



Λιμνοποτάμιο Περιβάλλον & Οργανισμοί

Ενότητα 10: Τροφικό πλέγμα
Καθηγήτρια Μουστάκα Μαρία
Τμήμα Βιολογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση & Δια Βίου Μάθηση» & συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) & από εθνικούς πόρους.



Περιεχόμενα ενότητας

1. Βακτηριοπλαγκτό
2. Δομή Τροφικού πλέγματος
3. Συνθετικά τροφικών πλεγμάτων
4. Σχέσεις φυτοπλαγκτού – βακτηριοπλαγκτού
5. Διαλυμένο Οργανικό Υλικό (DOM)
6. Σχέσεις ζωοπλαγκτού – βακτηριοπλαγκτού
7. Ροή άνθρακα
8. Καταμέτρηση βακτηρίων
9. Σχέσεις παραγωγικότητας φυτοπλαγκτού, ζωοπλαγκτού & βακτηριοπλαγκτού
10. Τροφικό Πλέγμα λίμνης



Σκοποί ενότητας

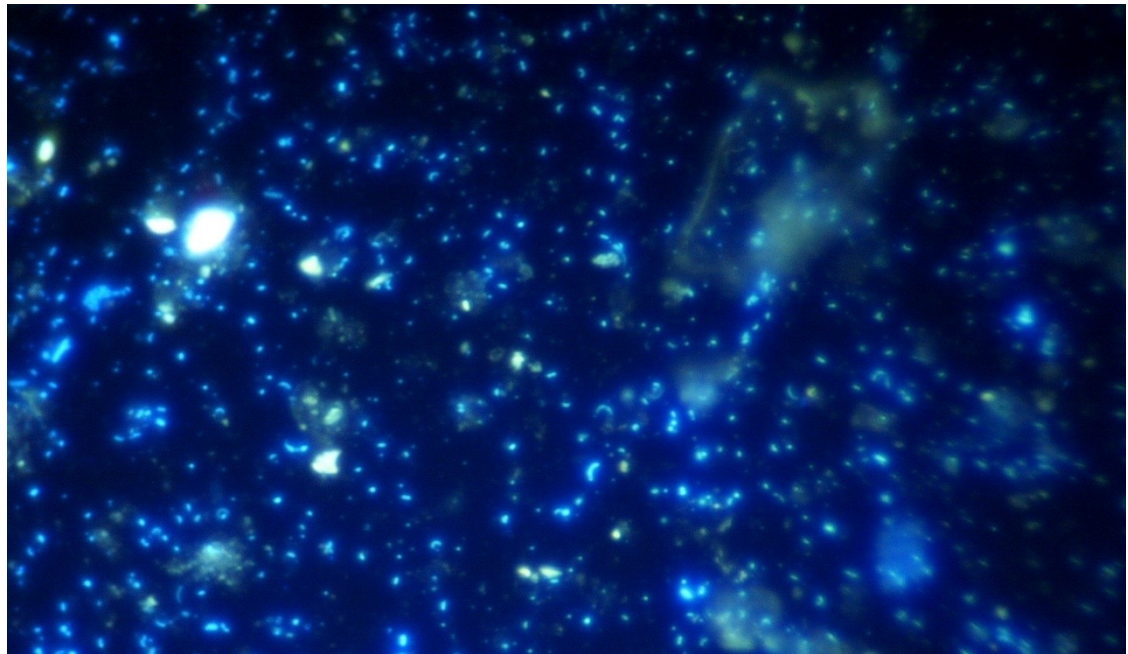
- Το μάθημα στοχεύει στη γνώση και κατανόηση βασικών χαρακτηριστικών των τροφικών πλεγμάτων, δεξαμενών και ροών άνθρακα στις λίμνες εστιάζοντας στο πλαγκτικό τροφικό πλέγμα και μικροβιακό τροφικό βρόχο έχοντας ως μοντέλο τη λίμνη Καστοριάς
- Ο φοιτητής μαθαίνει να ερμηνεύει και να εκτιμά το ρόλο των συνθετικών των τροφικών πλεγμάτων σε λιμναία οικοσυστήματα



Πλαγκτικά Τροφικά Πλέγματα

Βακτηριοπλαγκτό

- Τα ετερότροφα βακτήρια του πλαγκτού (στη μικροφωτογραφία) άφθονα όπως τ' αστέρια στους γαλαξίες – έως δισεκατομμύρια κύτταρα στο λίτρο νερού διαδραματίζουν τεράστιο ρόλο στο μικροβιακό τροφικό πλέγμα, στις δεξαμενές και στις ροές άνθρακα



Πλαγκτικά Τροφικά Πλέγματα

- Τροφικό επίπεδο (απλοποίηση σε περιγραφή τροφικής αλυσίδας)
- Στα υδάτινα οικοσυστήματα τροφικά πλέγματα παρά τροφικές αλυσίδες
- Μικροβιακό τροφικό πλέγμα: πιο περίπλοκο από το μικροβιακό τροφικό βρόχο
- Τροφικές Πυραμίδες παραγωγικότητας & βιομάζας. Η πυραμίδα βιομάζας μπορεί να είναι πυραμίδα, κύβος, ανάστροφη πυραμίδα: γιατί; πως ερμηνεύεται
- Τροφική αλυσίδα θρυμμάτων



Πλαγκτικά Τροφικά Πλέγματα

Πικο – πλαγκτό

- Οι πλαγκτικοί οργανισμοί με μέγιστες διαστάσεις ατόμων στο εύρος 0.2-2.0 μm συμπεριλαμβάνονται στο **πικο-πλαγκτό**.
- Είναι κυρίως ετερότροφα βακτήρια & πικο-κυανοβακτήρια.

Υπάρχουν όμως ορισμένα **βακτήρια** που οι αποικίες τους μπορεί να έχουν μέγιστες διαστάσεις ατόμων στο εύρος 2-20 μm και ονομάζονται **νανο-βακτήρια**

- Σήμερα οι μοριακές αναλύσεις περιβαλλοντικών δειγμάτων έχουν αποκαλύψει άγνωστα μέχρι πρότινος φύλα πικο-ευκαρυωτών (αυτότροφων-φυτοπλαγκτό & ετερότροφων-κυρίως ετερότροφα μαστιγωτά)



Πλαγκτικά Τροφικά Πλέγματα

Νάνο- & Μίκρο- πλαγκτό

- Οι πλαγκτικοί οργανισμοί με μέγιστες διαστάσεις ατόμων στο εύρος 2-20 μm συμπεριλαμβάνονται στο **νανο-πλαγκτό** (είναι κυρίως φυτοπλαγκτό , ετερότροφα μαστιγωτά και βλεφαριδωτά)
- Οι πλαγκτικοί οργανισμοί με μέγιστες διαστάσεις ατόμων στο εύρος 20-200 μm συμπεριλαμβάνονται στο **μικρο-πλαγκτό** (είναι κυρίως φυτοπλαγκτό, ετερότροφα μαστιγωτά, βλεφαριδωτά και τροχόζωα)



