπέζιου scanner και ιδιαίτερα την κυρία Κρεμασιώτη Κατερίνα .

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τον Ιούλιο του 1992 έγιναν δειγματοληψίες βένθους και νερού σε 86 επιλεγμένους σταθμούς της λίμνης Βιστωνίδας με σκοπό τον προσδιορισμό της επίδρασης των φυσικοχημικών παραμέτρων στην χωρική κατανομή του βένθους. Αναγνωρίστηκαν 14 βενθικοί οργανισμοί και με δεδομένα τις αφθονίες τους εφαρμόστηκαν η στατιστικές μέθοδοι ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ και η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΜΟΙΒΑΙΩΝ ΣΥΣΙΣΤΩΣΩΝ, οι οποίες προσδιόρισαν τρεις επιμέρους βιοκοινωνίες στην λίμνη. Επίσης μετρήθηκαν 16 φυσικοχημικές παράμετροι σε κάθε σταθμό και στις οποίες εφαρμόστηκαν μέθοδοι πολλαπλών συγκρίσεων, κάτι που έγινε και στο βένθος.

Η κατανομή του βένθους επηρεάζεται κυρίως από το υπόστρωμα και το βάθος, το οποίο είναι σχετικά μικρό. Στην πρώτη βιοκοινωνία που αντιστοιχεί στην βαθιά μη παραλιακή ζώνη της λίμνης με μαύρο ιλυώδες υπόστρωμα και αυξημένη διαφάνεια λόγω αυξημένης συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων και πλαγκτού, κυριαρχούν τα είδη Chironomus salinarius και Polydora ciliata. Στην δεύτερη που αντιστοιχεί στην παραλιακή ζώνη της λίμνης με αμμώδες, αμμοιλυώδες και καφέ ιλυώδες υπόστρωμα, μικρό βάθος και αυξημένο pH λόγω φωτοσύνθεσης, κυρίαρχα είδη είναι τα Corophium volutator και Irbinoe sp.. Στην τρίτη βιοκοινωνία που περιλαμβάνει τις εκβολές μερικών ποταμών που χύνονται στην Βιστωνίδα και λίγους άλλους παραλιακούς σταθμούς κυριαρχεί το είδος Corophium volutator. Αυτή η βιοκοινωνία παρουσιάζει καφέ ιλυώδες υπόστρωμα και ιδιαίτερα στις εκβολές του ποταμού Κόσυνθου έχει αυξημένα νιτρώδη και θειικά, λόγω εισροής οργανικής ύλης από το ποτάμι και χαμηλό pH λόγω αυξημένης αποικοδομητικής δραστηριότητας.

Οι οικολογικοί δείκτες ποικιλότητας και ομοιομορφίας που χρησιμοποιήθηκαν δείχνουν ότι η τρίτη και η πρώτη βιοκοινωνία είναι πολύ υποβαθμισμένες, ενώ η δεύτερη βιοκοινωνία είναι η πιο ισορροπημένη από όλες με μεγαλύτερη ποικιλότητα οργανισμών. Τέλος οι συγκεντρώσεις των νιτρικών και των φωσφορικών στην λίμνη, μαζί με την διαχρονική αύξηση της αγωγιμότητας αποτελούν ενδείξεις ευτροφισμού της Βιστωνίδας.

## ABSTRACT

In July 1990 benthic and water samples were taken from eighty six sampling stations in the lake of Vistonis to determine the influence of chemicals and physical factors on the spatial distribution of benthos. Fourteen benthic species were identified and specific classification and ordination techniques, CLUSTER ANALYSIS and CORRESPONDENCE ANALYSIS, were used on species abundance, which distinguished three communities within the lake. Sixteen chemicals and physical factors were sampled from each sampling station and multiple comparison of means for each variable within each cluster of sample were attempted.

Substrate and depth are the factors that mainly determine the way the benthos is distributed throughout this shallow lake. In the first community that corresponds to the deep not coastal area, with dark muddy substrate and increased transparency due to increased concentration of plankton, two species are dominant: Chironomus salinarius and Polydora ciliata. In the second community that corresponds to the littoral coastal area with sandy, mud-sandy and brown muddy substrate, small depth and increased pH due to photosynthesis, two species are also dominant: Corophium volutator and Iphinoe sp.. The third community is distinct in the region around the enterings of the rivers and a few other coastal sampling stations, in which only the species Corophium volutator dominants. This community has brown muddy substrate and particularly the river Kosinthos inflows, have increased nitrites and sulfates due to the incoming organic material from the river. It also has decreased pH values due to increased decomposition activity.

Ecological indices of diversity and evenness were used to indicate that the third and first community are highly degraded, while the second one is the most balanced community with increased species diversity. Finally the concentrations of nitrates and phosphates in the lake in joint with the continuous increase of conductivity with time, suggest that a highly eutrophic status exists at lake of Vistonis.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
Περίληψη .....	2
Abstract .....	3
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	6
Η ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ .....	10
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....	12
Διαδικασία δειγματοληψίας .....	12
Εργαστηριακή επεξεργασία των δειγμάτων-Αναγνώριση των ειδών .....	13
Στατιστική επεξεργασία-Οικολογική διερεύνηση .....	14
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....	23
Η χωρική κατανομή των βενθικών οργανισμών της λίμνης .....	23
Σχέσεις μεταξύ των βενθικών οργανισμών της λίμνης Βιστωνίδα .....	26
Εστίες ρύπανσης της λίμνης Βιστωνίδα .....	41
Η κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων στην λίμνη Βιστωνίδα .....	42
Ο χωρισμός της λίμνης Βιστωνίδα σε επιμέρους βιοκοινωνίες και τα χαρακτηριστικά τους .....	56
Δείκτες ποικιλότητας και ομοιομορφίας .....	59
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	79

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ-ΠΙΝΑΚΩΝ-ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Σελ.

Εικόνα 1 .....	8
Εικόνα 2 .....	9
Εικόνα 3 .....	19
Εικόνα 4 .....	20
Εικόνα 5 .....	21
Εικόνα 6 .....	22
Εικόνα 7 .....	28
Εικόνα 8 .....	29
Εικόνα 9 .....	30
Εικόνα 10 .....	31
Εικόνα 11 .....	32
Εικόνα 12 .....	33
Εικόνα 13 .....	61
Εικόνα 14 .....	64
Πίνακας 1 .....	27
Πίνακας 2 .....	47
Πίνακας 3 .....	55
Πίνακας 4 .....	60
Πίνακας 5 .....	62
Πίνακας 6 .....	63
Πίνακας 7 .....	65
Πίνακας 8 .....	70
Διάγραμμα 1 .....	34
Διάγραμμα 2 .....	35
Διάγραμμα 3 .....	35
Διάγραμμα 4 .....	36
Διάγραμμα 5 .....	36
Διάγραμμα 6 .....	37
Διάγραμμα 7 .....	37
Διάγραμμα 8 .....	38
Διάγραμμα 9 .....	38
Διάγραμμα 10 .....	39
Διάγραμμα 11 .....	39
Διάγραμμα 12 .....	40
Διάγραμμα 13 .....	40
Διάγραμμα 14 .....	48
Διάγραμμα 15 .....	48
Διάγραμμα 16 .....	49
Διάγραμμα 17 .....	49
Διάγραμμα 18 .....	50
Διάγραμμα 19 .....	50
Διάγραμμα 20 .....	51
Διάγραμμα 21 .....	51
Διάγραμμα 22 .....	52
Διάγραμμα 23 .....	52
Διάγραμμα 24 .....	53
Διάγραμμα 25 .....	53
Διάγραμμα 26 .....	54
Διάγραμμα 27 .....	54

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια μας έκθεσης που έγινε για το τμήμα βιολογίας, του τομέα ζωολογίας, του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, η οποία αφορούσε όλο το οικοσύστημα της Βιστωνίδας. Όσον αφορά την εργασία αυτή ολοκληρώθηκε ως πτυχιακή του τμήματος Ιχθυοκομίας-Αλιείας του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου, στα εργαστήριά του και εξετάστηκαν οι φυσικοχημικοί παράγοντες και το βένθος της λίμνης Βιστωνίδας (Εικόνα 1).

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι δειγματοληψίες που έγιναν ήταν πολύ πυκνές συγκρινόμενες με όλες τις προηγούμενες μελέτες που είχαν γίνει στην Βιστωνίδα (Εικόνα 2). Παράλληλα ήταν η πρώτη φορά που έγιναν εκτενείς δειγματοληψίες του βένθους και έτσι έχουμε μια πρώτη εμπειριστατωμένη αναφορά στην βενθική βιοκοινωνία της λίμνης.

Οι φυσικοχημικοί παράγοντες και το βένθος που εξετάστηκαν μπορούν να δώσουν πολλές πληροφορίες εκτός από την τυπική αναφορά στα μεγέθη και στους οργανισμούς. Μπορούν να μας δείξουν την τροφική κατάσταση μιας λίμνης, την παραγωγικότητά της, την ποιότητα του νερού, διάφορες πιθανές εστίες ρύπανσης και άλλα χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα για να εξάγουμε τέτοιες πληροφορίες δεν είναι αρκετή η μελέτη των φυσικοχημικών παραγόντων ή άλλων στοιχείων μιας λίμνης ή άλλου υδάτινου οικοσυστήματος, όπως για παράδειγμα η ιχθυοπανίδα της, αν και αυτή δεν αφορά την έρευνα αυτή. Αυτό συμβαίνει επειδή οι παράγοντες αυτοί από μόνοι τους μπορεί να απεικονίζουν στιγμαία και όχι μόνιμα χαρακτηριστικά ενός τέτοιου περιβάλλοντος ικανά όμως να επηρεάσουν την ζωή μέσα σε αυτό. Για παράδειγμα μία ή δύο μέρες βροχής πριν από την δειγματοληψία είναι ικανές να μεταβάλουν τα φυσικοχημικά στοιχεία και όποιες πληροφορίες εξαχθούν από αυτά να είναι εσφαλμένες.

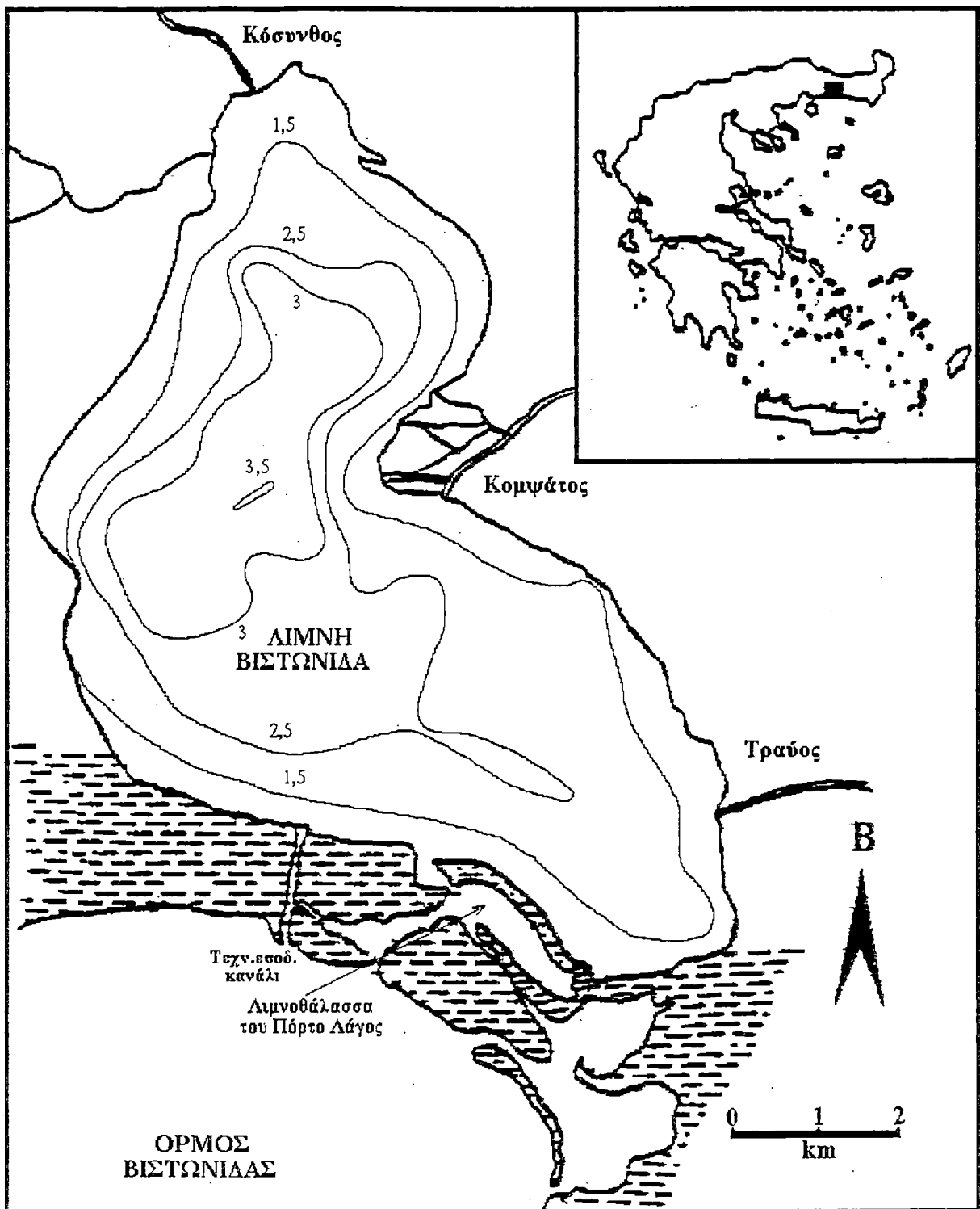
Το ίδιο δεν συμβαίνει όμως με το βένθος ενός υδάτινου οικοσυστήματος και λέγοντας βένθος εννοούμε το σύνολο των οργανισμών που ζουν πάνω ή μέσα στο ίζημα και εξαρτώνται από τον κύκλο της αποσύνθεσης για τον περισσότερο αν όχι όλο τον τροφικό τους ανεφοδιασμό. Εξετάζοντας την αφθονία και την χωρική κατανομή των βενθικών οργανισμών βγάζουμε σωστά συμπεράσματα καθώς θεωρούνται ως η πιο κατάλληλη ομάδα οργανισμών για τέτοιες μελέτες (Thienemann 1920, Jarnefelt 1953, Burdin 1956, Hynes 1960, Bagge & Jumppanen 1968, Warren 1971) για τους εξής λόγους:

- 1) Είναι οργανισμοί ευαίσθητοι σε διάφορους τύπους ρυπαντών και αντιδρούν γρήγορα σε αυτούς. Οι κοινωνίες τους αντέχουν σε ένα ευρύ φάσμα καταστάσεων stress.
- 2) Βρίσκονται παντού, είναι άφθονοι και εύκολοι στην συλλογή. Το μέτρημα και η αναγνώρισή τους δεν είναι τόσο δύσκολη και κουραστική όσο άλλων μικροοργανισμών π. χ. του πλαγκτού.
- 3) Δεν μετακινούνται σημαντικά, οπότε μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικοί για κάθε περιοχή και για τις ιδιαίτερες συνθήκες της.
- 4) Η διάρκεια της ζωής τους είναι αρκετή ώστε να εξάγονται συμπεράσματα για την ποιότητα του περιβάλλοντός τους.
- 5) Οι κοινωνίες τους χαρακτηρίζονται από ετερογένεια (ποικιλία ειδών στον ίδιο χώρο), οπότε αυξάνει η πιθανότητα αντίδρασης τουλάχιστον ενός είδους στις αλλαγές του περιβάλλοντος.

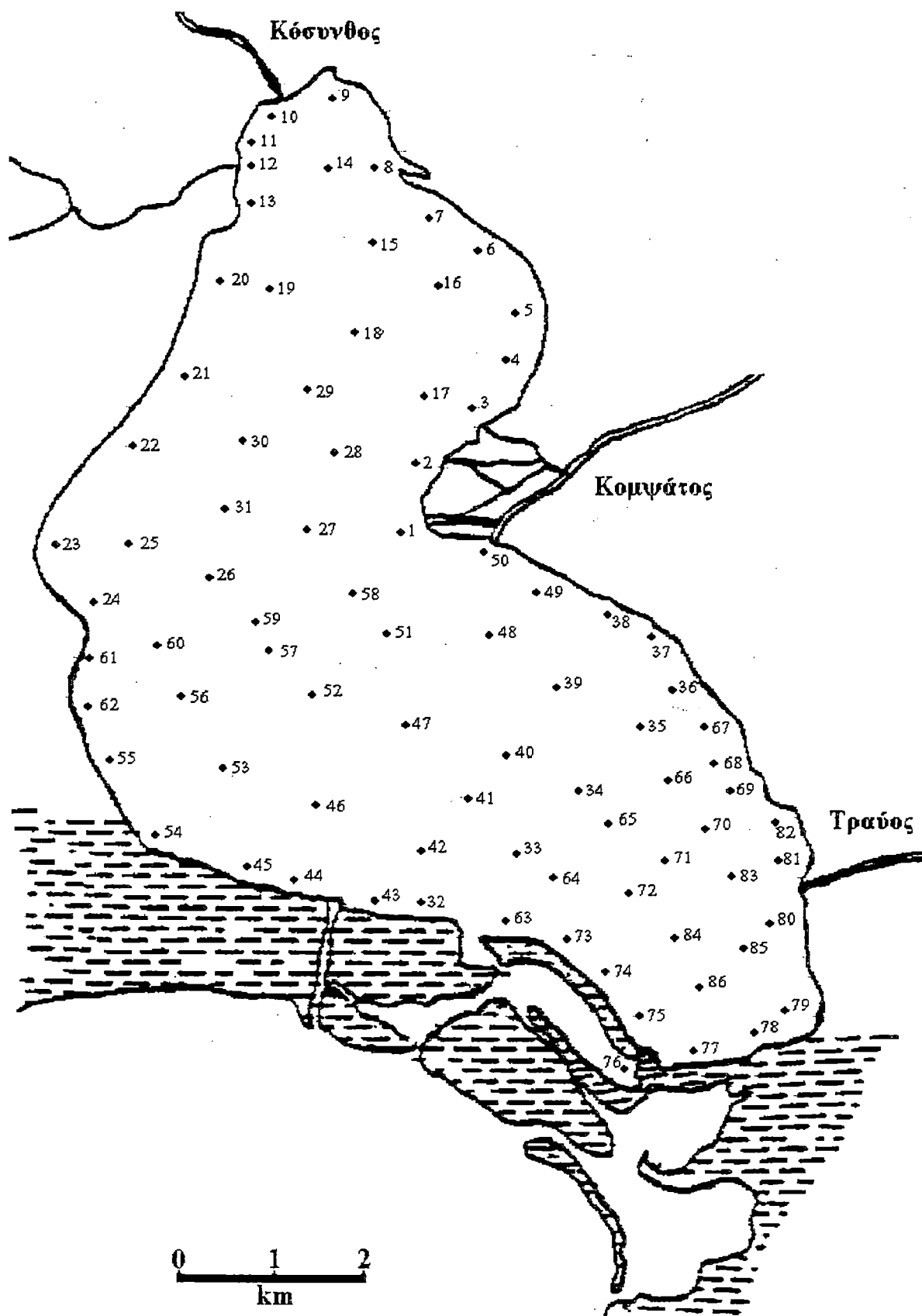
Έτσι η πτυχιακή αυτή εξετάζει τις φυσικοχημικές παραμέτρους παράλληλα με το βένθος και την χωρική κατανομή του και αποτελεί μια έκθεση πάνω στην οποία μπορεί να βασιστεί πιθανό μελλοντικό πρόγραμμα μακροχρόνιων δειγματοληψιών σε επιλεγμένους σταθμούς. Ένα τέτοιο πρόγραμμα είναι σαφώς πιο ολοκληρωμένο αφού μελετά και την χρονική κατανομή του βένθους και την μεταβολή των φυσικοχημικών παραγόντων (Η δειγματοληψία της έρευνας αυτής διήρκησε τέσσερις μέρες).

Η πτυχιακή αυτή ολοκληρώθηκε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή 486 DX1 (33 Mhz) με την χρησιμοποίηση εκτυπωτή ψεκασμού μελάνης 360 x 360 κουκίδες ανά ίντσα και επιτραπέζιο σαρωτή (scanner) για την εισαγωγή των χαρτών. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα WORD 6.0 για το γράψιμο της εργασίας, το στατιστικό πακέτο MINITAB 7.2, συνοδευτικά προγράμματα του βιβλίου "STATISTICAL ECOLOGY" (Ludwig & Reynolds 1988) και ιδιοκατασκευασμένο πρόγραμμα στην γλώσσα FORTRAN για την στατιστική επεξεργασία, HARVARD GRAPHICS για windows, PAINTBRUSH και EXCEL 5.0 για τα γραφικά και τα σχήματα και ADOBE 3.0 για την αντιγραφή των χαρτών από το scanner.





**ΕΙΚΟΝΑ 1:** Το οικοσύστημα Βιστωνίδας με τις ισοβαθείς της λίμνης (σε μέτρα) από την δειγματοληψία.



ΕΙΚΟΝΑ 2: Οι θέσεις όπου έγιναν οι δειγματοληψίες στην λίμνη Βιστωνίδα.

## Η ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ

Η λίμνη Βιστωνίδα βρίσκεται στα νότια σύνορα των νομών Ξάνθης και Ροδόπης και αποτελεί προέκταση του μυχού του Πόρτο Λάγος. Η συνολική της επιφάνεια είναι περίπου 45 τετραγωνικά χιλιόμετρα με εποχιακή διακύμανση περίπου 6 τετρ. χιλιομέτρων. Χαρακτηρίζεται ως αβαθής λίμνη αφού το μέσο βάθος της είναι 1,8 m και το μέγιστο βάθος της είναι 3,5 m. Το μέσο υψόμετρο της λίμνης είναι 0,10 m και ορίζεται από τις συντεταγμένες 41° 00' μέχρι 41° 05' βόρειο γεωγραφικό πλάτος και 25° 00' μέχρι 25° 15' ανατολικό γεωγραφικό μήκος. Στα σύνορα λίμνης και θάλασσας (Όρμος Βιστωνίδας) σχηματίζεται η λιμνοθάλασσα του Πόρτο Λάγος (Εικόνα 2).

Η γεωμορφολογία της περιοχής είναι ιδιόμορφη και κάνει το σύστημα λίμνης-λιμνοθάλασσας να μην έχει την τυπική μορφή. Οι ακτές της θάλασσας σχηματίζουν συστήματα πολυσχιδών κόλπων, δύο από τα οποία (ο Λαγός και οι Αυλές) βρίσκονται στη νότια πλευρά της λίμνης Βιστωνίδας. Οι Αυλές επικοινωνούν με την λίμνη μέσα από τρία στόμα. Η λίμνη επικοινωνεί και απευθείας με την θάλασσα μέσα από ένα εισοδευτικό τεχνητό κανάλι που εκβαθύνθηκε το 1986. Έτσι η νότια πλευρά της λίμνης δέχεται άμεσα και έμμεσα (από την λιμνοθάλασσα) θαλασσινό νερό που την κάνει να είναι υφάλμυρη με μεταβαλλόμενη αλατότητα, ανάλογα με τις μετακινήσεις υδάτινων μαζών από και προς την λίμνη.

Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα να διαμορφώνουν μεγάλη ποικιλότητα βιοτόπων. Επιπλέον έχουν αναφερθεί 214 είδη πτηνών στην περιοχή που φωλιάζουν κανονικά, περιοδικά (όχι κάθε χρόνο), είτε είναι περαστικοί επισκέπτες (Ψαλτοπούλου 1994). Τα χαρακτηριστικά αυτά σε συνδυασμό με την γεωγραφική θέση της περιοχής κατατάσσουν το οικοσύστημα μεταξύ των σημαντικότερων σε ελληνικό και παγκόσμιο επίπεδο και επιπλέον αυτό προστατεύεται με την Σύμβαση Ραμσάρ.

Η λίμνη δέχεται τα περισσότερα νερά της λεκάνης απορροής που φτάνουν σε αυτή με την μορφή ποταμών και χειμάρων. Συγκεκριμένα εκβάλουν τρεις βασικοί ποταμοί, ο Κόσυνθος (ή Ξανθιώτικος) στο βορειότερο άκρο της λίμνης, ο Κομπάτος και ο Τραύος (ή Ασπροπόταμος) στην ανατολική πλευρά της. Στην λίμνη χύνονται επίσης και οι χειμάρροι Ιάσμου, Κοπτερού, Μοναχών, Αμαξιάδων, και οι παραχείμαροι της Ξάνθης και του Τραύου. Επίσης η λίμνη εμπλουτίζεται με σημαντικές ποσότητες

υπολίμνιων νερών (Μπαμπατζιμόπουλος, Αντωνόπουλος (1990). Ο όγκος της λεκάνης υπολογίζεται σε περίπου 140.000.000 κ. μ. .

Η δημιουργία της λίμνης Βιστωνίδας τοποθετείται πιθανόν στο τέλος του Μειόκαινου αρχές Πλειόκαινου. Η θάλασσα εισχώρησε στην περιοχή της σημερινής λίμνης και με την ενέργεια των κυμάτων της την επεξέτεινε προς το εσωτερικό δημιουργώντας έτσι μια μορφή κλειστής λιμνοθάλασσας. Στη συνέχεια τα ρεύματα που άρχισαν να δρουν μέσα στην λιμνοθάλασσα με φορά αντίθετη αυτής της ανοικτής θάλασσας είχαν ως συνέπεια την δημιουργία του ισθμού που την χωρίζει από την θάλασσα. Η επιφάνεια της αρχικής λίμνης ήταν αρκετά μεγαλύτερη από την σημερινή. Κατά την Πλειστόκαινο οπότε είχαν ήδη διαμορφωθεί οι ορεινές υδρολογικές λεκάνες, άρχισε ο περιορισμός της έκτασής της λόγω των διαμορφωμένων χειμάρρων, που με την βοήθειά τους άρχισε η μεταφορά και η εναπόθεση φερτών υλικών μέσα σε αυτήν. Ακόμα και σήμερα οι τρεις ποταμοί προσχώνουν την λίμνη με σημαντικές ποσότητες φερτών υλικών. Υπολογίζεται ότι ο Κόσυνθος αποθέτει στην λίμνη περί τα 240.000 κ.μ. φερτών υλών ετησίως. Ανάλογες ποσότητες φέρνει και ο Κομψάτος ενώ ο Τραύος αποθέτει μόνο 60.000 κ.μ. ετησίως (Μπαμπατζιμόπουλος, Αντωνόπουλος (1990)).

Την εκμετάλλευση της λίμνης Βιστωνίδας και της λιμνοθάλασσας του Πόρτο Λάγος, που αποτελούν πόλο έλξης πολλών ευρύαλων ψαριών, έχει ο Αλιευτικός Συνεταιρισμός “ Άγιος Νικόλαος “. Η λίμνη και η λιμνοθάλασσα είναι ιδιοκτησία της Μονής Βατοπεδίου του Αγίου Όρους και μισθώνεται από τον Συνεταιρισμό με ετήσιο μίσθωμα το 10% επί της αξίας της παραγωγής.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Διαδικασία δειγματοληψίας.

Η μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού στην λίμνη Βιστωνίδα έγινε στην διάρκεια τεσσάρων ημερών (16/7-19/7/1992) από νωρίς το πρωί μέχρι το απόγευμα κάθε μέρας και παράλληλα με τις δειγματοληψίες του βένθους. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 86 μετρήσεις σε ισάριθμους σταθμούς που κατανεμήθηκαν σε όλη την έκταση της λίμνης. Επιτόπου μετρήθηκαν ηλεκτρονικά οι φυσικές παράμετροι του νερού, το διαλυμένο οξυγόνο, αγωγιμότητα, αλατότητα, θερμοκρασία, pH, το βάθος και με τον δίσκο Secchi η διαφάνεια. Παράλληλα έγιναν δειγματοληψίες του νερού με δειγματολήπτη τύπου "Ryttner" χωρητικότητας δύο λίτρων, ο οποίος βυθιζόταν μέχρι λίγα εκατοστά πάνω από τον πυθμένα. Τα δείγματα διατηρήθηκαν σε πλαστικές φιάλες και μεταφέρθηκαν για προετοιμασία και μέτρηση των χημικών παραμέτρων σε εργαστήριο που είχε δημιουργηθεί για τον σκοπό αυτό στις εγκαταστάσεις του Αλιευτικού Συνεταιρισμού, όπου φιλοξενήθηκε και όλη η ομάδα των σπουδαστών.

Παράλληλα επίσης στους ίδιους σταθμούς έγιναν οι δειγματοληψίες του βένθους. Χρησιμοποιήθηκε δειγματολήπτης-αρπάγη "Ekman-Birge" δειγματοληπτικής επιφάνειας 225 τετρ. εκατ. ο οποίος ρίχνονταν με διεύθυνση κάθετη στο νερό και το αποσπόμενο από τον πυθμένα υλικό χαρακτηρίζονταν ανάλογα με το χρώμα και την κοκκομετρική του σύσταση ως:

- |    |               |           |
|----|---------------|-----------|
| 1) | Αμμώδες       | (τύπος 1) |
| 2) | Αμμο-ιλυώδες  | (τύπος 2) |
| 3) | Καφέ ιλυώδες  | (τύπος 3) |
| 4) | Μαύρο ιλυώδες | (τύπος 4) |

Κατόπιν το κάθε δείγμα διηθήθηκε μέσα σε απόχρη με άνοιγμα ματιού 0.5 mm (FBA pondnet) και το υλικό που απόμεινε κλείστηκε σε αριθμημένα πλαστικά σακουλάκια με την προσθήκη 10% διαλύματος φορμόλης για να μεταφερθεί για περαιτέρω εργαστηριακή επεξεργασία.

### Εργαστηριακή επεξεργασία των δειγμάτων-Αναγνώριση των ειδών.

Στο φορητό εργαστήριο που είχε στηθεί στις εγκαταστάσεις του συνεταιρισμού μεταφέρθηκαν οι φιάλες με τὰ δείγματα του νερού και με την βοήθεια φασματοφωτόμετρου μετρήθηκαν αυθημερόν οι χημικές τους παράμετροι και συγκεκριμένα τα νιτρικά, νιτρώδη αμμωνιακά και φωσφορικά άλατα, τα θεϊκά ιόντα, η σκληρότητα και το χρώμα.

Τα δείγματα του βένθους μεταφέρθηκαν στα εργαστήρια του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου όπου και έγινε η εργαστηριακή επεξεργασία τους εν καιρώ. Το κάθε δείγμα ανοιγόταν και μέρος αυτού κοσκινίζονταν διαδοχικά σε κόσκινα με άνοιγμα ματιού 2,0 mm, 1,5 mm, 1,0 mm και 0,5 mm. Συγκεκριμένα τα κόσκινα τοποθετούνταν το ένα πάνω στο άλλο έχοντας αυτό με το μεγαλύτερο μάτι στο πάνω μέρος και αυτό με το μικρότερο στο κάτω μέρος. Το κοσκίνισμα γινόταν με την βοήθεια νερού και κατόπιν ότι έμενε πάνω στο καθένα κόσκινο διαλύονταν, πάλι με νερό, σε άσπρα πιάτα όπου και αναγνωρίζονταν οπτικά οι οργανισμοί. Στην συνέχεια αυτοί φυλάσσονταν σε μικρά μπουκαλάκια με την προσθήκη 10% διαλύματος φορμόλης (για να ταυτοποιηθούν αργότερα) και όλη η προαναφερθείσα διαδικασία απαναλαμβάνονταν μέχρι να ερευνηθεί όλο το δείγμα.

