



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Χημική Ωκεανογραφία

Ενότητα 1: Θαλάσσια ζωή (Α' μέρος)

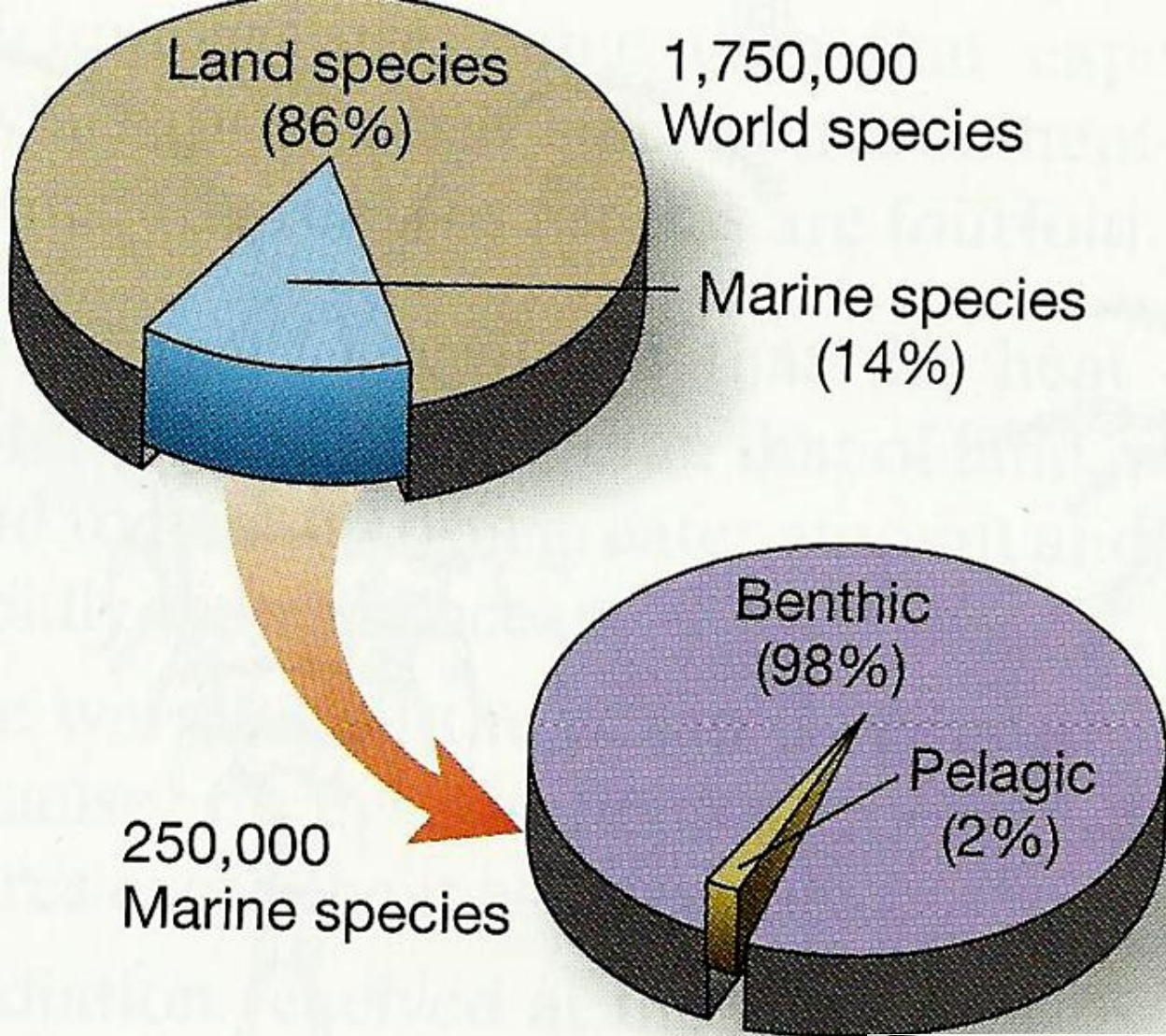
Εμμανουήλ Δασενάκης
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Χημείας

ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΖΩΗ

ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ

Life determines ocean chemistry and responds to it. It is not possible to understand the composition of seawater (or marine sediments) without understanding life processes. Organic matter in the ocean is produced by photosynthesis (and chemosynthesis to a lesser extent) and destroyed by respiration. Much of this material is covered in biological oceanography but there is also a chemical oceanography perspective. The topic is important for three key reasons:

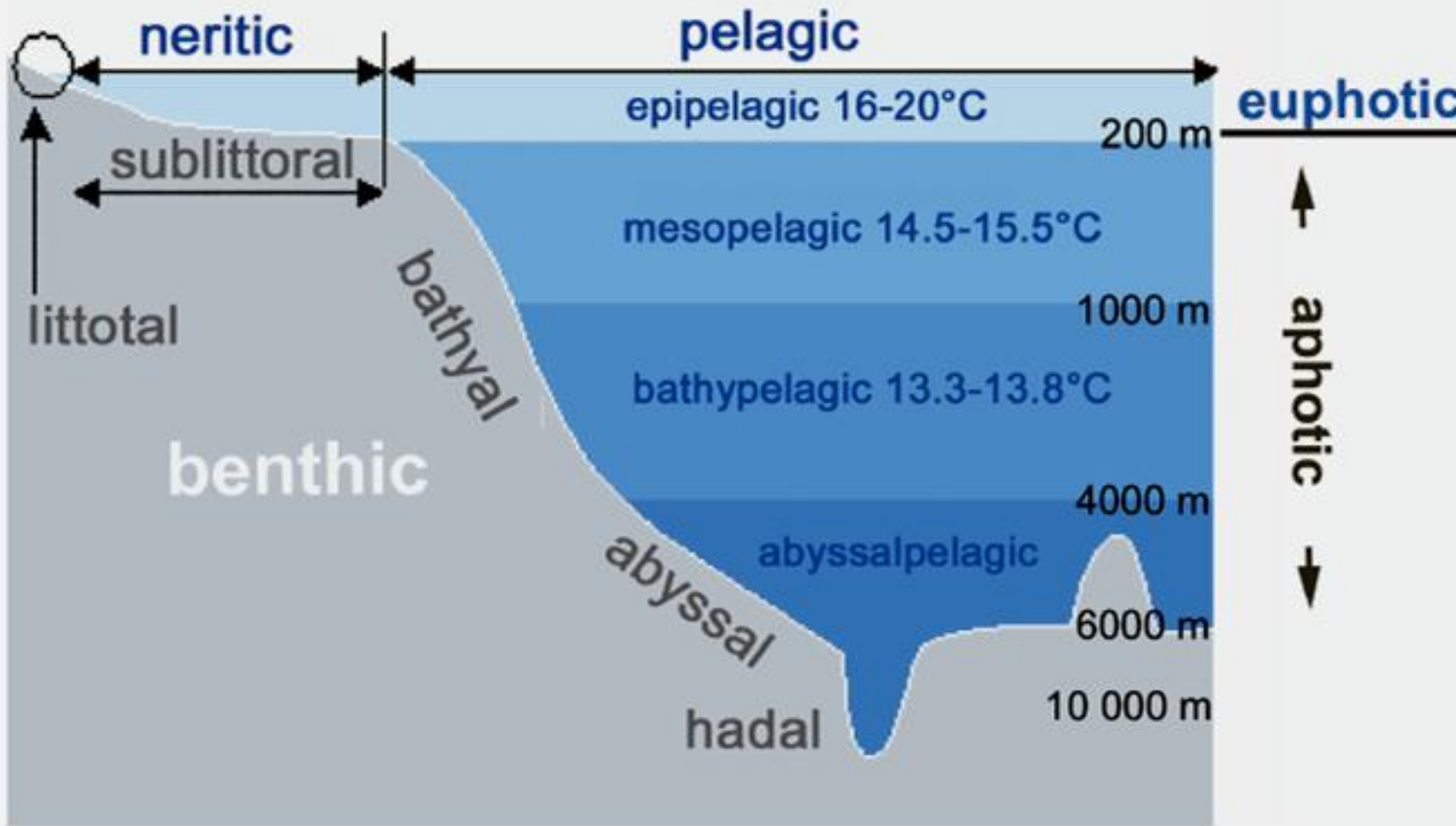
- 1. One cannot understand the chemistry of the oceans without considering biological influences.**
- 2. To understand the limits on biological production in the oceans, we need to understand the underlying chemical constraints [macro (e.g. N, P) and micro (e.g. Fe, Zn) nutrients].**
- 3. The balance between ocean productivity and respiration is called export production. It is referred to as the biological pump and it is the flux of biologically produced organic carbon from the surface ocean to the deep ocean. This biological pump is a primary control on atmospheric CO₂.**



Distribution of species on Earth.

Of the 1,750,000 known species on Earth, 86% inhabit land environments and 14% inhabit the ocean. Of the 250,000 known marine species, 98% inhabit the benthic environment and live in or on the ocean floor, while only 2% inhabit the pelagic environment and live within the water column as either plankton or nekton.

Ταξινόμηση σύμφωνα με	Κατηγορία	Χαρακτηριστικά
Τρόπο διατροφής	<i>Αυτότροφοι</i>	Κατασκευάζουν μόνοι την τροφή τους
	<i>Ετερότροφοι</i>	Δεν κατασκευάζουν μόνοι την τροφή τους
Κινητικότητα	<i>Νηκτιόν</i>	Κολυμβητές
	<i>Πλάγκτιόν</i>	Μη-κολυμβητές και διακρίνεται σε:
		<i>Φυτοπλάγκτιόν (μικροσκοπικά φυτά)</i>
		<i>Ζωοπλάγκτιόν (μικροσκοπικά ζώα)</i>
Βιότοπος	<i>Πεδαγικοί</i>	Ζουν μέσα στη στήλη του νερού
		Μεσοπαλιρροικοί
		Νηριτικοί
		Ωκεάνιοι
	<i>Βενθικοί</i>	Ζουν μέσα ή επάνω στον πυθμένα
		Αιγιαλιτικοί
		Υποαιγιαλιτικοί
		Βαθειαίοι
		Αβυσσαίοι
		Αδαίοι