Πλαγκτικά Τροφικά Πλέγματα

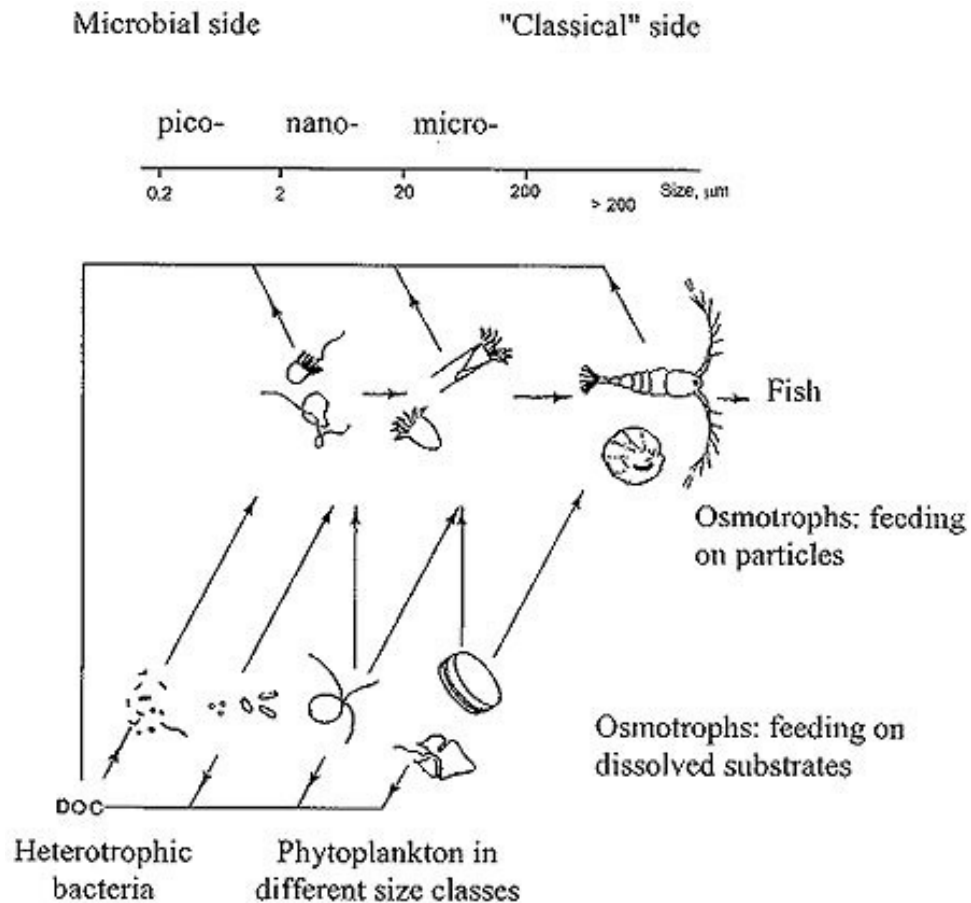
Τα βακτήρια & ο ρόλος τους

- Σύμφωνα με παλαιότερες αντιλήψεις, το βακτηριοπλαγκτό είχε το ρόλο του αποικοδομητή & η ετερότροφη παραγωγή του θεωρούνταν ασήμαντη για τις συμβατικές τροφικές αλυσίδες.
- Από το 1980 αναγνωρίζεται η τεράστια σημασία του & η μεγάλη συμμετοχή του στα τροφικά πλέγματα



Δομή Τροφικού πλέγματος

Εισαγωγή του μικροβιακού βρόχου στα τροφικά πλέγματα



Fenchel (1986)



Συνθετικά τροφικών πλεγμάτων

Δεξαμενές άνθρακα

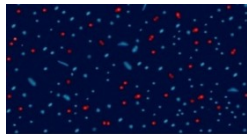
(βιομάζα συνθετικών -λειτουργικών ομάδων, θρύμματα, διαλυμένο οργανικό υλικό)

- Βιομάζα άνθρακα αυτότροφων (A)
- Βιομάζα άνθρακα ετερότροφων (E)
- Βιομάζα άνθρακα βακτηριοπλαγκτού (B)
- Βιομάζα άνθρακα πρωτοζωοπλαγκτού & ζωοπλαγκτού
- Σχέσεις E:A, B:A, B:E & βιογεωχημικοί κύκλοι



Συνθετικά τροφικών πλεγμάτων

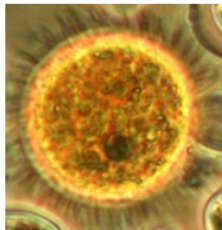
Η δημοσιευμένη πληροφορία για το πλαγκτό στα Ελληνικά υδάτινα συστήματα (αριθμός εργασιών, SCI):



Βακτηριοπλαγκτό: 7

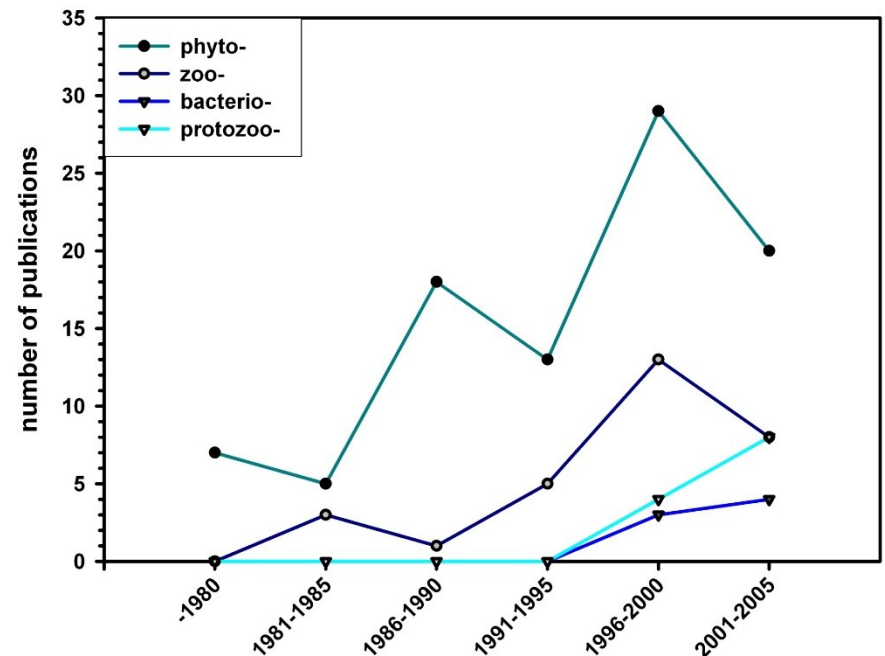


Φυτοπλαγκτό: 92



Πρωτοζωοπλαγκτό: 12

Ζωοπλαγκτό: 30



Βακτηριοπλαγκτό

- Αφθονία έως δισεκατομμύρια κύτταρα στο λίτρο νερού
- Συνολική βιομάζα άνθρακα βακτηριοπλαγκτού συνήθως 1/10 αυτής του φυτοπλαγκτού
- Σε ορισμένες περιόδους σε ολιγότροφα συστήματα η βιομάζα άνθρακα του βακτηριοπλαγκτού μπορεί να ξεπερνά αυτήν του φυτοπλαγκτού
- Συνολική κυτταρική επιφάνεια βακτηριοπλαγκτού διπλάσια αυτής του φυτοπλαγκτού λόγω α) της υψηλότερης αφθονίας & β) μεγαλύτερου λόγου επιφάνειας/όγκου βακτηριακού κυττάρου



Βακτηριοπλαγκτό

- Τα πελαγικά βακτήρια, παρά τον ωσμότροφο χαρακτήρα τους, επηρεάζουν τον «κόσμο των σωματιδίων» στα υδάτινα οικοσυστήματα. Ο διττός ρόλος τους ως παραγωγοί του σωματιδιακού υλικού (particularizers) αλλά και του διαλυμένου (solubilizers) δείχνει τη σημασία τους στους βιογεωχημικούς κύκλους του C, N & P
- Τα βακτήρια δεν ακολουθούν την **εξίσωση του Stokes** για τη βύθισή τους στη στήλη του νερού εξαιτίας των μεταβολών που προκαλούν τα ίδια στο ιξώδες



Σχέσεις φυτοπλαγκτού - βακτηριοπλαγκτού

- Στα πελαγικά συστήματα το φυτοπλαγκτό & το βακτηριοπλαγκτό αποτελούν τις δύο συμπληρωματικές λειτουργικές βιολογικές ομάδες που πρωτογενώς παράγουν το νέο σωματιδιακό υλικό με τις διεργασίες της αυτοτροφίας & ετεροτροφίας, αντίστοιχα
- Η δεξαμενή άνθρακα των δύο ομάδων αναπαριστά τη βάση των τροφικών αλυσίδων & του μικροβιακού τροφικού πλέγματος. Για το λόγο αυτό η σχετική κυριαρχία της κάθε ομάδας στη δεξαμενή άνθρακα έχει τεράστια σημασία στη δομή των τροφικών πλεγμάτων & των βιογεωχημικών κύκλων των θρεπτικών στα υδάτινα συστήματα