Περαιτέρω επεξεργασία έγινε στους ολιγόχαιτους, που μονιμοποιήθηκαν σε αντικειμενοφόρους πλάκες, σκεπάστηκαν με καλυπτρίδες (μία ανά δύο οργανισμούς), με την χρησιμοποίηση του μονιμοποιητικού διαλύματος "Amman's Lactophenol" και ταυτοποιήθηκαν οπτικά με χρήση μικροσκοπίου. Η ίδια διαδικασία έγινε και στις χειρονομίδες χρησιμοποιώντας το ειδικό διάλυμα "Euparal".

Οι υπόλοιποι οργανισμοί ταυτοποιήθηκαν χωρίς περαιτέρω επεξεργασία σε επίπεδο είδους ή ανώτερω από αυτό, όταν οι οργανισμοί ήταν πολύ λίγοι σε αριθμό ή σε ανήλικο στάδιο και δεν μπορούσαν να αναγνωριστούν σε επίπεδο είδους.

Για την ταυτοποίηση όλων των οργανισμών χρησιμοποιήθηκαν κλείδες. Όσον αφορά τις χειρονομίδες, αναγνωρίστηκαν οπτικά μόνο μέχρι το επίπεδο του γένους και χρειάστηκε επιπλέον ειδική επεξεργασία για να αναγνωριστούν σε επίπεδο είδους με άλλη κλείδα. Συγκεκριμένα έγιναν μικρομετρικές μετρήσεις ακριβείας, απόλυτες και σε σχέση μεταξύ τους, στα διάφορα μέρη του κεφαλιού τους με την χρήση μικροσκοπίου.

## Στατιστική επεξεργασία-Οικολογική διερεύνηση.

Η στατιστική επεξεργασία αφορούσε το βένθος της λίμνης Βιστωνίδα και είχε ως δεδομένα τα είδη και τις αφθονίες των οργανισμών κάθε δείγματος. Η βασικότερη στατιστική ανάλυση που έγινε ήταν η “ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ” (CLUSTER ANALYSIS), που είναι μια ιεραρχική, συνενωτική και πολυθετική ομαδοποιητική μέθοδος. (Λόγω της πολυπλοκότητας των όρων αυτών, καθώς και της όλης διαδικασίας, η οποία παραπαύτα θα εξηγηθεί παρακάτω με όσο το δυνατόν πιο απλό τρόπο και επειδή η αναλυτική επεξήγηση όλων αυτών ξεφεύγει από το θέμα της πτυχιακής αυτής, περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν στο βιβλίο “STATISTICAL ECOLOGY: A primer on methods and computing” των J. Ludwig & J.Reynolds).

Με λίγα λόγια η μέθοδος αυτή τοποθετεί όμοιες οντότητες ή αντικείμενα, που στην δική μας περίπτωση είναι δειγματοληπτικοί σταθμοί (ή μονάδες), σε ομάδες (clusters) οι οποίες τοποθετούνται σε δενδροειδή κατασκευή που ονομάζεται Δενδρόγραμμα (Εικόνα 3). Η τοποθέτηση των δειγματοληπτικών μονάδων (Δ.Μ.) γίνεται με βάση τον βαθμό ομοιότητάς τους ως προς την αφθονία των ειδών (στην συγκεκριμένη περίπτωση). Έτσι δημιουργούνται μεγάλες ομάδες από Δ.Μ. με κοινά βιοτικά χαρακτηριστικά, που δημιουργούν ξεχωριστές βιοκοινωνίες μέσα στην λίμνη, που καταλαμβάνουν διαφορετικές περιοχές αυτής (Εικόνα 4).

Για να συγκριθουν και να τοποθετηθούν στο δενδρόγραμμα οι Δ.Μ., χρησιμοποιούνται οι πολύ γνωστές στην οικολογία “ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ” (DISTANCE MEASURES). Οι μετρήσεις αυτές είναι μια μαθηματική μορφή έκφρασης της ομοιότητας ή ανομοιότητας των συγκρινομένων αντικειμένων (δειγματοληπτικών σταθμών), με βάση τα χαρακτηριστικά τους που μας ενδιαφέρουν (αφθονία βενθικών οργανισμών). Από τα δέκα είδη μετρήσεων απόστασης που ήταν διαθέσιμα χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής “ΠΟΣΟΣΤΙΑΙΑΣ ΑΝΟΜΟΙΟΤΗΤΑΣ” (PERCENT DISSIMILARITY), ο οποίος είναι κατάλληλος για ευρεία εφαρμογή και ιδιαίτερα στην περίπτωσή μας που υπάρχουν αρκετά είδη στην λίμνη, με πολύ μικρές αφθονίες (BEALS 1984).

Ο συντελεστής ποσοστιαίας ανομοιότητας είναι ο εξής (Bray & Curtis 1957):

$$PD = 100 - PS$$

Όπου PS είναι η ποσοστιαία ομοιότητα.

$$PS_{jk} = \frac{2W}{A + B} 100$$

όπου:

$$W = \sum_{i=1}^S [\min(x_{ij}, x_{ik})] \quad , \quad A = \sum_{i=1}^S x_{ij} \quad \text{και} \quad B = \sum_{i=1}^S x_{ik}$$

Τα  $j$  και  $k$  αντιστοιχούν στις δύο συγκρινόμενες δειγματοληπτικές μονάδες,  $S$  είναι ο αριθμός των ειδών στην κάθε μια,  $i$  είναι το  $i$ -οστό είδος και  $\min$  είναι ο ελάχιστος αριθμός.

Έτσι η ποσοστιαία ομοιότητα μεταξύ των Δ.Μ.  $j$  και  $k$  είναι το ηλίκο του διπλάσιου αθροίσματος των μικρότερων τιμών, από τα παρατηρούμενα ζευγάρια των  $j$  και  $k$  (που αναφέρονται σε αφθονία ειδών), προς το άθροισμα όλων των αφθονιών των ειδών και στις δύο Δ.Μ..

Αφού υπολογιστούν οι συντελεστές ποσοστιαίας ανομοιότητας μεταξύ όλων των συνδιασμών των Δ.Μ. ανά δύο και καταγραφούν σε ένα πίνακα, αρχίζει η ομαδοποίηση με βάση την μικρότερη απόσταση (μεγαλύτερη ομοιότητα--μικρότερος "PD") μεταξύ τους, η οποία εκφράζεται γραφικά ως "CLUSTER LEVEL" (Εικόνα 3). Συγκεκριμένα (Brinkhurst 1974) το ζευγάρι των δειγμάτων (Δ.Μ. ή ομάδα από Δ.Μ.) με την μικρότερη απόσταση θεωρείται ενωμένο. Οι αποστάσεις υπολογίζονται μεταξύ αυτής της καινούριας ομάδας (δεύτερης τάξης) και όλων των άλλων δειγμάτων. Ξανά το δείγμα που δίνει την μικρότερη αύξηση στην απόσταση θεωρείται ενωμένο και μια τρίτης τάξης ομάδα σχηματίζεται. Οποιοδήποτε ζευγάρι δειγμάτων με αποστάσεις μικρότερες από την τρίτης τάξης ομάδα θεωρείται ενωμένο ως δεύτερης τάξης ομάδα δύο δειγμάτων. Η ένωση γίνεται με το δείγμα που δίνει την μικρότερη απόσταση. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι όλα τα δείγματα να ενωθούν μεταξύ τους. Οι ενώσεις παρουσιάζονται ως ένα Δενδρόγραμμα.

Τέλος για την εύρεση της απόστασης ("D") μεταξύ των δειγμάτων δεν χρησιμοποιείτε ο συντελεστής ποσοστιαίας ανομοιότητας απ' ευθείας, αλλά η ακόλουθη γραμμική συνδιαστική εξίσωση (Lance & Williams 1976):

$$D(j,k) (h) = a_1 D(j,h) + a_2 D(k,h) + b (j,k)$$

Όπου  $j, k$  είναι οι Δ.Μ. που αποτελούν μια ομάδα και  $h$  η ξεχωριστή Δ.Μ. με την οποία γίνεται η σύγκριση.

Για την εύρεση των συντελεστών  $a_1$ ,  $a_2$  και  $b$  εφαρμόστηκε μία από τις τέσσερις στρατηγικές (Clustering strategies) της CLUSTER ανάλυσης η "FLEXIBLE



STRATEGY”, η οποία έδινε τα καλύτερα αποτελέσματα και σύμφωνα με αυτήν έχουμε:

$$a_1 = 0,625 \quad , \quad a_2 = 0,625 \quad \text{και} \quad b = -0,25^a$$

Μια άλλη στατιστική ανάλυση που εφαρμόστηκε ήταν η “ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΜΟΙΒΑΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ” (CORRESPONDENCE ANALYSIS ή αλλιώς COA), (Austin 1985, Beals 1984, Gauch 1982 και Whittaker 1978). Αυτή χρησιμοποιεί ένα σύνολο τεχνικών με μετασχηματισμούς πινάκων και στο τέλος τοποθετεί τις Δ.Μ. σε ένα σύστημα δύο αξόνων συντεταγμένων και οι οποίοι αναπαρίστανται γραφικά (Περισσότερες πληροφορίες για αυτήν την μέθοδο στο βιβλίο “STATISTICAL ECOLOGY”, που αναφέρθηκε προηγουμένως). Η τοποθέτηση αυτή γίνεται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε οι σχετικές θέσεις των Δ.Μ. ως προς τους άξονες και ως προς τις υπόλοιπες Δ.Μ. μεταξύ τους να παρέχουν τις περισσότερες δυνατές πληροφορίες σχετικά με τις οικολογικές τους ομοιότητες. Γραφικά αυτό σημαίνει ότι οι “συγγενικές” Δ.Μ. τοποθετούνται γειτονικά στο διάγραμμα (Εικόνα 5).

Καταλαβαίνουμε λοιπόν ότι η COA κάνει κάτι ανάλογο με την CLUSTER. Παράλληλα όμως και με ακριβώς τον ίδιο τρόπο τοποθετούνται και τα είδη των βενθικών οργανισμών σε ξεχωριστούς άξονες (Εικόνα 6) και έτσι μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα για τις ενδοειδικές σχέσεις μέσα στην λίμνη, όσον αφορά τους βενθικούς οργανισμούς.

Η υπόλοιπη στατιστική επεξεργασία είναι πιο ευρείας εφαρμογής. Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι οικολογικοί μαθηματικοί δείκτες, όσον αφορά την λίμνη στο σύνολό της αλλά και τις επιμέρους βιοκοινωνίες τις. Με τους δείκτες αυτούς μπορούμε να δούμε οικολογικά χαρακτηριστικά των ειδών και των πληθυσμών τους και συνεπώς της λίμνης Βιστωνίδας, που πιθανόν να επηρεάζονται από φυσικοχημικές παραμέτρους.

Υπάρχουν οι “ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ” (DIVERSITY INDICES). Η ποικιλότητα είναι συνδιασμός δύο ξεχωριστών στοιχείων της “ΑΦΘΟΝΙΑΣ” (RICHNESS) και της “ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΙΑΣ” (EVENNESS) των ειδών (Brinkhurst 1974). Αφθονία είναι ο ολικός αριθμός των ειδών σε ένα δείγμα και ομοιομορφία είναι ο τρόπος που κατανέμονται οι αφθονίες των ατόμων (ABUNDANCES) των διαφόρων ειδών μέσα στο δείγμα. Οι δύο αυτές έννοιες συνυπολογίζονται σε αυτούς τους δείκτες. Επίσης υπάρχουν και ξεχωριστοί δείκτες αφθονίας και ομοιομορφίας.

Στην εργασία αυτή χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ποικιλότητας του Shannon-Weaver (1949) “H’ “ :

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i) \quad \text{όπου} \quad p_i = n_i / N$$

S είναι ο αριθμός των ειδών στο δείγμα, i το i-οστό είδος,  $p_i$  το ποσοστό συμμετοχής κάθε είδους στο δείγμα,  $n_i$  ο αριθμός των ατόμων του i-οστού είδους στο δείγμα και N ο αριθμός των συνολικών ατόμων στο δείγμα.

Ο δείκτης  $H'$  είναι πάρα πολύ διαδεδομένος δείκτης στην οικολογία των βιοκοινωνιών και αποτελεί μέτρηση του μέσου βαθμού αβεβαιότητας στο να προλεχθεί σε πιο είδος θα ανήκει ένα άτομο επιλεγμένο από έναν πληθυσμό N ατόμων με S είδη. Ο δείκτης αυτός μεταβάλλεται από 0 όταν έχουμε ένα μόνο είδος στο δείγμα μέχρι την μέγιστη τιμή του όταν όλα τα είδη του δείγματος αντιπροσωπεύονται από ίσο αριθμό ατόμων, που σημαίνει μεγάλη ποικιλότητα. Πρακτικά τιμές μικρότερες του 2 υποδηλώνουν υποβαθμισμένο και ρυπασμένο περιβάλλον, ενώ τιμές μεγαλύτερες του 2 περιβάλλον πιο ισορροπημένο.

Επίσης χρησιμοποιήθηκε και ο τροποποιημένος δείκτης ομοιότητας "E5" του Hill:

$$E5 = \frac{N2 - 1}{N1 - 1} \quad \text{όπου} \quad N1 = e^{H'}, \quad N2 = 1/\lambda \quad \text{και} \quad \lambda = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

S, i και  $p_i$  έχουν εξηγηθεί προηγουμένως, N1 και N2 είναι αριθμοί ποικιλότητας του Hill (1973) και  $\lambda$  είναι ο δείκτης ποικιλότητας του Simpson (1949), με τον οποίο δεν θα ασχοληθούμε ξεχωριστά επειδή προτιμάται ο αντίστροφός του N2 (Atalalo 1977, Peet 1974 και Routledge 1979).

Η τιμή του E5 πλησιάζει στο 0, όταν ένα είδος γίνεται ολοένα και πιο κυρίαρχο, όταν δηλαδή μικραίνει η ομοιότητα του δείγματος και προτιμήθηκε από όλους του άλλους δείκτες ομοιομορφίας που βρέθηκαν στην βιβλιογραφία επειδή είναι λιγότερο διαφορούμενος από τους άλλους (επηρεάζεται λίγο από τα σπάνια είδη) και δεν επηρεάζεται επιπλέον από το μέγεθος των δειγματοληψιών (Brinkhurst 1974).

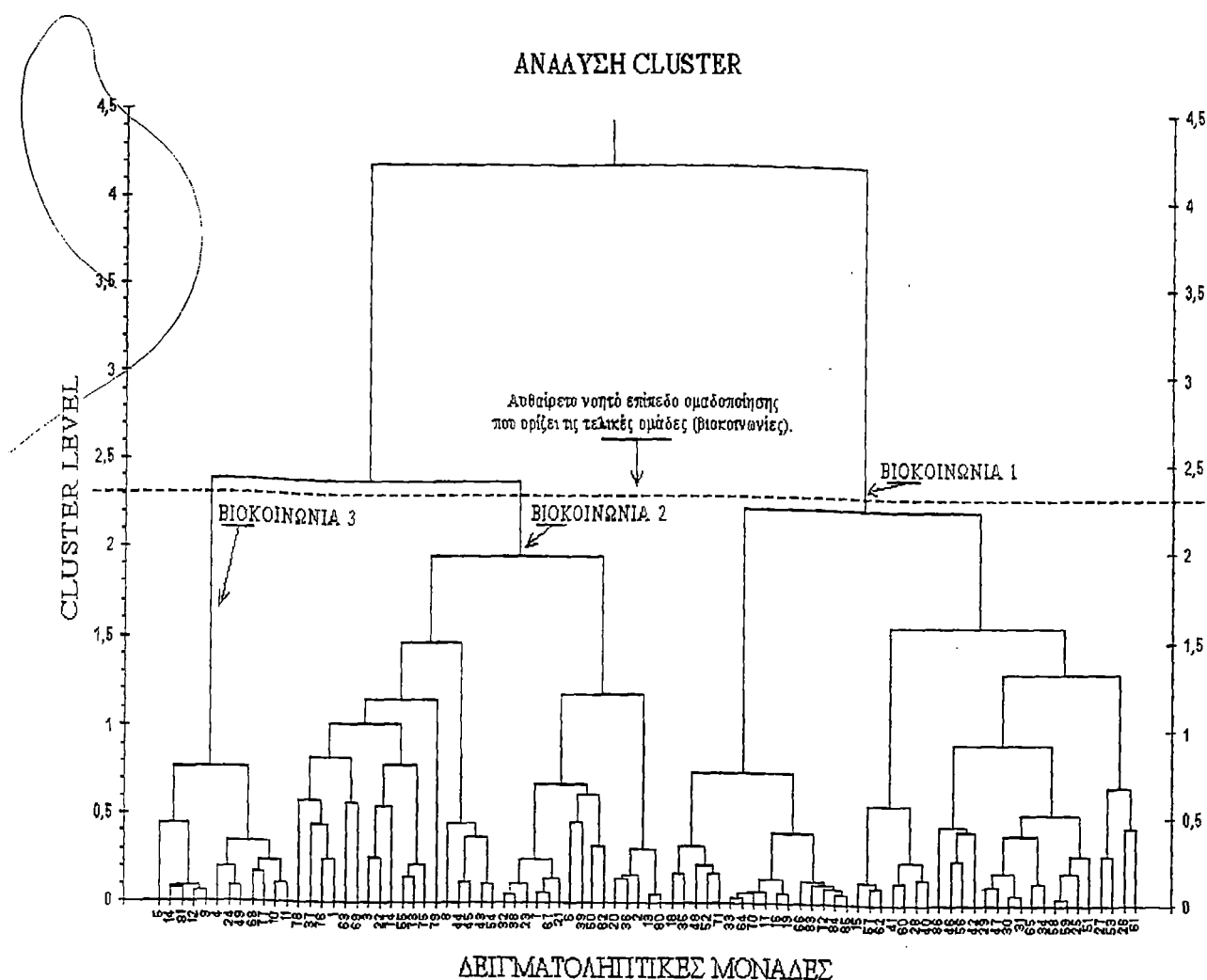
Όσον αφορά τους αριθμούς ποικιλότητας N1 και N2, αυτοί μετρούν αυτό που ονομάζει ο Hill "Ενεργό αριθμό των ειδών" που παρουσιάζονται σε ένα δείγμα. Ο N1 μετρά τον αριθμό των άφθονων ειδών του δείγματος και ο N2 τον αριθμό των πολύ άφθονων ειδών. Έτσι όταν οι αριθμοί αυτοί παίρνουν μικρές τιμές σημαίνει ότι έχουμε μικρή ποικιλότητα στο δείγμα και το αντίθετο.

Ακόμα πρέπει να αναφερθεί ότι δεν χρησιμοποιήθηκε κάποιος από τους δείκτες αφθονίας που βρήκαμε στην βιβλιογραφία, επειδή αυτοί απαιτούσαν κάποιες προϋποθέσεις που δεν υπήρχαν στην κατανομή των βενθικών οργανισμών.

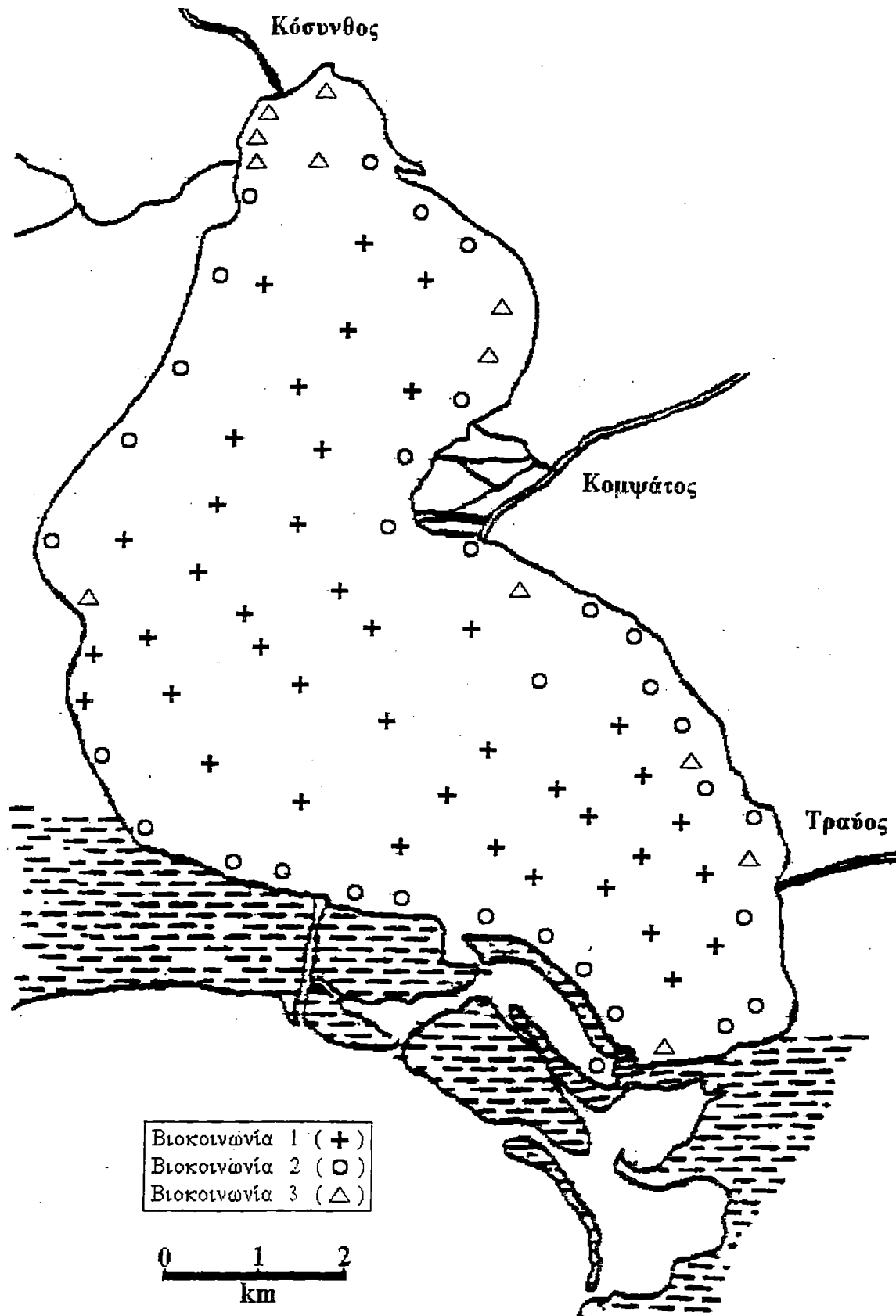
Η περαιτέρω στατιστική επεξεργασία αφορούσε σύγκριση μεταξύ των βιοκοινωνιών που προέκυψαν από την Ανάλυση Ομαδοποίησης, όσον αφορά τους βενθικούς οργανισμούς και τις φυσικοχημικές παραμέτρους του νερού. Σε κάθε σύγκριση έγινε έλεγχος της κανονικότητας των δειγμάτων (βιοκοινωνιών) με τον έλεγχο του "D' Agostino" και έλεγχος της ύπαρξης κοινής διακύμανσης με τον έλεγχο "Fmax". Οπου δεν ίσχυαν αυτές οι δύο προϋποθέσεις (για την περαιτέρω στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων), έγινε λογαριθμικός μετασχηματισμός του δείγματος ( $\log(x+1)$ ). Κατόπιν εφαρμόστηκε η μέθοδος "ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ" και μετά ο έλεγχος του "TUKEY", για να εντοπιστούν τυχόν διαφορές μεταξύ των βιοκοινωνιών.

Η ίδια ακριβώς σύγκριση έγινε και μεταξύ των κλάσεων του βάθους, του οξυγόνου και του pH που ορίστηκαν αυθαίρετα, για να εντοπιστεί τυχόν επίδραση των παραμέτρων αυτών στην χωρική κατανομή των βενθικών οργανισμών, αλλά και των φυσικών παραμέτρων γενικά όσον αφορά μόνο την μεταβολή του βάθους.

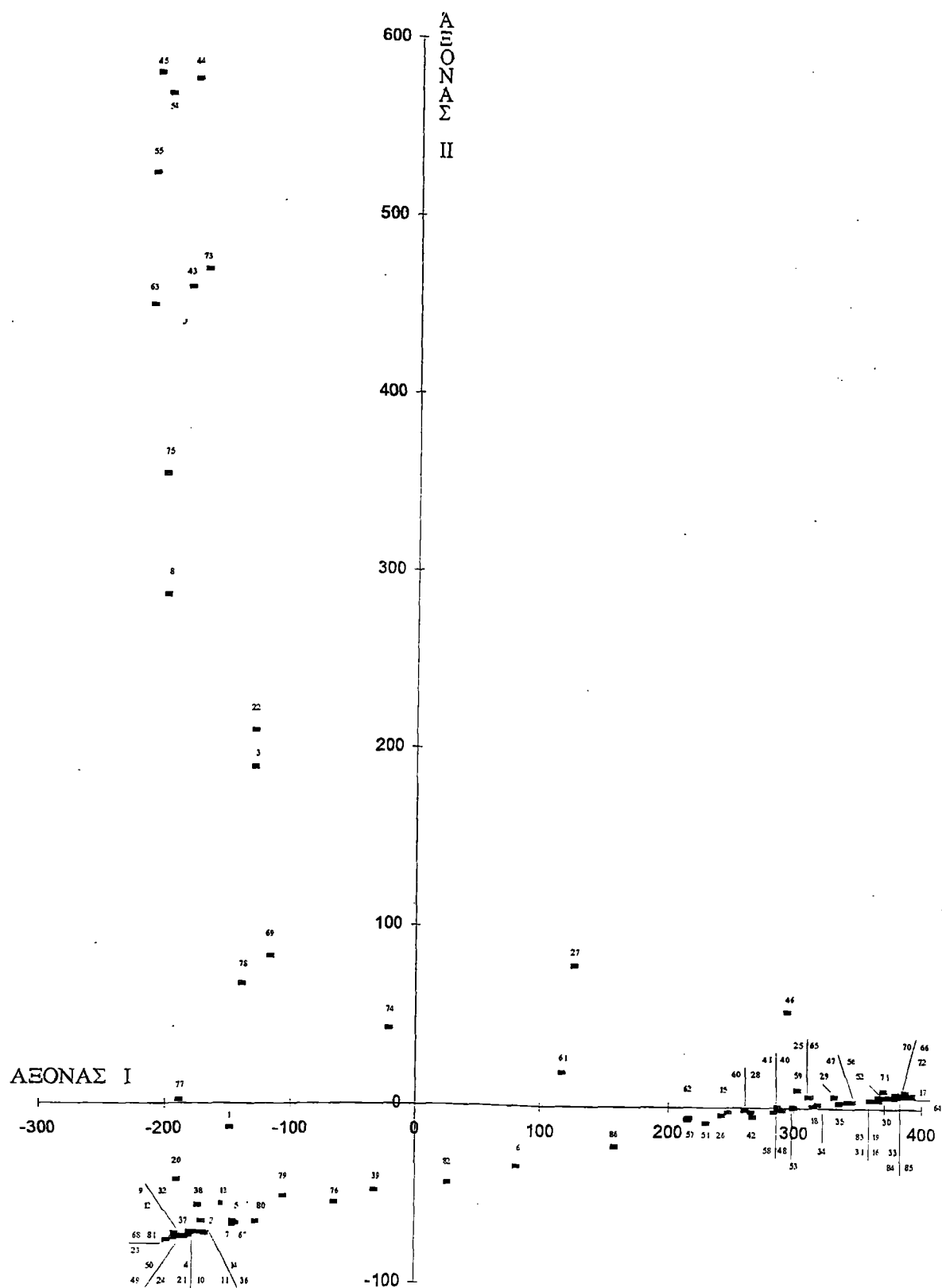
Τέλος έγινε "ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΥΠΟΘΕΣΗΣ ΔΥΟ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ" (TWO SAMPLE T-TEST) μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής των εκβολών του ποταμού Κόσυνθου και αυτών της υπόλοιπης λίμνης, αφού προηγουμένως έγιναν οι έλεγχοι για την ύπαρξη κανονικής κατανομής και κοινής διακύμανσης μεταξύ τους. Αυτό έγινε για να βρεθούν τυχόν διαφορές στις φυσικοχημικές παραμέτρους, επειδή ο Κόσυνθος κατεβάζει ρυπασμένα νερά, κάτι που θα εξηγηθεί αργότερα.



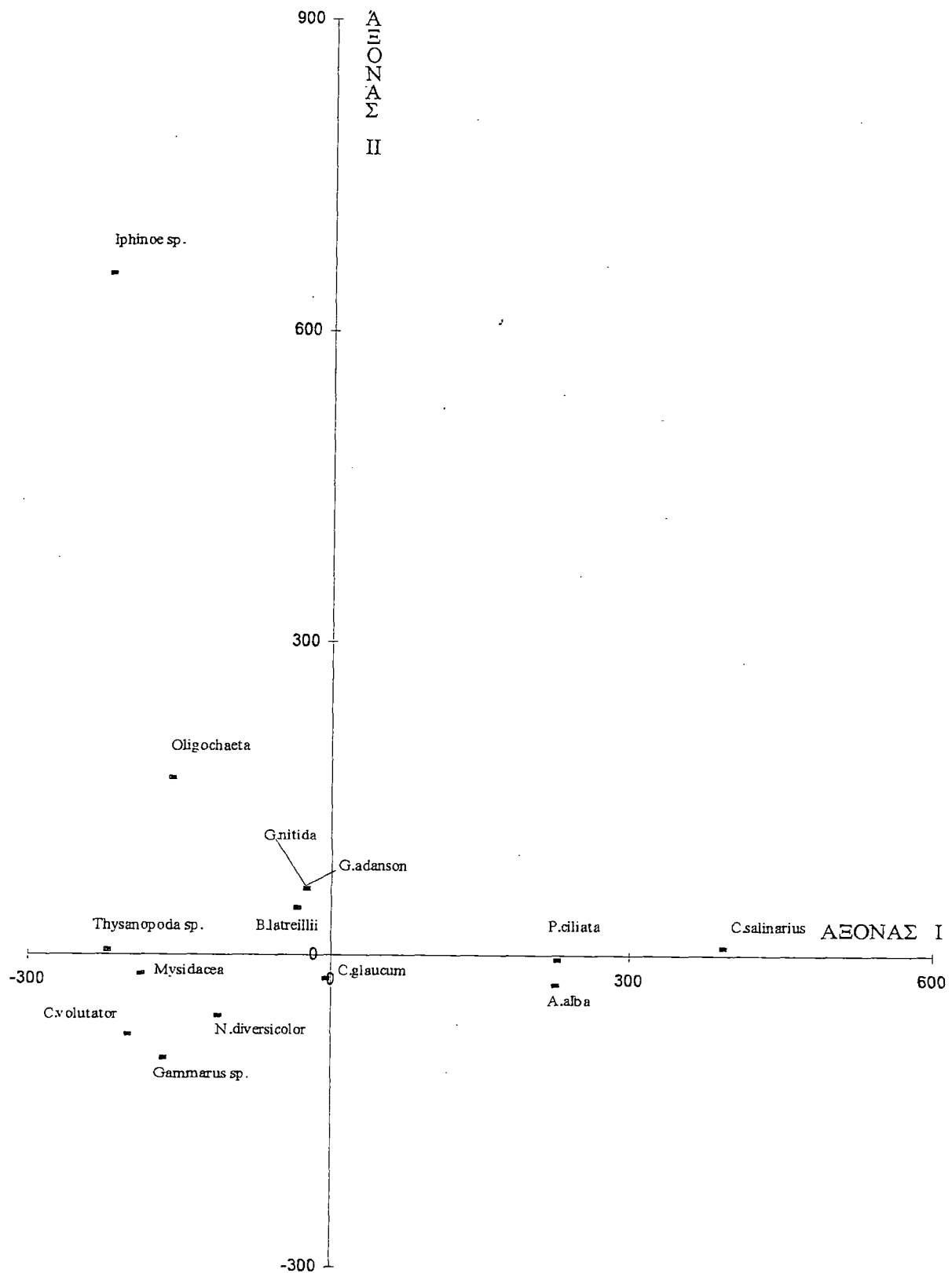
**ΕΙΚΟΝΑ 3:** Το δενδρόγραμμα που δημιουργήθηκε από τα αποτελέσματα της CLUSTER ανάλυσης. Φαίνονται τα τρία υποσύνολα των δειγματοληπτικών σταθμών της λίμνης Βιστωνίδας, τα οποία αποτελούν ξεχωριστές βιοκοινωνίες.