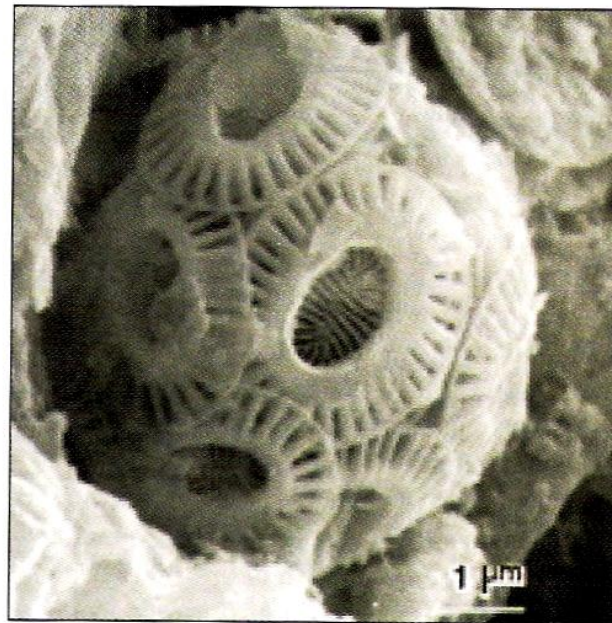
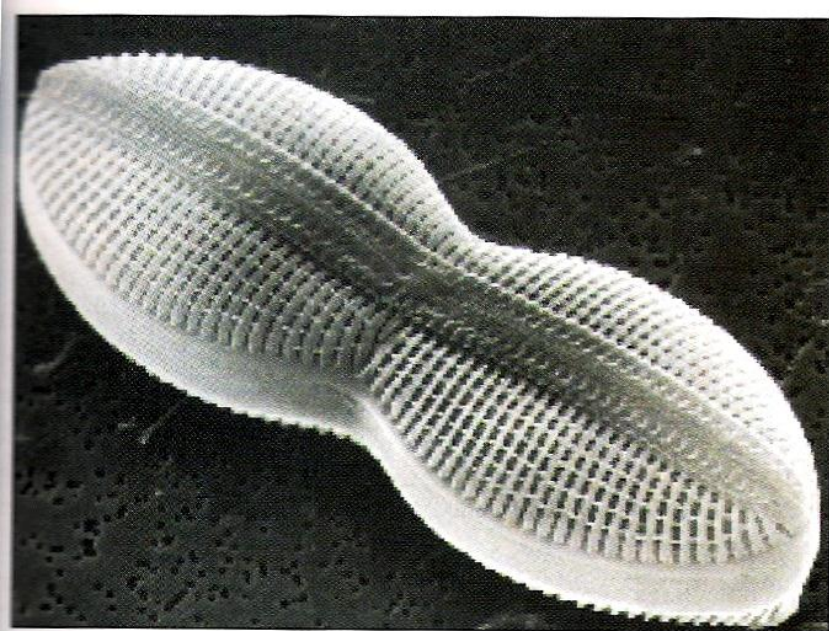


Κατάταξη πλαγκτονικών οργανισμών

Κριτήριο	Κατηγορία
Με βάση το βασίλειο	Φυτοπλαγκτόν (φυτά) Ζωοπλαγκτόν (ζώα)
Με βάση το μέγεθος	Πικοπλαγκτόν ($<2 \mu\text{m}$) Ούλτραπλαγκτόν ($2-5 \mu\text{m}$) Νανοπλαγκτόν ($5-20 \mu\text{m}$) Μικροπλαγκτό ($20 \mu\text{m} - 2 \text{mm}$) Μακροπλαγκτό ($>2 \text{mm}$)
Με βάση τη διάρκεια της πλαγκτονικής ζωής	Μεροπλαγκτόν (μέρος της ζωής σαν πλαγκτό) Ολοπλαγκτόν (όλη τη ζωή σαν πλαγκτό)

Dominant Forms of Marine Phytoplankton

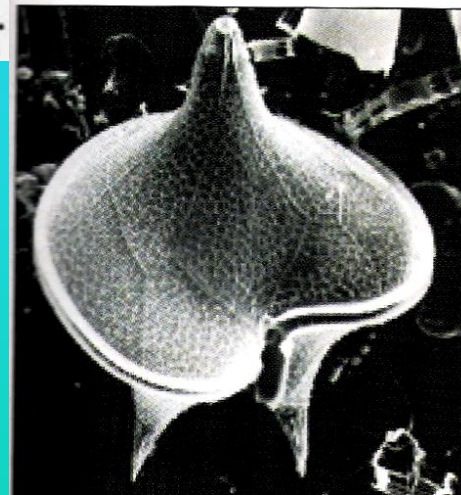
TYPE AND CHARACTERISTICS	LOCATION	COLOR AND APPEARANCE	METHOD OF REPRODUCTION
<i>Diatoms:</i> silica and pectin "pillbox" cell wall, sculptured designs; of major importance for coastal ocean productivity; has floating and attached forms	Everywhere in surface ocean, especially in colder waters, upwelling areas, even in polar ice; some heterotrophic below photic zone; some form "resting spore" under adverse conditions	Size: 0.01–0.2 mm Yellow-green or brownish; single cells or chains of cells; radial or bilateral symmetry; many have spines or other flotation devices	Division, splitting of nuclear material; average reduction of one cell-wall thickness at each division (Fig. 13-1); when limiting size is reached cell contents escape, form new cell
<i>Dinoflagellates:</i> next to diatoms in productivity; many heterotrophic, ingest particulate food; some have cellulose "armor"; very small open-ocean species are naked	In all seas, and below photic zone; some parasitic; warm-water species very diverse; some have resting stage for protection; sometimes abundant in coastal areas as "red tide" (see Chap. 12)	Size: 0.005–0.1 mm Usually brownish, one-celled; have 2 whiplike flagellae for locomotion; many are luminescent	Simple, longitudinal, or oblique divisions; daughter cells achieve size of parent before dividing
<i>Coccolithophores:</i> covered with calcareous plates, embedded in gelatinous sheath; important source of food for filter-feeding animals	Mainly in open seas, tropical and semitropical; sometimes proliferates near coasts; some heterotrophic forms at depths to 3000 meters	Size: 0.005–0.05 mm Many flagellated; often round or oval single cells; when present in great numbers they give the water a milky appearance	Some individuals form cysts, from which spores arise to develop into new individuals
<i>Silicoflagellates:</i> very small, have silica skeleton; some heterotrophic forms	Widespread in colder seas worldwide, especially in upwelling areas	Size: about 0.05 mm Single-celled, 1 or 2 flagellae; starlike or meshlike skeleton	Simple cell division
<i>Blue-Green Algae:</i> small, relatively simple cell structure; cell wall of chitin	Mainly inshore, warmer surface waters, tropics	Size: filaments to 0.1 mm or more Blue-green or red rafts of mottled filaments; can cause a colored "bloom" in the water	Simple division of each cell into two



(a)

(b)

Microscopic algae. (a) Peanut-shaped diatom *Diploneis* (length = 50 microns, or 0.002 inch). (b) Coccolithophore *Emiliana huxleyi*, showing disk-shaped calcium carbonate (CaCO_3) plates—called coccoliths—that cover the organism (bar scale = 1 micron, or 0.00004 inch). (c) Dinoflagellate *Protoperidinium divergens* (length = 70 microns, or



Blue green algae- κυανοφυκη

Τα κυανοβακτήρια είναι φωτοαυτότροφοι προκαρυωτικοί, μονοκύτταροι, αποικιακοί ή νηματοειδείς μικροοργανισμοί. Παρά την προκαριωτική τους δομή θεωρούνται φύκη, καθώς έχουν τη δυνατότητα αερόβιας φωτοσύνθεσης, μέσω της χλωροφύλλης –α που διαθέτουν. Τα κύτταρά τους περιβάλλονται από ζελατινώδες υλικό πολυσακχαρώδους υφής, Τα φωτοσυνθετικά βακτήρια είναι οι κύριοι παραγωγοί στο ωκεανό. Το είδος *Prochlorococcus* ίσως είναι το αφθονότερο είδος επί της γης