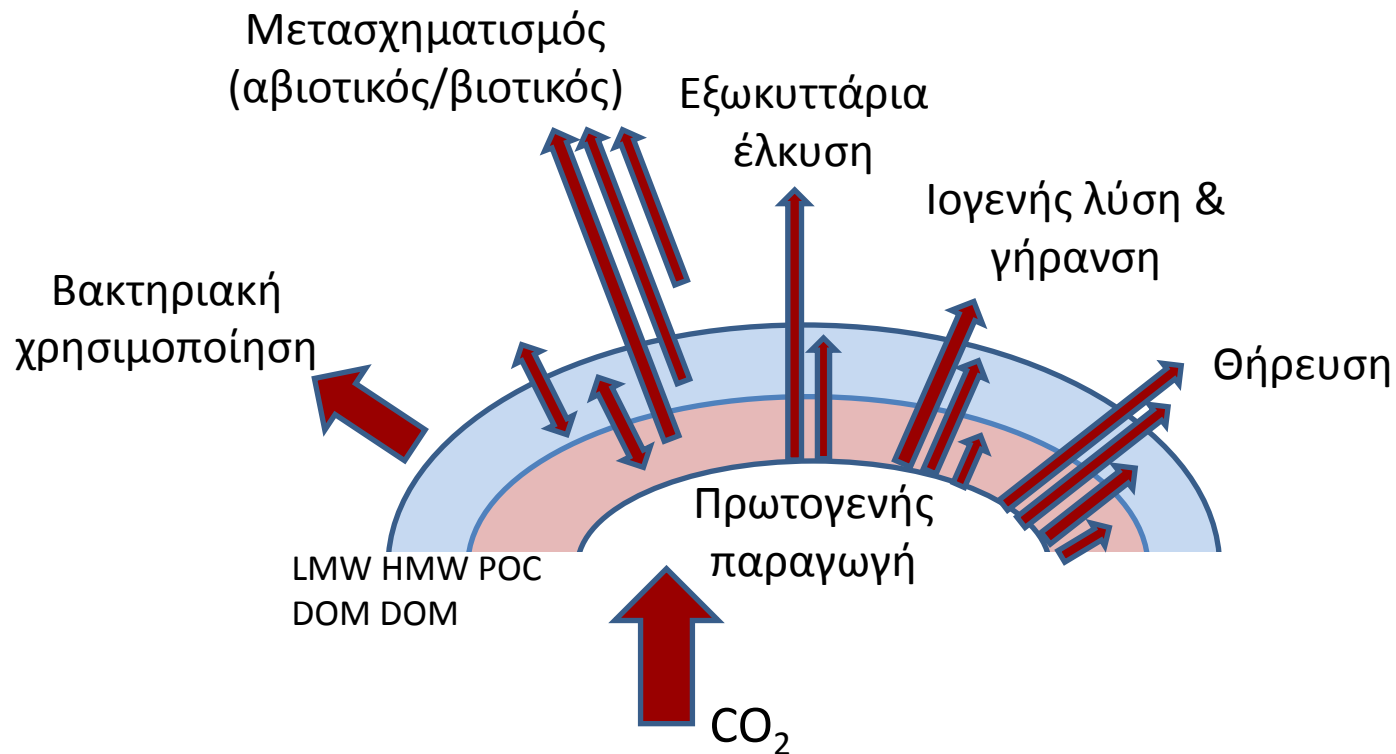
Σχέσεις φυτοπλαγκτού - βακτηριοπλαγκτού

- Η βιομάζα του βακτηριοπλαγκτού μπορεί να υπερέχει της βιομάζας του φυτοπλαγκτού σε ορισμένα υδάτινα συστήματα (ολιγότροφα).
- Εμπειρικές εξισώσεις που σχετίζουν παραμέτρους φυτοπλαγκτού - βακτηριοπλαγκτού σε διάφορες λίμνες αλλά και μέσα στην ίδια λίμνη με το χρόνο δείχνουν ότι η αφθονία του βακτηριοπλαγκτού αυξάνει με τη βιομάζα του φυτοπλαγκτού.
- ✓ Η θετική σχέση φυτοπλαγκτού - βακτηριοπλαγκτού έχει ερμηνευθεί βάσει της εξάρτησης του βακτηριοπλαγκτού από το διαλυμένο οργανικό άνθρακα (DOC) που ελευθερώνει το φυτοπλαγκτό αλλά και από τις παρόμοιες αποκρίσεις βακτηρίων & φυκών στους παράγοντες αύξησή τους, όπως θερμοκρασία & θρεπτικά.



Διαλυμένο Οργανικό Υλικό (DOM)

Τύχη του DOM



Σχέσεις ζωοπλαγκτού - βακτηριοπλαγκτού

- Το βακτηριοπλαγκτό αποτελεί την τροφή ενός μεγάλου εύρους οργανισμών όπως είναι τα **ετερότροφα και μιξότροφα μαστιγωτά, τα βλεφαριδωτά, τα τροχόζωα και τα κλαδοκερωτά**
- Έντονη βόσκησή του μπορεί να οδηγήσει σε αφθονία ανθεκτικών στη βόσκηση βακτηρίων (**τί είδους?**)
- ✓ σε διαφορετικές λίμνες έχει βρεθεί μία θετική σχέση μεταξύ της αφθονίας βακτηρίων & νανομαστιγωτών (**γιατί?**)



Σχέσεις ζωοπλαγκτού - βακτηριοπλαγκτού

- Τα ετερότροφα νανομαστιγωτά & βλεφαριδωτά, καταναλωτές του βακτηριοπλαγκτού, αποτελούν το σύνδεσμο μεταξύ του μικροβιακού τροφικού πλέγματος και της συμβατικής τροφικής αλυσίδας, μέσω της θήρευσής τους από τα κλαδοκερωτά & τα κοπήποδα
- Στις εύτροφες λίμνες τα καλανοειδή κοπήποδα είναι πιο αποτελεσματικοί καταναλωτές των βλεφαριδωτών απ' ότι τα κλαδοκερωτά
- Σε εποχική κλίμακα, τα κλαδοκερωτά ασκούν την πιο ισχυρή επίδραση στα ετερότροφα νανομαστιγωτά το καλοκαίρι



Ροή άνθρακα

- Εκτός από το παραδοσιακό μονοπάτι ροής άνθρακα, αυτό της συμβατικής τροφικής αλυσίδας, περιγράφηκε το 1983 από τον Azam και συνεργάτες ένα επιπλέον μονοπάτι ροής άνθρακα στα πελαγικά τροφικά πλέγματα, το οποίο έγινε γνωστό με το όνομα **μικροβιακός βρόχος** και στη συνέχεια **μικροβιακό τροφικό πλέγμα λόγω της πολυπλοκότητάς του**
- Το κύριο **χαρακτηριστικό του μικροβιακού τροφικού πλέγματος** είναι ότι οι οργανισμοί συνήθως τρέφονται με σωματίδια (οργανισμούς) κατά μία τάξη μεγέθους μικρότερα από τον εαυτό τους



Ροή άνθρακα

- Στο **μικροβιακό τροφικό πλέγμα** το διαλυμένο στο νερό οργανικό υλικό (**DOC - τί είναι διαλυμένο?**), που ελευθερώθηκε (**γιατί?**) κυρίως από το φυτοπλαγκτό και σε μικρότερο βαθμό από ζωϊκούς οργανισμούς ή είναι αλλόχθονο, χρησιμοποιείται από τα **βακτήρια**. Τα βακτήρια καταναλώνονται κυρίως από τα **ετερότροφα μαστιγωτά** (τα οποία καταναλώνουν και **πικο-φυτοπλαγκτό**), τα οποία στη συνέχεια καταναλώνονται από **βλεφαριδωτά**, τα οποία αποτελούν και το συνδετικό κρίκο με τη συμβατική τροφική αλυσίδα.



