

ΛΙΜΝΟΛΟΓΙΑ - ΠΟΤΑΜΟΛΟΓΙΑ

Εβδομάδα 02-06/04/2012

Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Διδάσκων: Κωνσταντίνος Αρ. Κορμάς
E-mail: kkormas@uth.gr

Λιμναίο φυτοπλαγκτόν

- Βιοκοινωνίες
- Αβιοτικοί παράγοντες που επιδρούν στις φυτοπλαγκτονικές κοινωνίες
- Εποχική διαδοχή
- r- και K- επιλογή στη διαδοχή των φυτοπλαγκτικών κοινωνιών.
- Θνησιμότητα

Μελέτη

Wetzel (2006) Λιμνολογία. Εκδόσεις Κωσταράκη, Αθήνα
Κεφ. 15, σ. 375-386 (Κεφ. II-IV.B.), σ. 389-391 (Κεφ. IV.B.2.), σ. 397-411
(Κεφ. VIII-IX)

Προτεινόμενη βιβλιογραφία

Graham LE, Wilcox LW (2011) Φύκη. Εκδόσεις Κωσταράκη, Αθήνα

Βιοκοινωνίες...

- Τεράστια διακύμανση ως προς το μέγεθος
- Λειτουργικός διαχωρισμός
 - Αύξηση και διαδοχή

Όρος	Εύρος μεγέθους (μm)
Φεμτοπλαγκτόν (Femtoplankton)	0.01–0.2
Υπερπλαγκτόν (Ultraplankton)	0.2–20
Πικοπλαγκτόν (Picoplankton)	0.2–2.0
Νανοπλαγκτόν (Nanoplankton)	2.0–20
Μικροπλαγκτόν (Microplankton)	20–200
Μεσοπλαγκτόν (Mesoplankton)	200–20,000

Βιοκοινωνίες...

Σύγκριση των λειτουργικών γνωρισμάτων του υπερ- και μικροφυτοπλαγκτού

Γνώρισμα	Υπερπλαγκτόν	Μικροπλαγκτόν
Μέγεθος	0.2–20 μm	20–200 μm
Κυρία φυσική διεργασία που καθορίζει την παροχή θρεπτικών	Μοριακή διάχυση	Τύρβη, κίνηση υδάτων
Μορφή	Απλή, μονοκύτταρη	Περίτεχνη, συχνά αποικιακή
Αεροτόπια στα κυανοβακτήρια	Απόντα	Παρόντα
Χρόνοι γενεάς	Ώρες	Ημέρες
Σχετικός χρόνος γενεάς των θηρευτών	Ίσος	Πολύ μακρύτερος
Διακυμάνση στις πυκνότητες των φυσικών πληθυσμών	$10-10^2$	10^3-10^5

Wetzel (2006)

Βιοκοινωνίες...

Πικοπλαγκτόν

- Κυρίως *Synechococcus*, <1 μm, ≥300.000/ml, ευρύοικα
- Τύπου-*Chlorella*, 1,2-2 μm, και σε ακραία & δύστροφα περιβάλλοντα

Υπερπλαγκτόν

- ≤ 20 μm, κατάλληλη διάμετρος ώστε κατά τη βύθιση ή κολύμβηση → αυξάνεται η ροή θρεπτικών
- Μονοκύτταροι, χρόνοι γενεάς μερικών ωρών
- Σημαντικό θήραμα μαστιγωτών

Μικροπλαγκτόν

- 20-200 μm
- Μικρότερη ευαισθησία σε θήρευση από μαστιγωτά
- Αναποτελεσματική αύξηση σε χαμηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών
- Διάτομα (μεγαλύτερα, ακίνητα) και Δινομαστιγωτά (μικρότερα, κίνηση με μαστίγια), Κυανοβακτήρια (ρύθμιση πλευστότητας με αεροτόπια)

Βιοκοινωνίες...