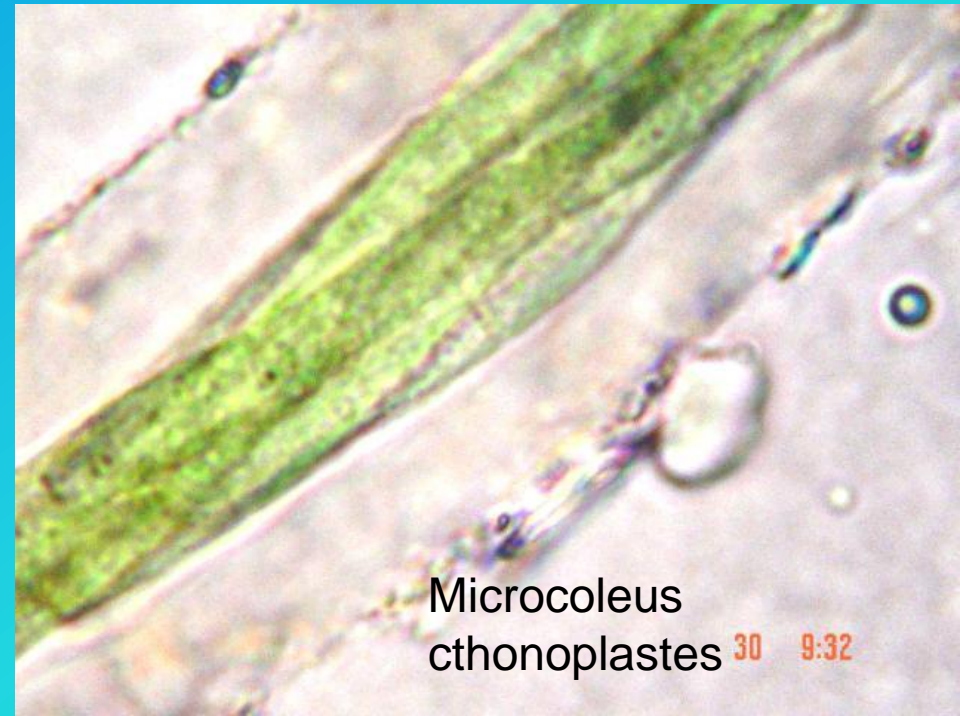
Lyngbia

30 9:39



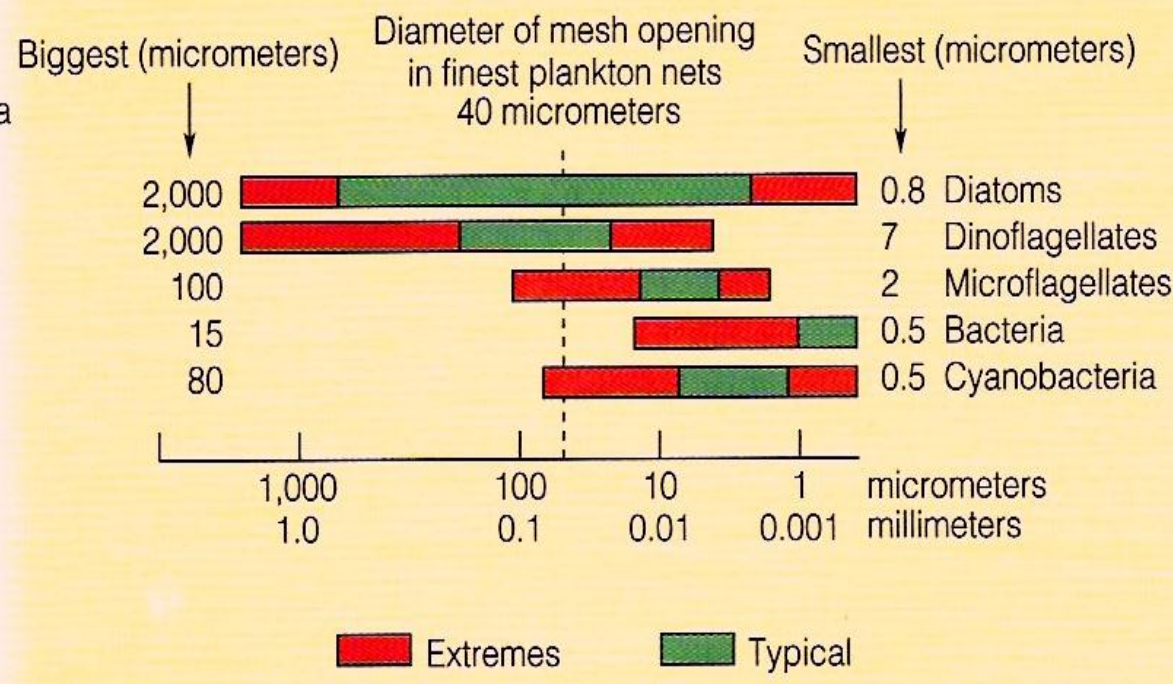
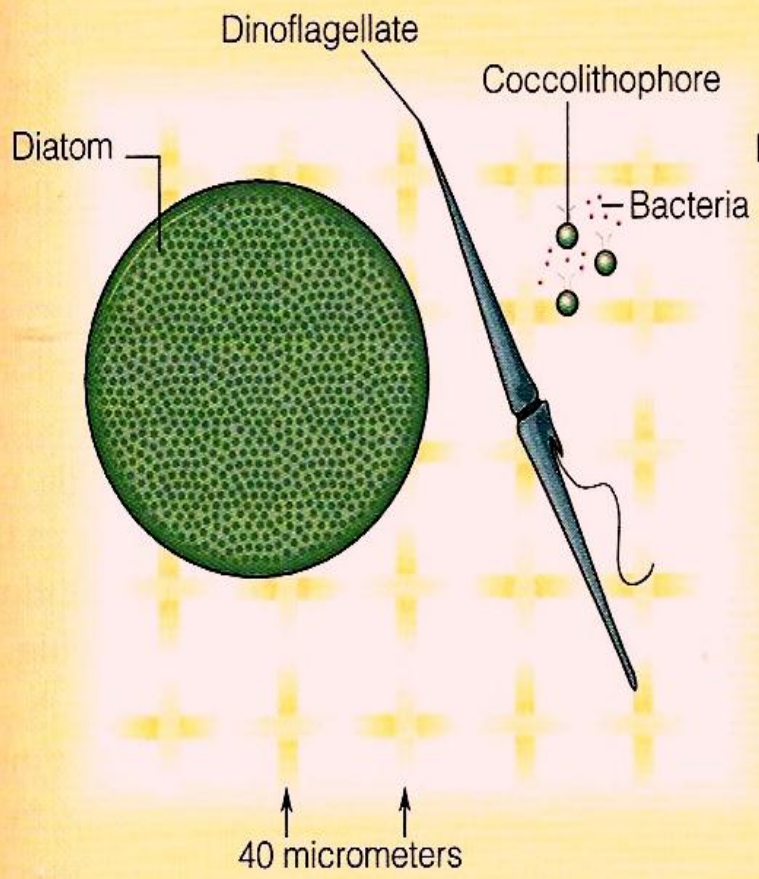
Spiroulina

30 9:37



Microcoleus

cthonoplastes 30 9:32



Light energy input
(endothermic)

Photosynthesis

Water + Carbon dioxide



Sugar + Oxygen

Heat energy released
(exothermic)

Respiration

Water + Carbon dioxide



Sugar + Oxygen

**Representative
reaction, viewed
chemically**

$6\text{H}_2\text{O}$ + 6CO_2 +

Light
energy
Heat

Photosynthesis



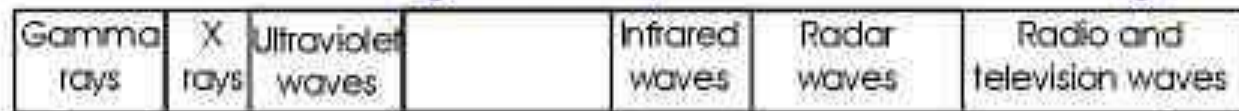
Respiration



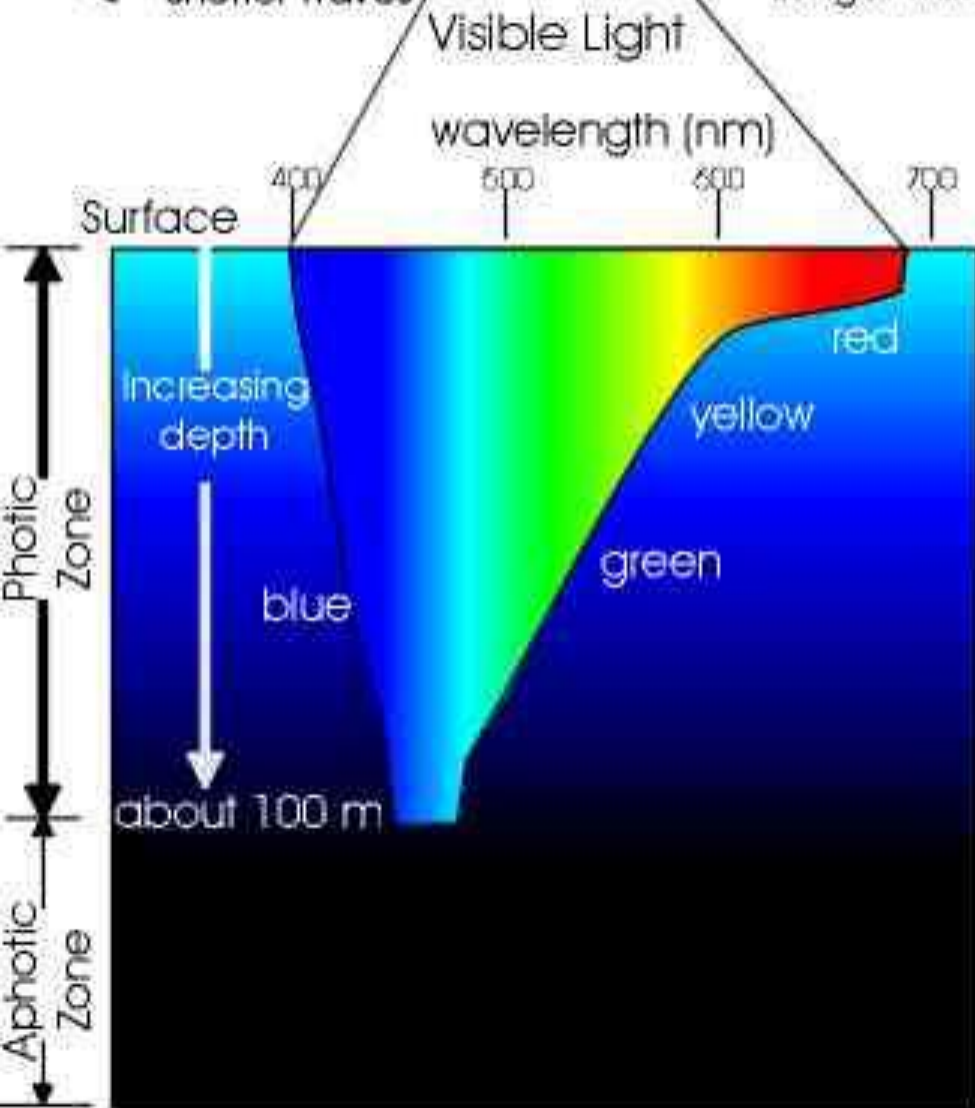
$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ + 6O_2

Photosynthesis (top), respiration (middle), and representative reactions viewed chemically (bottom).