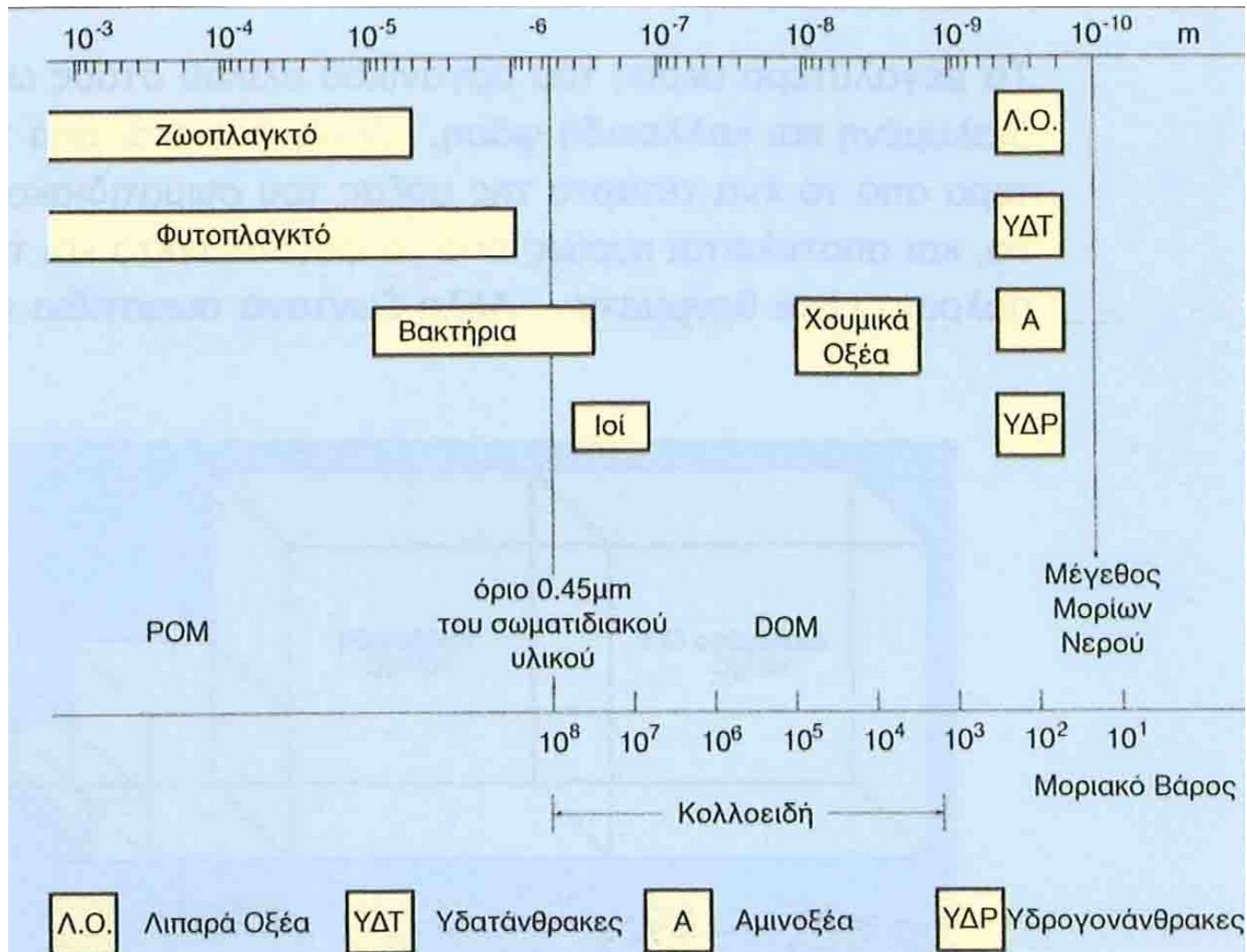
Ροή άνθρακα

Διάκριση σωματιδιακού & διαλυμένου υλικού

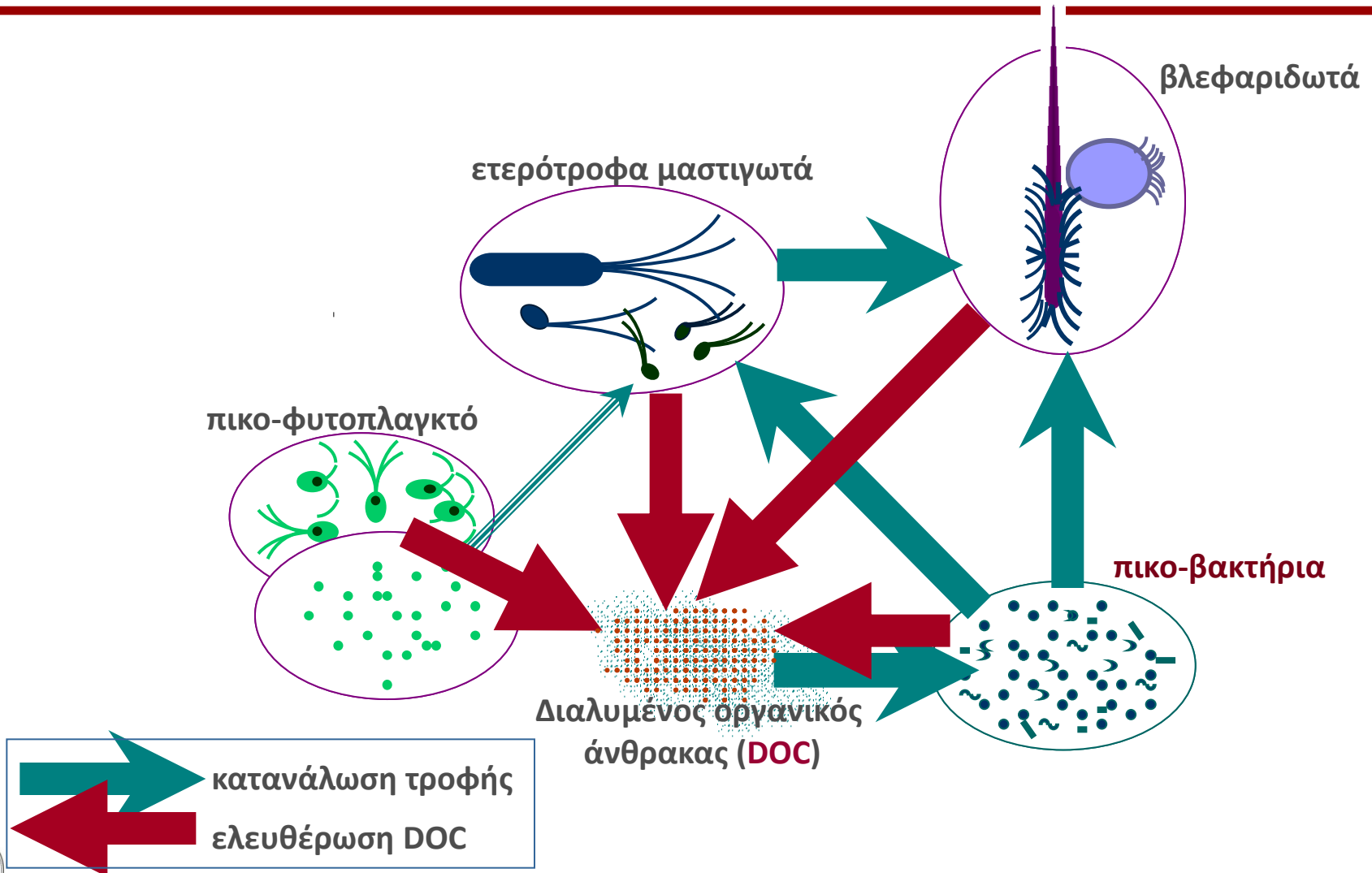
- Λειτουργική διάκριση του σωματιδιακού (Particulate Organic Matter - POM) από το διαλυμένο οργανικό υλικό (Dissolved Organic Matter - DOM) γίνεται με βάση το μέγεθος των πόρων του ηθμού που χρησιμοποιείται κατά τη διήθηση νερού
- ✓ Συνήθως χρησιμοποιούνται ηθμοί πόρων 0.5 & 0.2 μm



Διαστάσεις σωματιδιακού & διαλυμένου υλικού

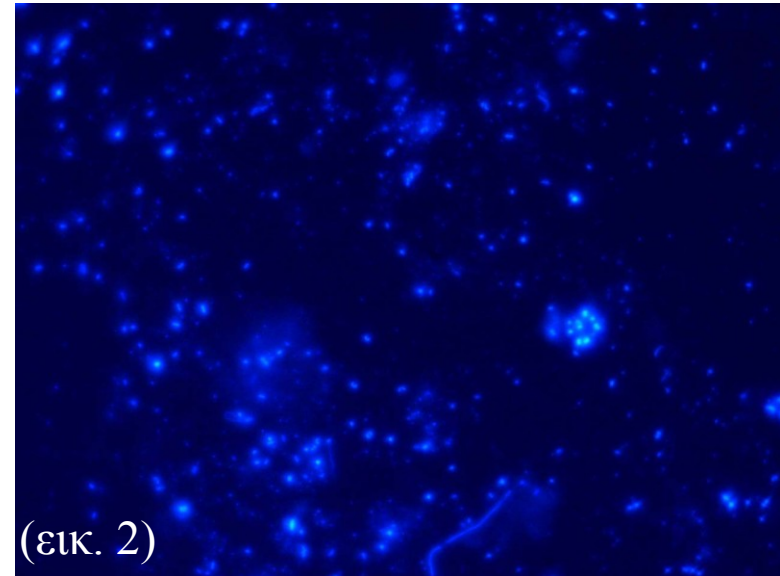
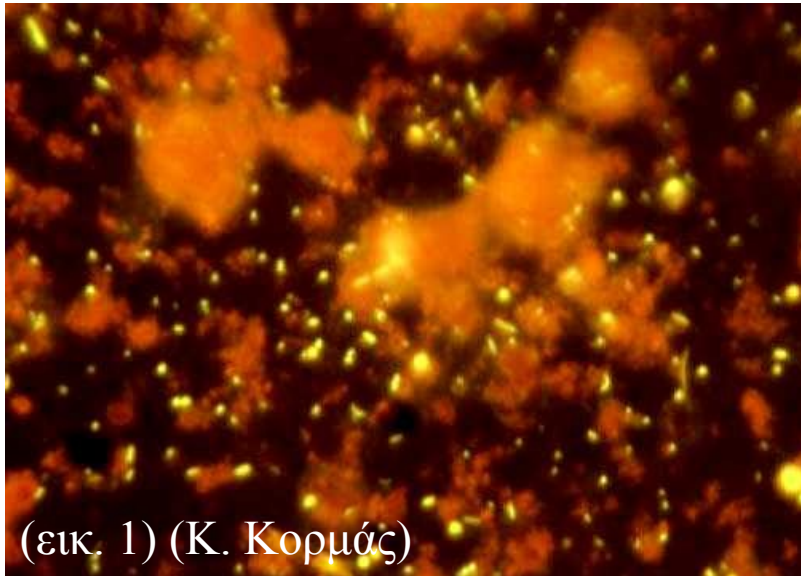