**ΕΙΚΟΝΑ 4:** Απεικόνιση των βιοκοινωνιών που σχηματίζουν οι δειγματοληπτικοί σταθμοί, όπως αυτοί ομαδοποιήθηκαν από την CLUSTER ανάλυση.



**ΕΙΚΟΝΑ 5:** Διάγραμμα που απεικονίζει την τοποθέτηση των δειγματοληπτικών σταθμών της λίμνης Βιστωνίδας σε άξονες συντεταγμένων με βάση τα αποτελέσματα της COA.



**ΕΙΚΟΝΑ 6:** Διάγραμμα που απεικονίζει την τοποθέτηση ειδών των βενθικών οργανισμών της λίμνης Βιστωνίδας σε άξονες συντεταγμένων με βάση τα αποτελέσματα της COA.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η χωρική κατανομή των βενθικών οργανισμών της λίμνης.

Στους βενθικούς οργανισμούς αλλά και στις φυσικοχημικές παραμέτρους, οι οποίες θα αναφερθούν σε άλλο κομμάτι, έγινε βαθυμετρική κατανομή και κατανομή αυτών με βάση την μεταβολή του οξυγόνου και του pH (δεν έγινε κάτι παρόμοιο με τις άλλες παραμέτρους επειδή αυτές δεν είχαν σημαντική μεταβολή στην λίμνη. Στην βαθυμετρική κατανομή οι Δ.Μ. χωρίστηκαν σε 6 κλάσεις των 0,5 m, στην κατανομή με βάση το οξυγόνο σε 7 κλάσεις των 0.5 mg/l και στην κατανομή με βάση το pH σε 9 κλάσεις των 0,2 βαθμών μέτρησης η κάθε μία. Στην βαθυμετρική κατανομή για κάθε κλάση υπολογίστηκε η μέση αφθονία των ειδών και τα 95% όρια εμπιστοσύνης. Στις άλλες κατανομές υπολογίστηκε η επί της εκατό σχετική αφθονία. Αναφέρονται μόνο οι κατανομές που παρουσιάζουν στατιστική διαφορά σε επίπεδο λάθους 5% μετά από την εφαρμογή της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ και κατόπιν του ελέγχου του TUKEY. Σε όλες τις κατανομές δεν συμπεριελήφθηκαν μερικοί βενθικοί οργανισμοί που αντιπροσωπεύονται από λίγα άτομα και βρίσκονται σε λίγους δειγματοληπτικούς σταθμούς με αποτέλεσμα να υπάρχει δυσχέρεια στη λήψη στατιστικού συμπεράσματος.

Οι βενθικοί οργανισμοί που μετρήθηκαν στους 86 δειγματοληπτικούς σταθμούς αποτελούνται από 14 είδη και σύνολο ατόμων 10724 (Πίνακας 1). Συγκεκριμένα υπάρχουν τέσσερα επικρατέστερα είδη (Εικόνα 7) και επιπλέον έξι είδη με εξαιρετικά μικρά ποσοστά εμφάνισης και αφθονίας (F%, N). Τα είδη είναι η χειρονομίδα Chironomus salinarius η οποία συναντάται σπάνια στην Ευρώπη (Brinkhurst 1974). Οι πολύχαιτοι Polvdora ciliata και Nereis diversicolor (παλιά ονομασία Hediste diversicolor) και μία τάξη ολιγόχαιτων, Oligochaeta, η οποία δεν αναγνωρίστηκε λόγω του πρώιμου σταδίου ανάπτυξης. Τα καρκινοειδή Corophium volutator (παλιά ονομασία Corophium orientale) και τα Iphinoe sp., Thysanopoda sp., Gammarus sp., που αναγνωρίστηκαν σε επίπεδο γένους, καθώς και τα Mysidacea τα οποία αναγνωρίστηκαν σε επίπεδο τάξης. Επίσης βρέθηκαν τα δίθυρα Cerastoderma glaucum (ή Cardium glaucum) και Abra alba καθώς και τα γαστερόποδα Gibbula adansonii, Bithium latreillii και Guspira nitida.

Στο σύνολό τους οι βενθικοί οργανισμοί παρουσιάζουν μέγιστο στο βάθος των 1,0 ως 1,5 μέτρων και μια συνεχή μείωση της μέσης αφθονίας τους σε όλο και βαθύτερα νερά (Διάγραμμα 1). Η μείωση της αφθονίας των βενθικών οργανισμών με το



βάθος είναι γενικό φαινόμενο (Napelá & Thomas 1976 και Sivertsen 1973) και δεν οφείλεται πάντως σε καλοκαιρινό θερμοκλινές της λίμνης με αποτέλεσμα την έλλειψη οξυγόνου στα βαθιά νερά (Brinkhurst 1974). Αυτό συμβαίνει επειδή η λίμνη είναι σχετικά ρηχή και έτσι και αλλιώς δεν υπάρχει μείωση οξυγόνου με το βάθος (Διάγραμμα 24).

Από τις 16 φυσικοχημικές παραμέτρους μόνο το υπόστρωμα και το βάθος φαίνεται να επιδρούν στην χωρική κατανομή των βενθικών οργανισμών και αρκετά λιγότερο το οξυγόνο και το pH. Η χειρονομίδα Chironomus salinarius είναι από τα κυρίαρχα είδη της λίμνης ( $F\%=79,1$  και  $N\%=24,97$ --Εικόνα 7). Αν συγκρίνουμε τον χάρτη με το υπόστρωμα της λίμνης (Εικόνα 8) και τον χάρτη με την κατανομή του κυρίου πληθυσμού του είδους (Εικόνα 9) βλέπουμε ότι προτιμά το μαύρο ιλυώδες υπόστρωμα, αν και παρατηρείται το είδος σε όλη την λίμνη. Όταν λέμε κύριο πληθυσμό δεν αναφέρουμε τις Δ.Μ. στις οποίες βρέθηκαν λίγα άτομα σε σχέση με τις υπόλοιπες. Επίσης παρατηρείται ότι η κύρια συγκέντρωση της χειρονομίδας γίνεται σε βάθος από 2 ως 3 μέτρα (Διάγραμμα 2) και ότι ουσιαστικά η χειρονομίδα περιορίζεται σε εύρος pH από 7,4 μέχρι 8,0 (Διάγραμμα 12).

Με παρόμοια σύγκριση (Εικόνα 8--Εικόνα 9) βλέπουμε ότι ο πολύχαιτος Polydora ciliata προτιμά επίσης λασπώδες, μαύρο ιλυώδες υπόστρωμα, αν και βρίσκεται σε όλη την λίμνη, όπου είναι και κυρίαρχο είδος ( $F\%=80,2$  και  $N\%=11,41$ --Εικόνα 7). Η αφθονία του αυξάνει με το βάθος (Διάγραμμα 3) και μεγιστοποιείται στα πύο βαθιά νερά. Ο πολύχαιτος Nereis diversicolor συναντάται και αυτός σε όλη την λίμνη ( $F\%=72,1$ ), αλλά με μικρούς αριθμούς ατόμων ( $N\%=4,89$ ). Ο κύριος πληθυσμός του συναντάται κυρίως στις εκβολές του ποταμού Κόσυνθου και στα σύνορα λίμνης-λιμνοθάλασσας (Εικόνα 10) πράγμα που δείχνει ότι προτιμά σαφώς τα ρέοντα ύδατα, κάτι που έχει παρατηρηθεί και σε άλλους ερευνητές (Curtis & Smyth 1982). Όσον αφορά το βάθος παρουσιάζει ένα μέγιστο στα ρηχά νερά, λόγω του μικρού βάθους στις εκβολές του ποταμού και ένα άλλο στα 1,5 με 2,0 μέτρα, ενώ αποφεύγει τα πολύ βαθιά νερά (Διάγραμμα 4).

Σε ποσοστό εμφάνισης ακολουθεί το καρκινοειδές Corophium volutator με  $F\%=58,1$  (Εικόνα 7) που είναι και το πολυπληθέστερο είδος της λίμνης ( $N\%=50,95$ ). Ο κύριος πληθυσμός του προτιμά την παραλιακή ζώνη (Εικόνα 11), κάτι που συμφωνεί άλλωστε και με την συγκέντρωσή του σε βάθος 0,4 μέχρι 2,0 μέτρα (Διάγραμμα 6). Βλέπουμε επίσης από την κατανομή του στην λίμνη ότι βρίσκεται σε αμμολασπώδες ή λασπώδες υπόστρωμα, κάτι που συμφωνεί με τους McLusky (1968) και Meadows

(1970). Ακολουθεί ένα άλλο καρκινοειδές το Iphinoe sp. (F%=29,1, N%=6,21--Εικόνα 7) το οποίο φαίνεται καθαρά (Εικόνα 11) ότι προτιμά την παραλιακή ζώνη και μάλιστα περισσότερο και από το προηγούμενο είδος, αφού βρίσκεται κυρίως σε βάθος μέχρι 1,0 μέτρο (Διάγραμμα 8).

Το δίθυρο Cerastoderma glaucum κατανέμεται γενικά στην λίμνη (Εικόνα 10) και παρουσιάζει ένα μοναχικό τρόπο ζωής, αφού το ποσοστό αφθονίας του είναι πολύ μικρότερο του ποσοστού εμφάνισής του (F%=26,7, N%=0,64--Εικόνα 7). Οι ολιγόχαιτοι Oligochaeta (F%=18,6, N%=0,38) βρέθηκαν κυρίως στην παραλιακή ζώνη και γενικότερα σε κάθε είδος υποστρώματος και τα καρκινοειδή Mysidacea (F%=9,3, N%=0,25) βρέθηκαν στην παραλιακή ζώνη σε αμμο-ιλυάδες υπόστρωμα (Εικόνα 8 σε σύγκριση με την Εικόνα 11).

Τέλος ακολουθούν τα έξι είδη της λίμνης Βιστωνίδας τα οποία βρέθηκαν σε πολύ μικρά ποσοστά εμφάνισης και αφθονίας (F% από 1,16 μέχρι 4,65 και N% από 0,01 μέχρι 0,15--Εικόνα 7). Για αυτόν τον λόγο δεν μπορούμε να βγάλουμε στατιστικά συμπεράσματα για την κατανομή αυτών των ειδών. Συγκεκριμένα βρέθηκε ένα μόνο άτομο από το καρκινοειδές Thysanopoda sp. κάτι που δείχνει και παράλληλα με το σημείο που βρέθηκε, ότι προέρχεται από την θάλασσα και έφτασε εκεί μέσω των ρευμάτων από την λιμνοθάλασσα. Από το άλλο καρκινοειδές το Gammarus sp. βρέθηκαν 6 άτομα σε ένα σταθμό στις εκβολές του Κόσυνθου και σε ένα άλλο κοντά στην λιμνοθάλασσα, κάτι που δείχνει και παράλληλα με άλλη βιβλιογραφία (Mackenthum 1969), ότι το είδος αυτό προτιμά τα ρέοντα ύδατα.

Από το δίθυρο Abra alba βρέθηκαν 4 άτομα σε 4 Δ.Μ. και φαίνεται να προτιμά λασπώδες υπόστρωμα (Εικόνα 8--Εικόνα 9), αλλά αυτό είναι επισφαλές για τον λόγο που αναφέρθηκε. Στα γαστερόποδα βρέθηκαν από 2 άτομα σε μία Δ.Μ. για τα είδη Gibbula adansonii και Guspira nitida και 16 άτομα σε 3 Δ.Μ. από το Bithium latreillii.

Αυτό που είναι φανερό στην Εικόνα 12 είναι ότι τα έξι αυτά είδη βρέθηκαν σχεδόν στο σύνολό τους στα σύνορα λίμνης-λιμνοθάλασσας και σε αυξημένη φυσικά αλατότητα σε σχέση με όλη την λίμνη (9,37 τοις χιλίοις έναντι 8,47 τοις χιλίοις) και έχοντας υπόψη ότι αυτή δεν μεταβαλόταν σημαντικά, κάτι που δικαιολογεί την σημαντική αυτή διαφορά. Θα μπορούσε να ειπωθεί ότι τα είδη αυτά προτιμούν την παραλιακή ζώνη, αλλά μάλλον είναι πιο σίγουρο ότι βρέθηκαν εκεί λόγω της μεταφοράς τους από την θάλασσα, κάτι που δεν ισχύει για το Gammarus sp. που ζει στις λίμνες (Mackenthum 1969).

### Σχέσεις μεταξύ των βενθικών οργανισμών της λίμνης Βιστωνίδας.

Στην Εικόνα 6 βλέπουμε τα αποτελέσματα της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΑΜΟΙΒΑΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ η οποία εφαρμόστηκε στο βένθος της λίμνης Βιστωνίδας. Όπως εξηγήθηκε σε προηγούμενο κομμάτι της εργασίας αυτής όσο πιο κοντά είναι κάποια είδη μεταξύ τους στους άξονες συντεταγμένων, τόσο πιο μεγάλο “βαθμό συγγένειας” έχουν, που σημαίνει οικολογικές ομοιότητες. Με βάση αυτό και σε σχέση με τα αποτελέσματα της χωρικής κατανομής του βένθους που αναφέρθηκαν μόλις πριν, βγάζουμε κάποια συμπεράσματα για τις ομοιότητες αυτές.

Κατ’ αρχήν στην Εικόνα 6 δεν υπολογίζουμε τα 6 είδη με πολύ χαμηλά ποσοστά εμφάνισης και αφθονίας (Thysanopoda sp., Abra alba, Gibbyla adansoni, Bithium latreillii, Guspira nitida και Gammarus sp.), αφού τυχόν μικρή απόσταση τους από άλλα είδη δεν μπορεί να στηρίξει οικολογική σημασίας ερμηνεία. Το ότι το Gibbyla adansoni και το Guspira nitida συμπίπτουν οφείλεται στο ότι βρέθηκε ίδιος αριθμός ατόμων στην ίδια Δ.Μ. και το Bithium latreillii είναι κοντά σε αυτά γιατί βρέθηκε στον ίδιο χώρο (Εικόνα 12), χωρίς αυτό να σημαίνει τίποτα. Επίσης το Gammarus sp. είναι κοντά στο Nereis diversicolor γιατί το πρώτο βρέθηκε σε δειγματοληπτικούς σταθμούς όπου υπήρχε το δεύτερο, σε περιοχές με ρέοντα ύδατα.

Σύμφωνα με όσα έχουν αναφερθεί τα είδη Chironomus salinarius και Polydora ciliata είναι κυρίαρχα είδη στην λίμνη και βρίσκονται σχεδόν στον ίδιο χώρο, κάτι που φαίνεται ξεκάθαρα στην Εικόνα 9. Συγκεκριμένα προτιμούν και τα δύο είδη το μαύρο ιλυώδες υπόστρωμα και βρίσκονται στα βαθειά. Έτσι είναι φανερό ότι ζουν στις ίδιες οικολογικές συνθήκες.

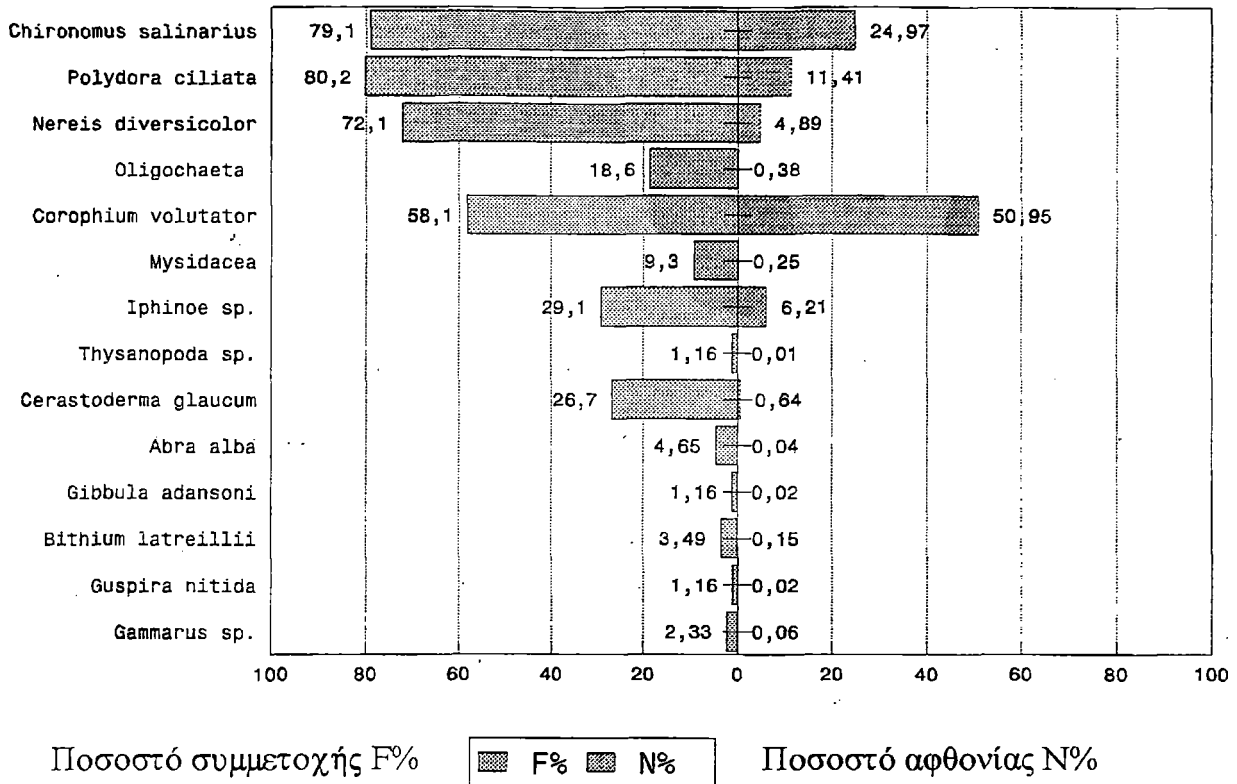
Στην Εικόνα 11 βλέπουμε ότι τα καρκινοειδή Corophium volutator, Mysidacea, Iphinoe sp. και οι ολιγόχαιτοι Oligochaeta προτιμούν την παραλιακή ζώνη της λίμνης. Ειδικότερα τα Corophium volutator και Mysidacea βρίσκονται πιο κοντά μεταξύ τους στην Εικόνα 6, γιατί επιπλέον προτιμούν το αμμολασπώδες υπόστρωμα. Το Iphinoe sp. βρίσκεται απομακρυσμένο γιατί κυρίως συναντάται σε πιο ρηγά νερά (μέχρι 1 μέτρο) και γιατί προτιμά περισσότερο το αμμάδες υπόστρωμα από το αμμολασπώδες (Εικόνα 11), ενώ οι ολιγόχαιτοι βρίσκονται κάπου στην μέση γιατί πιθανόν συναντώνται σε κάθε είδους υπόστρωμα.

Τέλος η μόνη εξήγηση που μπορεί να δοθεί για την μικρή απόσταση μεταξύ των Nereis diversicolor και Cerastoderma glaucum είναι ότι συνευρέθησαν σε μερικές ίδιες Δ.Μ.

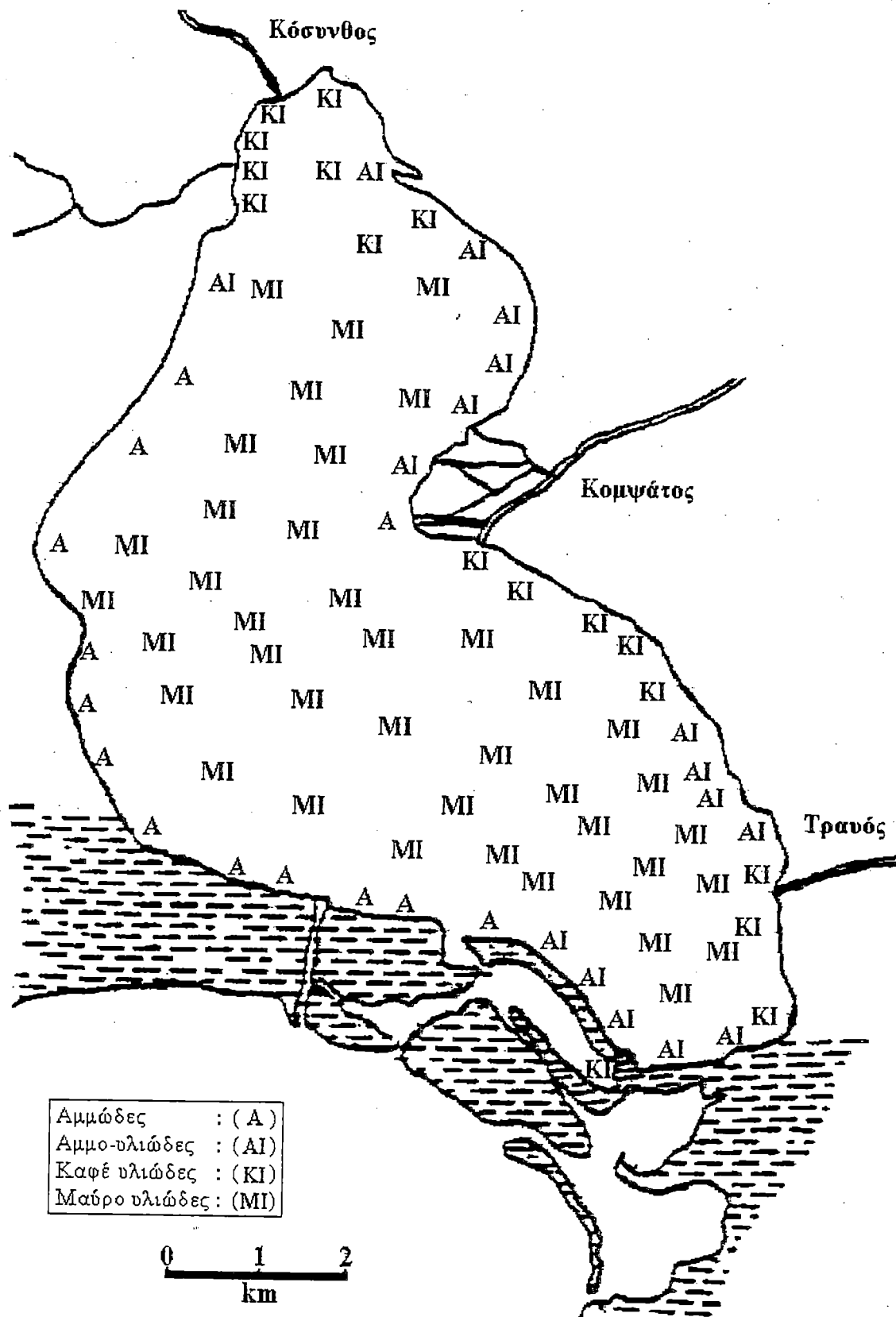
**ΠΙΝΑΚΑΣ 1:** Η βενθική πανίδα της λίμνης Βιστωνίδας, όπως αυτή προέκυψε από τις δειγματοληψίες.

Βενθικοί οργανισμοί	Συχνότητα εμφάνισης επί συνόλου 86 δειγμ. Σταθμών		Ποσοστό αφθονίας	Αριθμός ατόμων
	F	F %	N %	N
1) <i>Chironomus salinarius</i>	68	79,1	24,97	2678
2) <i>Polydora ciliata</i>	69	80,2	11,41	1224
3) <i>Nereis diversicolor</i>	62	72,1	4,89	524
4) <i>Oligochaeta</i>	16	18,6	0,38	41
5) <i>Corophium volutator</i>	50	58,1	50,95	5464
6) <i>Mysidacea</i>	8	9,3	0,25	27
7) <i>Iphinoe</i> sp.	25	29,1	6,21	666
8) <i>Thysanopoda</i> sp.	1	1,16	0,01	1
9) <i>Cerastoderma glaucum</i>	23	26,7	0,64	69
10) <i>Abra alba</i>	4	4,65	0,04	4
11) <i>Gibbula adansonii</i>	1	1,16	0,02	2
12) <i>Bithium latreillii</i>	3	3,49	0,15	16
13) <i>Guspira nitida</i>	1	1,16	0,02	2
14) <i>Gammarus</i> sp.	2	2,33	0,06	6
			<b>Σύνολο</b>	<b>10724</b>

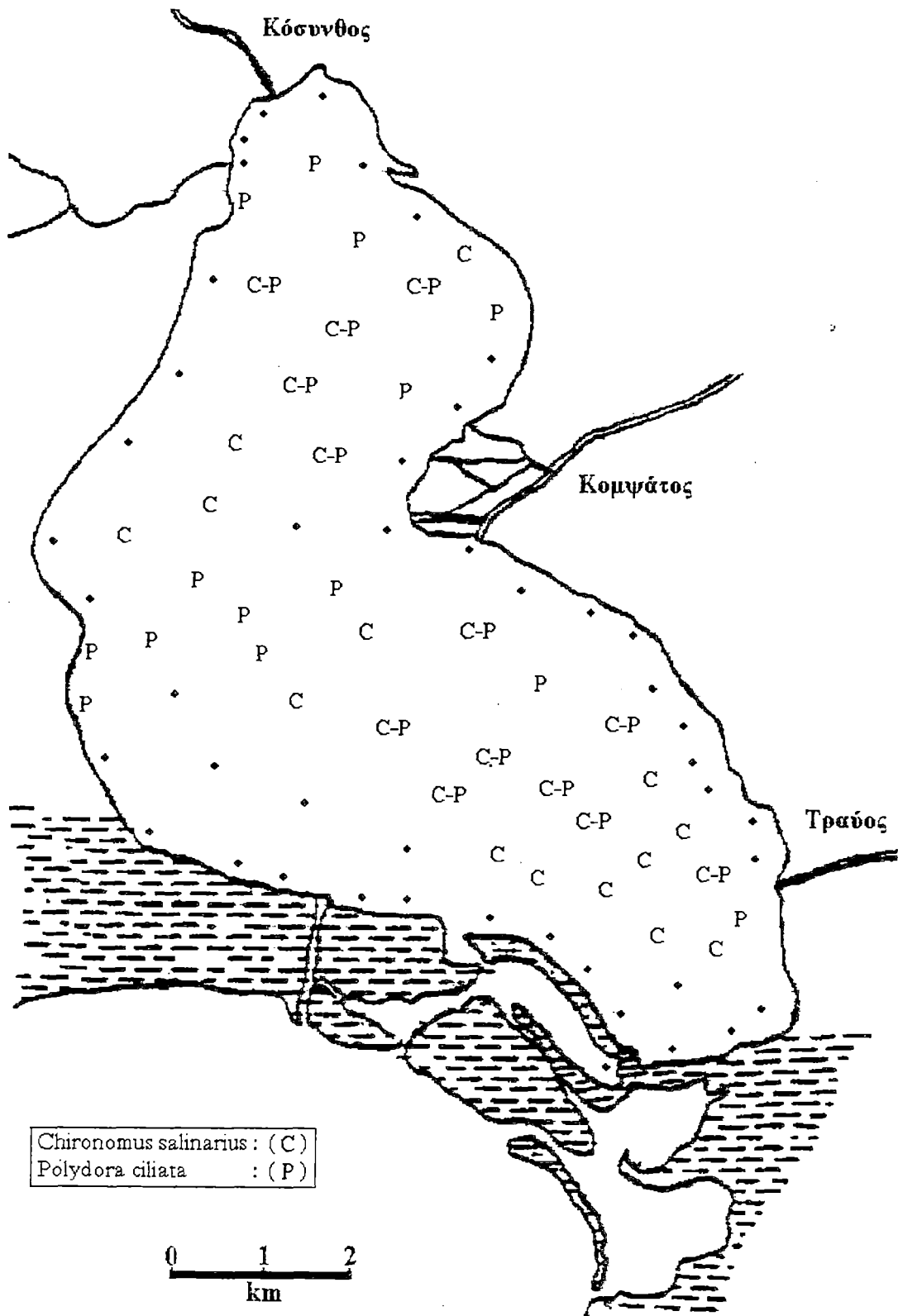
## ΛΙΜΝΗ ΒΙΣΤΩΝΙΔΑ



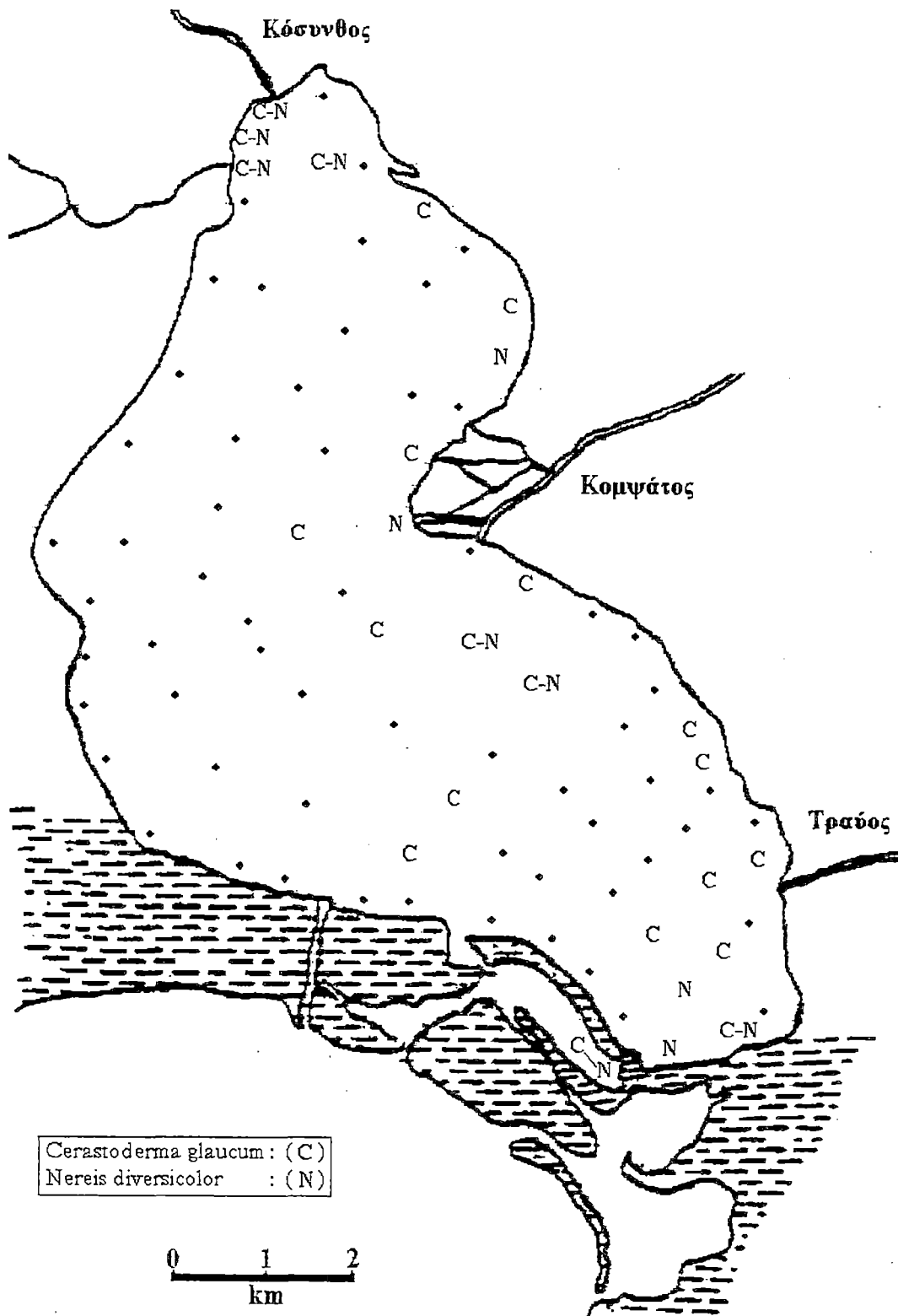
**ΕΙΚΟΝΑ 7:** Ιστόγραμμα με τα ποσοστά συμμετοχής και τα ποσοστά απθονίας των βενθικών οργανισμών της λίμνης Βιστωνίδας.