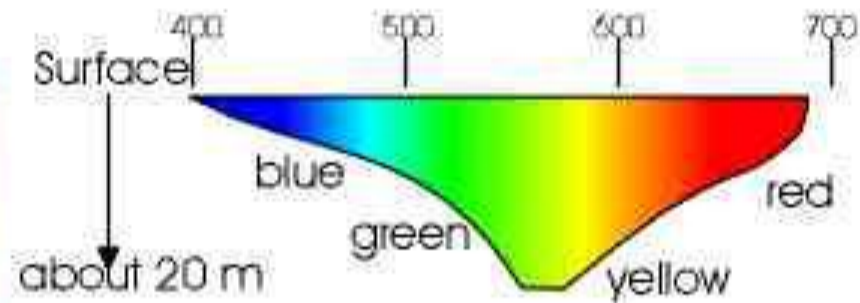
Electromagnetic spectrum of sunlight



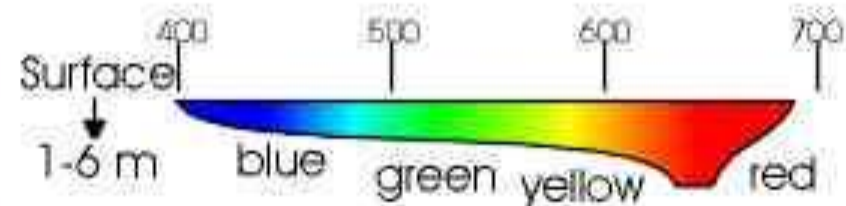
← Shorter waves Longer waves →



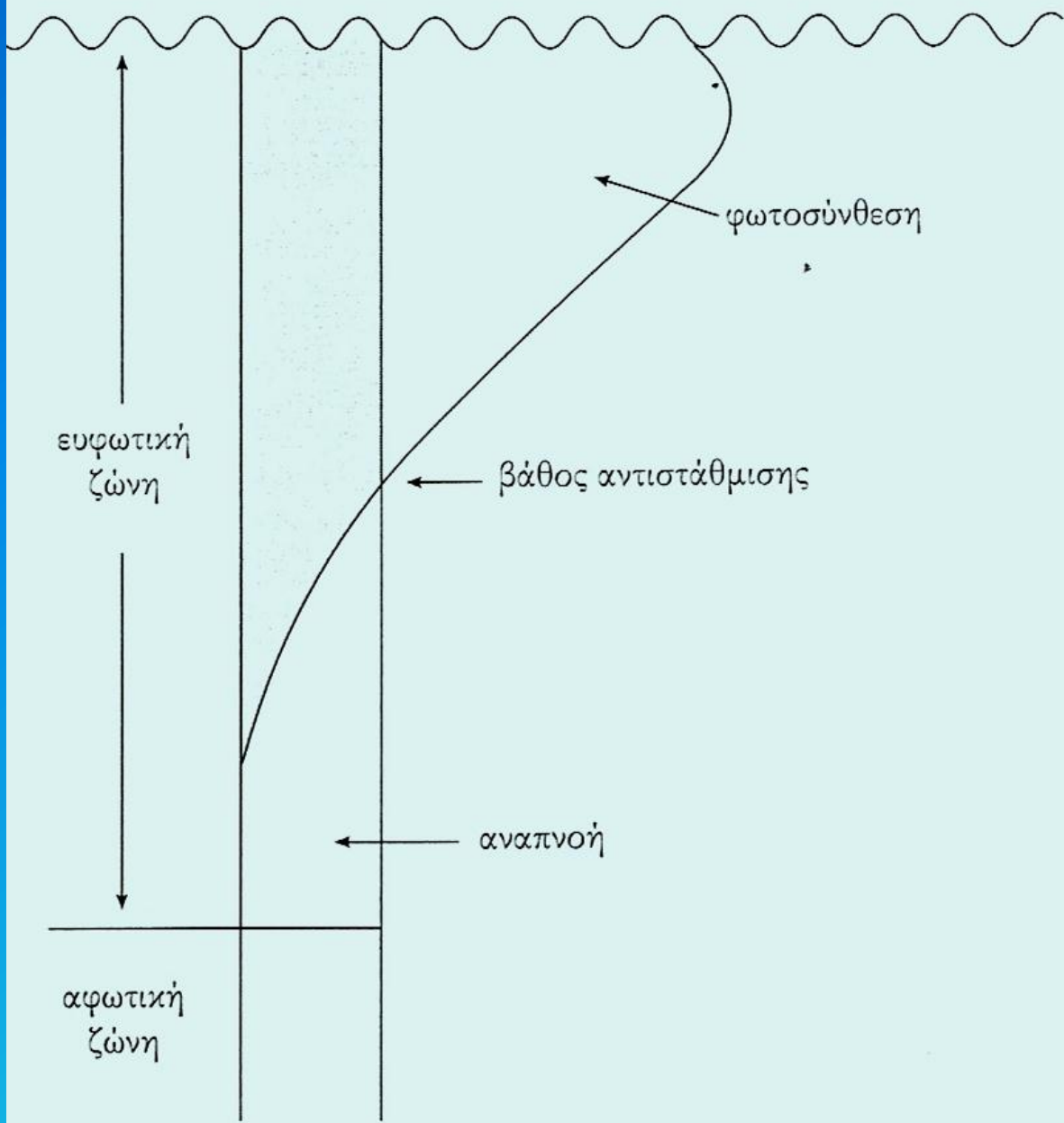
Transmission of light in "pure" fresh or saltwater



Transmission of light in coastal marine water



Transmission of light in estuarine water

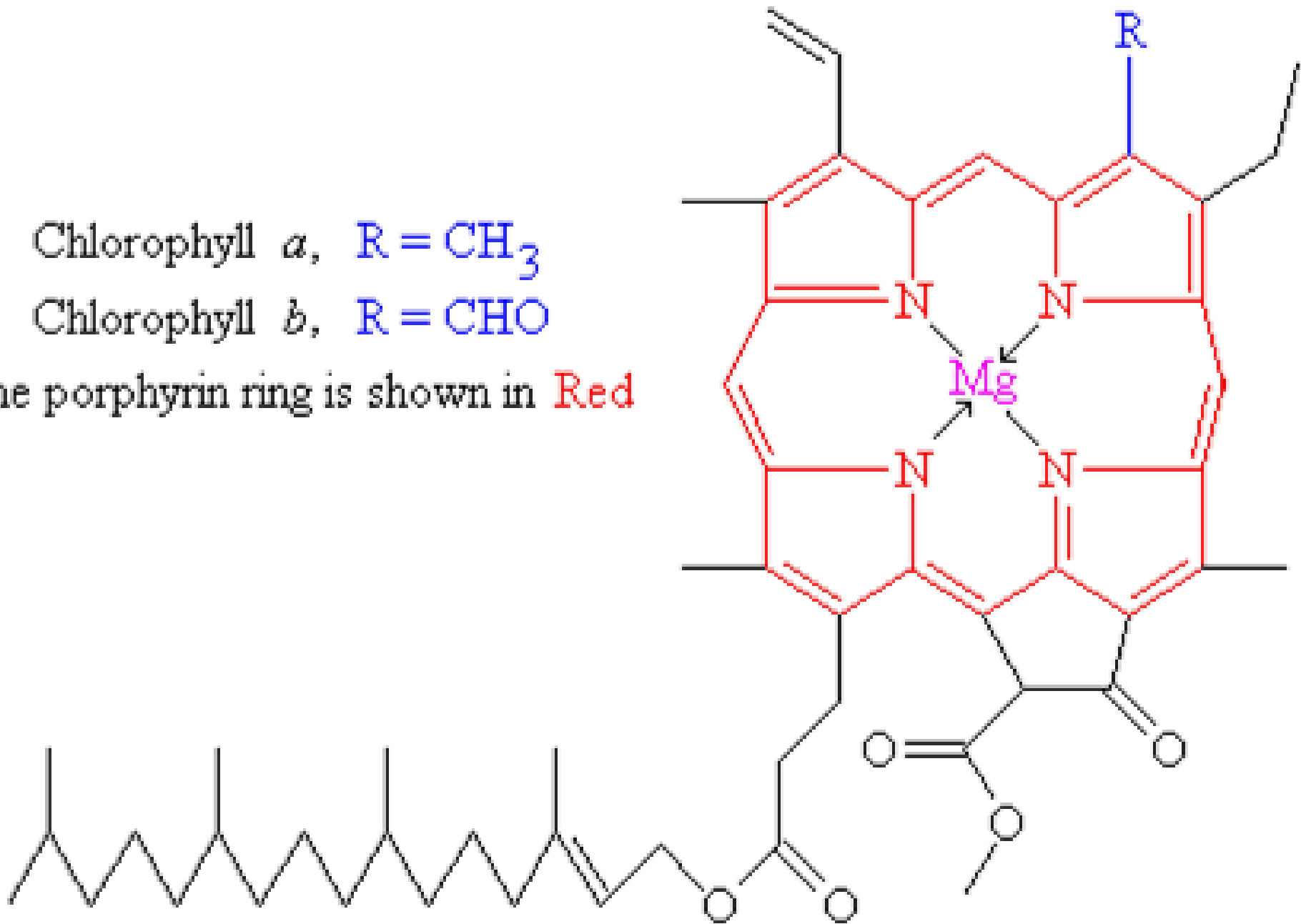


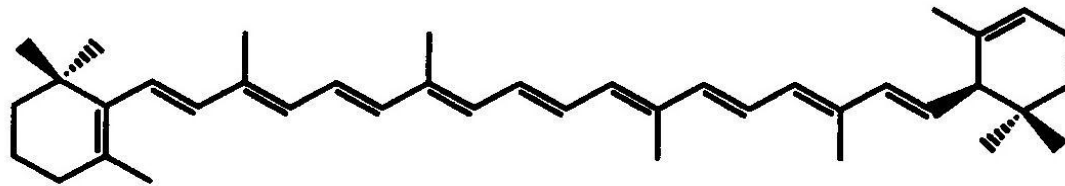
Μεταβολή του ρυθμού φωτοσύνθεσης με το βάθος σε παράκτια νερά