Αναλύσεις χλωροφύλλης και πρωτεγενοϋς παραγωγικότητας → μεγαλύτερη συνεισφορά των μικρότερων ομάδων σε ολιγότροφα νερά και αντίστροφα σε πιο εύτροφα νερά.

Εποχική επικράτηση: χειμώνα/άνοιξη επικρατούν τα μικρότερα είδη

Ανά μονάδα βιομάζας, τα μικρότερα είδη έχουν μεγαλύτερη πρωτογενή παραγωγικότητα

Χαρακτηριστικά των συνήθων «συνδυασμών ειδών» του φυτοπλαγκτού σε σχέση με τη «γονιμότητα» των λιμνών

Γενικός τύπος τροφικότητας της λίμνης	Χαρακτηριστικά ύδατος	Επικρατούντα φύκη	Άλλα συνήθως εμφανιζόμενα φύκη
Ολιγότροφη	Ασθενώς όξινο νερό.- Πολύ χαμηλή αλατότητα.	Δεσμιδιώδη φύκη: <i>Staurodesmus</i> , <i>Staurastrum</i> .	<i>Sphaerocystis</i> , <i>Gloeocystis</i> , <i>Rhizosolenia</i> , <i>Tabellaria</i> .
Ολιγότροφη	Ουδέτερο έως ασθενώς αλκαλικό νερό.- Λίμνες πτωχές σε θρεπτικά.	Διάτομα, ειδικότερα των γενών <i>Cyclotella</i> και <i>Tabellaria</i> .	Ορισμένα είδη <i>Asterionella</i> , ορισμένα είδη <i>Melosira</i> , <i>Dinobryon</i> .
Ολιγότροφη	Ουδέτερο έως ασθενώς αλκαλικό νερό.- Λίμνες πτωχές σε θρεπτικά ή πιο παραγωγικές λίμνες σε εποχές μείωσης των θρεπτικών.	Χρυσοφύκη, ειδικότερα <i>Dinobryon</i> , ορισμένα είδη <i>Mallomonas</i> .	Άλλα χρυσοφύκη (π.χ. <i>Synura</i> και <i>Uroglena</i>).- Διάτομα του γένους <i>Tabellaria</i> .
Ολιγότροφη	Ουδέτερο έως ασθενώς αλκαλικό νερό.- Λίμνες πτωχές σε θρεπτικά.	Κοκκοειδή χλωροφύκη του γένους <i>Oocystis</i> ή χρυσοφύκη του γένους <i>Botryococcus</i> .	Ολιγοτροφικά διάτομα.
Ολιγότροφη	Ουδέτερο έως ασθενώς αλκαλικό νερό.- Λίμνες γενικώς πτωχές σε θρεπτικά.- Συχνά αβαθείς αρκτικές λίμνες.	Δινομαστιγωτά, ειδικότερα ορισμένα είδη των γενών <i>Peridinium</i> και <i>Ceratium</i> .	Μικρά χρυσοφύκη, κρυπτοφύκη και διάτομα.
Μεσότροφη ή εύτροφη	Ουδέτερο έως ασθενώς αλκαλικό νερό.- Οι ιδιότητες επικρατούν ετησίως ή ορισμένες εποχές του έτους στις εύτροφες λίμνες.	Δινομαστιγωτά, ορισμένα είδη των γενών <i>Peridinium</i> και <i>Ceratium</i> .	<i>Glenodinium</i> και πολλά άλλα φύκη.
Εύτροφη	Συνήθως αλκαλικές λίμνες, εμπλουτισμένες σε θρεπτικά.	Διάτομα κατά το πλείστον του έτους, ειδικότερα είδη του γένους <i>Asterionella</i> , <i>Fragilaria crotonensis</i> , <i>Synedra</i> , <i>Stephanodiscus</i> , και <i>Melosira granulata</i> .	Πολλά άλλα φύκη, ειδικότερα χλωροφύκη και κυανοβακτήρια κατά τη διάρκεια των θερμότερων περιόδων του έτους.- Δεσμιδιώδη φύκη όταν υπάρχει αρκετά μεγάλη ποσότητα διαλυμένης οργανικής ύλης.
Εύτροφη	Συνήθως αλκαλικό νερό, εμπλουτισμένο σε θρεπτικά.- Τα γνωρίσματα είναι κοινά στις θερμότερες περιόδους των ευκράτων λιμνών ή επικρατούν ετησίως στις εμπλουτισμένες τροπικές λίμνες.	Κυανοβακτήρια, ειδικότερα <i>Anacystis</i> (= <i>Microcystis</i>), <i>Aphanizomenon</i> , <i>Anabaena</i> .	Άλλα κυανοβακτήρια.- Ευγληνοειδή φύκη όταν υπάρχει εμπλουτισμός σε οργανικές ουσίες ή υπάρχει ρύπανση.