ΕΙΚΟΝΑ 8: Απεικόνιση του υποστρώματος κάθε Δ.Μ. της λίμνης Βιστωνίδας.

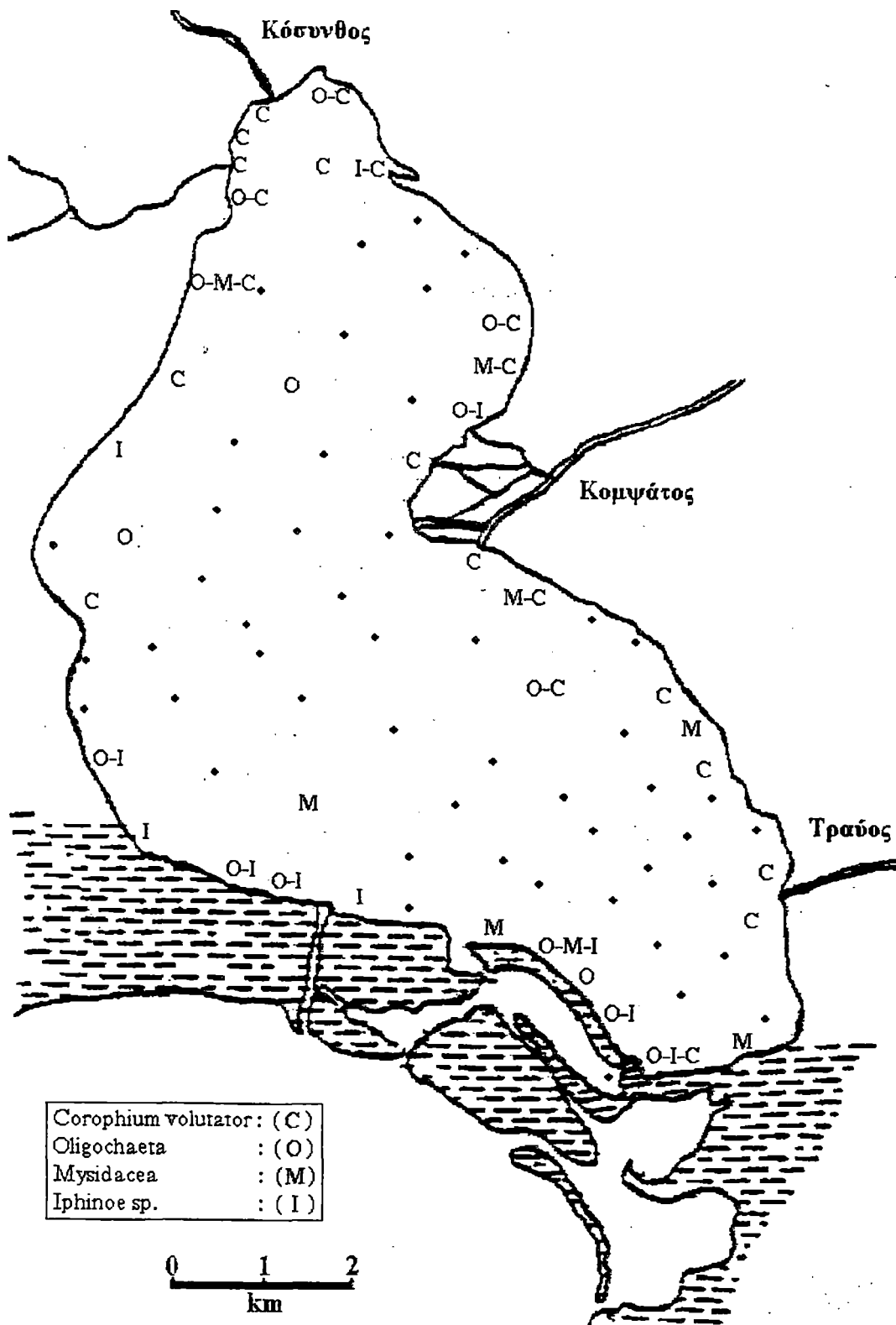


ΕΙΚΟΝΑ 9: Απεικόνιση των Δ.Μ. της λίμνης Βιστωνίδας στις οποίες βρέθηκαν οι κύριοι πληθυσμοί των ειδών *Chironomus salinarius* και *Polydora ciliata*.

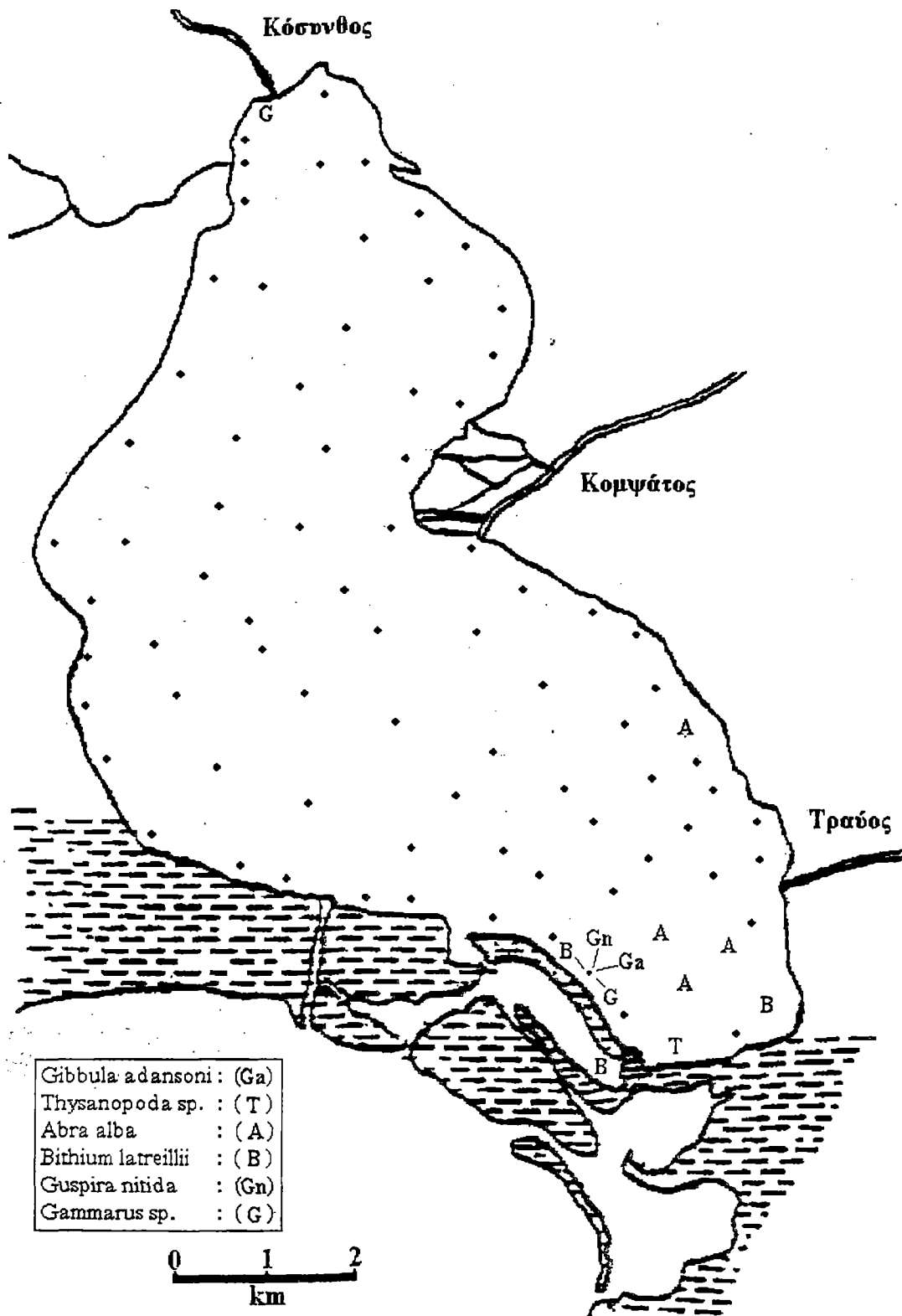


**ΕΙΚΟΝΑ 10:** Απεικόνιση των Δ.Μ. της λίμνης Βιστωνίδας στις οποίες βρέθηκε το είδος Cerastoderma glaucum και ο κύριος πληθυσμός του είδους Nereis diversicolor.



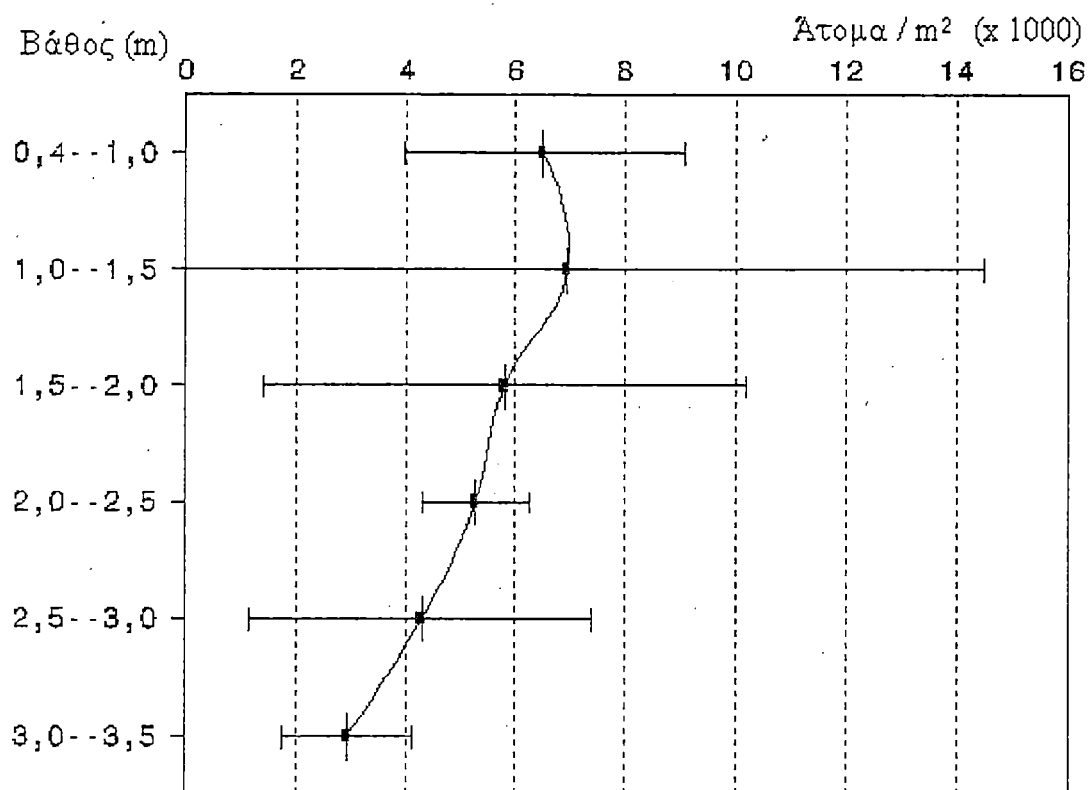


**ΕΙΚΟΝΑ 11:** Απεικόνιση των Δ.Μ. της λίμνης Βιστωνίδας στις οποίες βρέθηκαν τα είδη Mysidacea και Oligochaeta, καθόν και οι κύριοι πληθυσμοί των ειδών Corophium volutator και Iphinoe sp..



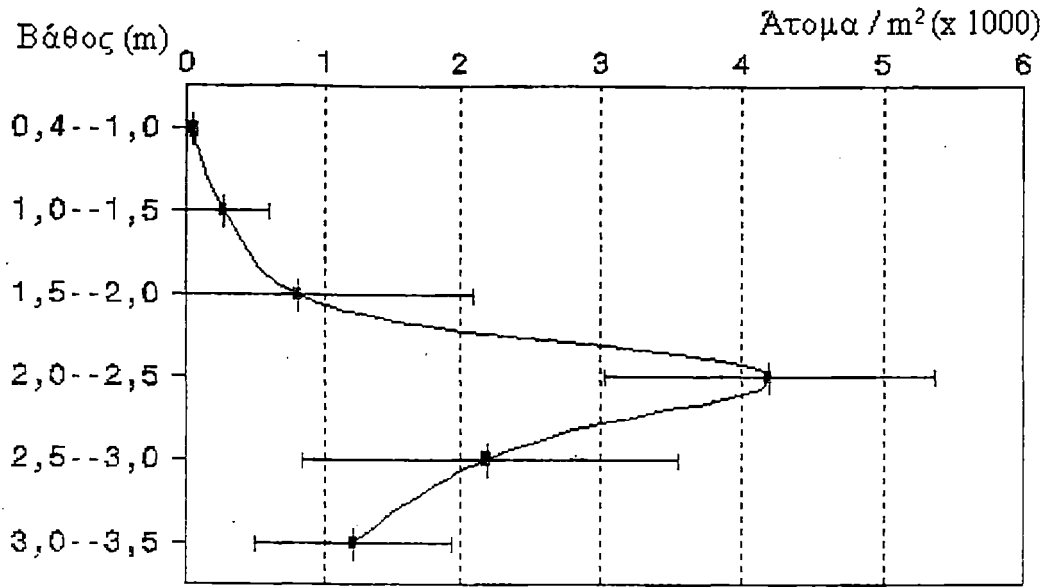
**ΕΙΚΟΝΑ 12:** Απεικόνιση των Δ.Μ. της λίμνης Βιστωνίδας στις οποίες βρέθηκαν τα είδη *Thysanopoda* sp., *Abra alba*, *Gibbula adansoni*, *Bithium lateillii*, *Guspira nitida* και *Gammarus* sp..

## Βενθικοί οργανισμοί



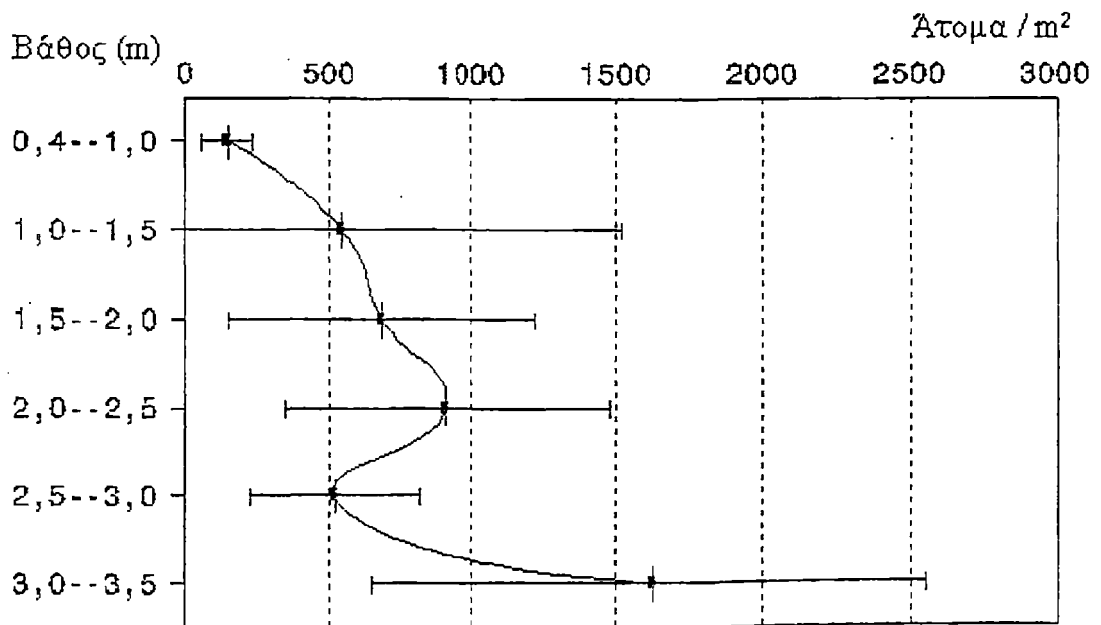
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1:** Βαθυμετρική κατανομή του συνόλου των βενθικών οργανισμών της λίμνης Βιστωνίδας. Απεικονίζονται οι μέσες αφθονίες και τα 95% όρια εμπιστοσύνης.

### *Chironomus salinarius*



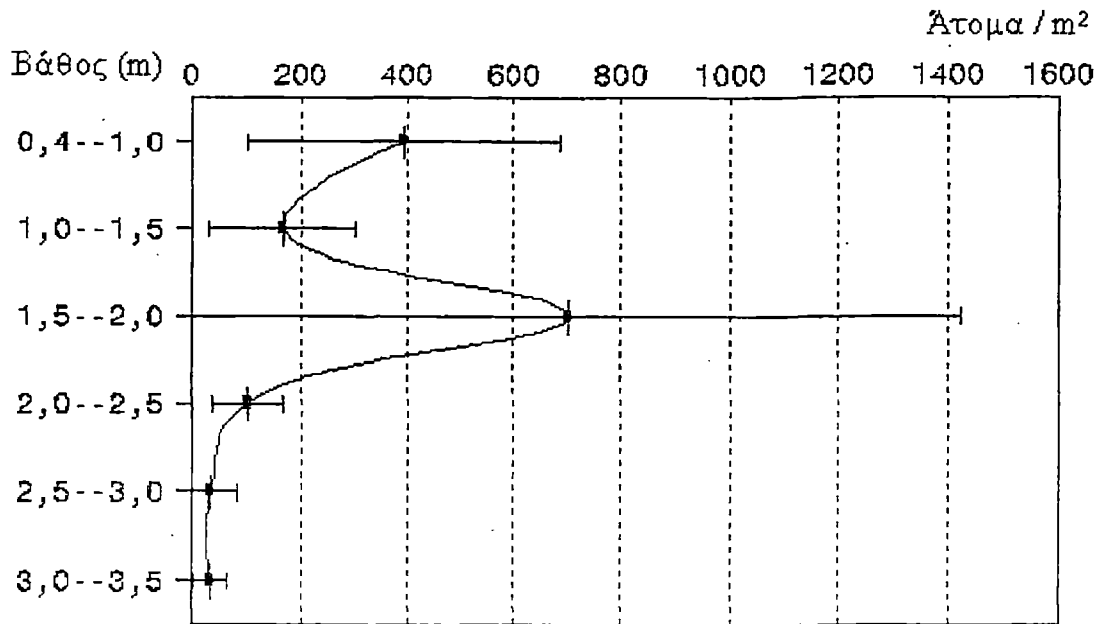
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2:** Βαθυμετρική κατανομή του είδους *Chironomus salinarius* (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### *Polydora ciliata*



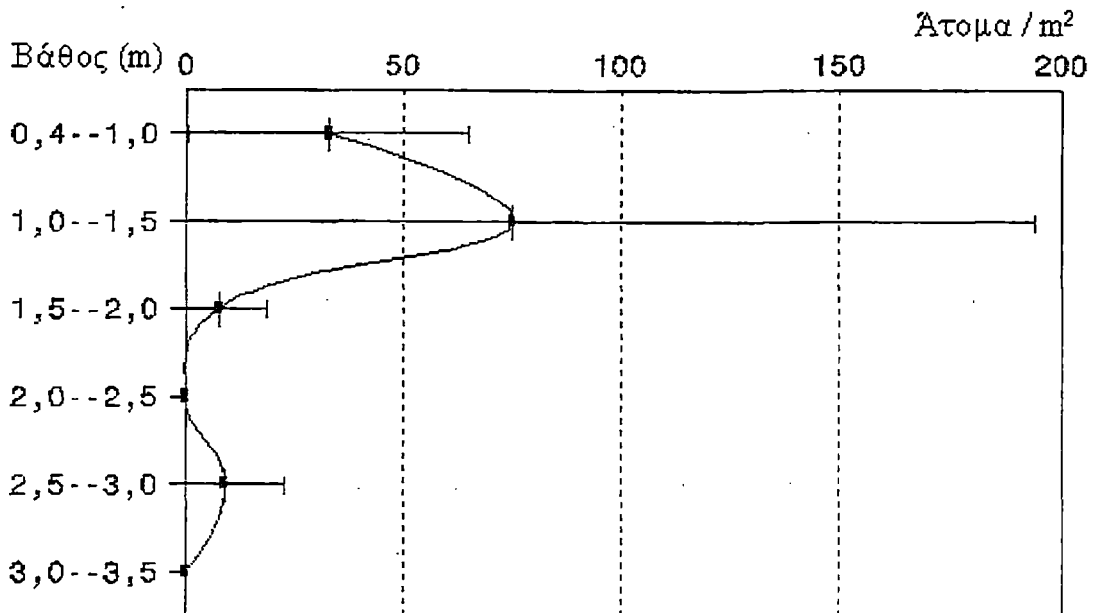
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3:** Βαθυμετρική κατανομή του είδους *Polydora ciliata* (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

*Nereis diversicolor*



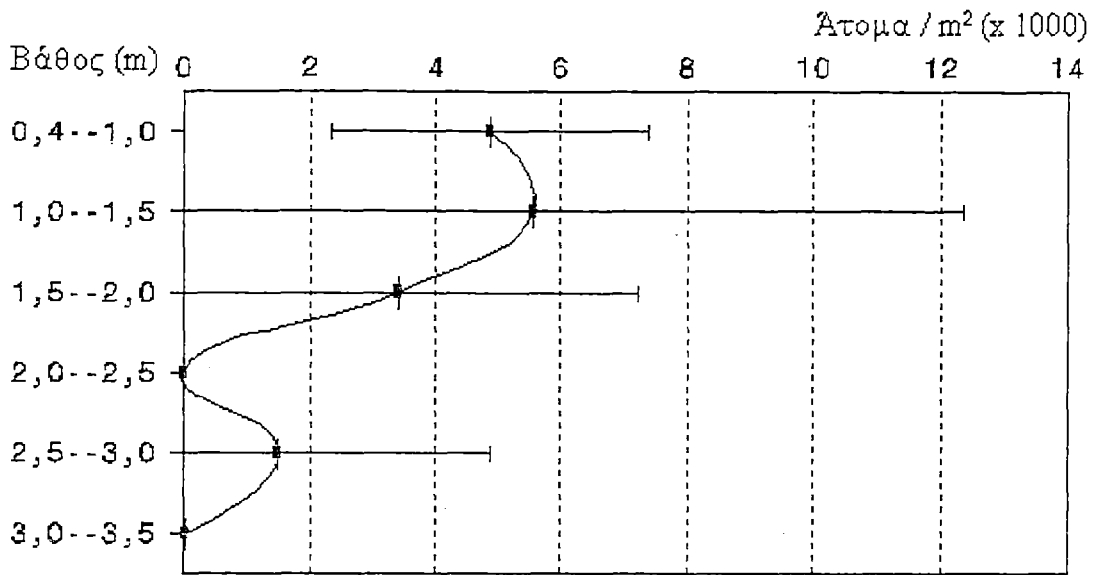
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4: Βαθυμετρική κατανομή του είδους *Nereis diversicolor* (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

*Oligochaeta*



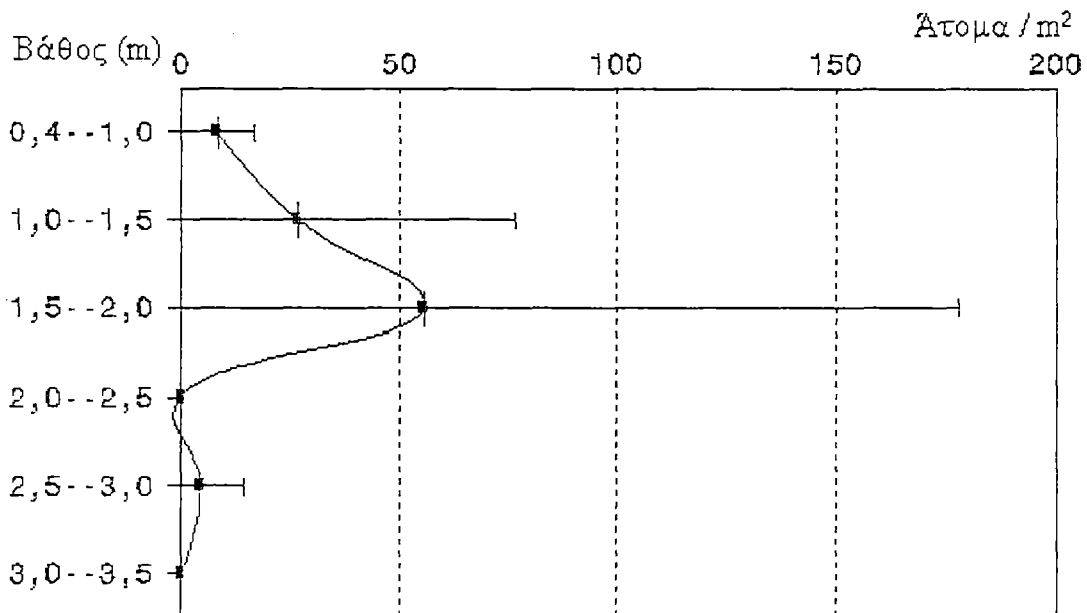
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 5: Βαθυμετρική κατανομή του είδους *Oligochaeta* (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Corophium volutator



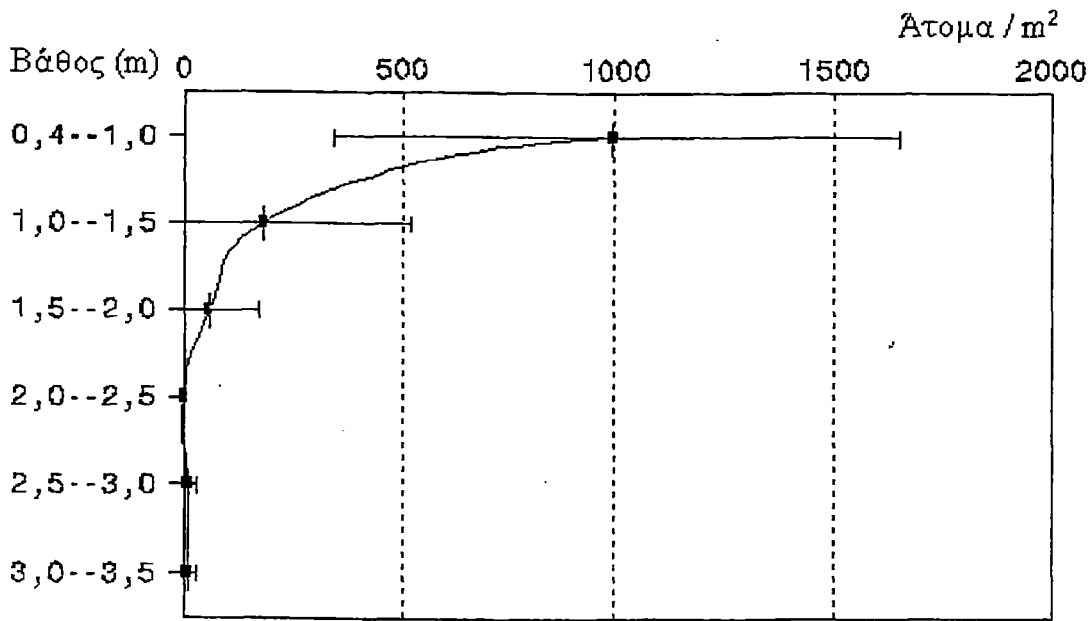
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 6: Βαθυμετρική κατανομή του είδους *Corophium volutator* (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Mysidacea



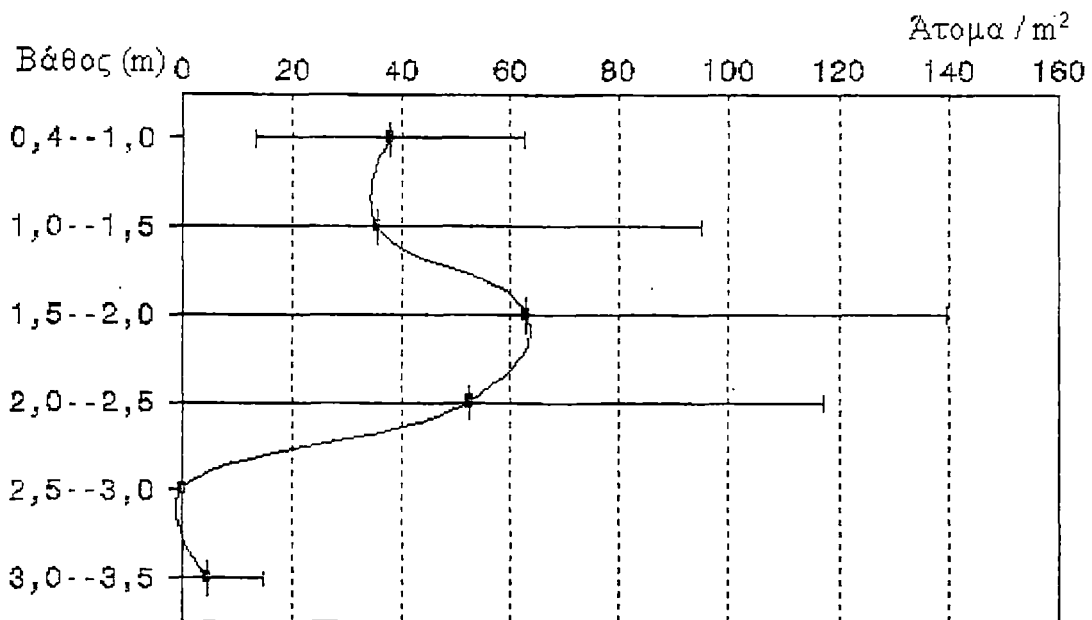
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 7: Βαθυμετρική κατανομή του είδους *Mysidacea* (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

*Irhinoe* sp.