Chlorophyll *a*, $R = \text{CH}_3$

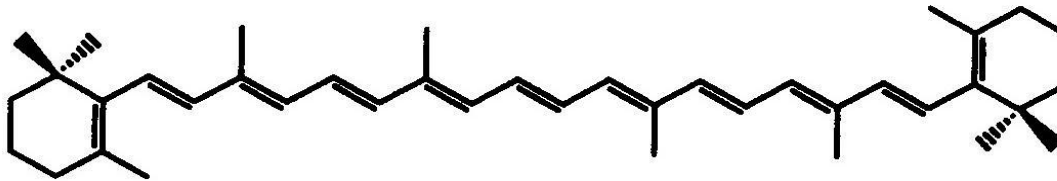
Chlorophyll *b*, $R = \text{CHO}$

The porphyrin ring is shown in Red

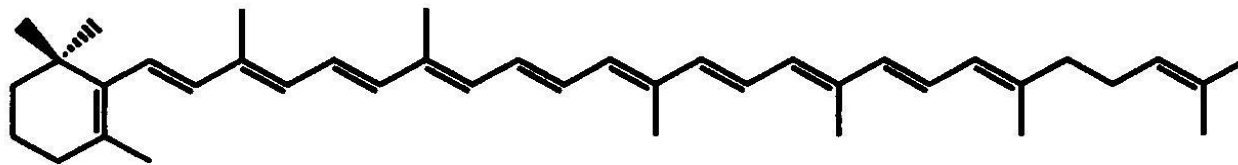




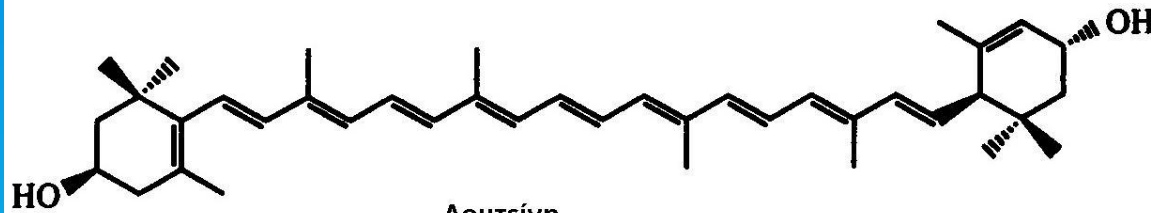
α -carotene



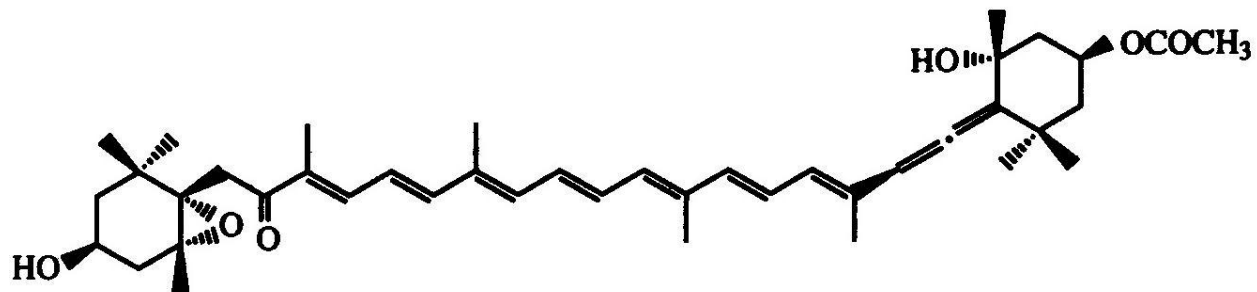
β -carotene



γ -carotene

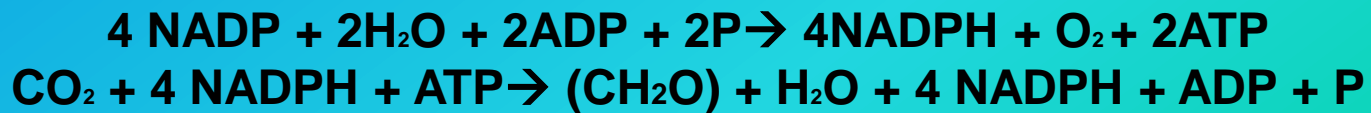
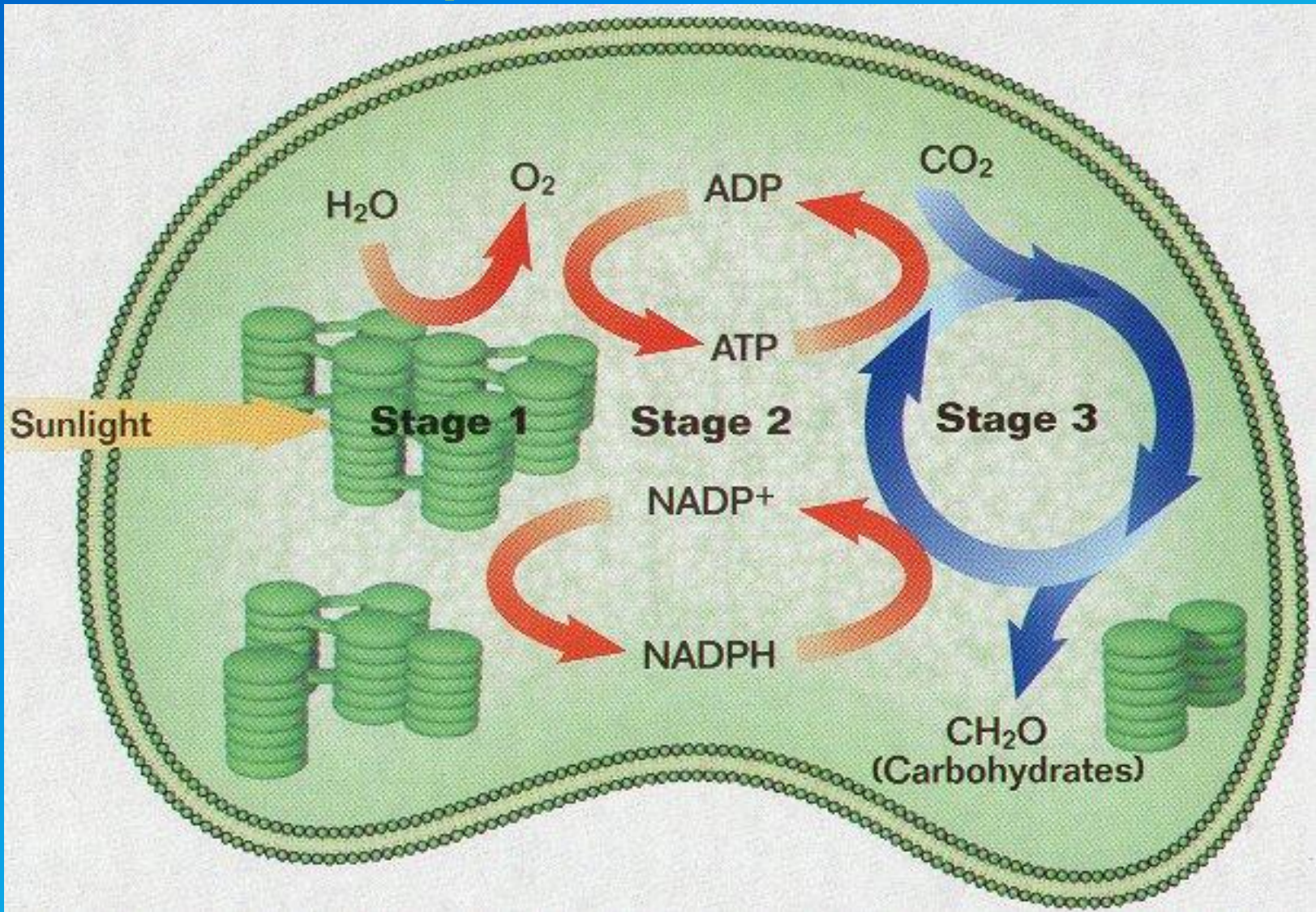


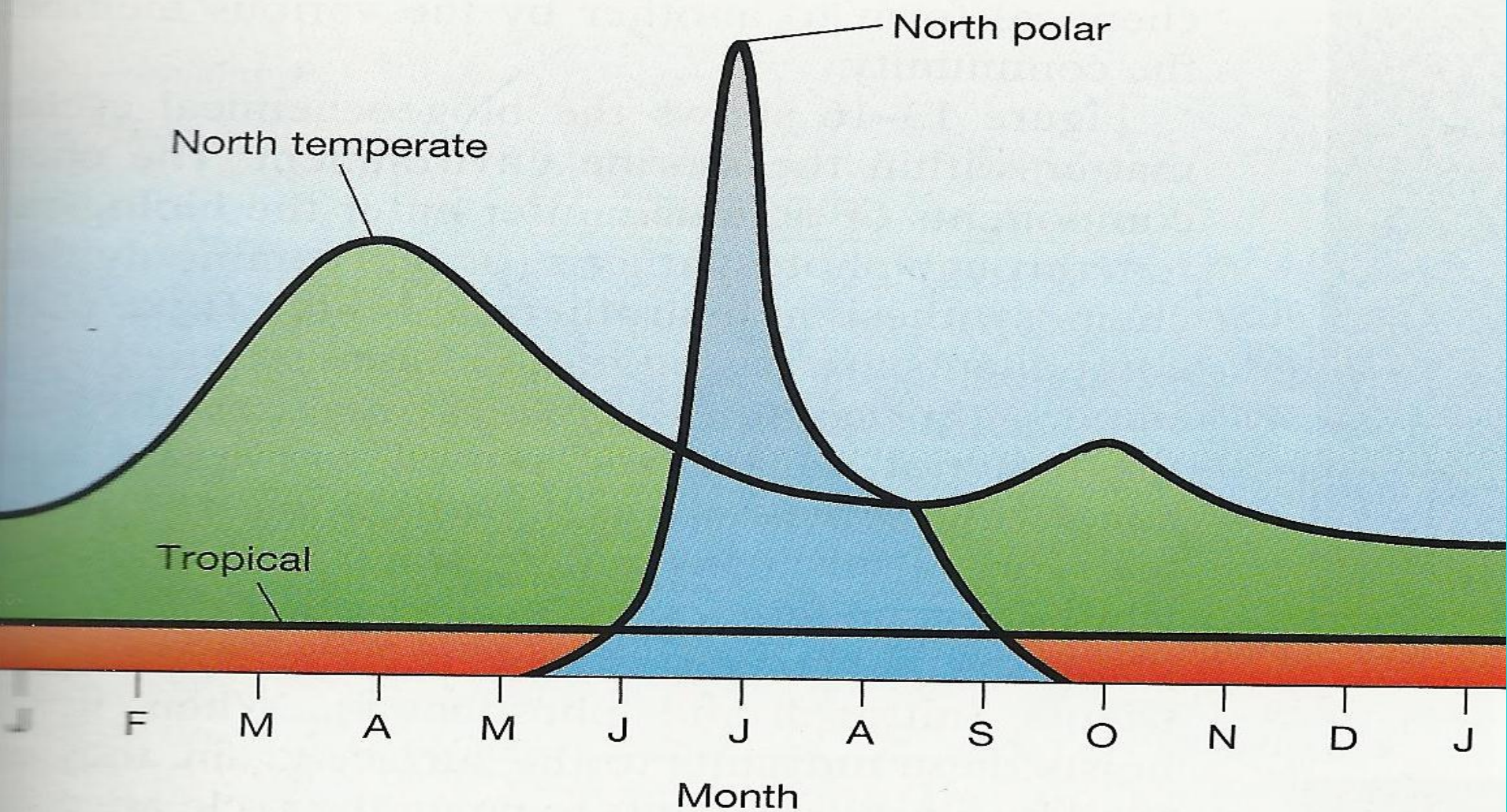
Λουτεΐνη



Φουκοξανθίνη

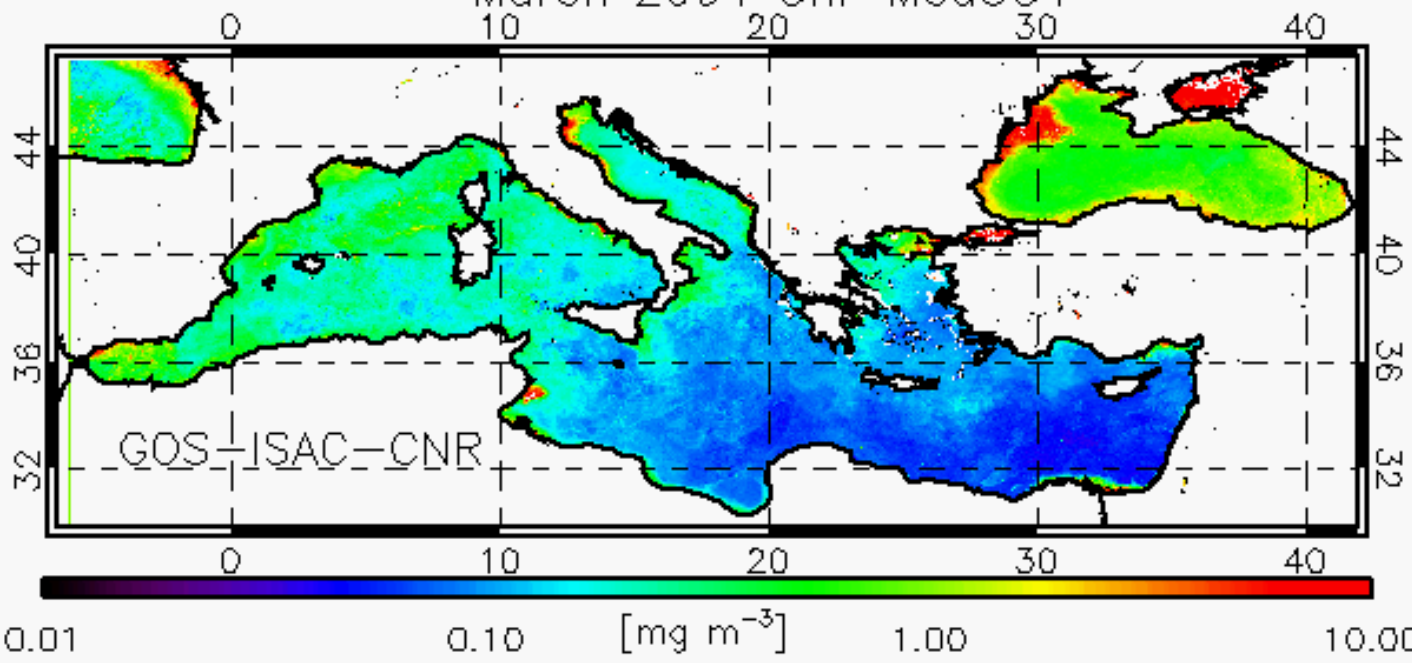
ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗ





Comparison of productivity in tropical, temperate, and polar oceans (Northern Hemisphere). Seasonal variations in phytoplankton biomass, where the total area under each curve represents annual photosynthetic productivity.