ΑΛΛΑ

- Αναμίξεις
- Εποχικές εναλλαγές

Βιοκοινωνίες...

Συνύπαρξη πολλών ειδών, ακόμη και επικαλυπτόμενων οικολογικών θώκων → ανταγωνιστικός αποκλεισμός («παράδοξο του φυτοπλαγκτού»). Γιατί;

1. Ο ανταγωνιστικός αποκλεισμός είναι βραδύς και στη διάρκεια αυτής της διαδικασίας οι φυσικές συνθήκες αλλάζουν ταχύτερα → δεν υπάρχει αρκετός χρόνος ευνοϊκών συνθηκών για την επικράτηση του καλύτερου ανταγωνιστή
2. Αναστολή του ανταγωνιστικού αποκλεισμού λόγω παρασιτισμού ή άλλων συμβιωτικών σχέσεων.
3. Επιλεκτική/διαφορική βόσκηση από ζωοπλαγκτόν

ΠΙΝΑΚΑΣ 15-14 Συγκριτικά Γνωρίσματα του Φυτοπλαγκτού και της Παραγωγικότητάς του μεταξύ Οικοσυστημάτων Ποταμών, Υδροταμιευτήρων και Φυσικών Λιμνών.^a

Ιδιότητα	Ποταμοί	Υδροταμιευτήρες	Φυσικές λίμνες
Ποικιλότητα φυτοπλαγκτού	Πολύ χαμηλή σε 'χαμηλής τάξεως' ρύακες.- Αυξανόμενη σε 'υψηλής τάξεως' ποταμούς.	Χαμηλή στις ποτάμιες ζώνες.- Αυξανόμενη στις λιμναίες ζώνες.	Υψηλή σε oligότροφες λίμνες, ελαττούμενη σε εύτροφες λίμνες.- Παρόμοια σε τροπικές και εύκρατες λίμνες.
Βιομάζα φυτοπλαγκτού	Πολύ χαμηλή σε 'χαμηλής τάξεως' ρύακες.- Αυξανόμενη σε μεγάλους ποταμούς, αν και συχνά φωτο-περιοριζόμενη.	Μετρίως υψηλή στους ποταμούς τομείς ως απόκριση στη μεγάλη παροχή θρεπτικών.- Μικρότερη στη λιμναία ζώνη όπου τα θρεπτικά είναι συχνά περιοριστικά.	Εξαιρετικά ευμετάβλητη (έως 5 τάξεις μεγέθους) στις εύκρατες λίμνες εποχικώς.- Πολύ λιγότερο ευμετάβλητη στις τροπικές λίμνες.
Παραγωγικότητα φυτοπλαγκτού	Χαμηλή, συχνά φωτο-περιοριζόμενη από ροές οριζόντιας μεταφοράς και θολερότητα.	Υψιστη στη μεταβατική ζώνη.- Ελαττωμένη στην ποταμία ζώνη από τη διαθεσιμότητα φωτός και συχνά στη λιμναία ζώνη από θρεπτικά.- Έντονες οριζόντιες διαβαθμίσεις.- Η ογκομετρική παραγωγικότητα (P_{max}) ελαττώνεται από τα ύδατα των πηγών (κεφαλάρια) προς το φράγμα.- Η παραγωγικότητα ανά μονάδα επιφανείας είναι μάλλον σταθερή οριζοντίως.	Χαμηλή συγκρινόμενη με την παραγωγικότητα της παράλιας ζώνης.- Αυξανόμενη σε μέτρια φορτία συσσώρευσης θρεπτικών.- Μειούμενη σε πολύ υψηλά φορτία συσσώρευσης θρεπτικών.- Οι εποχικές και κάθετες διαβαθμίσεις επικρατούν.- Οι οριζόντιες διαβαθμίσεις είναι μικρές.- Επικρατούν περιορισμοί φωτός και ανοργάνων θρεπτικών.