Μικροβιακός Βρόχος



Καταμέτρηση βακτηρίων

- Η μεθοδολογία για την καταμέτρηση των βακτηρίων στηρίζεται στην μικροσκοπία φθορισμού και έγκειται στη χρώση των κυττάρων με φθορίζουσες χρωστικές, όπως το **πορτοκαλί της ακριδίνης** (εικ. 1) όπου τα βακτήρια φαίνονται **πορτοκαλί** και το **DAPI** (4'6'-διαμίδινο-2-φαινυλινδόλη) όπου τα βακτήρια φαίνονται **μπλε** (εικ. 2) όταν διεγερθούν με υπεριώδες



Καταμέτρηση βακτηρίων

Καταμέτρηση (αφθονία κυττάρων βακτηρίων)

• Η απευθείας μικροσκοπική καταμέτρηση των προκαρυωτικών μικροοργανισμών θεωρείται σήμερα ίσως η πιο αξιόπιστη μέθοδος για την αξιολόγηση της δυναμικής της βιοκοινωνίας

Έκφραση των αποτελεσμάτων μετά από την καταμέτρηση:

- Αφθονία βακτηρίων (κύτταρα ml⁻¹νερού)
- Βιομάζα (μg C ml⁻¹ νερού). Η μετατροπή της αφθονίας σε βιομάζα γίνεται είτε εφόσον έχει προηγηθεί μέτρηση διαστάσεων κυττάρων & υπολογισμός κυτταρικών όγκων είτε απ' ευθείας με τη χρήση παραγόντων μετατροπής.
- ✓ Κοινώς αποδεκτός παράγοντας μετατροπής κυτταρικού όγκου σε βιομάζα άνθρακα είναι 120 fg C μm⁻³.



Καταμέτρηση βακτηρίων

Φθορίζουσες χρωστικές
(αφθονία)

Πλεονεκτήματα

Εύκολος χειρισμός - διαδικασία
Σχετικά φθηνή μέθοδος
Δυνατότητα εφαρμογής στο πεδίο

Μειονεκτήματα

Σωματίδια - μη ειδικός φθορισμός
Κύτταρα «φαντάσματα»
Πληροφορία για ζωντανά κύτταρα

πως??

Μέτρηση της βακτηριακής παραγωγικότητας



Σχέσεις παραγωγικότητας φυτοπλαγκτού, ζωοπλαγκτού & βακτηριοπλαγκτού

Trophic cascades (Pace et al. 1999)

- Ορίζονται ως αμοιβαίες επιδράσεις θηρευτή-λείας οι οποίες αλλάζουν την αφθονία, βιομάζα ή παραγωγικότητα πληθυσμών βιοκοινοτήτων ή περισσότερων του ενός τροφικών επιπέδων των τροφικών πλεγμάτων
- Οδηγούν σε αντίστροφες σχέσεις αφθονίας μεταξύ πληθυσμών τουλάχιστον δύο τροφικών επιπέδων
- Άλλοι όροι: **top-down control & bottom-up control** δημιουργούν τεχνητή διχοτόμο και απλοποιούν τις πολύπλοκες σχέσεις των τροφικών επιπέδων σε συνθήκες μη ισορροπίας



Σχέσεις παραγωγικότητας φυτοπλαγκτού, ζωοπλαγκτού & βακτηριοπλαγκτού

top-down control ή bottom-up control? Είναι θέμα κλίμακας?

• Πιθανόν «μεγάλης κλίμακας» προσέγγιση (π.χ. συγκρίσεις λιμνών με διαφορετικά επίπεδα θρεπτικών, τροφική κατάσταση) υποστηρίζει την υπόθεση ελέγχου από τη βάση στην κορυφή

ενώ

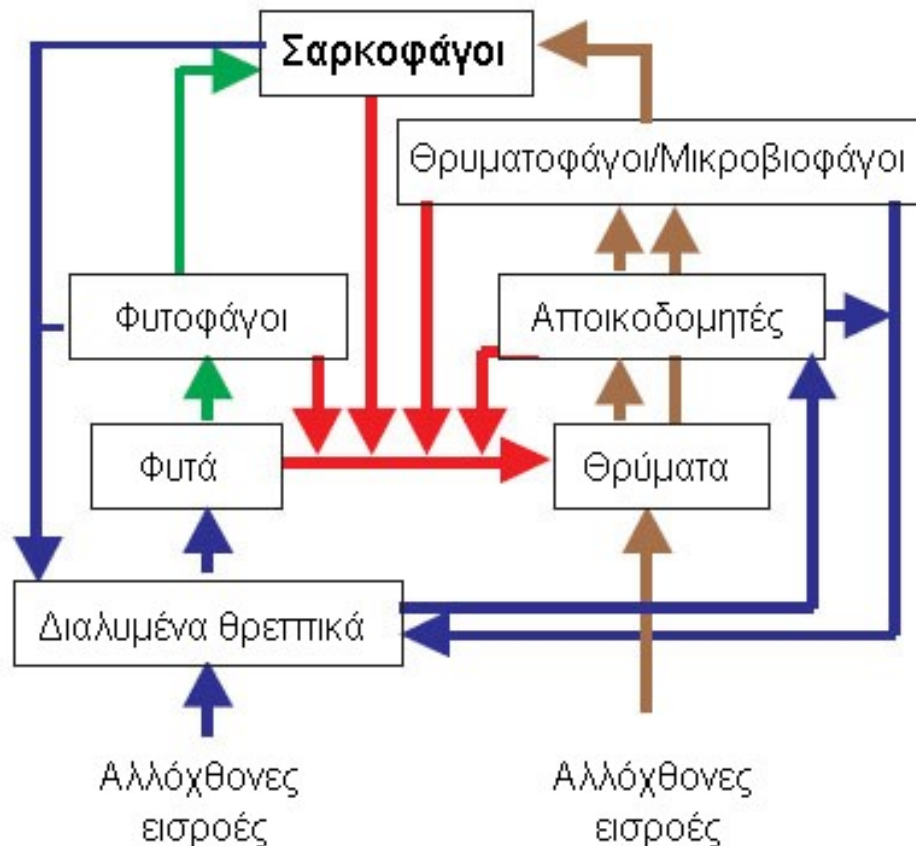
• «μικρής κλίμακας» προσέγγιση (π.χ. σε μία λίμνη στη διάρκεια του χρόνου) υποστηρίζει τον έλεγχο από την κορυφή στη βάση

✓ αν και η μία περίπτωση μπορεί να ακολουθεί την άλλη (PEG model)