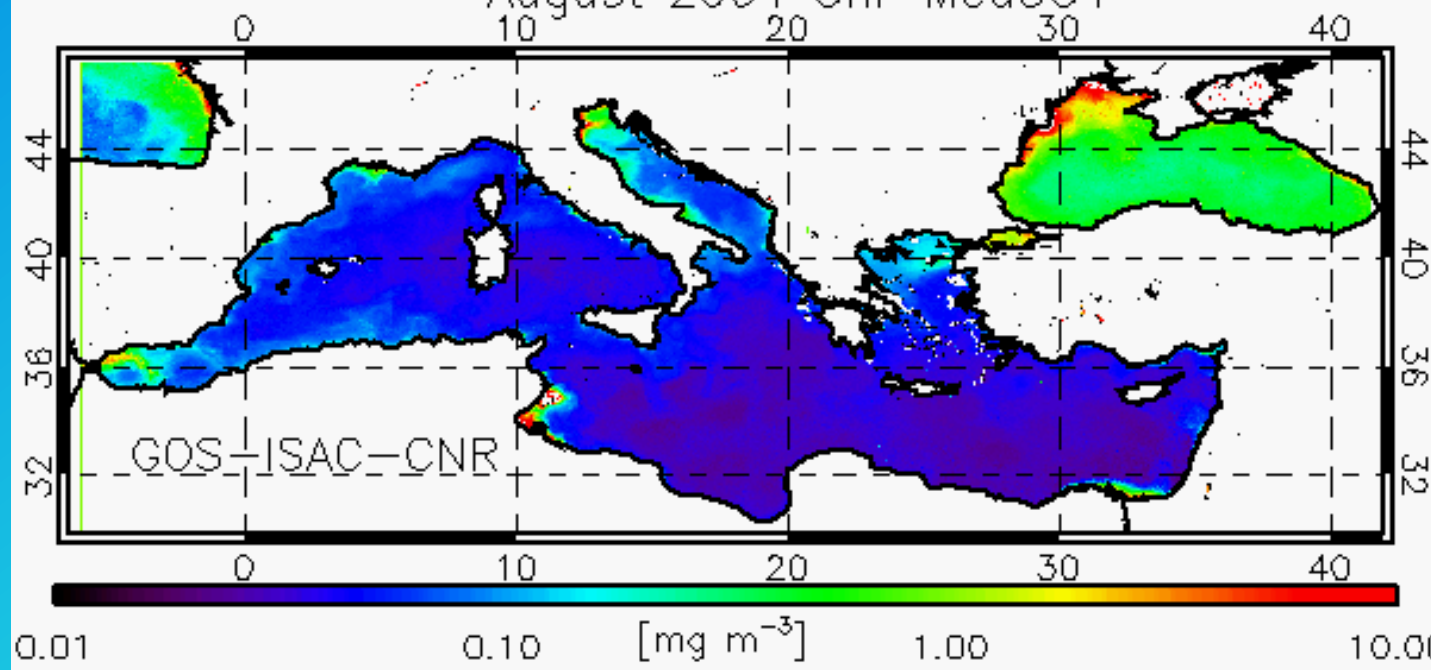
March 2004 Chl-MedOC4

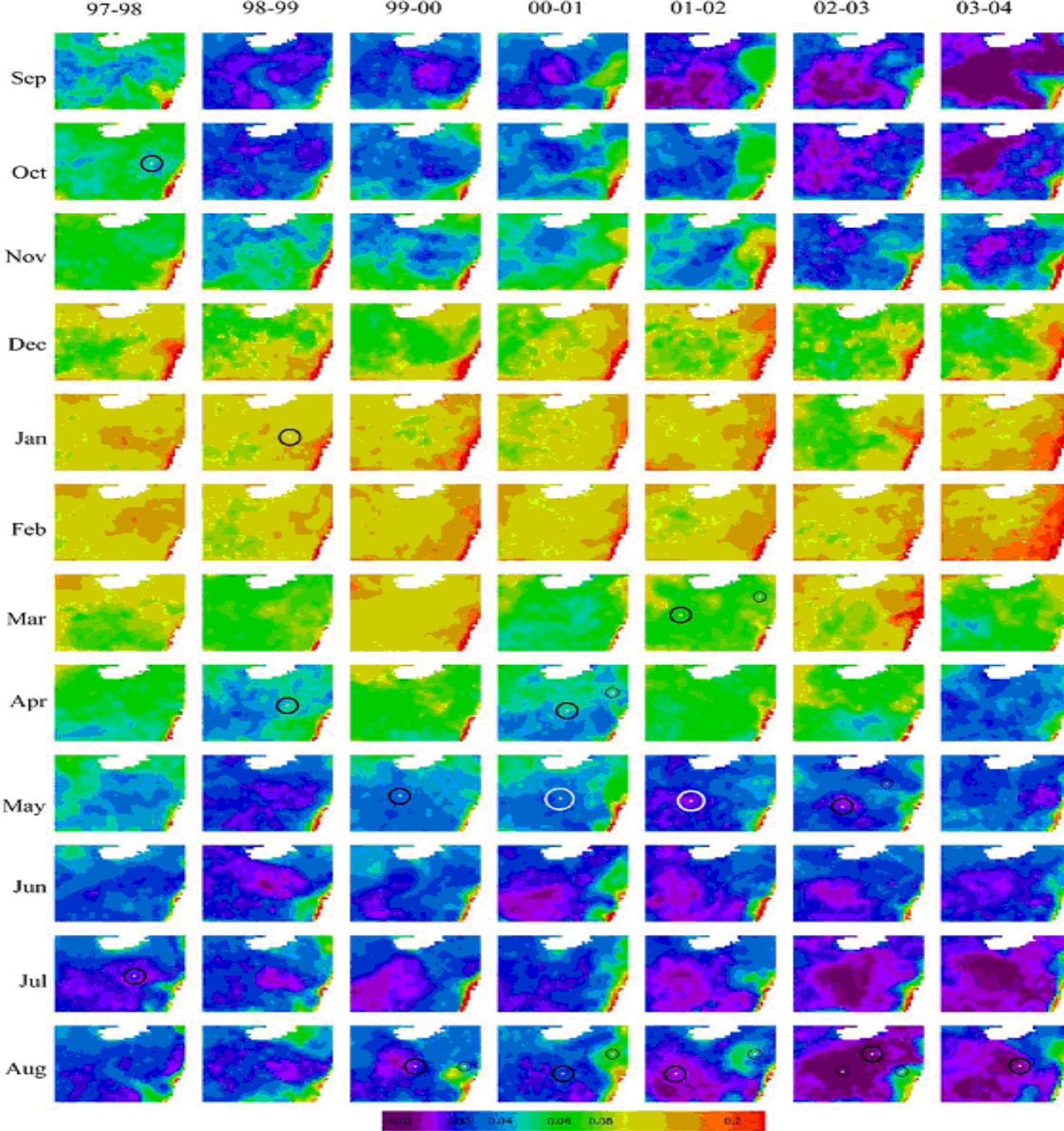


Mean chlorophyll concentrations in spring and autumn

2004

August 2004 Chl-MedOC4





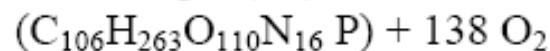
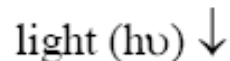
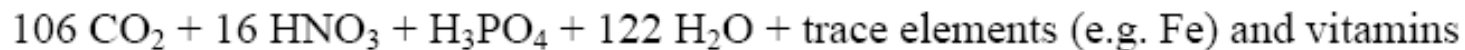
**Μηνιαίες
δορυφορικές
εικόνες chl-a
στην Ανατολική
Μεσόγειο.
Οι κύκλοι
δείχνουν την θέση
του Κυπριακού
αντικυκλώνα**

The Redfield - Ketchum - Richards or "RKR" Equation

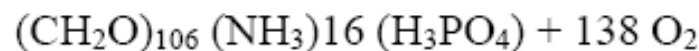
The data for the elemental composition of plankton were assembled to construct an equation to represent average photosynthesis and respiration. The elemental ratio in plankton is called the Redfield Ratio, after Alfred Redfield of Woods Hole. The mean elemental ratio of marine organic particles is thought to be highly conserved (Falkowski et al, 1998) and is given as:

$$P : N : C = 1 : 16 : 106$$

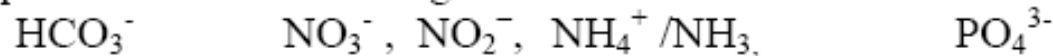
The RKR equation written for the average ocean photosynthesis and aerobic (O_2) respiration is written as



or



The actual chemical species assimilated during this reaction are:



This is an organic oxidation-reduction reaction – during photosynthesis, C and N are reduced and O is oxidized. During respiration, the reverse occurs. There are no changes in the oxidation state of P.

Photosynthesis is endothermic. This means it requires energy from an outside source. In this case the energy source is the sun. Essentially plants convert the photo energy from the sun into high-energy C-C bonds. This is a non-equilibrium reaction whose slow kinetics are enzymatically facilitated.

Element Availability versus Plankton Demand:

1. Both N and P are in short supply (limiting) relative to plankton needs.
2. Inorganic C is present in seawater in ten times excess of that needed for photosynthetic use of all available N and P.
3. O₂-saturated seawater contains only a slight excess of oxygen versus the amount required to respire all the organic matter that can be photosynthesized from the available N and P.
4. Biogenic tests (“hard body parts”) also have global average compositions.
5. Si is limiting for diatom production.

Bioactive Element	mg atom* m ⁻³	Availability Ratio (to P)	Use Ratio [⊗]	<u>Availability</u> Use
P	2.3	1	1	1
N	34.5	15	16	0.94
C	2340	1017	106	9.6
O ₂ [▲]	367	160	138	1.16

*for average (deep) seawater, S = 35 ppt and O₂ saturated.

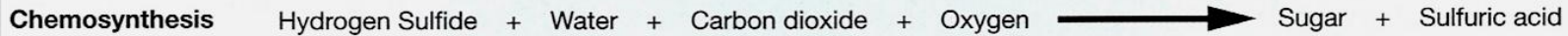
⊗RKR plankton values.

▲oxygen requirement for total respiration of RKR plankton.