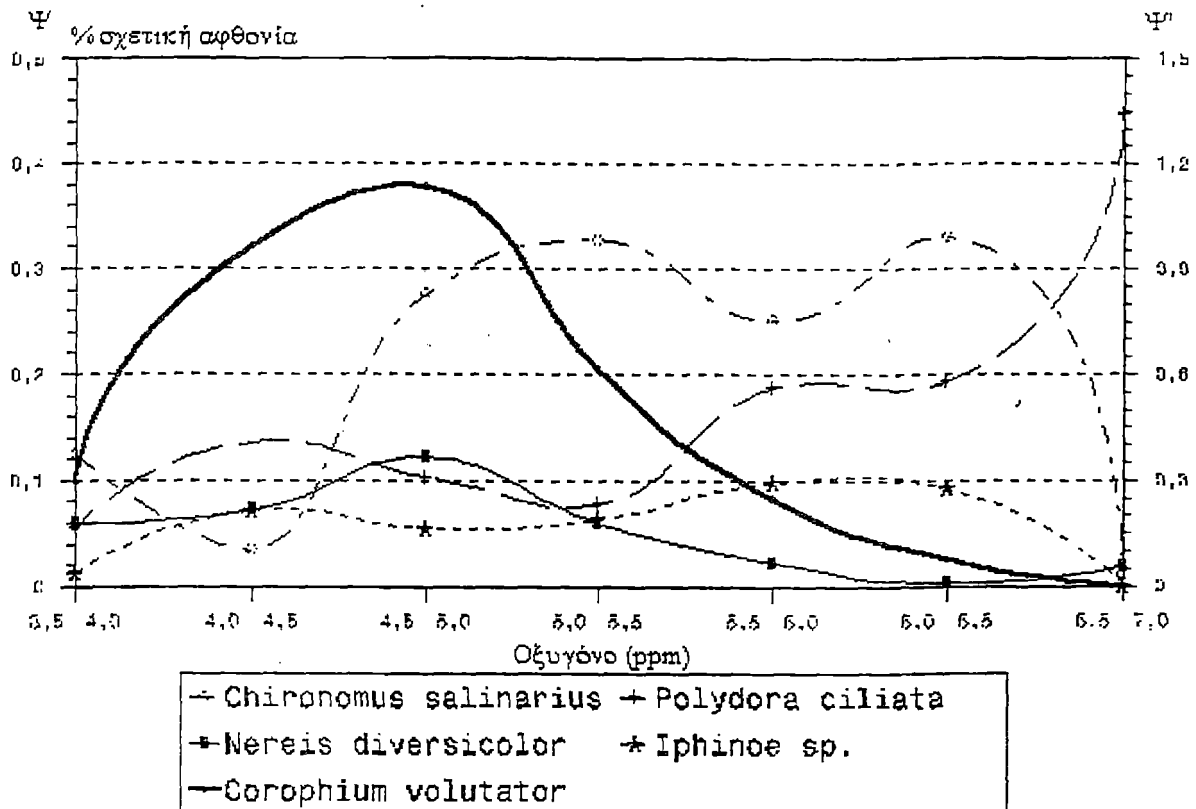


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 8: Βαθυμετρική κατανομή του είδους *Irhinoe* sp. (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

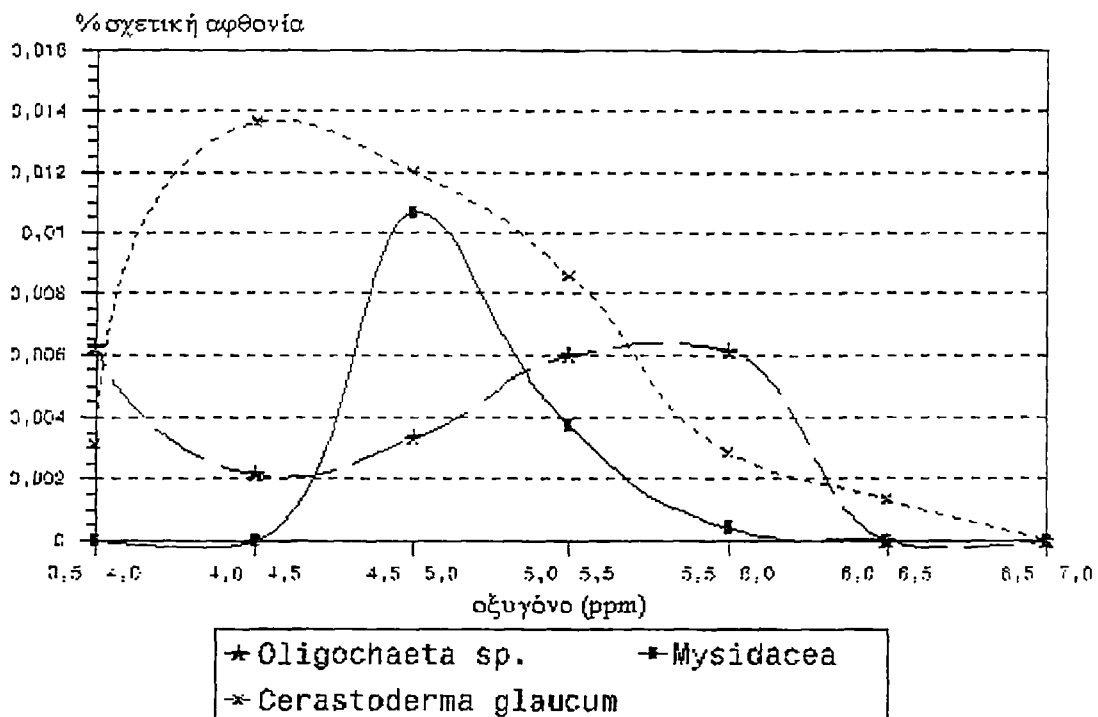
*Cerastoderma glaucum*



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 9: Βαθυμετρική κατανομή του είδους *Cerastoderma glaucum* (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

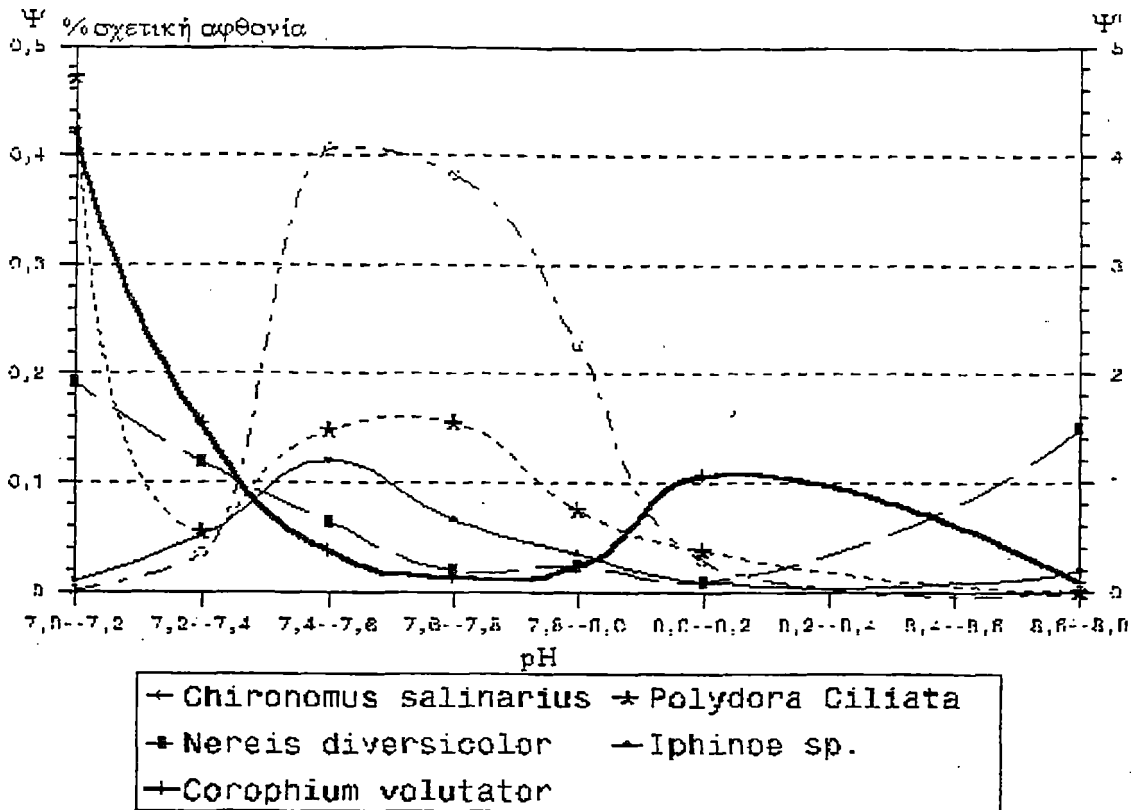


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 10: Διάγραμμα μεταβολής της επί της εκατό σχετικής αφθονίας βενθικών οργανισμών ανά κλίμακα μεταβολής του οξυγόνου. Η παχιά καμπύλη του είδους *Corophium volutator* αντιστοιχεί στον άξονα Ψ'.

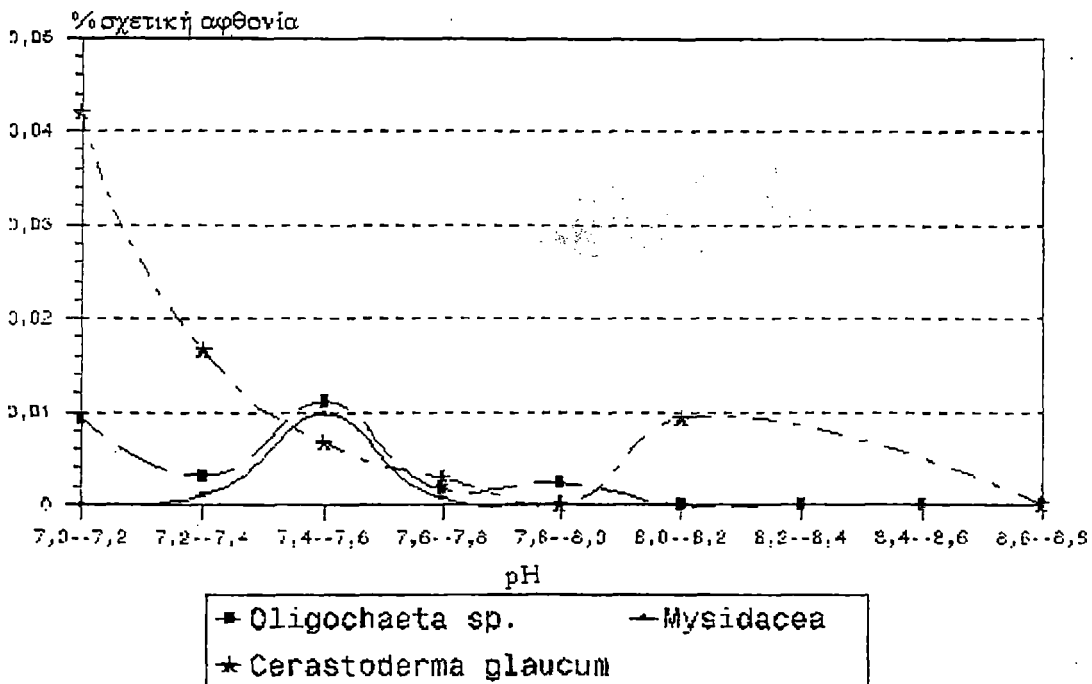


ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 11: Διάγραμμα μεταβολής της επί της εκατό σχετικής αφθονίας βενθικών οργανισμών ανά κλίμακα μεταβολής του οξυγόνου.





ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 12: Διάγραμμα μεταβολής της επί της εκατό σχετικής αφθονίας βενθικών οργανισμών ανά κλίμακα μεταβολής του pH. Η παχιά καμπύλη του είδους Corophium volutator αντιστοιχεί στον άξονα Ψ'.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 13: Διάγραμμα μεταβολής της επί της εκατό σχετικής αφθονίας βενθικών οργανισμών ανά κλίμακα μεταβολής του οξυγόνου.

### **Εστίες ρύπανσης της λίμνης Βιστωνίδας.**

Θα πρέπει εδώ να αναφέρουμε όλους τους παράγοντες που ρυπαίνουν την λίμνη, για να μπορούμε να εξηγήσουμε κάποια αποτελέσματα στην κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων, που θα αναφέρουμε παρακάτω. Η κύρια εστία μόλυνσης είναι ο ποταμός Κόσυνθος. Εδώ και πολλά χρόνια χύνονται σε αυτόν τα αστικά λύματα της πόλης της Ξάνθης με αποτέλεσμα να φτάνουν μεγάλες ποσότητες οργανικών ουσιών και θρεπτικών αλάτων στην λίμνη. Το ίδιο συμβαίνει και με τα βιομηχανικά απόβλητα της Βιομηχανίας επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων ΣΕΒΑΘ. Έτσι τη βιολογική ισορροπία της λίμνης διαταράσσεται εδώ και χρόνια με αποτέλεσμα να μειώνεται η ιχθυοπαραγωγή αυτής και της λιμνοθάλασσας, αφού εναλλάσει υδάτινες μάζες με την λίμνη. Η ιχθυοπαραγωγή από το 1971 μέχρι το 1990 μειώθηκε κατά μέσο όρο 50 % (Ψαλτοπούλου 1994).

Το 1986 άρχισε να λειτουργεί στην βιομηχανία σύγχρονος βιολογικός καθαρισμός με αποτέλεσμα να βελτιωθεί κάπως η παραγωγή, ενώ στην Ξάνθη μόλις το 1991 άρχισε να λειτουργεί βιολογικός καθαρισμός και μέχρι την περίοδο που έγινα οι δειγματοληψίες της έρευνας αυτής δεν είχαν αρχίσει να φαίνονται τα πρώτα ουσιαστικά αποτελέσματα. Στον Κόσυνθο εξακολουθούν όμως να πέφτουν ανεπεξέργαστα τα υγρά απόβλητα από τα σφαγεία της πόλης, καθώς και απόβλητα εκτροφής χοίρων εριφίων και βοδιών που εκτρέφονται στην λεκάνη απορροής του Κόσυνθου.

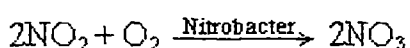
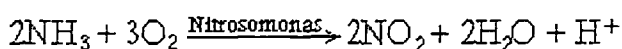
Επίσης στην λίμνη καταλήγουν πολλές αζωτούχες και φωσφορικές ενώσεις που προέρχονται από λιπάσματα, που στον νομό της Ξάνθης χρησιμοποιούνται σε υπερβολικές ποσότητες, καθώς και άλλες ευθέως βλαβερές ουσίες που προέρχονται από τα φυτοφάρμακα. Αυτό συμβαίνει μέσω της έκπλυσης του εδάφους από την βροχή, με αποδέκτη τον Κόσυνθο, τα άλλα ποτάμια της λίμνης και άμεσα την λίμνη, αφού η δασοκάλυψή της είναι ανεπαρκής και μόλις 28,7 % (Ψαλτοπούλου 1994).

## Η κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων στην λίμνη Βιστωνίδα.

Όπως ήδη αναφέρθηκε οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού της λίμνης δεν παρουσίασαν μεγάλη μεταβολή κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών (Πίνακας 2). Αυτό έγινε γιατί τον μήνα Ιούλιο που πάρθηκαν τα δείγματα τα νερά ήταν στάσιμα. Ούτε τα ποτάμια και κυρίως ο Κόσυνθος κατέβαζε πολλά νερά, ούτε είχαμε σημαντική εναλλαγή υδάτινων μαζών μεταξύ λίμνης και λιμνοθάλασσας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι η αλατότητα κυμάνθηκε από 7,4 ‰ στην περιοχή του Κόσυνθου, μέχρι 9,58 ‰ σε ένα από τα σημεία επικοινωνίας με την λιμνοθάλασσα (Εικόνα 2, σταθμός 77) και μόνο έξω από το σημείο αυτό (σταθμός 76) η τιμή της έγινε 16,23 ‰, ενώ είχε ένα μέσο όρο 8,66‰. (Σημειώνεται εδώ ότι αναφέρουμε μόνο τις μεταβολές στην βαθυμετρική κατανομή των φυσικοχημικών παραμέτρων που είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο λάθους 5%, μετά από την εφαρμογή της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ και του ελέγχου του TUKEY).

Η θερμοκρασία είναι σταθερή σε όλη την λίμνη (Πίνακας 2) και αυξημένη (μέσος όρος 25,2 C°) λόγω του μήνα που έγιναν οι δειγματοληψίες (Ιούλιος). Η σκληρότητα παρουσιάζει μία ουσιαστική διακύμανση και μέσο όρο 1173,4 mg/l, αλλά αυτή δεν αφορά συγκεκριμένο βάθος, ούτε συγκεκριμένες περιοχές της λίμνης και μεγάλες διαφορές στις μετρήσεις παρουσιάζονται παντού και τυχαία μέσα στην λίμνη. Το pH έχει και αυτό μικρή διακύμανση με μέσο όρο 7,58 όπως και τα αμμωνιακά άλατα (NH<sub>4</sub>-N) με μέσο όρο 0,348 mg/l.

Τα νιτρικά άλατα (NO<sub>3</sub>-N) παρουσιάζουν ένα μέσο όρο 0,057 mg/l. Αυτά έχουν την ιδιότητα να ξεπλένονται εύκολα από το έδαφος και προέρχονται από τα αζωτούχα λιπάσματα. Η τιμή τους θεωρείται αυξημένη και σύμφωνα με το εύρος τιμών άλλης μελέτης (NO<sub>2</sub>-N = 0,015 έως 0,075 mg/l, Αριστ. Παν. Θεσ. 1985) μπορούν να χαρακτηρίσει την λίμνη εύτροφη. Τα νιτρώδη (NO<sub>2</sub>-N) με μέσο όρο 0,006 mg/l είναι “συγγενικά” με τα νιτρικά, αφού είναι και τα δύο είναι παράγωγα των χημικών διεργασιών που αποτελούν μέρος του κύκλου του αζώτου.



Έτσι προέρχονται από την νιτροποίηση των αζωτούχων λιπασμάτων και από ρυπασμένα νερά από απόβλητα ή λύματα (NH<sub>3</sub>). Τα νιτρώδη παρουσιάζουν μία ελαφρά μείωση της τιμής τους σε βάθος από 2,0 μέχρι 2,5 μέτρα (Διάγραμμα 15). Οι τιμές αυτές αντιστοιχούν σε Δ.Μ. της νότιας περιοχής της λίμνης και βρίσκονται στα

βαθιά νερά μακριά από την παραλία. Αυτό μάλλον οφείλεται στο ότι η περιοχή αυτή είναι μακριά από τον Κόσυνθο και γενικά μακριά από τις ακτές και φτάνουν σε αυτή λιγότερο τα αποστραγγισμένα ρυπασμένα νερά.

Το χρώμα της λίμνης με μέσο όρο 85,04 mg Pt/l παρουσιάζει μία διακύμανση (Πίνακας 2). Γενικά κυμαίνεται γύρω στα 90 mg/l (Διάγραμμα 21) εκτός από το βάθος 2,0 με 2,5 μέτρων όπου παρουσιάζει μείωση κατά 20 mg/l περίπου και αντιστοιχεί στην ίδια περιοχή που έχουμε μειωμένα νιτρώδη και που είναι η νότια μη παραλιακή ζώνη της λίμνης. Η θολερότητα παρουσιάζει επίσης κάποια διακύμανση και έχει μέσο όρο 12,23 F.T.U.. Βλέπουμε στο Διάγραμμα 20 ότι αυτή παραμένει σχεδόν σταθερή μέχρι το βάθος των 3,0 μέτρων, σύμφωνα και με τα όρια εμπιστοσύνης. Στα βαθύτερα νερά μέχρι τα 3,5 μέτρα όμως αυτή ελαττώνεται αρκετά κατά 4 F.T.U. περίπου, πιθανόν λόγω μικρής συγκέντρωσης πλαγκτού και μικρότερης διατάραξης του πυθμένα από τα κύματα.

Η διαφάνεια με μέσο όρο 0,91 μέτρα σύμφωνα με τον δίσκο του Secchi εμφανίζει και αυτή κάποια διακύμανση (Πίνακας 2) και ενώ στα βαθιά νερά είναι σταθερή, στα ρηχά και μέχρι το βάθος 1,5 μέτρων περίπου είναι αισθητά μειωμένη κατά 0,2 μέτρα (Διάγραμμα 26). Αυτό είναι φυσικό αφού σε αυτό το βάθος έχουμε μεγάλη συγκέντρωση πλαγκτού καθώς και αιωρούμενων σωματιδίων. Το τελευταίο οφείλεται στην συγκεκριμένη περίπτωση στο ότι οι ρηχές αυτές περιοχές βρίσκονται στην παραλιακή ζώνη (Εικόνα 1) όπου υπάρχει διατάραξη του πυθμένα από τα κύματα και όπου βρίσκονται οι εκβολές των ποταμών και των χειμάρρων, οι οποίοι εισάγουν φερτές ύλες στην λίμνη.

Το διαλυμένο οξυγόνο με μέσο όρο 5,23 mg/l παρουσιάζει μία μικρή μπορούμε να πούμε τιμή, ανάλογη όμως με τον μήνα της δειγματοληψίας. Αυτό οφείλεται σε πολλούς λόγους. Κατ' αρχήν τέτοια εποχή έχει μικρή τιμή λόγω χαμηλής του διαλυτότητας στην αυξημένη θερμοκρασία και στο αλμυρό νερό παράλληλα, διότι η αλατότητα μεγαλώνει αυτήν την εποχή λόγω εξάτμισης (Ψαλτοπούπου 1994). Επίσης έχει μικρή τιμή λόγω της αυξημένης μικροβιακής δραστηριότητας και της έντονης μεταβολικής δραστηριότητας, οι οποίες είναι ανάλογες της αυξημένης θερμοκρασίας. Παρουσιάζει μία μικρή αύξηση της συγκέντρωσής του σε βάθος από 2,5 μέχρι 3,5 μέτρα (Διάγραμμα 24) η οποία διαφέρει στατιστικά αλλά είναι πολύ μικρή για να δικαιολογήσει κάποιο φαινόμενο.

Σύμφωνα με προηγούμενες μελέτες που έχουν γίνει στην λίμνη Βιστωνίδα, κυρίως όσον αφορά τους φυσικοχημικούς παράγοντες, οι μετρήσεις που έγιναν τότε

και αυτές που έγιναν σε αυτή την εργασία διαφέρουν σε μερικά μόνο στοιχεία και θα πρέπει επίσης να λάβουμε υπόψιν ότι οι δικές μας δειγματοληψίες κράτησαν μόνο τέσσερις ημέρες Ιούλιο μήνα. Συγκεκριμένα τα νιτρικά, νιτρώδη και αμμωνιακά άλατα, η σκληρότητα, η θερμοκρασία, το pH, το οξυγόνο, διαφάνεια και η αλατότητα παρουσιάζουν γενικά ίδιες μέσες τιμές και εύρη τιμών. Για την θολερότητα, το χρώμα και το υπόστρωμα δεν έχουμε στοιχεία, ενώ τα φωσφορικά άλατα τα θειϊκά ιόντα και η αγωγιμότητα παρουσιάζουν αυξημένες τιμές σε αυτήν την εργασία, ενώ το βάθος είναι μειωμένο.

Τα θειϊκά ιόντα ( $\text{SO}_4=$ ) όπως φαίνεται στον Πίνακα 2 παρουσιάζουν κάποια διακύμανση και έχουν μέσο όρο 1402,9 mg/l. Συγκρίνοντας την τιμή αυτή αλλά και το εύρος τιμών με προηγούμενες μελέτες ( $\text{SO}_4= < 120$  mg/l, Αρισ. Παν. Θεσ. 1982), ( $\text{SO}_4= =70$  έως 480 mg/l, Κιλικίδης κ.ά. 1987), βλέπουμε μία μεγάλη αύξηση στην συγκέντρωσή τους. Τα θειϊκά ιόντα εισρέουν στην λίμνη με την μορφή θειϊκών αλάτων και προέρχονται από την οργανική ύλη που φέρνει ο Κόσυνθος. Τα θειϊκά ενεργοποιούν τα θειοβακτήρια τα οποία καταλώνουν οξυγόνο και κάτω από αναερόβιες συνθήκες εκλύουν  $\text{H}_2\text{S}$ . Αποτελούν δηλαδή ένδειξη ευτροφισμού της λίμνης.

Τα φωσφορικά άλατα ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) με μέσο όρο 0,473 mg/l και αν λάβουμε υπόψιν και το εύρος τιμών στον Πίνακα 2, παρουσιάζουν μικρή αύξηση σύμφωνα με παλιότερες μετρήσεις ( $\text{PO}_4\text{-P} = 0,1$  έως 0,15 mg/l Αριστ. Παν. Θεσ. 1982). Τα φωσφορικά προέρχονται από τις φωσφορικές ενώσεις των λιπασμάτων όπως έχει ήδη εξηγηθεί, από τα αστικά λύματα (απορυπαντικά, τα οποία είναι πλούσια σε ορθοφωσφορικά) και η αφθονή παρουσία τους δημιουργεί φαινόμενα ευτροφισμού (άνθηση του φυτοπλαγκτόν). Άλλωστε και σύμφωνα με άλλη μελέτη ( $\text{PO}_4\text{-P} = 0,117$  έως 0,350 mg/l, Αριστ. Παν. Θεσ. 1985), η τιμή των φωσφορικών της Βιστωνίδας μπορεί να χαρακτηρίσει την λίμνη ευτροφική.

Όσον αφορά την αγωγιμότητα η μετρησή της δεν έχει στιγμιαία σημασία αλλά διαχρονική. Έχει αποδειχτεί ότι όσο αυξάνει η αγωγιμότητα με την πάροδο του χρόνου σε ένα οικοσύστημα, ανάλογα αυξάνεται και η βιολογική παραγωγικότητα του. Αυτό σημαίνει πιο έντονο στάδιο ευτροφισμού, είτε προϋπάρχει αυτό είτε όχι στο οικοσύστημα, ή ακόμα και ρύπανση. Συγκρίνουμε την μέση τιμή της που είναι 17,8 mmhos/cm και το εύρος τιμών (Πίνακας 2), με παλιότερες μετρήσεις (2,3 έως 17,3 mmhos/cm, Κουσούρη, Διαπούλη & Φάτη 1985), (1,3 έως 20 mmhos/cm, Αρισ. Παν. Θεσ. 1985), (1 έως 11 mmhos/cm, Κιλικίδης κ. ά. 1987). Φαίνεται από όλα αυτά ότι η

μέση τιμή της αγωγιμότητας έχει αυξηθεί, αν λάβουμε υπόψιν και την άνοδο των ελαχίστων προηγούμενων τιμών. Αυτό σημαίνει ότι η λίμνη οδεύει σε μια πιο έντονη κατάσταση ευτροφισμού, από ότι παλιότερα.

Από τους φυσικούς παράγοντες της λίμνης Βιστωνίδας το βάθος, όπως ειπώθηκε, έχει μειωθεί με την πάροδο του χρόνου. Ενώ εδώ έχουμε ένα μέσο βάθος 1,83 m, το 1986 είχαμε 2,28 m (Ψάλτοπούλου 1994) και το 1987 είχαμε 2,0 m. Το φαινόμενο της διαχρονικής μείωσης του βάθους σε μία λίμνη είναι σύνηθες και πολύ σημαντικό. Αυτό οφείλεται στην εναπόθεση ιζήματος από κατακρημνύσεις υλικών από τις πλευρές της λίμνης, από τις φερτές ύλες που έρχονται από τις ακτές, λόγω έκπλυσης του εδάφους από την βροχή, από ανθρώπινες δραστηριότητες (μπάζα) και κυρίως όσον αφορά τις λίμνες στις οποίες καταλήγουν ποτάμια, από τις φερτές ύλες που εναποθέτουν αυτά. Στην περίπτωση της Βιστωνίδας εναπόθεση έχουμε μεγάλη φερτών υλών από τον ποταμό Κόσυνθο και λιγότερο από τα άλλα ποτάμια (Ψάλτοπούλου 1994). Η μείωση αυτή είναι σημαντική γιατί μειώνοντας το βάθος μικραίνει ο οφέλιμος όγκος εκτροφής ψαριών της λίμνης με αποτέλεσμα την μείωση της ιχθυοπαραγωγής. Το φαινόμενο αυτό καταπολεμείται μόνο με επέμβαση στον πυθμένα της λίμνης (εκχωματώσεις).

Ο άλλος φυσικός παράγοντας, το υπόστρωμα, δεν αναφέρεται ως μέση τιμή όλης της λίμνης στον Πίνακα 2, γιατί κάτι τέτοιο δεν είναι αξιόπιστο, αφού παρουσιάζει διαφορές σε διάφορα μέρη της λίμνης (Εικόνα 8). Συγκεκριμένα όλη η βαθειά μη παραλιακή ζώνη της λίμνης έχει μαύρο ιλυώδες υπόστρωμα. Το μαύρο χρώμα προέρχεται από τον σχηματισμό θειούχου σιδήρου (FeS) στον πυθμένα, που οφείλεται στην αποσύνθεση (Goldman & Horne 1983), κάτι που δείχνει ανοξικές συνθήκες στα βαθειά νερά της λίμνης. Η παραλιακή ζώνη της Βιστωνίδας έχει αμμώδες υπόστρωμα στην δυτική ακτή της, και καφέ υλιώδες και αμμο-υλιώδες σε όλες τις υπόλοιπες ακτές της.