Σχέσεις παραγωγικότητας φυτοπλαγκτού, ζωοπλαγκτού & βακτηριοπλαγκτού

Τροφικό πλέγμα θρυμμάτων με συμμετοχή βακτηρίων



Μονοπάτια

Ροή C συμβατική

Ροή C θρυμμάτων

Αυτόχθονη

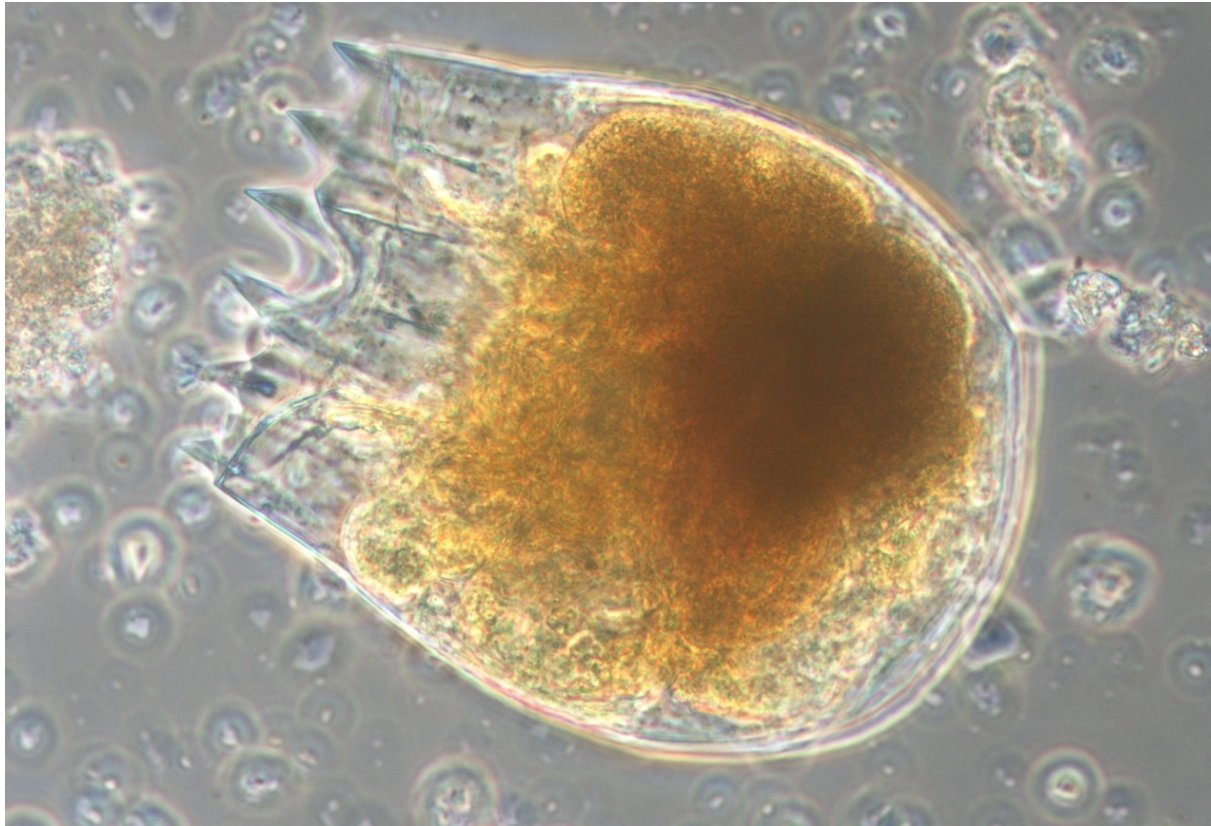
τροφοδοσία

Ανοργανοποίηση



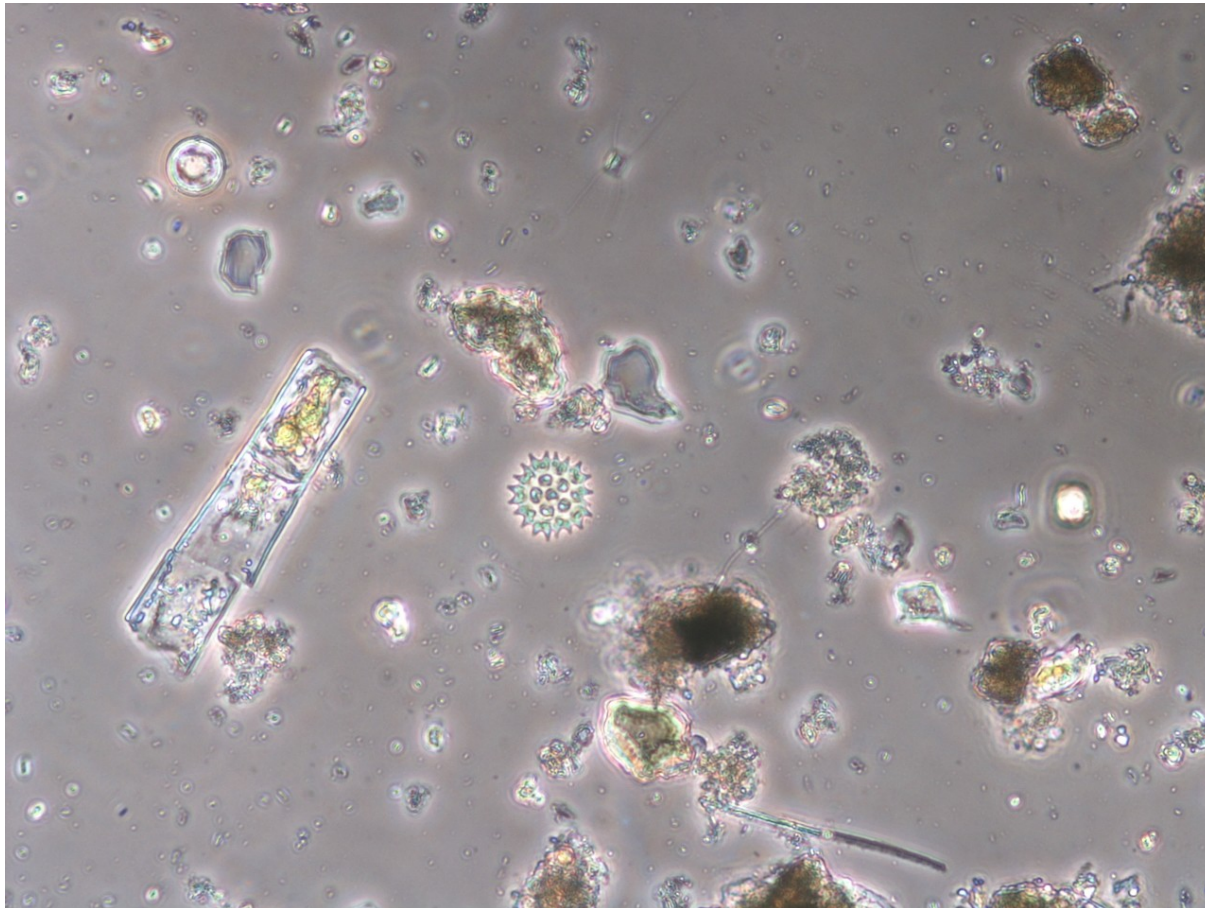
Σχέσεις παραγωγικότητας φυτοπλαγκτού, ζωοπλαγκτού & βακτηριοπλαγκτού

Τροφικό πλέγμα θρυμμάτων με συμμετοχή βακτηρίων. Στην εικόνα ζωοπλαγκτικός οργανισμός που τρέφεται κυρίως με θρύμματα



Σχέσεις παραγωγικότητας φυτοπλαγκτού, ζωοπλαγκτού & βακτηριοπλαγκτού

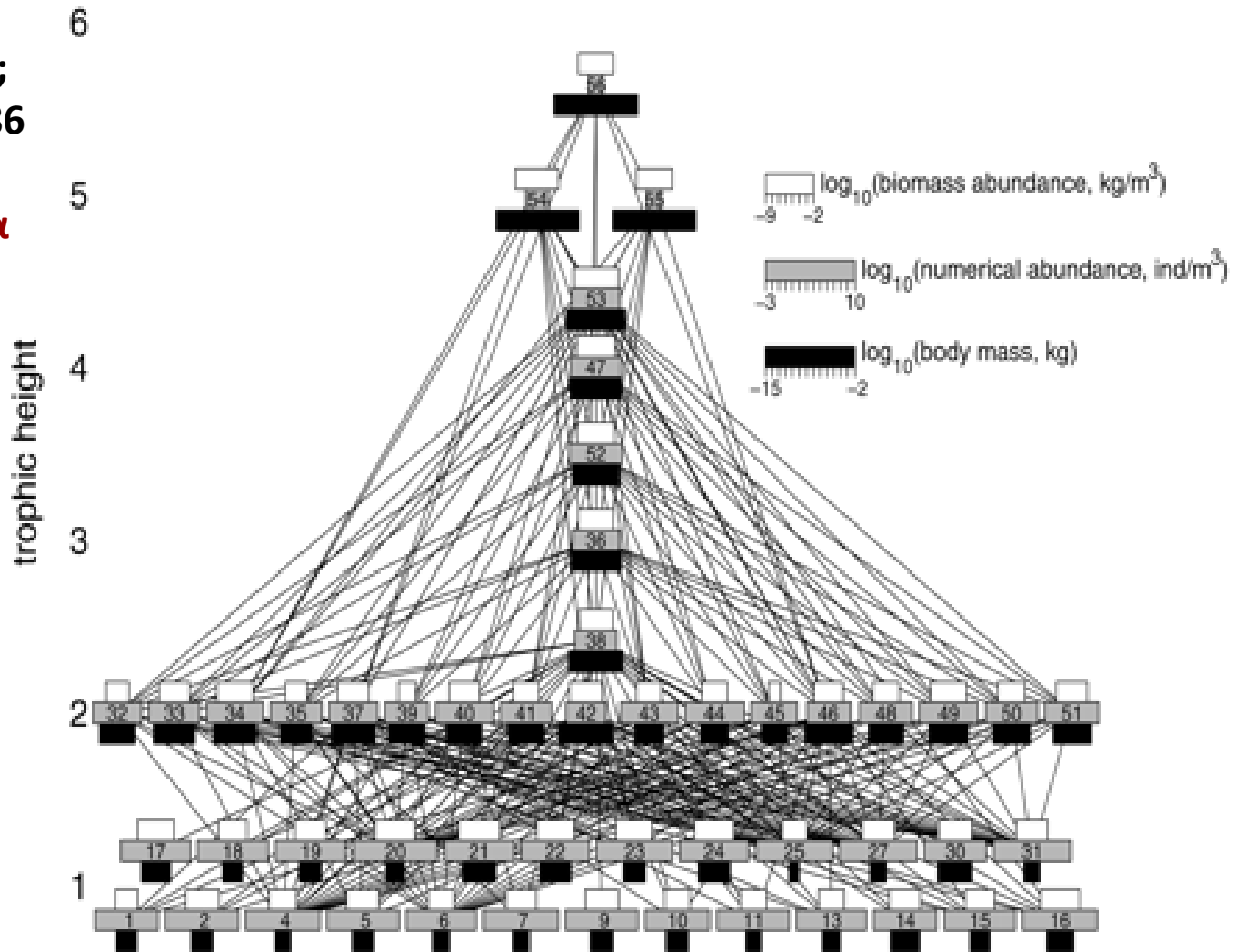
Τροφικό πλέγμα θρυμμάτων με συμμετοχή βακτηρίων