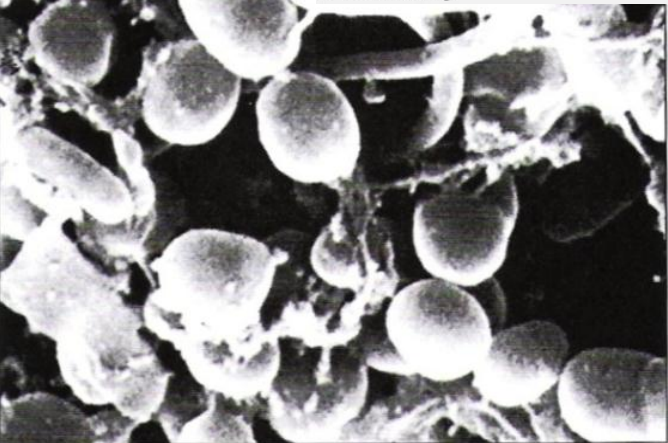
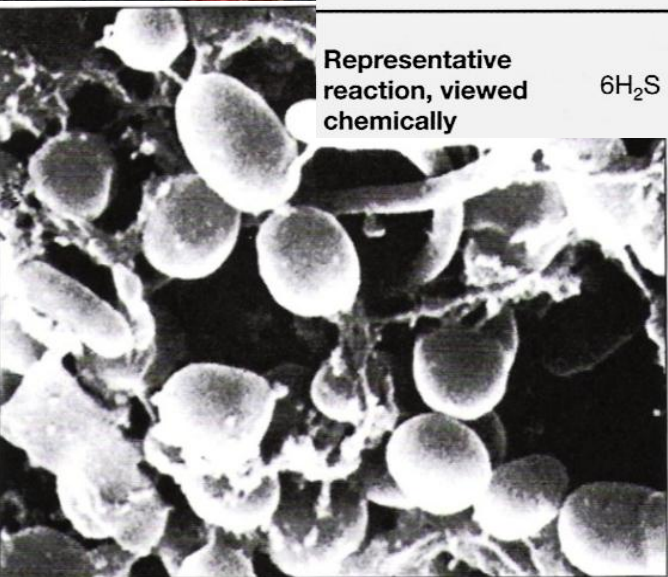
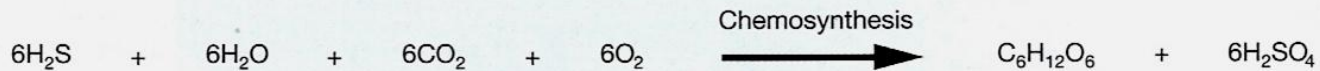
NET PRIMARY PRODUCTION - NPP

The total (marine plus terrestrial) global annual net primary production (NPP) has recently been estimated to be 104.9 Gt of C per year (Field et al., 1998), with similar contributions from the terrestrial (56.4 Gt, 53.8%) and oceanic (48.5 Gt, 46.2%) regimes. NPP is defined as the amount of photosynthetically fixed carbon available to the first heterotrophic level in an ecosystem. It can be expressed as the difference between autotrophic photosynthesis and respiration. This estimate was

Even though the total amounts are about equal, the amounts per area are greater on land than in the ocean. Average NPP on non-ice covered land is $426 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ while in the ocean it is $140 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$. The lower NPP per unit area of the ocean largely results from competition for light between phytoplankton and their strongly absorbing medium, seawater. Only about 7% of the incident radiation as photosynthetically active radiation (PAR) is absorbed by the phytoplankton, with the remainder absorbed by water and dissolved organic matter. In contrast, terrestrial plants absorb about 31% of the PAR incident on land. Even though primary producers in the ocean are responsible for nearly half the total NPP, they represent only 0.2% of the global producer biomass. Thus, the turnover time of plant organic carbon in the ocean (average 2 to 6 days) is about a thousand times faster than on land.

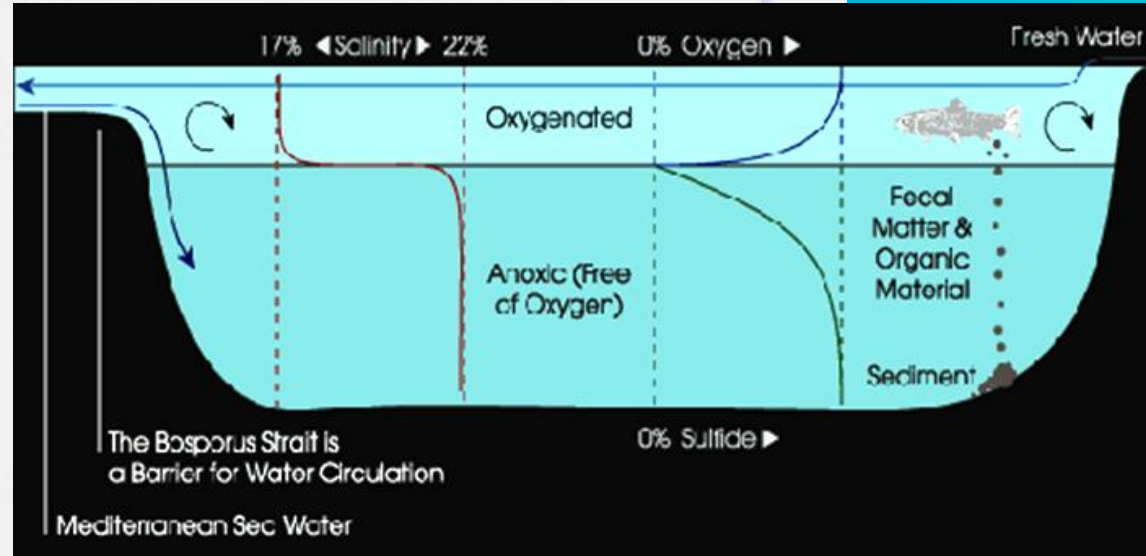
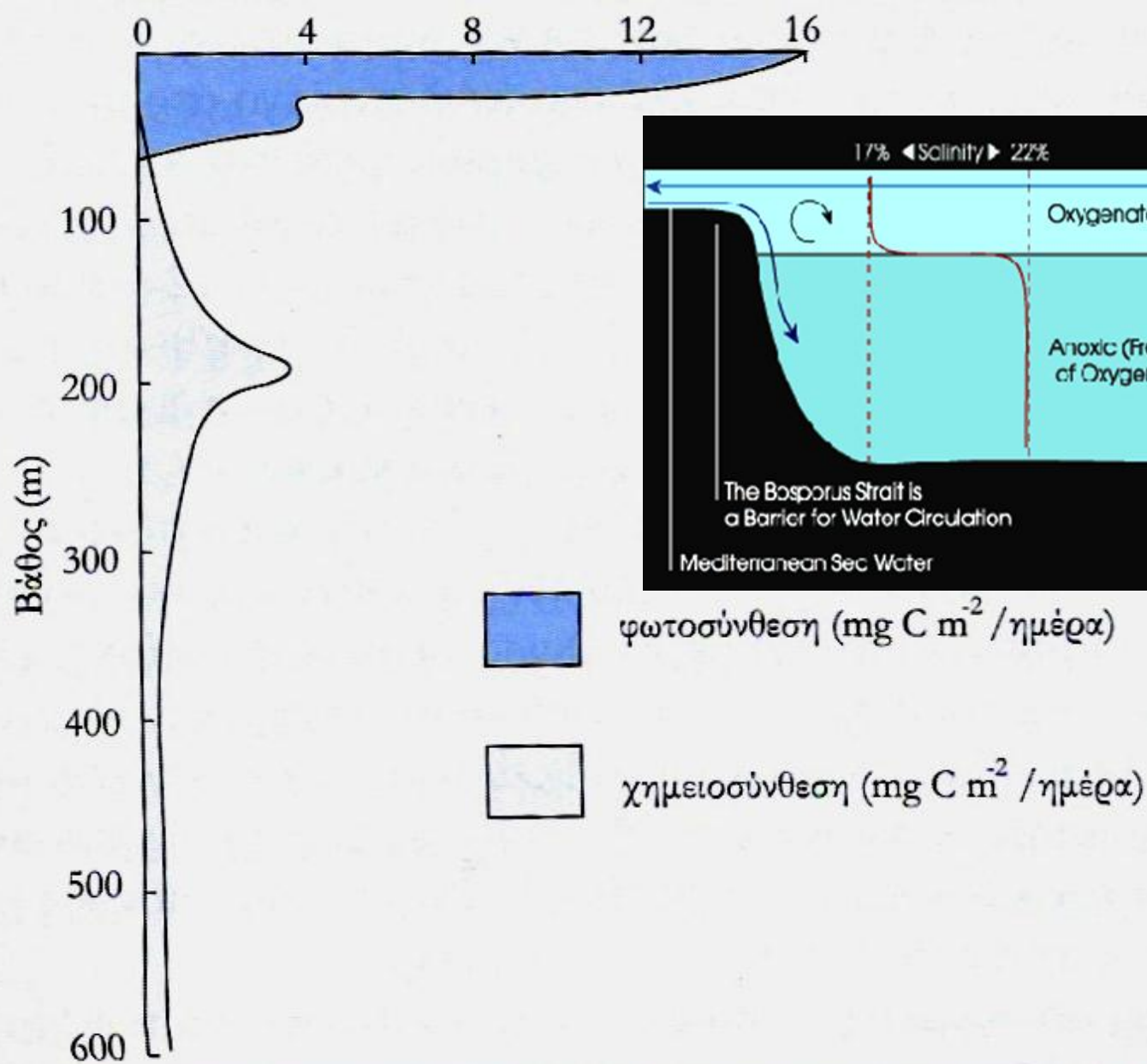