Τέλος εφαρμόστηκε ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΗΣ ΥΠΟΘΕΣΗΣ ΔΥΟ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ, σε επίπεδο λάθους 5%, μεταξύ των δειγματοληπτικών μονάδων των εκβολών του ποταμού Κόσυνθου (Εικόνα 2, σταθμοί 8, 9, 10, 11, 12, 13 και 14) και των Δ.Μ. της υπόλοιπης λίμνης, για τους λόγους που αναφέρθηκαν. Η περιοχή αυτή παρουσιάζει κάποιες ιδιαιτερότητες. Όπως φαίνεται στο Πίνακα 3 παρουσιάζει αυξημένη, έστω και λίγο, συγκέντρωση νιτρικών αλάτων. Αυτό δείχνει ότι ο Κόσυνθος φέρνει ρυπασμένα νερά, όπως ήδη εξηγήθηκε.

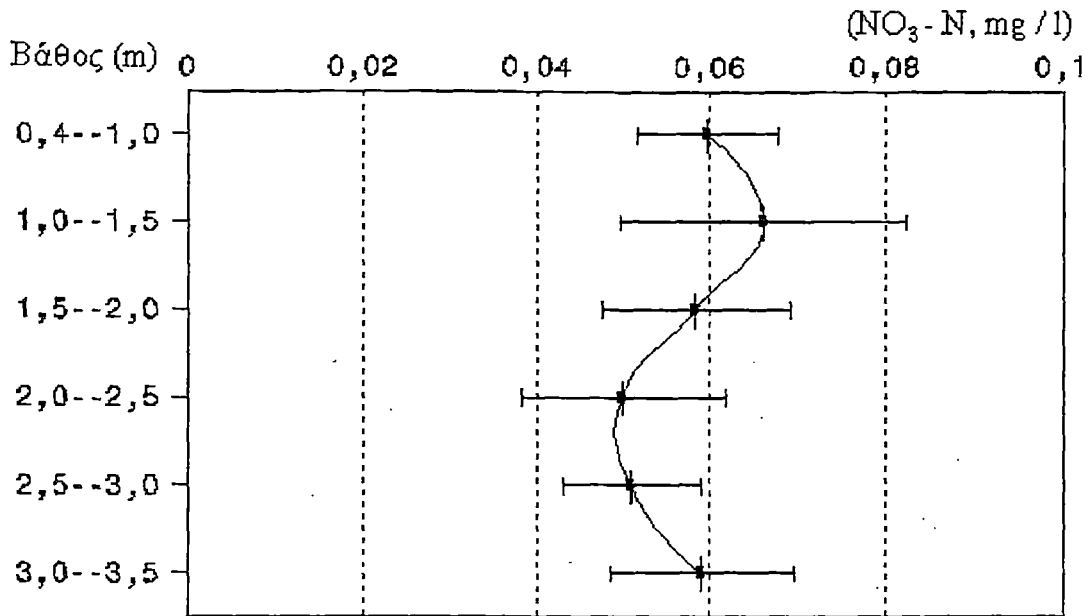
Επίσης παρατηρείται αρκετά αυξημένη συγκέντρωση θειϊκών ιόντων τα οποία προέρχονται από οργανική ύλη. Αυτά θα έπρεπε να μειώνουν την συγκέντρωση του οξυγόνου λόγω της δράσης των θειοβακτηριδίων, κάτι τέτοιο δεν παρατηρείται όμως γιατί το βάθος σε αυτήν την περιοχή είναι μικρό ( 1 m περίπου, Πίνακας 3), το ηλιακό φως φτάνει μέχρι τον πυθμένα και επιτρέπει την φωτοσύνθεση, δεν δημιουργείται στρωμάτωση και έτσι το οξυγόνο δεν μειώνεται. Μία μείωση του pH που παρατηρείται στην περιοχή θα πρέπει να οφείλεται στην αυξημένη αποικοδομητική δραστηριότητα στην επιφάνεια του πυθμένα, η οποία αυξάνει την συγκέντρωση του ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα στο νερό, επιφέρει αύξηση της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου και συνεπώς μείωση του pH. έχουμε δηλαδή αυξημένη οργανική ύλη που αποικοδομείται.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2:** Οι φυσικές παράμετροι της λίμνης Βιστωνίδας, όπως αυτές προέκυψαν από τις δειγματοληψίες.

Φυσικοχημικές παράμετροι		Μέση τιμή	Όρια εμπιστοσύνης (95 %)		Εύρος τιμών (min-max)	
Νιτρικά	(NO <sub>3</sub> -N, mg/l)	0,057	0,053	0,061	0,03	0,12
Νιτρώδη	(NO <sub>2</sub> -N, mg/l)	0,006	0,005	0,006	0,002	0,013
Αμμωνιακά	(NH <sub>4</sub> -N, mg/l)	0,348	0,327	0,370	0,17	0,6
Φωσφορικά	(PO <sub>4</sub> -P, mg/l)	0,473	0,440	0,505	0,20	0,85
Θειϊκά	(SO <sub>4</sub> =, mg/l)	1402,9	1364,1	1441,7	1050,0	1900,0
Σκληρότητα	(mg/l, CaCO <sub>3</sub> )	1173,4	1124,9	1222,0	790,0	1720,0
Θολερότητα	(F.T.U.)	12,23	11,52	12,94	1,0	18,0
Χρώμα	(mg/l, Pt)	85,04	79,64	90,43	41,0	146,0
Βάθος	(m)	1,83	1,65	2,02	0,4	3,5
Θερμοκρασία	(C°)	25,2	25,1	25,2	24,3	26,5
pH		7,58	7,53	7,62	7,08	8,79
Οξυγόνο	(mg/l)	5,23	5,01	5,37	3,6	7,0
Αγωγιμότητα	(mmhos/cm)	17,8	17,6	18,0	15,3	19,9
Διαφάνεια	(Secchi, m)	0,91	0,87	0,94	0,55	1,25
Αλατότητα	(‰)	8,66	8,47	8,86	7,40	16,23

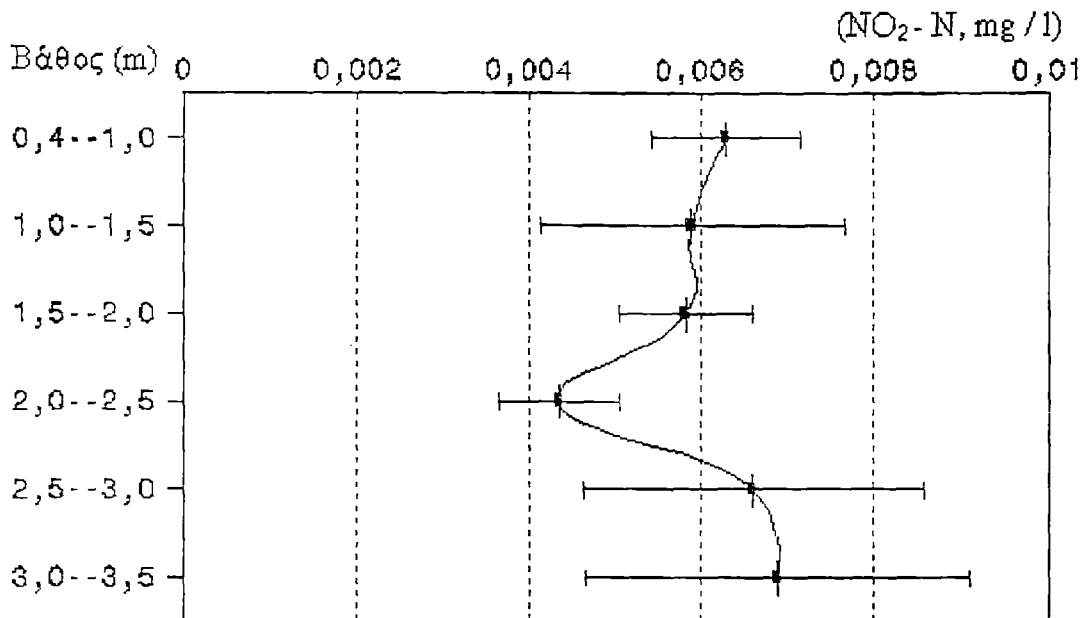


### Νιτρικά



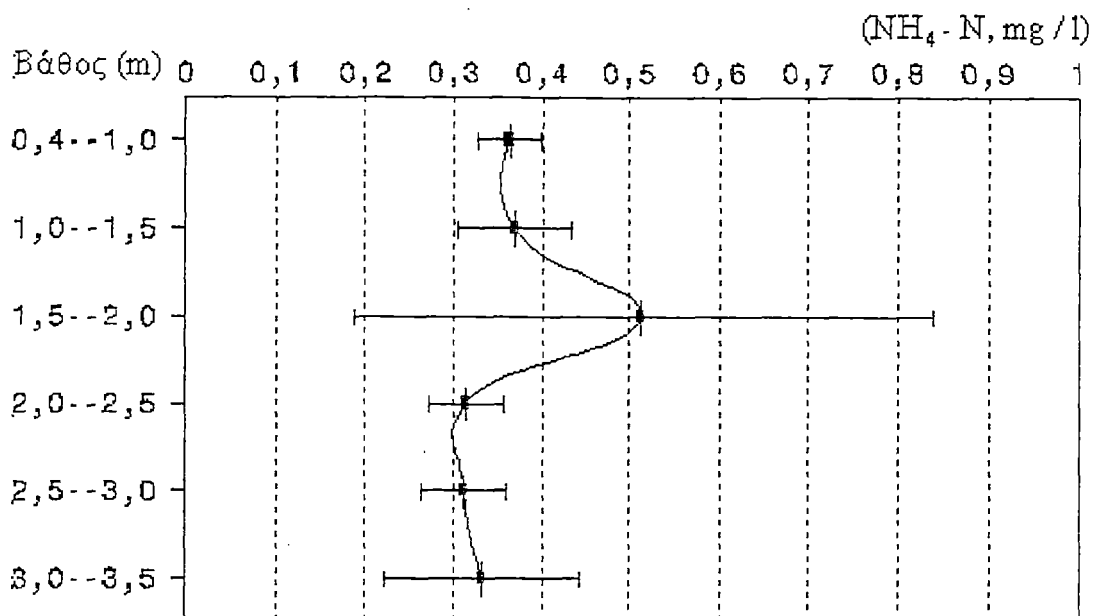
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 14:** Βαθυμετρική κατανομή των νιτρικών αλάτων (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Νιτρώδη



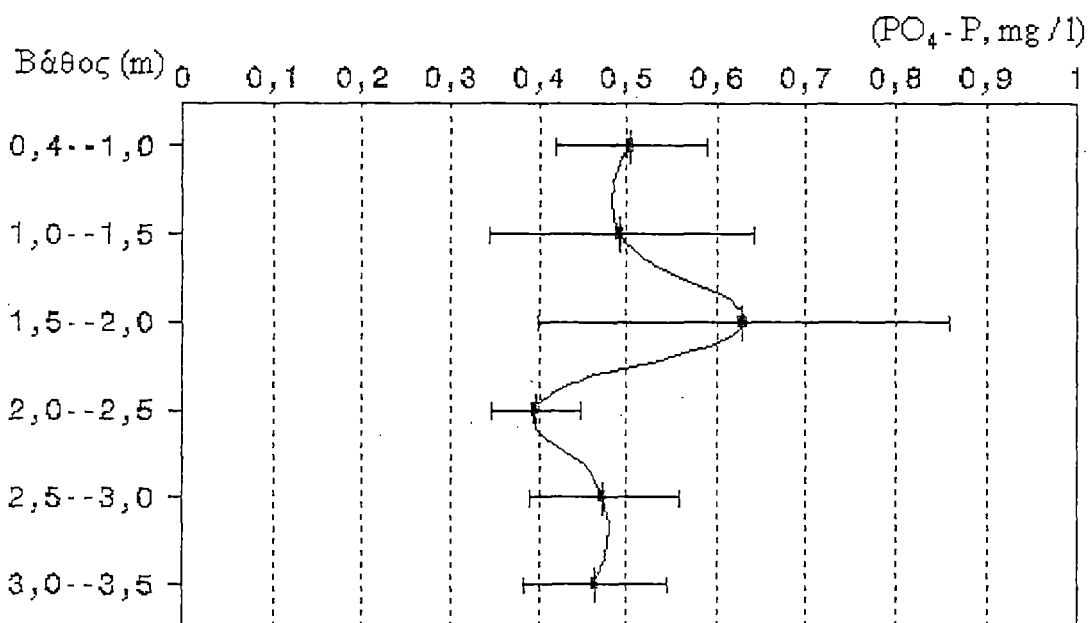
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 15:** Βαθυμετρική κατανομή των νιτρωδών αλάτων (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Αμμωνιακά



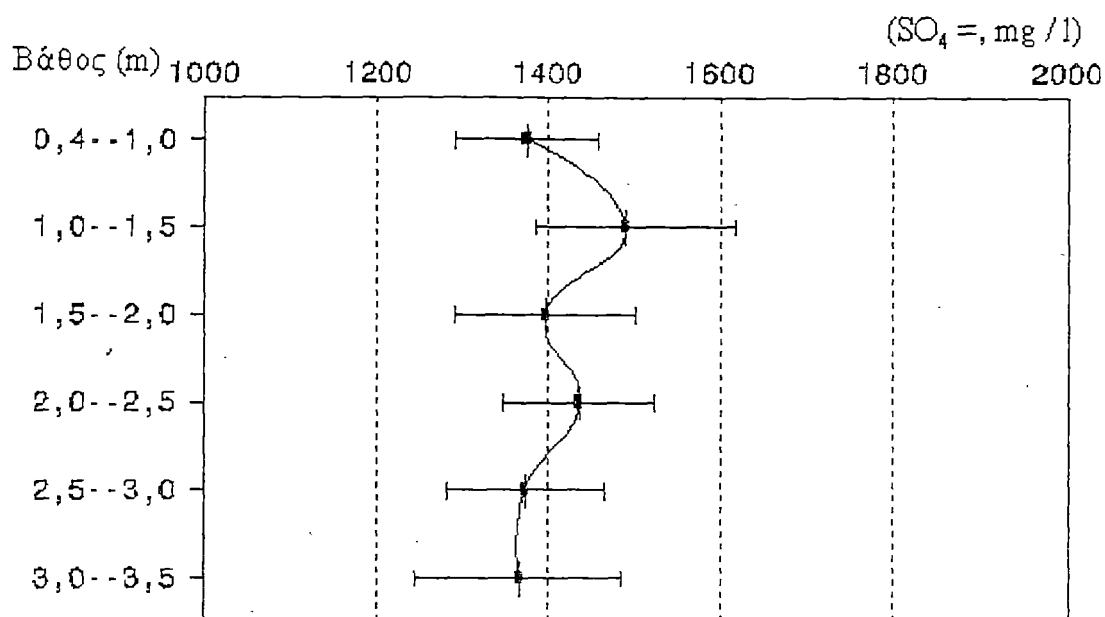
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 16: Βαθυμετρική κατανομή των αμμωνιακών αλάτων (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Φωσφορικά



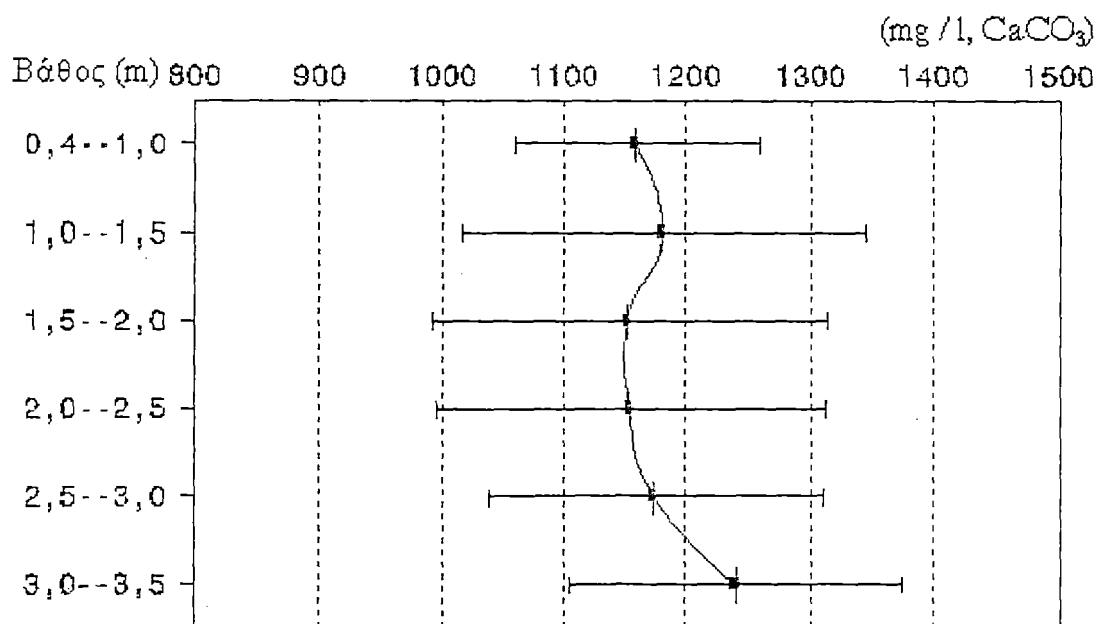
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 17: Βαθυμετρική κατανομή των φωσφορικών αλάτων (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Θειικά



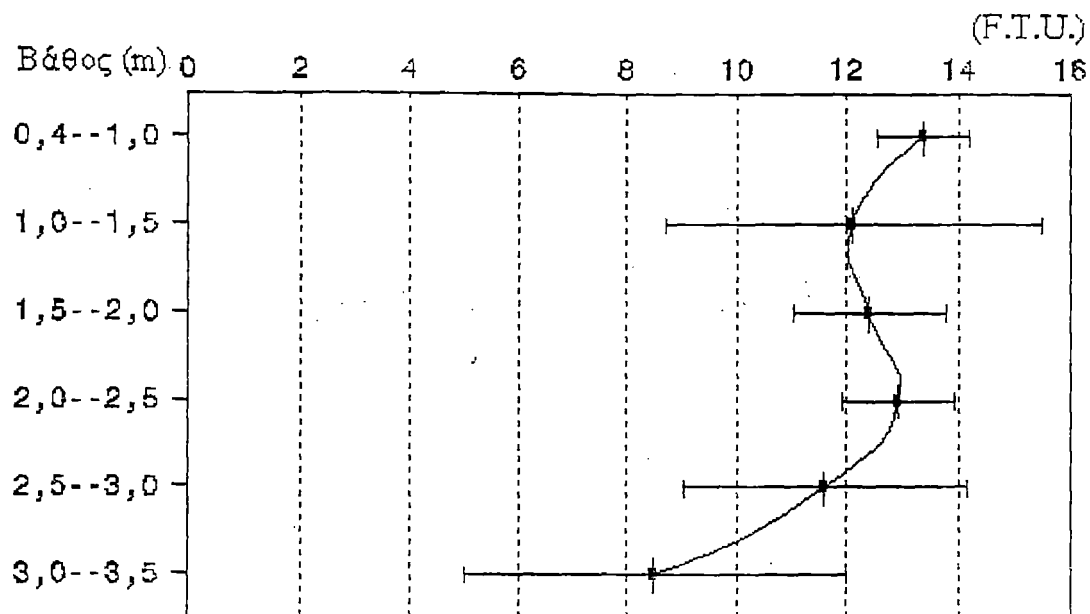
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 18:** Βαθυμετρική κατανομή των θειικών ιόντων (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Σκληρότητα



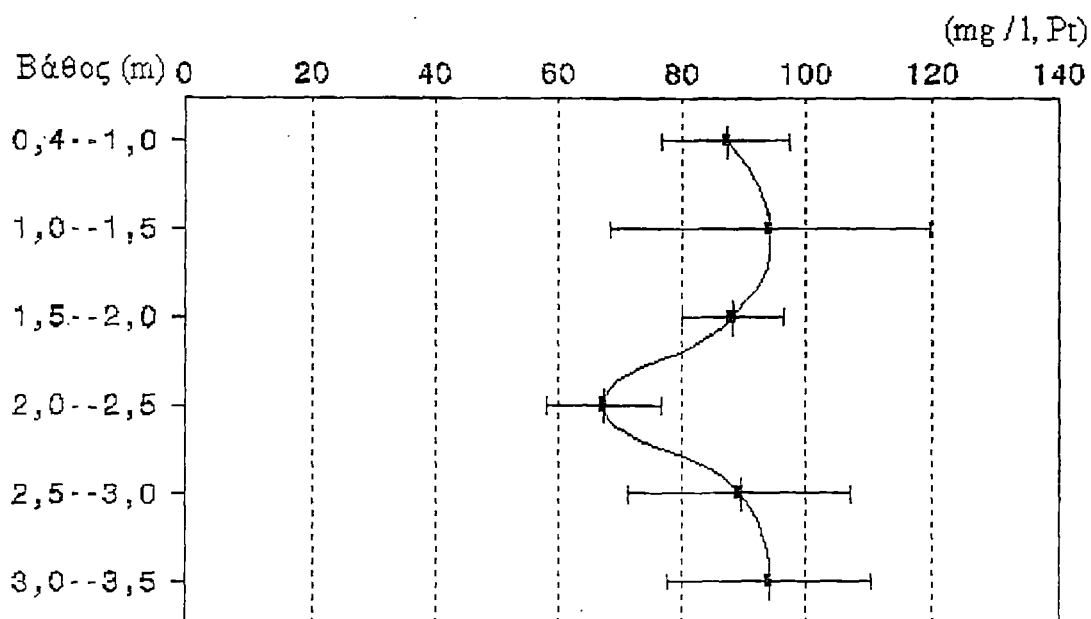
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 19:** Βαθυμετρική κατανομή της σκληρότητας ως προς το CaCO<sub>3</sub> (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Θολερότητα



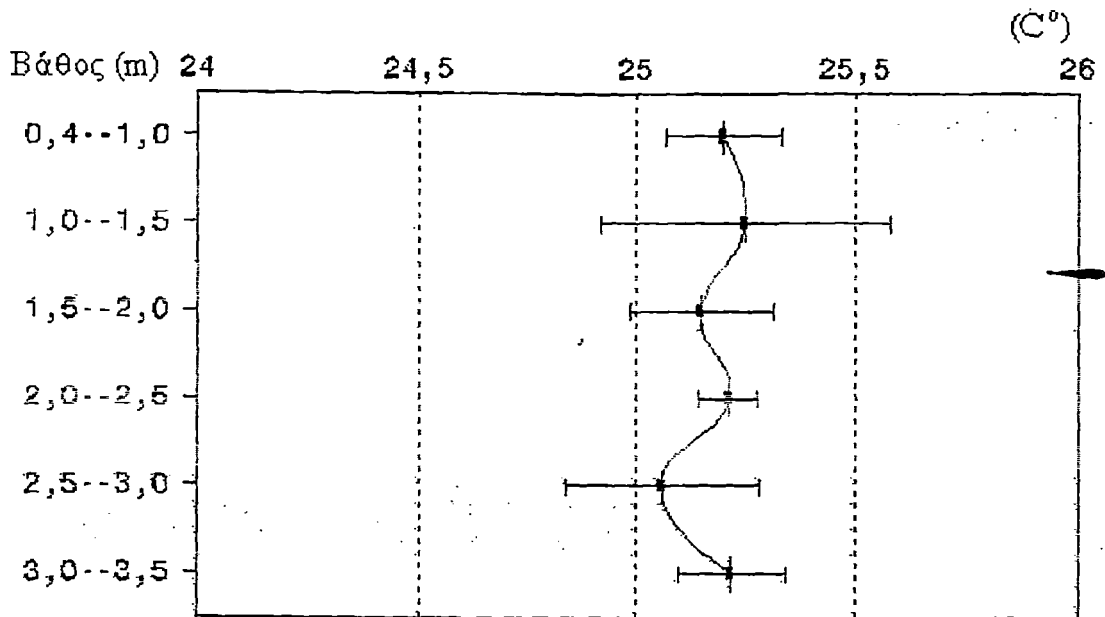
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 20:** Βαθυμετρική κατανομή της θολερότητας (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Χρώμα



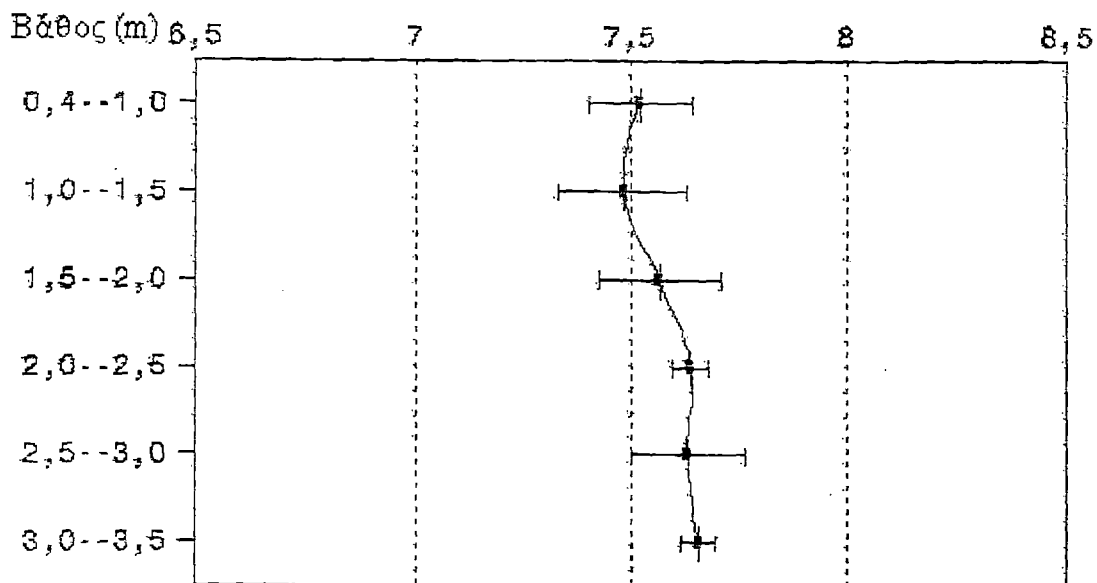
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 21:** Βαθυμετρική κατανομή του χρώματος ως προς τον Pt (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Θερμοκρασία



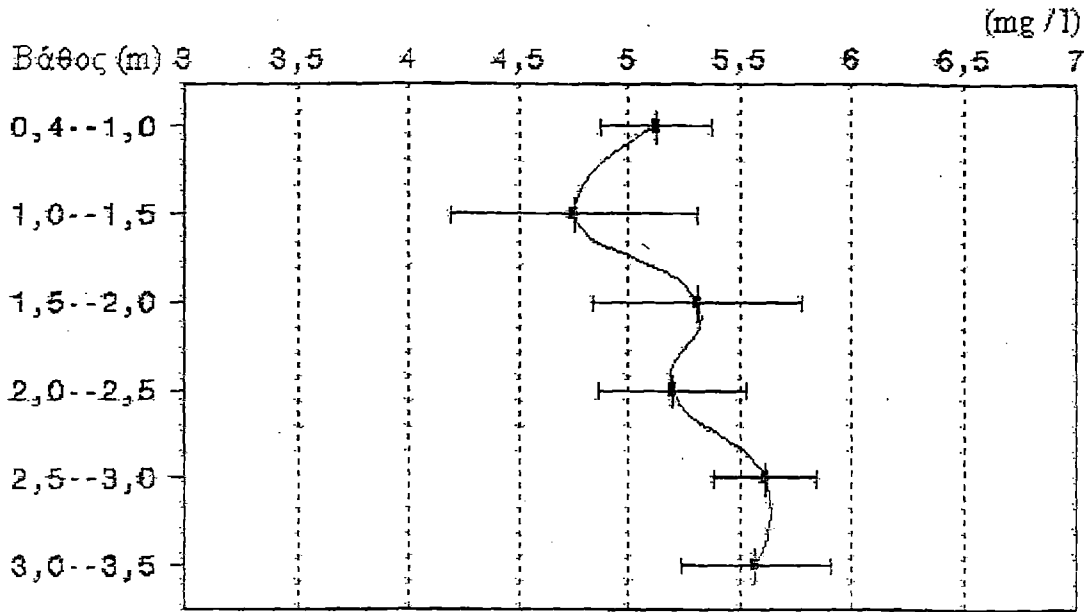
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 22: Βαθυμετρική κατανομή της θερμοκρασίας (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### pH



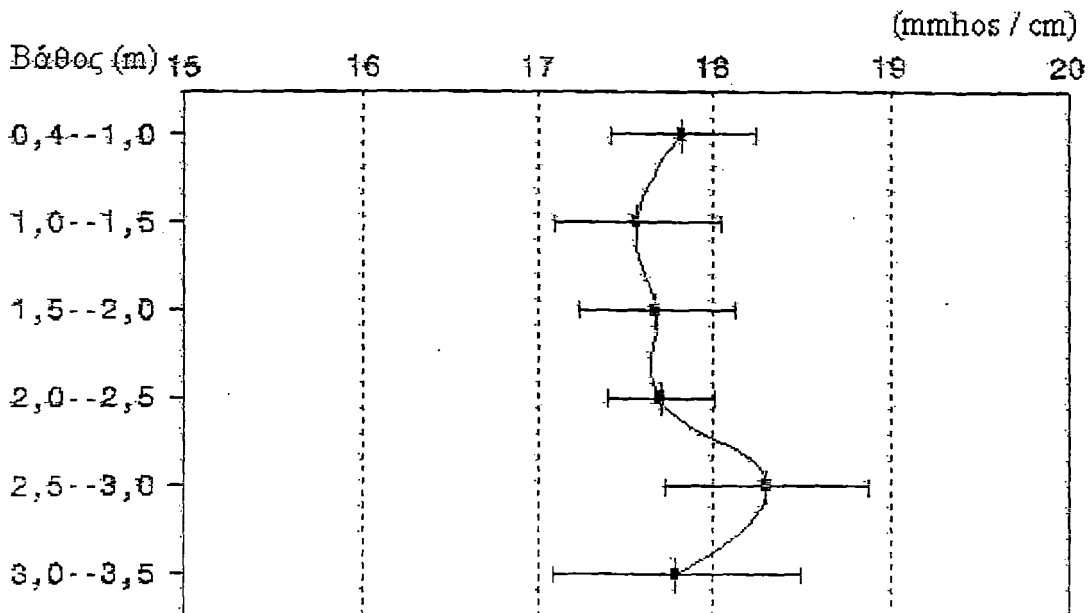
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 23: Βαθυμετρική κατανομή του pH (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Διαλυμένο οξυγόνο



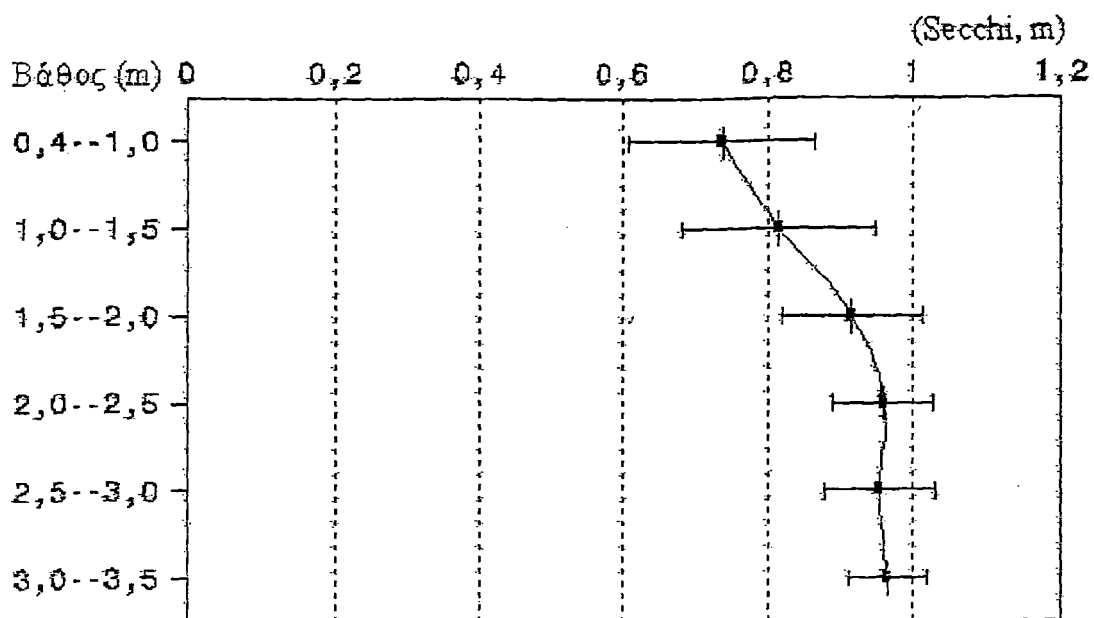
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 24:** Βαθυμετρική κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Αγωγιμότητα



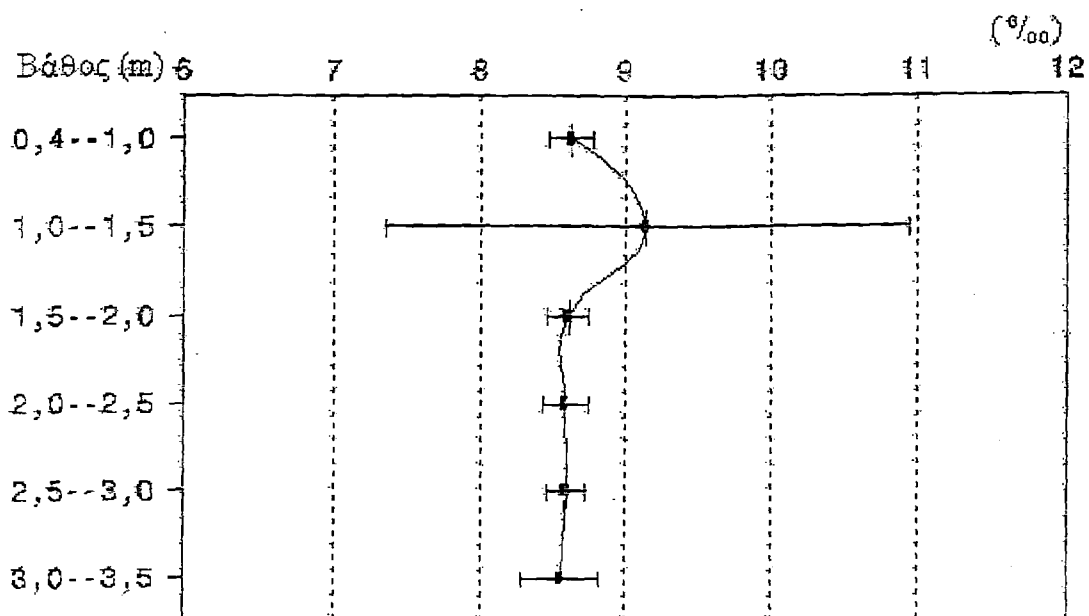
**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 25:** Βαθυμετρική κατανομή της αγωγιμότητας (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Διαφάνεια



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 26:** Βαθυμετρική κατανομή της διαφάνειας ως προς τον δίσκο του Secchi (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

### Αλατότητα



**ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 27:** Βαθυμετρική κατανομή της αλατότητας (μέση αφθονία και 95% όρια εμπιστοσύνης).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 3:** Αποτελέσματα από τον ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΥΠΟΘΕΣΗΣ ΔΥΟ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ μεταξύ της περιοχής των εκβολών του Κόσυνθου (N=7) και του υπολοίπου της λίμνης Βιστωνίδας (N=79, N=78).