Τροφικό Πλέγμα λίμνης

Cohen et al. 2003;
PNAS 100, 1781-86

Η πολυπλοκότητα
είναι εμφανής



Τροφικό Πλέγμα λίμνης

Δομή & Σταθερότητα τροφικού πλέγματος . Η σταθερότητα συνδέεται με τη δομή που δεν είναι αλυσίδα κρίκων όπως συχνά αναφέρεται αλλά μοιάζει περισσότερο με την παρακάτω δομή στο παιχνίδι με τουβλάκια

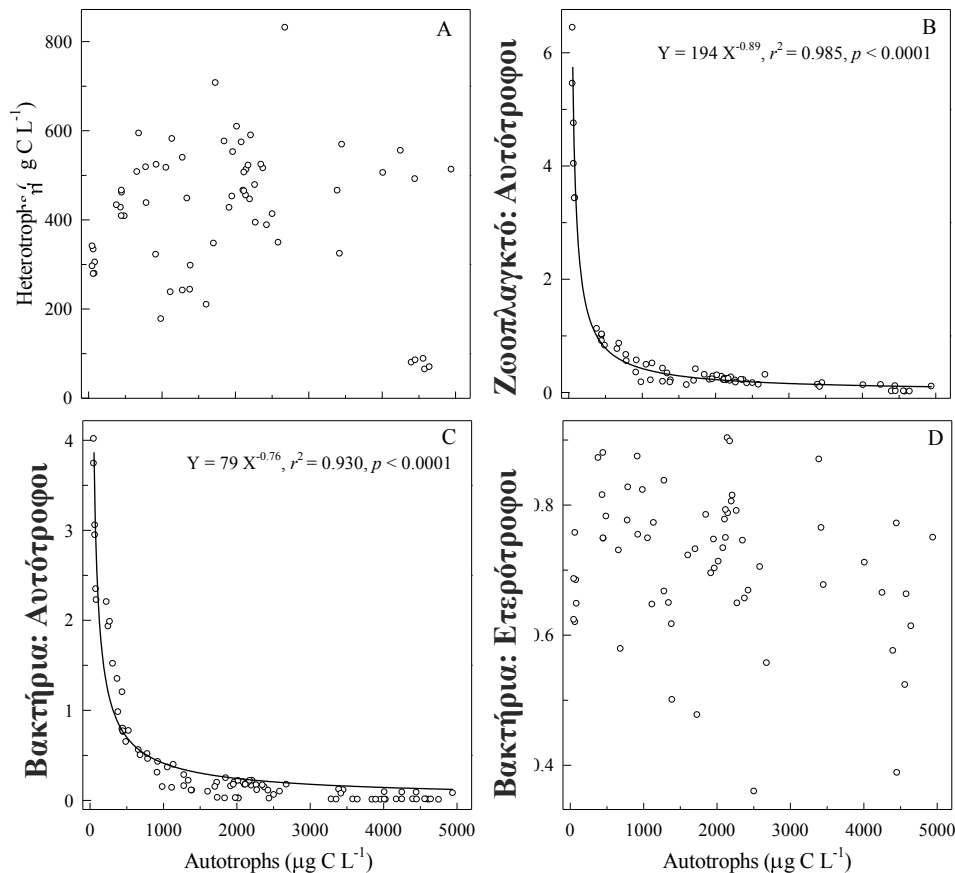


Jenga tower standing on one tile. Source:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jenga_distorted.jpg Guma89, 2012, CC-BY-SA



Τροφικό Πλέγμα λίμνης

Παράδειγμα: Τροφικό πλέγμα λίμνης Καστοριάς



Βακτηριοπλαγκτό

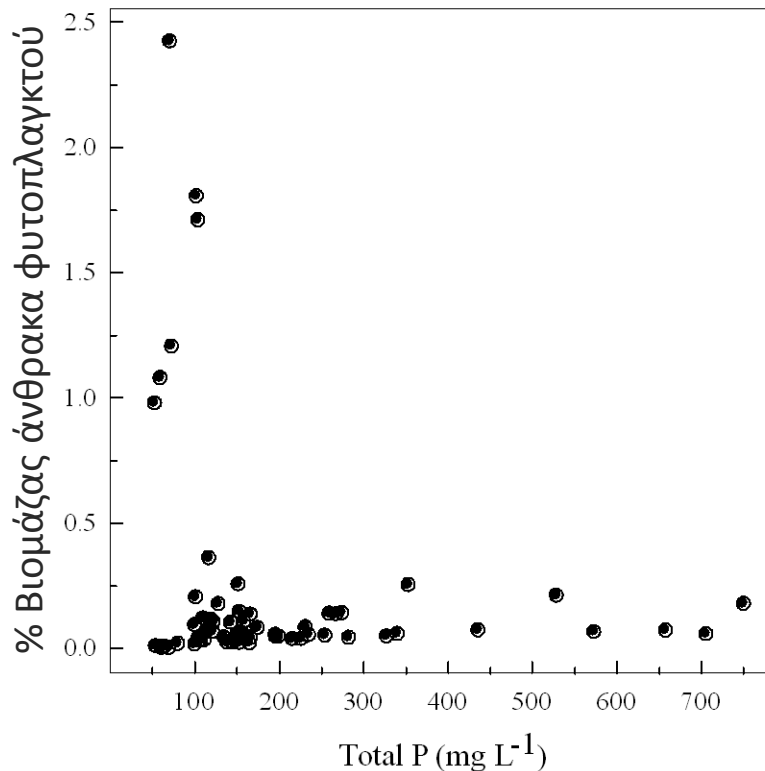
- ✓ Κυριαρχεί στη δεξαμενή άνθρακα του ετερότροφου πλαγκτού
- ✓ Συμμετοχή > 50% ανεξαρτήτως της δεξαμενής άνθρακα των αυτότροφων οργανισμών
- ✓ Κυριαρχεί στη δεξαμενή άνθρακα του πλαγκτού και οδηγεί σε ανάστροφη τροφική πυραμίδα όταν ο λόγος άνθρακα βακτηριοπλαγκτού/φυτοπλαγκτού είναι > 1

Moustaka-Gouni et al. (2006): Limnology & Oceanography



Τροφικό Πλέγμα λίμνης

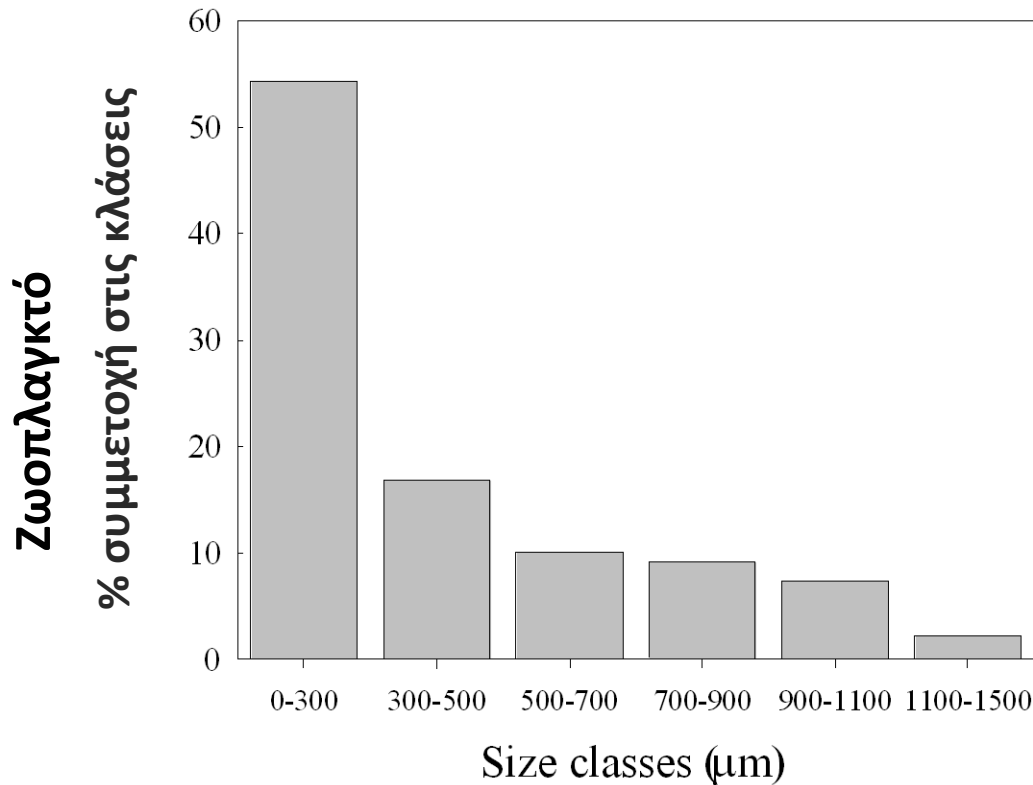
Παράδειγμα: Τροφικό πλέγμα λίμνης Καστοριάς