^a Συγκεντρωμένα από τις συνθετικές εργασίες για ποταμούς των Ryder & Pendorfer (1980) και για υδροταμιευτήρες και λίμνες του Wetzel (1990) και από πολλές πηγές που παρατίθενται εκεί.

Χαρακτηριστικά αύξησης του φυτοπλαγκτού

Αβιοτικοί παράγοντες που επιδρούν στις φυτοπλαγκτικές κοινωνίες

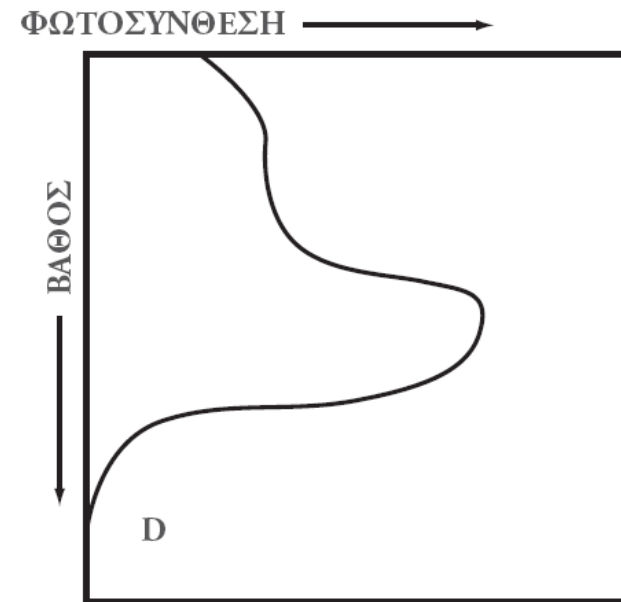
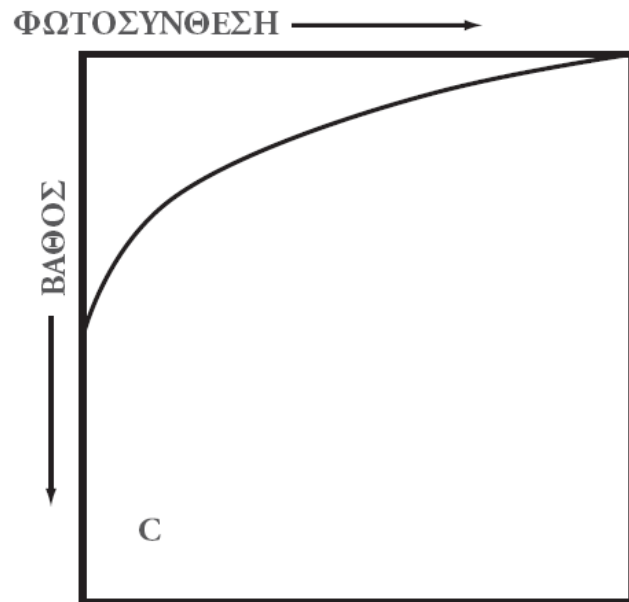
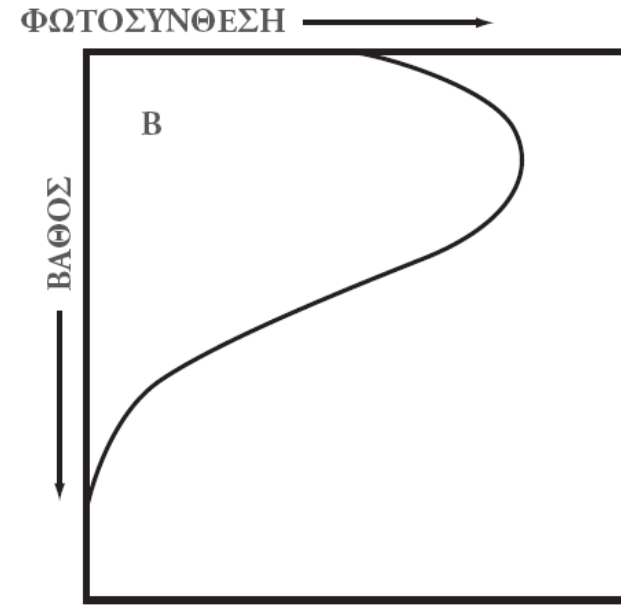
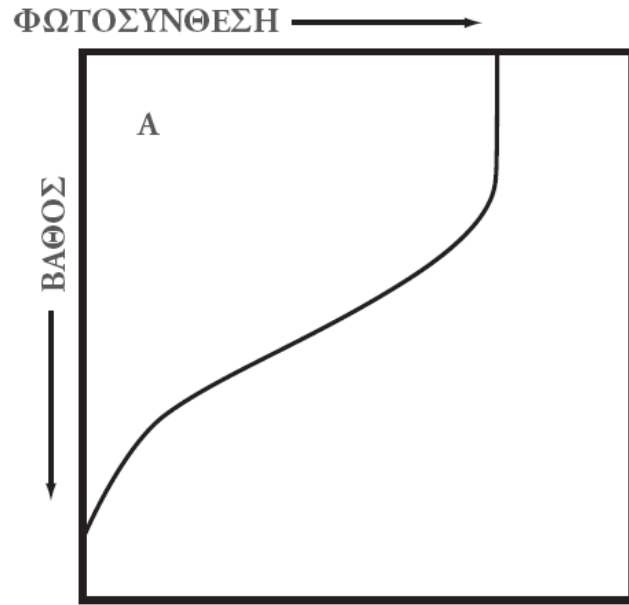
1. Φως και θερμοκρασία
2. Ρύθμιση πλευστότητας (χρόνος παραμονής στην εύφωτη ζώνη)
3. Ανόργανα θρεπτικά άλατα (άζωτο, φώσφορος)
4. Οργανικά μικροθρεπτικά (π.χ. βιταμίνες)
5. Ανταγωνισμός

Όρια ανοχής – βέλτιστες συνθήκες – μέγιστο τάχος αύξησης

Φως και θερμοκρασία

- Η ένταση του απαιτούμενου φωτός για τον κορεσμό της φωτοσύνθεσης των φυκών συνήθως αυξάνεται με την άνοδο της θερμοκρασίας
- Φωτεινή ακτινοβολία υψηλής έντασης είναι επιβλαβής για τα φύκη και μειώνει ταχύτητα φωτοσύνθεσης (φωτοανάσχεση)