Νιτρώδη

TWOSAMPLE T FOR C40 VS C41

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN
C40	78	0.00573	0.00216	0.00024
C41	7	0.00771	0.00214	0.00081

95 PCT CI FOR MU C40 - MU C41: (-0.00398, 0.00001)

TTEST MU C40 = MU C41 (VS NE): T= -2.35 P=0.051 DF= 7

Θειικά

TWOSAMPLE T FOR C42 VS C43

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN
C42	79	1387	171	19
C43	7	1585	210	79

95 PCT CI FOR MU C42 - MU C43: (-398, 1)

TTEST MU C42 = MU C43 (VS NE): T= -2.44 P=0.051 DF= 6

Βάθος

TWOSAMPLE T FOR C44 VS C45

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN
C44	79	1.908	0.868	0.098
C45	7	0.993	0.283	0.11

95 PCT CI FOR MU C44 - MU C45: (0.612, 1.22)

TTEST MU C44 = MU C45 (VS NE): T= 6.32 P=0.0000 DF= 19

pH

TWOSAMPLE T FOR C46 VS C47

	N	MEAN	STDEV	SE MEAN
C46	79	7.604	0.210	0.024
C47	7	7.2786	0.0917	0.035

95 PCT CI FOR MU C46 - MU C47: (0.234, 0.417)

TTEST MU C46 = MU C47 (VS NE): T= 7.75 P=0.0000 DF= 12



Ο χωρισμός της λίμνης Βιστωνίδας σε επιμέρους βιοκοινωνίες και τα χαρακτηριστικά τους.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ (Εικόνα 3) η Βιστωνίδα χωρίζεται σε τρεις βιοκοινωνίες. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι τα αποτελέσματα βγήκαν με βάση τις αφθονίες των βενθικών οργανισμών σε κάθε Δ.Μ. και όχι με βάση τις φυσικοχημικές παραμέτρους. Η κατανομή και αφθονία του βένθους χωρίζει τις βιοκοινωνίες (λόγω αντικειμενικότητας), ενώ οι διαφορές στα φυσικοχημικά βασίζονται στις ήδη χωρισμένες βιοκοινωνίες. Το αυθαίρετο νοητό επίπεδο ομαδοποίησης στο δενδρόγραμμα που ορίζει τις ομάδες (βιοκοινωνίες), τοποθετήθηκε στην θέση που είναι γιατί έτσι βρίσκουμε στατιστικές διαφορές ανάμεσα στις ομάδες. Αν αυτό ετοποθετείτο αλλού θα βρίσκαμε ομοιότητες πράγμα που δεν είναι σκοπός της εργασίας αυτής, αφού μας ενδιαφέρουν ξεχωριστά τμήματα της λίμνης με βιολογικές και οικολογικές ομοιότητες, κάτι που έχει εξηγηθεί προηγουμένως. Οι βιοκοινωνίες αποτελούνται από τις εξής Δ.Μ. :

Βιοκοινωνία 1: 15, 16, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 70, 71, 72, 83, 84, 85, 86.

Βιοκοινωνία 2: 1, 2, 3, 6, 7, 8, 13, 20, 21, 22, 23, 32, 36, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 50, 54, 55, 63, 67, 69, 73, 74, 75, 76, 78, 80, 82.

Βιοκοινωνία 3: 4, 5, 9, 10, 11, 12, 14, 24, 49, 68, 77, 81.

Οι βιοκοινωνίες αυτές παρουσιάζουν διαφορές όσον αφορά την κατανομή τους στην λίμνη (Εικόνα 3), τις φυσικοχημικές παραμέτρους (Πίνακας 5) και τους βενθικούς οργανισμούς (Πίνακας 6, Εικόνα 13). Εμείς θα αναφέρουμε μόνο τις διαφορές που είναι στατιστικά σημαντικές σε επίπεδο λάθους 5% μετά από την εφαρμογή της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ (Πίνακες 7 και 8) και του ελέγχου του TUKEY.

Η Βιοκοινωνία 1 αποτελείται εξ' ολοκλήρου από μαύρο ιλυώδες υπόστρωμα (Πίνακας 5, Εικόνα 3 σε σύγκριση με Εικόνα 8), κάτι που υποδηλώνει ύπαρξη ανοξικών συνθηκών, έστω και κατά διαστήματα. Αποτελεί την βαθιά μη παραλιακή περιοχή της λίμνης με μέσο βάθος πολύ μεγαλύτερο από τις άλλες βιοκοινωνίες (2,62m). Έχει ελαφρά αυξημένη διαφάνεια και αυτό συμφωνεί με προηγούμενο συμπέρασμα ότι η Βιστωνίδα έχει μεγαλύτερη διαφάνεια στα βαθιά νερά (Διάγραμμα

26). Επίσης παρουσιάζει ελαφρά αυξημένο pH και κυρίως οξυγόνο. Το αυξημένο οξυγόνο σε σχέση με τις άλλες βιοκοινωνίες δεν έρχεται σε αντίθεση με την ύπαρξη ανοξικών συνθηκών αφού αυτές παρουσιάζονται κυρίως τις βραδυνές ώρες, ενώ κατά την ώρα των δειγματοληψιών (πρωί μέχρι απόγευμα), είχαμε φωτοσυνθετική δραστηριότητα.

Όσον αφορά το βέθος η βιοκοινωνία αυτή κυριαρχείται από τα είδη Chironomus salinarius (N% = 70,4) και Polydora ciliata (N% = 26,3), κάτι που φαίνεται και στο Πίνακα 6. Αυτό το γεγονός σε σχέση και με το βάθος της βιοκοινωνίας συμφωνεί με προηγούμενο συμπέρασμα ότι τα είδη αυτά βρίσκονται στα βαθειά νερά (Διαγράμματα 2 και 3).

Η Βιοκοινωνία 2 αποτελεί την παραλιακή ζώνη με αμμώδες, αμμο-ιλυώδες και καφέ ιλυώδες υπόστρωμα (Εικόνα 3 σε σύγκριση με Εικόνα 8). Παρουσιάζει ελαφρά αυξημένο pH που μάλλον οφείλεται σε αυξημένη φωτοσύνθεση αν και το οξυγόνο δεν έχει φανερή αύξηση (Πίνακας 4) και έχει φυσικά μικρό μέσο βάθος (1,11 m), κάτι που συμφωνεί με την συγκριτικά μικρότερη διαφάνεια (Διάγραμμα 26). Κυρίαρχα είδη στην βιοκοινωνία αυτή είναι τα Corophium volutator (N% = 54,1) και Iphinoe sp. (N% = 27,1), κάτι που συμφωνεί με προηγούμενο συμπέρασμα, ότι τα είδη αυτά προτιμούν τα ρηχά νερά (Διαγράμματα 6 και 8). Το τελευταίο είδος αν το συγκρίνουμε με τις άλλες βιοκοινωνίες (Εικόνα 13) βλέπουμε ότι είναι σχεδόν αποκλειστικός αντιπρόσωπος της ζώνης αυτής. Επίσης η βιοκοινωνία αυτή έχει την μεγαλύτερη συγκέντρωση Ολιγόχαιτων από τις άλλες, με πολύ μικρό όμως ποσοστό αφθονίας.

Η Βιοκοινωνία 3 αποτελείται από μερικές παραλιακές Δ.Μ. οι οποίες βρίσκονται σχεδόν στο σύνολό τους στην περιοχή των εκβολών του Κόσυνθου, στις εκβολές των ποταμών Κομπάτου και Τραύου και σε ένα σημείο επικοινωνίας με την λιμνοθάλασσα (Εικόνα 3). Αποτελούνται κυρίως από καφέ ιλυώδες υπόστρωμα (Πίνακας 5). Η βιοκοινωνία αυτή έχει μικρό μέσο βάθος (1,16 m) και ίδια διαφάνεια με την Βιοκοινωνία 2, καθώς και ίδιο οξυγόνο. Το pH εμφανίζεται μειωμένο σε σχέση με τις άλλες βιοκοινωνίες και αυτό οφείλεται, όπως ήδη λέχθηκε, στην μείωση του pH στις εκβολές του Κόσυνθου λόγω αυξημένου οργανικού υλικού.

Σε αυτήν την βιοκοινωνία θα περίμενε κανείς να βρεθούν αυξημένα νιτρόδη και θειϊκά, τα οποία βρέθηκαν στις εκβολές του Κόσυνθου ή ακόμα και αυξημένα νιτρικά και φωσφορικά, λόγω ρυπασμένων νερών από απόβλητα και λιπάσματα. Πράγματι όλα αυτές οι χημικές ενώσεις δείχνουν αυξημένες στην Βιοκοινωνία 3, αλλά σε στατιστικό επίπεδο λάθους μεγαλύτερο από 5%, κάτι που δεν το λαμβάνουμε

υπόψιν. Επίσης σε αυτήν την βιοκοινωνία κυριαρχεί το είδος Corophium volutator (N%= 87,9) το οποίο βρίσκεται σε πολύ μεγάλη συγκέντρωση (Πίνακας 6) και ακολουθεί, συγκριτικά και με τα άλλα είδη το Nereis diversicolor (N% = 6,8). Το είδος Cerastoderma glaucum έχει την μεγαλύτερη συγκέντρωση σε σχέση με τις άλλες βιοκοινωνίες με πολύ μικρό όμως ποσοστό αφθονίας και το Thysanopoda sp. παρουσιάζει το ίδιο φαινόμενο, το οποίο δεν το δεχόμαστε όμως, γιατί το δείγμα αποτελείται από ένα μόνο άτομο του είδους σε όλη την λίμνη.

Τέλος στην (Εικόνα 14) βλέπουμε ένα συνδυασμό της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΑΜΟΙΒΑΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ και της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ. Οι δειγματοληπτικοί σταθμοί είναι τοποθετημένοι στους άξονες με βάση τα αποτελέσματα της πρώτης μεθόδου, αλλά έχουν διαχωριστεί οπτικά με βάση των χωρισμό των βιοκοινωνιών από την δεύτερη μέθοδο. Έτσι βλέπουμε οπτικά πόσο ξεχωρίζουν μεταξύ τους οι βιοκοινωνίες με βάση τα οικολογικά τους χαρακτηριστικά και αντίστροφα πόσο ομοιογενείς είναι αυτές, κάτι που έχει εξηγηθεί προηγουμένως.

Βλέπουμε λοιπόν (Εικόνα 14) ότι η Βιοκοινωνία 1 ξεχωρίζει από τις άλλες και είναι αρκετά “συμπαγής”, δηλαδή οι Δ.Μ. είναι τοποθετημένες κοντά μεταξύ τους άρα και οικολογικά όμοιες. Η Βιοκοινωνία 2 έχει μεγάλη διασπορά που μάλλον οφείλεται στην μεγάλη της συγκριτικά ποικιλότητα σε βενθικούς οργανισμούς, κάτι που θα αποδειχθεί παρακάτω. Επεισέρχονται πολλά είδη με διαφορετικές αφθονίες σε διαφορετικές Δ.Μ. και έτσι αυτές απομακρύνονται μεταξύ τους στους άξονες συντεταγμένων. Η Βιοκοινωνία 3 είναι και αυτή “συμπαγής”, αλλά βρίσκεται στον ίδιο ακριβώς χώρο με κάποιες Δ.Μ. της προηγούμενης βιοκοινωνίας και συγκεκριμένα σε ένα άκρο της, κάτι που θα πρέπει να οφείλεται στην κυριαρχία του Corophium volutator και στις δύο βιοκοινωνίες.

### Δείκτες ποικιλότητας και ομοιομορφίας.

Περιβάλλοντα τα οποία παρουσιάζουν διατάραξη των φυσιολογικών συνθηκών τους, παρουσιάζουν αντίστοιχα μεταβολή της βιοκοινωνίας τους (βένθος στην προκειμένη περίπτωση). Η επιβάρυνση μιας περιοχής με οργανικά λύματα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του αριθμού των υπαρχόντων ειδών. Τα ευαίσθητα είδη στη ρύπανση μειώνονται ή ακόμα και αφανίζονται, ενώ τα ανθεκτικά είδη αυξάνονται κατακόρυφα, τόσο λόγω ύπαρξης τροφής και κατάλληλων συνθηκών όσο και λόγω έλλειψης ανταγωνισμού. Έχουμε λοιπόν μείωση της αφθονίας σε είδη καθώς και μείωση της ομοιομορφίας της βιοκοινωνίας, αφού ο μεγαλύτερος αριθμός ατόμων συσσωρεύεται σε λίγα ανθεκτικά είδη. Αυτό σημαίνει και μείωση της ποικιλότητας βέβαια. Η παραπάνω εικόνα είναι χαρακτηριστική για κάθε περιβάλλον που δέχεται κάποια διαταραχή πέραν του φυσιολογικού επιπέδου.

Στον Πίνακα 4 βλέπουμε τον δείκτη ποικιλότητας  $H'$ , τους αριθμούς ποικιλότητας  $N1$  και  $N2$  και τον δείκτη ομοιότητας  $E5$ , οι οποίοι βασίζονται στις αφθονίες των βενθικών οργανισμών. Όπως έχει ήδη εξηγηθεί τιμές του  $H'$  μικρότερες του 2 υποδηλώνουν υποβαθμισμένο και ρυπασμένο περιβάλλον, ενώ τιμές μεγαλύτερες του 2 περιβάλλον πιο ισορροπημένο. Όσον αφορά τους  $N1$  και  $N2$  όσο πιο μεγάλη τιμή παίρνουν, τόσο πιο πολλά άφθονα και πολύ άφθονα είδη αντίστοιχα υπάρχουν στο δείγμα, παρουσιάζοντας έτσι μεγαλύτερη ποικιλότητα. Τέλος όσο πιο κοντά στο 0 είναι η τιμή του  $E5$  τόσο πιο κυρίαρχο γίνεται ένα είδος και μικραίνει η ομοιότητα του δείγματος.

Έχοντας όλα αυτά υπόψιν βλέπουμε ότι η Βιοκοινωνία 2 είναι το βέλτιστο περιβάλλον στην λίμνη. Η τιμή του  $H'$  είναι μικρότερη του 2 και αυτό σημαίνει ότι η βιοκοινωνία αυτή διαταράσσεται, έστω και λιγότερο από τις άλλες. Πράγματι αν συγκρίνουμε το ιστόγραμμα με τα ποσοστά αφθονίας και εμφάνισης της Βιοκοινωνίας 2 με αυτά των άλλων βιοκοινωνιών (Εικόνα 13), βλέπουμε ότι έχει αυξημένη ποικιλότητα. Αυτό συμφωνεί και με την γενική θέση ότι η παραλιακή ζώνη των λιμνών γενικά, έχει μεγάλη ποικιλία βενθικών οργανισμών (Brinkhurst 1974). Δεύτερη στην σειρά έρχεται η Βιοκοινωνία 1 με αρκετά χαμηλότερους οικολογικούς δείκτες. Επειδή η βιοκοινωνία αυτή βρίσκεται στα βαθιά νερά θα μπορούσε να ειπωθεί ότι αυτό εξηγείται λόγω του ότι έτσι και αλλιώς όσο μεγαλώνει το βάθος μικραίνει και η ποικιλότητα του βένθους (Brinkhurst 1974). Τέτοια μείωση όμως των δεικτών και κυρίως του  $H'$  δεν δικαιολογείται μόνο με αυτόν τον τρόπο.

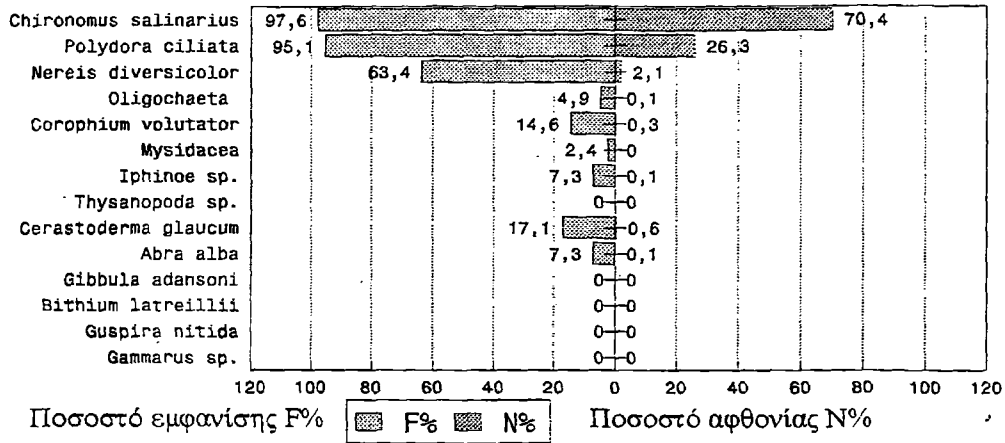
Το χειρότερο περιβάλλον της λίμνης είναι η Βιοκοινωνία 3, έχοντας πολύ χαμηλούς δείκτες. Εδώ είναι ξεκάθαρο πια ότι αυτή η βιοκοινωνία που αντιπροσωπεύει αρκετές εκβολές ποταμών και κυρίως του Κόσυνθου, παρουσιάζει μεγάλη διαταραχή λόγω ρύπανσης και φαινομένων ευτροφισμού. Χαρακτηριστικό παράδειγμα χαμηλής ποικιλότητας της βιοκοινωνίας αυτής είναι η κυριαρχία ουσιαστικά ενός είδους του ίδους του Corophium volutator (Εικόνα 13), που υποδηλώνει ότι αυτό το είδος είναι ανθεκτικό στην ρύπανση.

Τέλος οι οικολογικοί δείκτες που αφορούν όλους τους δειγματοληπτικούς σταθμούς της Βιστωνίδας στο σύνολό της (Πίνακας 4) είναι βέλτιστοι σε σχέση με τους δείκτες των επιμέρους βιοκοινωνιών της, κάτι που δείχνει ότι η λίμνη δεν βρίσκεται σε πολύ υποβαθμισμένη κατάσταση, εξακολουθεί όμως να παρουσιάζει πρόβλημα αφού η τιμή του H' είναι επίσης μικρότερη του 2.

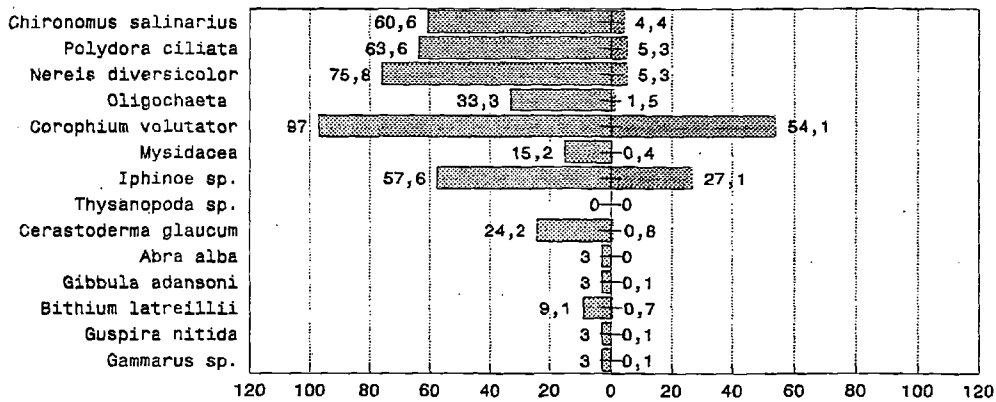
**ΠΙΝΑΚΑΣ 4:** Οικολογικοί δείκτες της λίμνης Βιστωνίδας και των επιμέρους βιοκοινωνιών της.

	H'	N1	N2	E5
Βιοκοινωνία 1	0,75	2,12	1,79	0,71
Βιοκοινωνία 2	1,32	3,74	2,70	0,82
Βιοκοινωνία 3	0,52	1,68	1,28	0,41
Βιστωνίδα	1,35	3,86	2,94	0,68

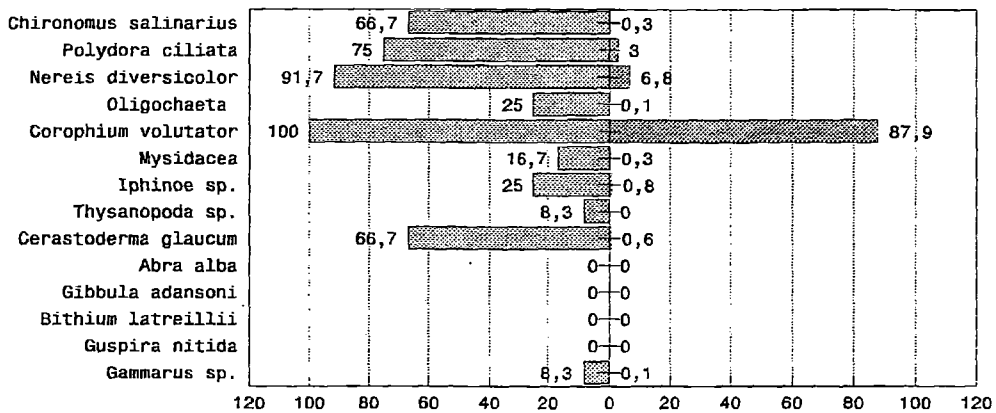
### ΒΙΟΚΟΙΝΩΝΙΑ 1



### ΒΙΟΚΟΙΝΩΝΙΑ 2



### ΒΙΟΚΟΙΝΩΝΙΑ 3



**ΕΙΚΟΝΑ 13:** Ιστογράμματα με τα ποσοστά εμφάνισης και απθονίας των βενθικών οργανισμών για τις τρεις βιοκοινωνίες της λίμνης Βιστωνίδας, όπως αυτές χωρίστηκαν από την CLUSTER ανάλυση.

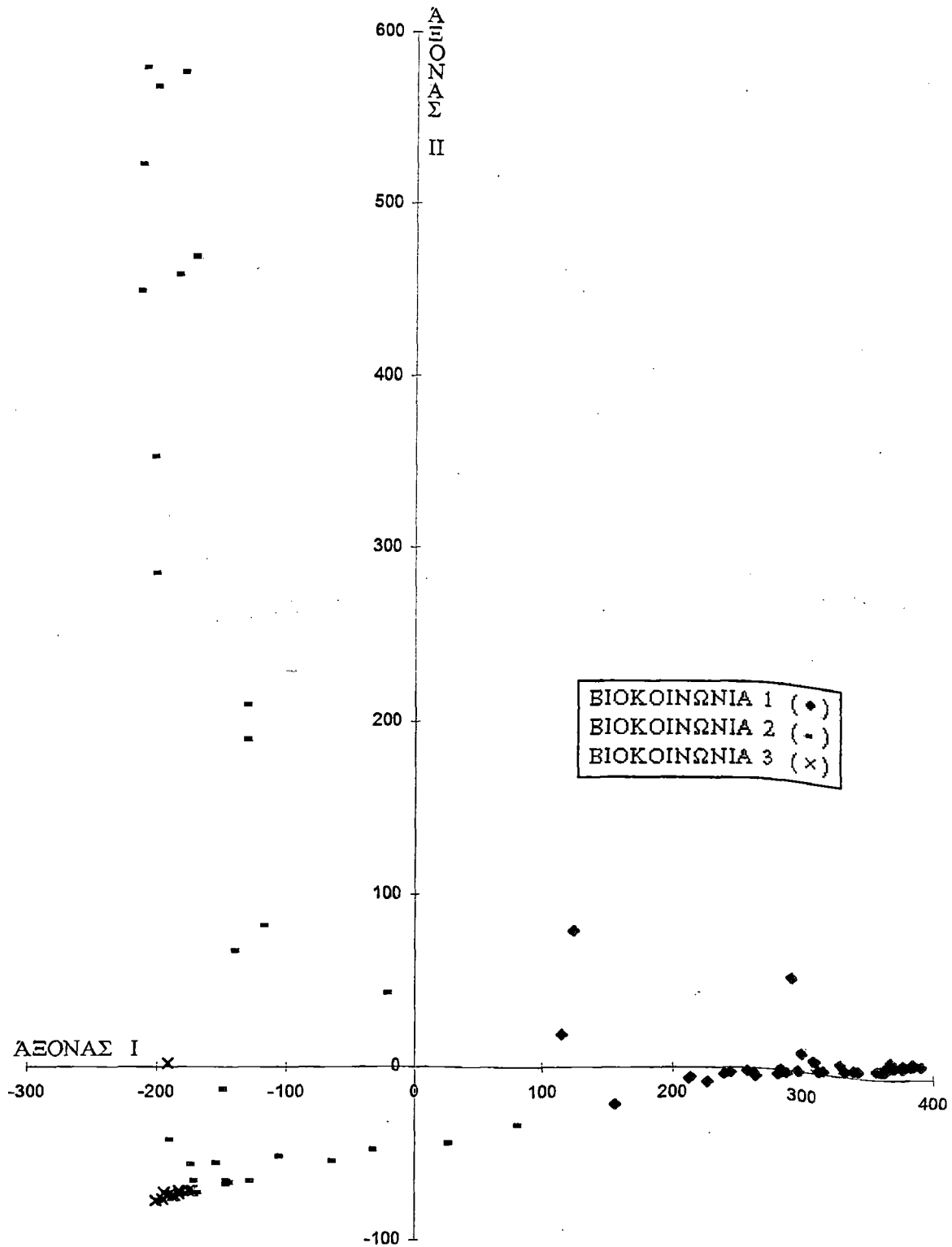
**ΠΙΝΑΚΑΣ 5:** Μέσες τιμές και 95% όρια εμπιστοσύνης μετά από την εφαρμογή της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ και του ελέγχου του TUKEY. Οι τιμές του υποστρώματος είναι διάμεσοι με όρια εμπιστοσύνης το πρώτο και τρίτο τεταρτημόριο.