Συμμετοχή Ζωοπλαγκτού στη δεξαμενή άνθρακα του πλαγκτικού τροφικού πλέγματος σε σχέση με τον ολικό φώσφορο (Total P)



Τροφικό Πλέγμα λίμνης

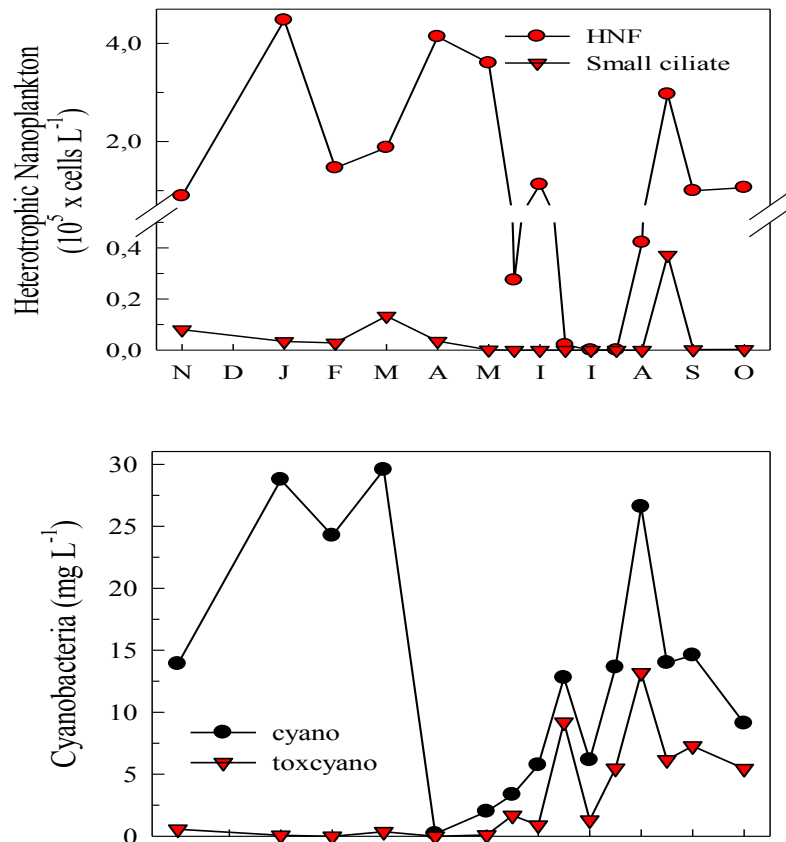


Η κυριαρχία πολύ μικρού μεγέθους Ζωοπλαγκτού είναι ενδεικτική της πίεσης που υφίσταται από τη θήρευση των ψαριών και από την ακαταλληλότητα τροφής λόγω κυριαρχίας τοξικών κυανοβακτηρίων



Τροφικό Πλέγμα λίμνης

Παράδειγμα: Τροφικό πλέγμα λίμνης Καστοριάς



Μικροβιακό πλέγμα

- Ασθενές παρά την αφθονία και κατά περιόδους κυριαρχία των βακτηρίων
- Το ετερότροφο νανοπλαγκτό (νανομαστιγωτά-HNF & βλεφαριδωτά) είναι λιγιστό έως ανύπαρκτο το καλοκαίρι όταν εμφανίζονται τοξικές ανθίσεις κυανοβακτηρίων

Moustaka-Gouni et al. (2006): Limnology & Oceanography



Τροφικό Πλέγμα λίμνης

Παράδειγμα: Τροφικό πλέγμα λίμνης Καστοριάς
Κατάρρευση του τροφικού πλέγματος στην Κορώνεια



2005

- pH > 10,5

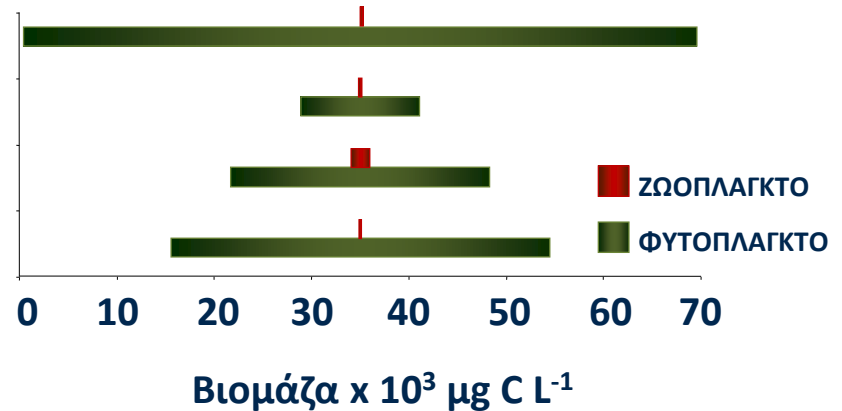
απουσία
Daphnia magna

→ ανισορροπία παραγωγών : καταναλωτών

- παρουσία
κυανοβακτηρίων



ΑΠΡΙ
ΙΟΥΛ
ΣΕΠΤ
ΝΟΕΜ



Βιομάζα x 10³ μg C L⁻¹



Τροφικό Πλέγμα λίμνης

Τι είναι η ανάστροφη τροφική πυραμίδα βιομάζας στα υδάτινα οικοσυστήματα;

- Η αντίστροφη διάταξη βιομάζας από τους πρωτογενείς παραγωγούς στους κορυφαίους καταναλωτές σε αντίθεση με την τροφική πυραμίδα βιομάζας στην ξηρά

Πως μπορεί να λειτουργήσει;

- Παράγοντας κλειδί είναι ο χρόνος γενεάς των πρωτογενών παραγωγών του φυτοπλαγκτού και η ταχύτητα παραγωγής οργανικού υλικού . Μια μικρή ποσότητα βιομάζας φυτοπλαγκτού που στο σύνολό της μεταφέρεται στους καταναλωτές με υψηλή παραγωγικότητα μπορεί να στηρίξει υψηλότερη βιομάζα όταν η μετατροπή της στα επόμενα επίπεδα είναι χαμηλότερη

✓ Ανάστροφη τροφική πυραμίδα βιομάζας μπορεί να παρατηρηθεί σε ολιγότροφες λίμνες η σε καταστάσεις τεχνητού ολιγοτροφισμού (π.χ. σε εύτροφες λίμνες με flushing όπως στη λίμνη Καστοριάς)



Βιβλιογραφία

Moustaka-Gouni M, Vardaka E, Michaloudi E., Kormas KA, Tryfon E, Mihalatou H, Gkelis S, Lanaras T (2006) Plankton food web structure in a eutrophic polymictic lake with a history of toxic cyanobacterial blooms. *Limnology and Oceanography* 51:715-727

[Moustaka-Gouni M, Michaloudi E, Sommer U. \(2014\) Modifying the PEG model for Mediterranean lakes - no biological winter and strong fish predation. *Freshwater Biology* 59: 1136-1144](#)

Cohen J., Jonsson T., Carpenter S. (2003) Ecological community description using the food web, species abundance, and body size. *PNAS*, 100 (4): 1781-1786

Lampert W. & U. Sommer (1997). *Limnoecology. The Ecology of Lakes and Streams.* Oxford University Press, New York.

<http://www.bio.auth.gr/content/oceanographia>





Τέλος Ενότητας 10

Επεξεργασία: Λατινόπουλος Διονύσης
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