Φως και θερμοκρασία



Ρύθμιση πλευστότητας

- Παραμονή στην εύφωτη ζώνη
- Μορφομετρία της υδάτινης λεκάνης
- Ποικίλα χαρακτηριστικά βελτίωσης πλεύσης ή μείωσης ταχύτητας βύθισης
 - Πυκνότητα κυτοπλάσματος
 - Μέγεθος (τα μεγαλύτερα βυθίζονται ταχύτερα)
 - Βύθιση και προσφορά θρεπτικών
 - Αντίσταση μορφής: λόγος επιφάνειας προς όγκο
 - Παραγωγή βλέννας: αντιστάθμιση πυκνότητας, αύξηση ακτίνας (λεπτές vs. παχύτερες)
 - Αεροτόπια
 - Συσσώρευση υδρογονανθράκων (λίπη)
 - Ιοντική ρύθμιση
 - Κολύμβηση μέσω μαστιγίων

Ανόργανα θρεπτικά άλατα

- Άζωτο (νιτρικά), φώσφορος (ορθοφωσφορικά)
- Περιοριστικό θρεπτικό (νόμος του ελαχίστου)
- Διαφορετικές απαιτήσεις από διαφορετικά είδη
- N:P = 16:1

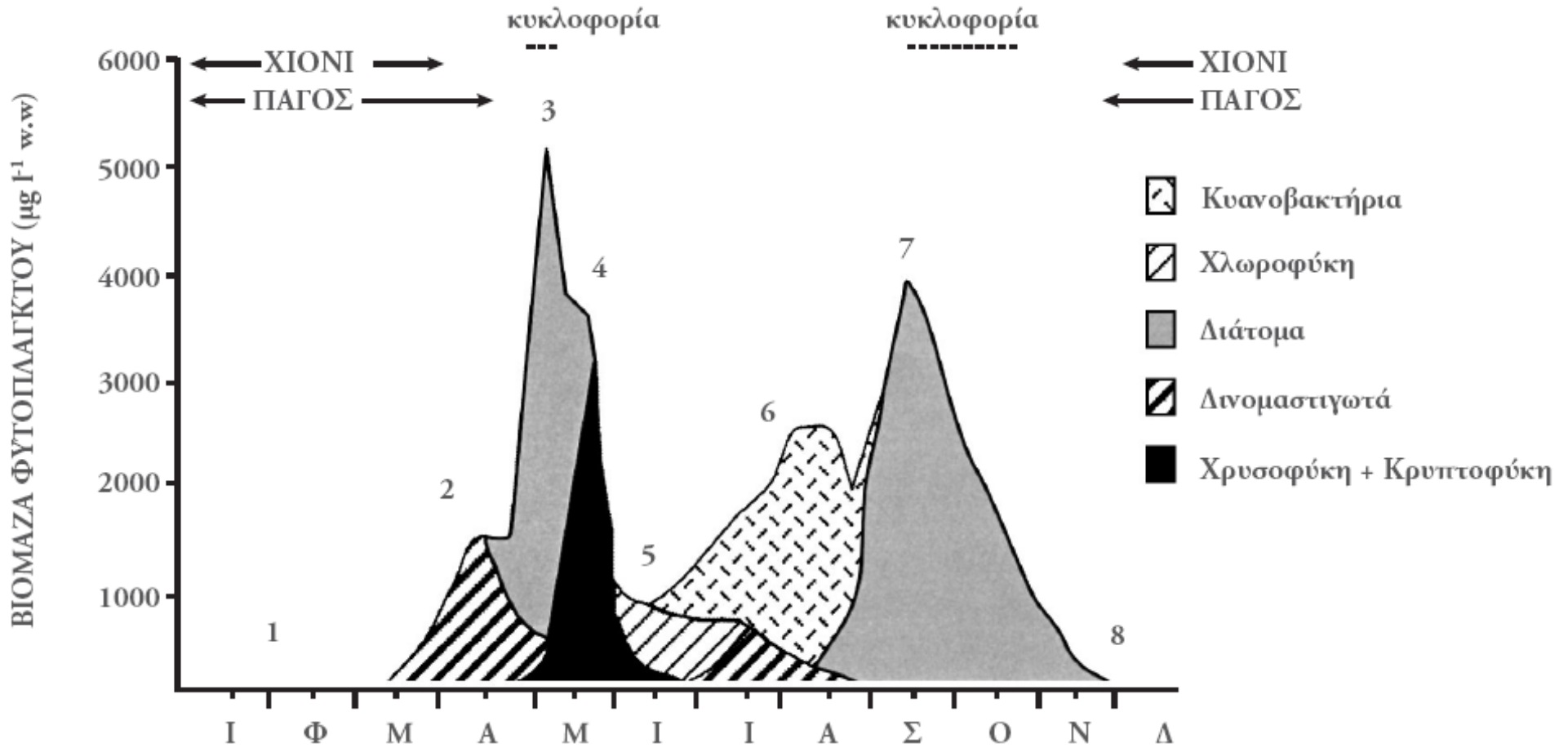
Εποχική διαδοχή...