Φυσικοχημικά	Βιοκοινωνία	Μέσες τιμές	Όρια εμπιστοσύνης (95 %)	
Νιτρικά (NO <sub>3</sub> -N, mg/l)	1	0,053	0,047	0,058
	2	0,058	0,051	0,066
	3	0,067	0,058	0,076
Νιτρώδη (NO <sub>2</sub> -N,	1	0,006	0,005	0,006
	2	0,006	0,005	0,007
	3	0,007	0,006	0,007
Αμμωνιακά (NH <sub>4</sub> -N,	1	0,317	0,287	0,347
	2	0,369	0,331	0,407
	3	0,395	0,352	0,438
Φωσφορικά (PO <sub>4</sub> -P, mg/l)	1	0,436	0,398	0,474
	2	0,498	0,436	0,560
	3	0,527	0,433	0,621
Θειικά (SO <sub>4</sub> =, mg/l)	1	1382,7	1331,5	1434,0
	2	1396,5	1325,0	1468,0
	3	1489,4	1380,1	1598,8
Σκληρότητα (mg/l,	1	1200,7	1132,3	1269,2
	2	1175,8	1091,5	1260,1
	3	1073,7	938,0	1209,5
Θολερότητα (F.T.U.)	1	11,51	10,38	12,64
	2	12,79	11,68	13,89
	3	13,17	11,52	14,81
Χρώμα (mg/l, Pt)	1	80,72	73,28	88,17
	2	86,55	76,50	96,59
	3	95,25	83,65	106,85
Βάθος (m)	1	2,62	2,47	2,76
	2	1,11	0,98	1,24
	3	1,16	0,80	1,52
Θερμοκρασία (C°)	1	25,2	25,1	25,2
	2	25,2	25,1	25,4
	3	25,0	24,8	25,2
pH	1	7,64	7,60	7,67
	2	7,59	7,49	7,69
	3	7,35	7,24	7,45
Οξυγόνο (mg/l)	1	5,45	5,26	5,64
	2	5,07	4,82	5,31
	3	4,92	4,59	5,26
Αγωγιμότητα (mmhos/cm)	1	17,91	17,66	18,16
	2	17,70	17,35	18,05
	3	17,72	17,33	18,11
Διαφάνεια (Secchi, m)	1	0,95	0,91	0,98
	2	0,85	0,75	0,95
	3	0,84	0,70	0,98
Αλατότητα (‰)	1	8,59	8,50	8,68
	2	8,79	8,29	9,28
	3	8,58	8,44	8,71
Υπόστρωμα (τύπος)	1	4	4	4
	2	2	1	3
	3	3	2	3

**ΠΙΝΑΚΑΣ 6:** Μέσες τιμές και 95% όρια εμπιστοσύνης μετά από την εφαρμογή της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ και του ελέγχου του TUKEY. Έγινε λογαριθμικός μετασχηματισμός ( $\log(x + 1)$ ), εφαρμόστηκε η παραπάνω στατιστική επεξεργασία και οι τιμές του πίνακα προέρχονται από αντιλογαρίθμηση.

Βενθικοί οργανισμοί	Βιοκοινωνία	Μέση τιμή	Όρια εμπιστοσύνης (95%)	
Chironomus salinarius	1	1562,8	10 16,0	239 1,5
	2	61,5	31,8	102,7
	3	43,2	15,5	83,7
Polydora ciliata	1	572,0	380,1	850,4
	2	75,4	40,0	125,5
	3	153,1	39,1	424,1
Nereis diversicolor	1	46,9	27,9	70,8
	2	92,8	55,2	144,4
	3	521,5	175,2	1413,6
Oligochaeta	1	1,5	0	3,8
	2	21,5	7,4	39,4
	3	10,2	0	26,0
Corophium volutator	1	6,3	1,0	12,3
	2	896,1	565,0	1407,2
	3	14502,5	11312,8	18588,2
Mysidacea	1	0,8	0	2,3
	2	7,2	0,4	15,1
	3	14,8	0	55,0
Iphinoe sp.	1	3,2	0	7,3
	2	153,6	62,7	321,8
	3	27,1	0	95,1
Thysanopoda	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	2,6	0	9,0
Cerastoderma glaucum	1	10,0	1,6	20,1
	2	12,4	3,0	23,7
	3	68,2	23,3	143,0
Abra alba	1	2,3	0	5,1
	2	0,9	0	2,9
	3	0	0	0
Gibbula adansoni	1	0	0	0
	2	1,5	0	4,7
	3	0	0	0
Bithium latreillii	1	0	0	0
	2	5,9	0	15,5
	3	0	0	0
Guspira nitida	1	0	0	0
	2	1,5	0	4,7
	3	0	0	0
Gammarus sp.	1	0	0	0
	2	1,5	0	4,7
	3	6,4	0	23,8





**ΕΙΚΟΝΑ 14:** Συνδυασμός της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΑΜΟΙΒΑΙΩΝ ΣΥΝΙΣΤΩΣΩΝ και της ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ. Οι δειγματοληπτικοί σταθμοί είναι τοποθετημένοι στους άξονες με βάση τα αποτελέσματα της πρώτης μεθόδου, αλλά έχουν διαχωριστεί οπτικά με βάση των χωρισμό των βιοκοινωνιών από την δεύτερη μέθοδο.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7:** Αποτελέσματα της μεθόδου ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ που εφαρμόστηκε στους βενθικούς οργανισμούς της λίμνης Βιστωνίδας.

Chironomus salinarius

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	31.106	15.553	67.90	0.000
ERROR	83	19.013	0.229		
TOTAL	85	50.119			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	1.5583	0.5720	(--*--)
2	33	0.3773	0.4025	(--*--)
3	12	0.2949	0.2598	(----*----)

POOLED STDEV = 0.4786

0.50 1.00 1.50

Polydora ciliata

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	9.574	4.787	19.67	0.000
ERROR	83	20.202	0.243		
TOTAL	85	29.776			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	1.1421	0.5129	(----*----)
2	33	0.4307	0.4281	(---*---)
3	12	0.6485	0.5890	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.4934

0.30 0.60 0.90 1.20

Nereis diversicolor

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	5.825	2.913	17.76	0.000
ERROR	83	13.610	0.164		
TOTAL	85	19.436			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	0.3127	0.3208	(--*--)
2	33	0.4896	0.3910	(--*--)
3	12	1.1049	0.6468	(----*----)

POOLED STDEV = 0.4049

0.35 0.70 1.05 1.40

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: (Συνέχεια)

Oligochaeta

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.4487	0.2244	5.72	0.005
ERROR	83	3.2554	0.0392		
TOTAL	85	3.7041			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	0.0147	0.0657	(-----*-----)
2	33	0.1713	0.2943	(-----*-----)
3	12	0.0899	0.1684	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.1980

0.000 0.080 0.160 0.240

Corophium volutator

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	66.325	33.163	267.36	0.000
ERROR	83	10.295	0.124		
TOTAL	85	76.620			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	0.0581	0.1533	(-*)
2	33	1.3256	0.5315	(-*)
3	12	2.5150	0.1691	(-*--)

POOLED STDEV = 0.3522

0.00 0.80 1.60 2.40

Mysidacea

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.1494	0.0747	2.58	0.082
ERROR	83	2.4040	0.0290		
TOTAL	85	2.5534			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	0.0073	0.0470	(-----*-----)
2	33	0.0654	0.1736	(-----*-----)
3	12	0.1254	0.3505	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.1702

0.000 0.080 0.160 0.240

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: (Συνέχεια)

Iphinoe sp.

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	7.097	3.549	14.05	0.000
ERROR	83	20.969	0.253		
TOTAL	85	28.066			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+
1	41	0.0306	0.1126	(-----*-----)
2	33	0.6492	0.7536	(-----*-----)
3	12	0.2071	0.4559	(-----*-----)
POOLED STDEV = 0.5026				-----+-----+-----+-----+
				0.00 0.30 0.60 0.90

Thysanopoda

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.00650	0.00325	3.25	0.044
ERROR	83	0.08307	0.00100		
TOTAL	85	0.08957			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+
1	41	0.00000	0.00000	(-----*-----)
2	33	0.00000	0.00000	(-----*-----)
3	12	0.02509	0.08690	(-----*-----)
POOLED STDEV = 0.03164				-----+-----+-----+-----+
				0.000 0.015 0.030

Cerastoderma glaucum

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.9811	0.4906	8.02	0.001
ERROR	83	5.0787	0.0612		
TOTAL	85	6.0598			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+
1	41	0.0884	0.2329	(-----*-----)
2	33	0.1072	0.2218	(-----*-----)
3	12	0.4040	0.3483	(-----*-----)
POOLED STDEV = 0.2474				-----+-----+-----+-----+
				0.15 0.30 0.45

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: (Συνέχεια)

Abra alba

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.00578	0.00289	0.71	0.497
ERROR	83	0.33984	0.00409		
TOTAL	85	0.34562			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+-
1	41	0.02203	0.07937	(-----*-----)
2	33	0.00912	0.05240	(-----*-----)
3	12	0.00000	0.00000	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-
POOLED STDEV = 0.06399				-0.025 -0.000 0.025 0.050

Gibbula adansonii

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.00425	0.00213	0.80	0.453
ERROR	83	0.22075	0.00266		
TOTAL	85	0.22500			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+-
1	41	0.00000	0.00000	(-----*-----)
2	33	0.01446	0.08306	(-----*-----)
3	12	0.00000	0.00000	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-
POOLED STDEV = 0.05157				-0.020 0.000 0.020 0.040

Bithium latreillii

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.0590	0.0295	1.67	0.195
ERROR	83	1.4686	0.0177		
TOTAL	85	1.5277			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+-
1	41	0.0000	0.0000	(-----*-----)
2	33	0.0539	0.2142	(-----*-----)
3	12	0.0000	0.0000	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-
POOLED STDEV = 0.1330				-0.050 -0.000 0.050 0.100

ΠΙΝΑΚΑΣ 7: (Συνέχεια)

Guspira nitida

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.00425	0.00213	0.80	0.453
ERROR	83	0.22075	0.00266		
TOTAL	85	0.22500			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	0.00000	0.00000	(-----*-----)
2	33	0.01446	0.08306	(-----*-----)
3	12	0.00000	0.00000	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.05157

-0.020   0.000   0.020   0.040

Gammarus sp.

ANALYSIS OF VARIANCE ON C39

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.03153	0.01576	1.96	0.148
ERROR	83	0.66859	0.00806		
TOTAL	85	0.70012			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	0.00000	0.00000	(-----*-----)
2	33	0.01446	0.08306	(-----*-----)
3	12	0.05825	0.20178	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.08975

0.000   0.040   0.080

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8:** Αποτελέσματα της μεθόδου ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗΣ που εφαρμόστηκε στις φυσικοχημικές παράμετρους της λίμνης Βιστωνίδας.

Νιτρικά

ANALYSIS OF VARIANCE ON nitrate

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.002033	0.001017	2.83	0.065
ERROR	82	0.029489	0.000360		
TOTAL	84	0.031522			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	40	0.05300	0.01814	(-----*-----)
2	33	0.05848	0.02123	(-----*-----)
3	12	0.06750	0.01422	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.01896      0.050   0.060   0.070   0.080

Νιτρώδη

ANALYSIS OF VARIANCE ON nitrite

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.0000135	0.0000067	1.39	0.255
ERROR	82	0.0003986	0.0000049		
TOTAL	84	0.0004120			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	40	0.005625	0.002415	(-----*-----)
2	33	0.005879	0.002233	(-----*-----)
3	12	0.006833	0.001030	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.002205      0.0050   0.0060   0.0070   0.0080

Αμμωνιακά

ANALYSIS OF VARIANCE ON n.am/um

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.1849	0.0924	2.08	0.131
ERROR	82	3.6414	0.0444		
TOTAL	84	3.8262			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	40	0.3170	0.0950	(-----*-----)
2	33	0.4148	0.3181	(-----*-----)
3	12	0.3950	0.0683	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.2107      0.320   0.400   0.480

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8: (Συνέχεια)**

Φωσφορικά

ANALYSIS OF VARIANCE ON phos/ate

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.2317	0.1159	2.69	0.074
ERROR	81	3.4832	0.0430		
TOTAL	83	3.7149			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	40	0.4363	0.1195	(-----*-----)
2	32	0.5459	0.2943	(-----*-----)
3	12	0.5267	0.1480	(-----*-----)

POOLED STDEV = 0.2074

0.400 0.480 0.560 0.640

Θειικά

ANALYSIS OF VARIANCE ON sulfate

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	107884	53942	1.67	0.194
ERROR	83	2680092	32290		
TOTAL	85	2787976			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	1382.7	162.3	(-----*-----)
2	33	1396.5	201.6	(-----*-----)
3	12	1489.4	172.1	(-----*-----)

POOLED STDEV = 179.7

1360 1440 1520 1600

Σκληρότητα

ANALYSIS OF VARIANCE ON har/s,ca

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	99770	49885	1.41	0.252
ERROR	58	2051607	35373		
TOTAL	60	2151377			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	27	1200.7	173.0	(-----*-----)
2	26	1175.8	208.7	(-----*-----)
3	8	1073.7	162.4	(-----*-----)

POOLED STDEV = 188.1

1000 1100 1200 1300



ΠΙΝΑΚΑΣ 8: (Συνέχεια)

Θολερότητα

ANALYSIS OF VARIANCE ON turb/ity

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	41.9	21.0	1.94	0.150
ERROR	83	897.4	10.8		
TOTAL	85	939.3			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	11.512	3.579	(-----*-----)
2	33	12.788	3.120	(-----*-----)
3	12	13.167	2.588	(-----*-----)

POOLED STDEV = 3.288

10.5 12.0 13.5 15.0

Χρώμα

ANALYSIS OF VARIANCE ON col/r,pt

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	2070	1035	1.68	0.192
ERROR	82	50448	615		
TOTAL	84	52519			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	40	80.72	23.27	(-----*-----)
2	33	86.55	28.32	(-----*-----)
3	12	95.25	18.25	(-----*-----)

POOLED STDEV = 24.80

80 90 100

Βάθος

ANALYSIS OF VARIANCE ON depth

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	48.106	24.053	121.02	0.000
ERROR	83	16.496	0.199		
TOTAL	85	64.602			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	
1	41	2.6171	0.4638	(--*)
2	33	1.1061	0.3665	(-*)
3	12	1.1583	0.5716	(-*)

POOLED STDEV = 0.4458

1.20 1.80 2.40 3.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 8: (Συνέχεια)

Θερμοκρασία

ANALYSIS OF VARIANCE ON temp/ure

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.3389	0.1695	2.05	0.135
ERROR	83	6.8570	0.0826		
TOTAL	85	7.1959			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----			
1	41	25.202	0.147			(---*---)	
2	33	25.224	0.399			(---*---)	
3	12	25.033	0.284	(-----*-----)			
POOLED STDEV = 0.287				24.90	25.05	25.20	25.35

pH

ANALYSIS OF VARIANCE ON ph

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.7909	0.3955	9.70	0.000
ERROR	83	3.3827	0.0408		
TOTAL	85	4.1736			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----			
1	41	7.6366	0.1147			(---*---)	
2	33	7.5882	0.2828			(---*---)	
3	12	7.3458	0.1645	(-----*-----)			
POOLED STDEV = 0.2019				7.35	7.50	7.65	

Οξύνοο

ANALYSIS OF VARIANCE ON dis,O2

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	4.003	2.002	5.10	0.008
ERROR	83	32.558	0.392		
TOTAL	85	36.561			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----			
1	41	5.4512	0.5917			(-----*-----)	
2	33	5.0667	0.6954			(-----*-----)	
3	12	4.9250	0.5294	(-----*-----)			
POOLED STDEV = 0.6263				4.80	5.10	5.40	

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8: (Συνέχεια)**

Αγωγιμότητα

ANALYSIS OF VARIANCE ON agogimot

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.901	0.451	0.64	0.531
ERROR	82	57.899	0.706		
TOTAL	84	58.800			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+
1	41	17.910	0.788	(-----*-----)
2	32	17.698	0.965	(-----*-----)
3	12	17.722	0.617	(-----*-----)
POOLED STDEV = 0.840				-----+-----+-----+-----+
				17.40 17.70 18.00 18.30

Διαφάνεια

ANALYSIS OF VARIANCE ON secchi

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.1386	0.0693	3.70	0.031
ERROR	59	1.1047	0.0187		
TOTAL	61	1.2433			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+
1	40	0.9462	0.1130	(-----*-----)
2	16	0.8516	0.1856	(-----*-----)
3	6	0.8375	0.1339	(-----*-----)
POOLED STDEV = 0.1368				-----+-----+-----+-----+
				0.800 0.880 0.960

Αλατότητα

ANALYSIS OF VARIANCE ON salinity

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	0.815	0.408	0.51	0.603
ERROR	83	66.556	0.802		
TOTAL	85	67.371			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	--+-----+-----+-----+-----
1	41	8.5917	0.2938	(-----*-----)
2	33	8.7885	1.3987	(-----*-----)
3	12	8.5775	0.2136	(-----*-----)
POOLED STDEV = 0.8955				--+-----+-----+-----+-----
				8.10 8.40 8.70 9.00

**ΠΙΝΑΚΑΣ 8:** (Συνέχεια)

Υπόστρωμα

ANALYSIS OF VARIANCE ON ypostrom

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
pd-fl	2	61.899	30.949	55.78	0.000
ERROR	83	46.055	0.555		
TOTAL	85	107.953			

INDIVIDUAL 95 PCT CI'S FOR MEAN  
BASED ON POOLED STDEV

LEVEL	N	MEAN	STDEV	-----+-----+-----+-----+			
1	41	3.8293	0.6672				(---*--)
2	33	2.0000	0.8660	(---*--)			
3	12	2.7500	0.6216	(----*----)			
POOLED STDEV = 0.7449				-----+-----+-----+-----+			
				2.10	2.80	3.50	4.20

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην λίμνη Βιστωνίδα βρέθηκαν 14 βενθικοί οργανισμοί. Η χωρική κατανομή τους επηρεάζεται από λίγες φυσικοχημικές παραμέτρους, αφού κατά την περίοδο της δειγματοληψίας (Ιούλιος 1992) τα νερά ήταν στάσιμα και δεν παρουσιάζονταν μεταβολή σε αυτές. Η κατανομή των οργανισμών επηρεάζεται από το υπόστρωμα της λίμνης και το βάθος της, ενώ το pH επηρεάζει λίγα είδη και σε μικρό βαθμό.

Το Chironomus salinarius και το Polydora ciliata είναι κυρίαρχα είδη και παρουσιάζονται κυρίως στα βαθιά νερά με μαύρο ιλυώδες υπόστρωμα. Το Nereis diversicolor είναι επίσης κυρίαρχο είδος και προτιμά τα μεσαία βάθη και ίσως τα ρέοντα ύδατα. Το Corophium volutator είναι και αυτό κυρίαρχο είδος και το πολυπληθέστερο της λίμνης. Συνυπάρχει στην παραλιακή ζώνη της λίμνης μαζί με τους Ολιγόχαιτους (Oligochaeta), τα Mysidacea και το Iphinoe sp., που βρίσκεται στα πιο ρηχά νερά της λίμνης. Τα είδη αυτά προτιμούν γενικώς αμμώδη και αμμολασπώδη υποστρώματα. Στην Βιστωνίδα υπάρχει ακόμα το Cerastoderma glaucum, ένα μοναχικό είδος που βρίσκεται παντού στην λίμνη και άλλα 6 είδη τα οποία βρέθηκαν σε πολύ μικρά ποσοστά εμφάνισης και αφθονίας στα σύνορα λίμνης-λιμνοθάλασσας. Αυτά είναι τα Thysanopoda sp., Abra alba, Gibbula adansonii, Bithium latreillii, Guspira nitida και το Gammarus sp., το οποίο επιπλέον προτιμά τα ρέοντα ύδατα.

Η Βιστωνίδα είναι μία ρηχή λίμνη που επικοινωνεί σε πολλά σημεία με την ομώνυμη λιμνοθάλασσα και έτσι παρουσιάζει αυξημένη αλατότητα. Το διαλυμένο οξυγόνο βρίσκεται σε μέτρια επίπεδα συγκέντρωσης λόγω της εποχής της δειγματοληψίας, κάτι που συμφωνεί και με την αυξημένη θερμοκρασία. Η διαφάνεια είναι μειωμένη στα ρηχά λόγω αυξημένης συγκέντρωσης πλαγκτού και αιωρούμενων σωματιδίων. Η θολερότητα είναι μειωμένη στα βαθιά νερά λόγω μικρότερης διατάραξης του πυθμένα και τα νιτρόδη μαζί με το χρώμα είναι μειωμένα στην νότια μη παραλιακή ζώνη της λίμνης.

Στην λίμνη εισρρέουν νερά πλούσια σε θρεπτικά άλατα και οργανική ύλη, που προέρχονται από αστικά λύματα, απόβλητα και έκπλυση των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων από τα χωράφια. Αυτά εισρρέουν κυρίως από τον ποταμό Κόσυνθο. Αν και η στιγμαία μελέτη των φυσικοχημικών παραμέτρων (τρεις ημέρες) είναι υποκειμενική σε σχέση με αυτή του βένθους, εντούτοις υπάρχουν πολλές ενδείξεις που δείχνουν ότι το περιβάλλον της Βιστωνίδας διαταράσσεται πέραν του φυσιολογικού. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις των νιτρικών και των φωσφορικών

αλάτων θα μπορούσαν να χαρακτηρίσουν την λίμνη εύτροφη και η διαχρονική αύξηση της αγωγιμότητας μαρτυρεί την πορεία του περιβάλλοντος προς στάδιο ευτροφισμού.

Η διαταραχή του οικοσυστήματος της Βιστωνίδας φαίνεται και από τον χωρισμό αυτής σε τρεις επιμέρους βιοκοινωνίες μετά από στατιστική επεξεργασία με βάση τις βενθικές αφθονίες. Η Βιοκοινωνία 1 αντιστοιχεί στο βαθύ μη παραλιακό τμήμα της λίμνης που αποτελείται εξ' ολοκλήρου από μαύρο ιλυώδες υπόστρωμα, πράγμα που υποδηλώνει ύπαρξη ανοξικών συνθηκών. Στην βιοκοινωνία αυτή κυριαρχούν τα είδη Chironomus salinarius και Polydora ciliata, ενώ οι οικολογικοί δείκτες της δείχνουν αρκετά μικρή ποικιλότητα και ομοιομορφία και εξηγεί το γεγονός αυτό όχι μόνο λόγω του μεγαλύτερου βάθους, αλλά και λόγω της οικολογικής διατάραξης της περιοχής.

Η Βιοκοινωνία 2 αντιστοιχεί στην παραλιακή ζώνη της λίμνης με αμμώδη και αμμωλασπώδη υποστρώματα και με αυξημένο pH και οξυγόνο λόγω φωτοσύνθεσης. Εδώ κυριαρχούν το Corophium volutator και το Irbiniopsis sp. και οι οικολογικοί δείκτες δείχνουν ότι η περιοχή η λιγότερο υποβαθμισμένη της λίμνης, με μεγαλύτερη ποικιλότητα, εξακολουθεί όμως να μην είναι ισορροπημένη.

Η Βιοκοινωνία 3 κυρίως περιλαμβάνει τις εκβολές του Κόσυνθου και μερικών άλλων ποταμών και ενός στομίου επαφής με την λιμνοθάλασσα. Έχει καφέ ιλυώδες υπόστρωμα, χαμηλό pH λόγω αυξημένης αποικοδόμησης και ουσιαστικά έχει ένα κυρίαρχο είδος το Corophium volutator το οποίο φαίνεται να είναι ανθεκτικό στην ρύπανση. Πράγματι η αποκλειστική περιοχή των εκβολών του, εκτός του χαμηλού pH, παρουσιάζει και μεγάλη αύξηση των θειϊκών και των νιτρικών και δείχνει ξεκάθαρα ότι αποτελεί την κύρια εστία μόλυνσης της Βιστωνίδας. Αυτό φαίνεται και από τους οικολογικούς δείκτες της βιοκοινωνίας αυτής, που είναι οι χειρότεροι της λίμνης.

Βλέπουμε λοιπόν ότι η λίμνη της Βιστωνίδας είναι ένα υποβαθμισμένο περιβάλλον και θα μπορούσε κάλλιστα να χαρακτηριστεί και ως εύτροφη. Ακόμα και αν υποθέσουμε ότι οι πολλές ενδείξεις των φυσικοχημικών, που δείχνουν κάτι τέτοιο, είναι υποκειμενικές για τους λόγους που έχουν αναφερθεί, οι οικολογικοί δείκτες που βασίζονται στους βενθικούς οργανισμούς δεν αφήνουν περιθώριο αμφιβολίας.

Η ιχθυοπαραγωγή έχει ήδη μειωθεί διαχρονικά λόγω μείωσης του βάθους από τις προσχώσεις του Κόσυνθου και αν δεν αντιμετωπιστούν οι εστίες ρύπανσης, η κατάσταση θα χειροτερεύσει. Ο σύγχρονος βιολογικός καθαρισμός της Ξάνθης θα αρχίσει να αποδίδει σιγά σιγά καρπούς, αλλά πάντα υπάρχουν και μικρότερες

ανεξέλεγκτες εστίες μόλυνσης και δεν πρέπει να ξεχνάμε και την αλόγιστη χρήση λιπασμάτων. Έχει υπάρξει ήδη ευαισθητοποίηση από πλευράς πολιτείας και επιστημονικής κοινότητας και υπάρχουν ήδη πολλές προτάσεις-λύσεις. Ελπίζουμε ότι κάποιες από αυτές θα εφαρμοστούν καθ'ότι το οικοσύστημα της Βιστωνίδας γενικότερα είναι ένας σημαντικός υδροβιότοπος.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΡΙΣΤ. ΠΑΝ. ΘΕΣ. 1985 : Πρότυπο πρόγραμμα για την προστασία της λίμνης Βιστωνίδας. Οι διάφορες μορφές ρύπανσης.
- ΑΡΙΣΤ. ΠΑΝ. ΘΕΣ. 1985: Μελέτη Βιστωνίδας.  
Εργαστ. Ελέγχ. Ρύπ. Περιβ.
- BARNES R. S. K. 1974: Estuarine biology.  
Camelot press Ltd, Southampton.
- BARNES R. S. K., DOREY A. E., LITTLE C. 1971: An ecological study of a pool subject to varying salinity (Swanpool, Fallmouth).  
Journal of animal ecology: 709-734.
- BOYDEN C. R., RUSSELL P. J. C. 1972: The distribution and habitat range of the brackish water cockle *Cardium (Cerastoderma) glaucum* in the British Isles.  
Journal of animal ecology: 719-734.
- BRINKHURST R. O. 1963: Taxonomical studies on the Tubificidae (Annelida, Oligochaeta).  
Kunst und Wissen, Stuttgart.
- BRINKHURST R. O. 1974: The Benthos of lakes.  
The Macmillan Press Ltd.
- CHAMBERS M. R. MILNE H. 1974: Life cycle and production of *Nereis diversicolor* O. F. Muller in the Ythan Estuary, Scotland.  
Estuarine and coastal marine 3: 133-144.
- CURTIS D. J., SMYTH J. C. 1982: Variations in densities of invertebrate benthos of the Clyde estuary tidal flats.  
Chemistry in ecology, Vol. 1: 57-60.
- DAUER D. M., EWING R. M., RODE A. J. 1987: Macrobenthic distribution within the sediment along an estuarine salinity gradient.  
Tnt. Reveu ges. Hydrobiol. 72 (5) 529-538.
- FENCHEL T., KOFOED L. H., LAPPALAINEN A. 1975: Particle size-selection of two deposit feeders: the amphipod *Corophium volutator* and the Prosobranch *Hydrobia Ulvae*.  
Marine biology 30: 119-128.
- GRAVINA M. F., ARDIZZONE G. D., SCALETTA F., CHIMENZ C. 1989: Descriptive Analysis and Classification of benthic communities in some Mediterranean coastal lagoons (Central Italy).  
P. S. Z. N. I: Marine ecology, 10 (2): 141-166.
- HUNT O. D. 1971: Holkham Salts Hole, an isolated salt-water pond with relict features. An account based on studies by the late C. F. A. Pantin.  
J. Mar. Biol. Ass. U.K. 51: 717-741.
- JARAMILLO E., MULSOW S., PINO M., FIGUEROA H. 1984: Subtidal benthic macroinfauna in an estuary of South Chile: distribution Pattern in Relation to Sediment Types.  
P. S. Z. N. I: Marine ecology, 5 (2): 119-133.
- KINGSTON P. 1974: Some observations on the effects of temperature and salinity upon the of *Cardium edule* and *Cardium glaucum* larvae in the laboratory.  
J. Mar. Biol. Ass. U.K. 54: 309-317.



- KOYΣOYPH Θ., ΔΙΑΠΟΥΛΗ Α., ΦΩΤΗ Γ. 1985: Αξιοποίηση και προστασία των εσωτερικών υδάτων της χώρας.  
Αριστ. Παν. Θεσ.
- LUDWIG J. A., REYNOLDS J. F., 1988: Statistical Ecology. A primer on methods and computing.  
John Wiley & Sons, Inc.
- MARCHAND J., GASCUEL D. 1988: Seasonal dynamics of the zoobenthic communities in the mesoaline zone of the Loire Estuary (France).  
Hydrobiologia 160: 129-139.
- MEADOWS P. S. 1964: Substrate selection by *Corophium* species: the particle size of substrates.  
Marine science: 387-394.
- McLUSKY D. S. 1968: Some effects of salinity on the distribution and abundance of *Corophium volutator* in the Ythan Estuary.  
J. Mar. Biol. Ass. U.K. 48: 443-454.
- McLUSKY D. S. 1981: The Estuarine Ecosystem.  
Thomson Litho Ltd, East Kilbride, Scotland.
- ΜΠΑΜΠΑΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ Χ., ΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ Β. 1989: Υδρολογικά στοιχεία της λίμνης Βιστωνίδας.  
Αριστ. Παν. Θεσ.
- ΝΕΟΦΥΤΟΥ Χ. 1989: Η ιχθυοπανία στη λίμνη Βιστωνίδα.  
Αριστ. Παν. Θεσ.
- NIKOLAIDOU A., BOURGOUTZANI F., ZENETOS A., GUELORGET O. PERTHUISOT J. P. 1988: Distribution of Molluscs and Polychaetes in Greece.  
Estuary, coastal and shelf science 26: 337-350.
- ΠΕΤΡΙΔΗΣ Δ. 1990: Βιομετρία II.  
ΤΕΙ Μεσολογγίου.
- PINDER L. C. V., REISS F. 1983: The larvae of Chironominae-Keys and diagnoses.  
Ent. Scand. Suppl. 19.
- QUINTINI V., RODRIGUES A. M., GENTIL F., PENEDA M. C. 1987: Macrozoobenthic community structure in the lagoon of Albufeira, western coast of Portugal.  
J. Exp. Mar. Biol. Ecol.: 229-241.
- SCONFIETTI R. 1988: Researches on spatial distribution of Amphipods, Isopods and Tanaids (Peracarida) in a Mediterranean Estuary (River Dese, lagoon of Venice).  
Crustacea 55 (2) 193-201.
- WEBB C. J., SCHOLL A. 1985: Identification of larvae of European species of *Chironomus meigen* (Diptera: Chironomidae) by morphological characters.  
Systematic Entomology 10: 353-372.
- WONES A. G, LARSON G. L. 1991: The benthic macroinvertebrate community in a coastal sand dune lake relative to habitat and lake levels.  
Hydrobiologia 213: 167-181.
- WOOD E. M. 1987: Subtidal Ecology.  
Whitstable Litho, Whitstable, Kent.
- ΨΑΛΤΟΠΟΥΛΟΥ Χ. 1994: Υδάτινο περιβάλλον-Ρύπανση-Ιχθυοπαραγωγή Βιστωνίδας.  
Αλιευτικά Νέα.