- Διακριτά εποχικά πρότυπα και περιοδικότητα ως προς τη βιομάζα (εύκρατα και πολικά γλυκά νερά)
- Συσχετίζονται με αλλαγές στο φυσικό, χημικό και βιοτικό περιβάλλον
- Ισχυρώς συντονισμένη με πρότυπο ανάμιξης των λιμναίων νερών

Εποχική διαδοχή...

1. Σχετικώς σταθερή από χρόνο σε χρόνο (σε αδιατάρακτα συστήματα)
2. Το μέγεθος των μεταβολών (αφονία και βιομάζα) είναι της τάξης x1000 (σε τροπικά όμως είναι x5)
3. Τα μέγιστα και ελάχιστα του αριθμού των ατόμων και της βιομάζας του φυτοπλαγκτού συχνά είναι εκτός φάσης ως προς τα τάχη της πρωτογενούς παραγωγής (η οποία ακολουθεί αυστηρώς ετήσιο κύκλο βάσει της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας)
4. Ολοπλαγκτικά και μεροπλαγκτικά είδη (διάπασση, έμμονα κύτταρα)

Εποχική διαδοχή



ΕΙΚΟΝΑ 15-9 Μοντέλο ανάπτυξης βιομάζας και εποχικής διαδοχής των κυρίων φυτοπλαγκτικών ομάδων σε μια τυπική εύκρατη λίμνη μέτριας παραγωγικότητας. Οι αριθμοί αναφέρονται στις οκτώ εποχικές περιόδους που συζητούνται στο κείμενο. (Δεδομένα από τη λίμνη Erken της Σουηδίας. Διάγραμμα κατόπιν τροποποίησης από την εργασία των Blomqvist *et al.*, 1994.)

r- και K- επιλογή στη διαδοχή των φυτοπλαγκτικών κοινοτήτων

r-επιλογή

- Βραχύβια
- Ταχέως αυξανόμενα είδη
- Ικανότητα ταχείας εποίκησης σε ενδιαιτήματα που δεν καταλαμβάνονται από ανταγωνιστικά είδη και διαθέτουν άφθονα αποθέματα

K-επιλογή

- Μεγάλο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (π.χ. υψηλή αποδοτικότητα στη χρήση αποθεμάτων + αντίσταση σε μεγάλες απώλειες π.χ. από βόσκηση)

Θνησιμότητα φυτοπλαγκτού

1. Ιζηματοπόθεση

2. Παρασιτισμός (κυρίως από ιούς και μύκητες)

- Παθογόνοι ιοί μπορεί να προκαλέσουν λύση των κυττάρων
- Εξειδίκευση ως προς τον ξενιστή
- Επιθετικά πρώτιστα επί φυκών και βακτηρίων
- Χυτριομύκητες (επί φυκών)

3. Βόσκηση από ζωοπλαγκτόν

- Ίσως ο σημαντικότερος παράγοντας θνησιμότητας του φυτοπλαγκτού
- Μεγάλη εποχική και τοπική μεταβλητότητα στην πίεση βόσκησης εντός λιμνών και ποταμών