Representative
reaction, viewed
chemically



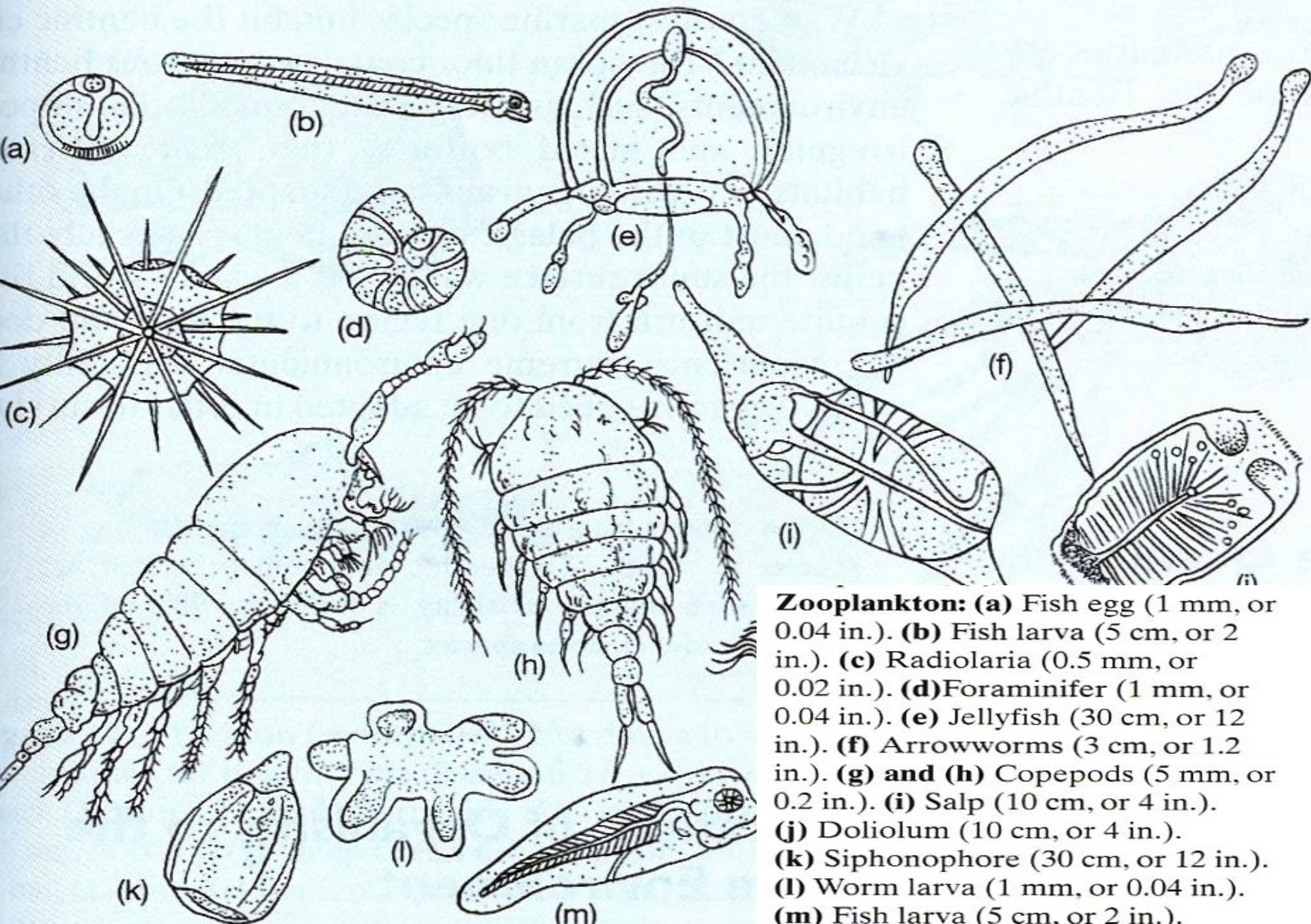
a hydrothermal vent

community. Schematic view of a hydrothermal vent area, showing lava pillows and a black smoker that spews hot (350°C, or 662°F), sulfide-rich water from a chimney. Organisms (counterclockwise from *Alvin*) include the grenadier fish (or rattail fish), octacoras, a sea anemone, white brachyuran crabs, large clams (*Calypotogena*), and tube worms (*Riftia*).



Κατανομή με το βάθος της ημερήσιας φωτοσυνθετικής και χημειοσυνθετικής παραγωγής στη Μαύρη Θάλασσα

ZOOPLANKTON

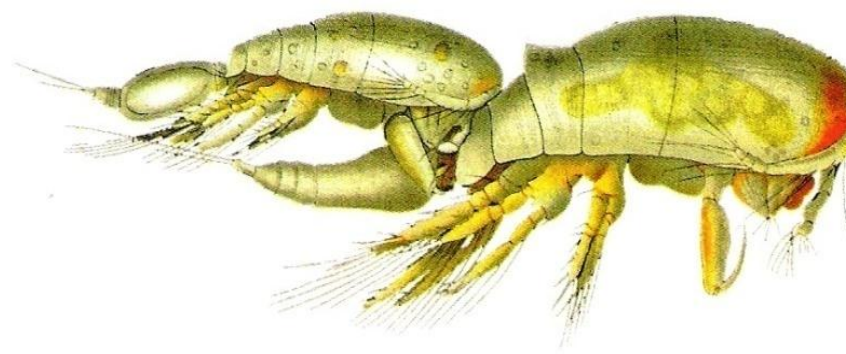


Zooplankton: (a) Fish egg (1 mm, or 0.04 in.). (b) Fish larva (5 cm, or 2 in.). (c) Radiolaria (0.5 mm, or 0.02 in.). (d) Foraminifer (1 mm, or 0.04 in.). (e) Jellyfish (30 cm, or 12 in.). (f) Arrowworms (3 cm, or 1.2 in.). (g) and (h) Copepods (5 mm, or 0.2 in.). (i) Salp (10 cm, or 4 in.). (j) Doliolum (10 cm, or 4 in.). (k) Siphonophore (30 cm, or 12 in.). (l) Worm larva (1 mm, or 0.04 in.). (m) Fish larva (5 cm, or 2 in.).

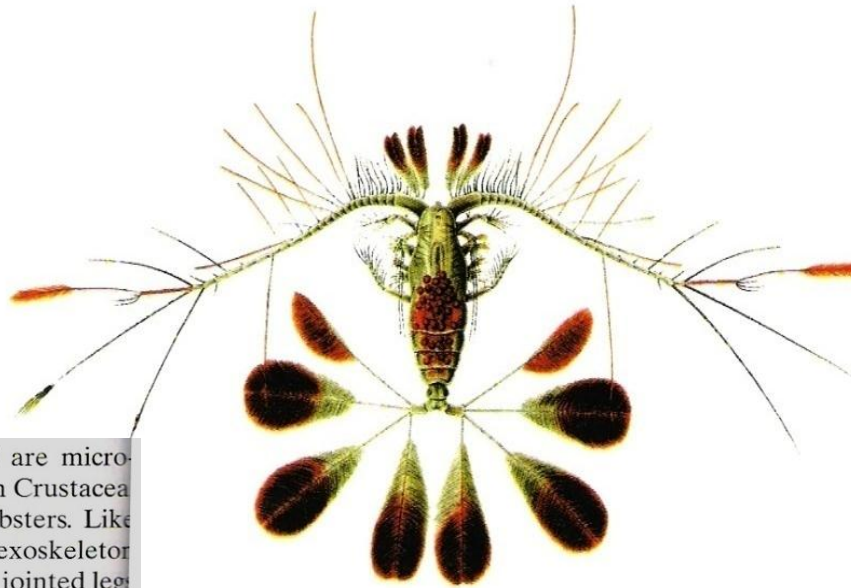


(a)

Copepods (*kope* = oar, *pod* = a foot) are microscopic shrimp-like animals of the subphylum Crustacea which also includes shrimps, crabs, and lobsters. Like other crustaceans, copepods have a hard exoskeleton (*exo* = outside) and a segmented body with jointed legs (Figure 14-5). Copepods probably represent the majority of the ocean's zooplankton biomass and are an important link in many marine food webs. They have special adaptations for filtering their tiny floating food from seawater.



(b)



(c)



Line drawings of various copepods (shown many times their actual size)

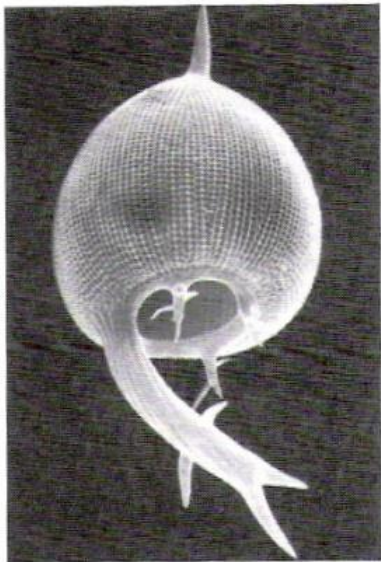
from Wilhelm Giesbrecht's 1892 book on the flora and fauna of the Gulf of Naples. **(a)** The adult female *Sapphirina auronitens* carries a pair of lobe-like egg sacs. **(b)** Copulating pair of *Oncaea conifera*. **(c)** *Calocalanus pavo* showing elaborate feathery appendages that are characteristic of warm-water species. **(d)** *Copilia vitrea* uses its appendages to cling to large particles in the water column or to larger zooplankton.

Foraminifers.

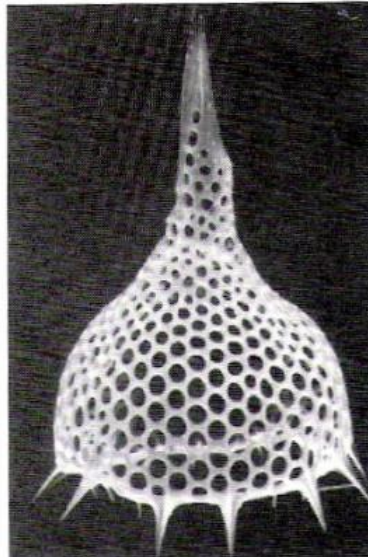
Photomicrograph of various species of foraminifers, the largest of which is 1 millimeter (0.04 inch) long. These pelagic foraminifers were collected from the Ontong Java Plateau in the western Pacific Ocean.



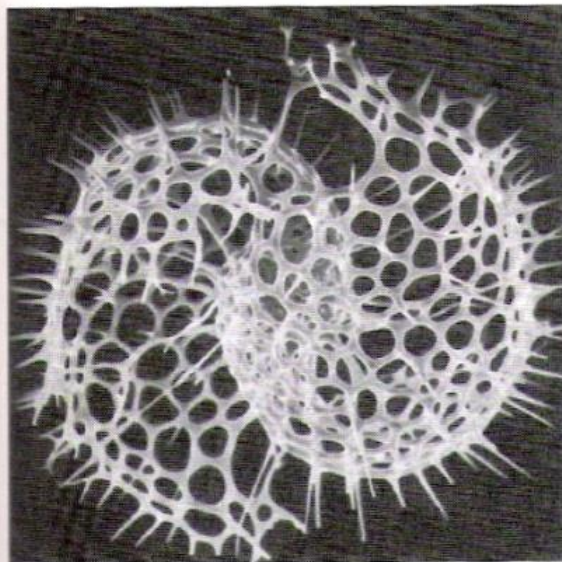
Foraminifers (*foramen* = an opening) are microscopic to (barely) macroscopic single-celled animals. While the most abundant types of foraminifers are planktonic, the most diverse (in terms of number of species) are benthic. Foraminifers produce a hard test made of calcium carbonate that is segmented or chambered with a prominent opening in one end. The tests of both radiolarians and foraminifers are common components of deep-sea sediment.



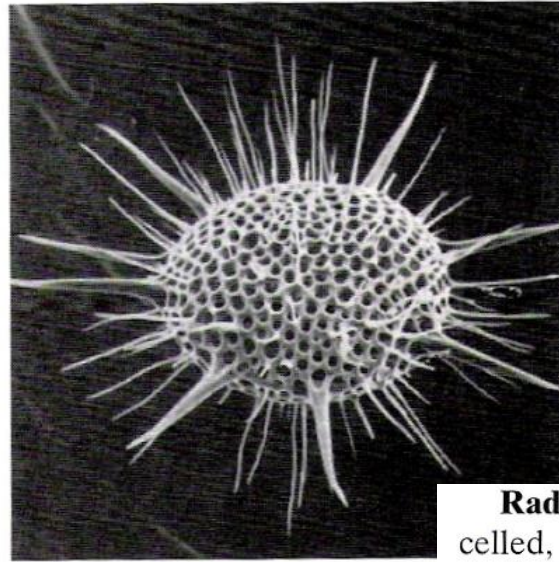
(a) *Euphysetta elegans*, x280



(b) *Anthocyrtidium ophirense*, x230



(c) *Larcospira quadrangula*, x190



(d) *Heliodiscus asteriscus*, x200

Radiolarians.

Scanning electron micrographs of various radiolarians.

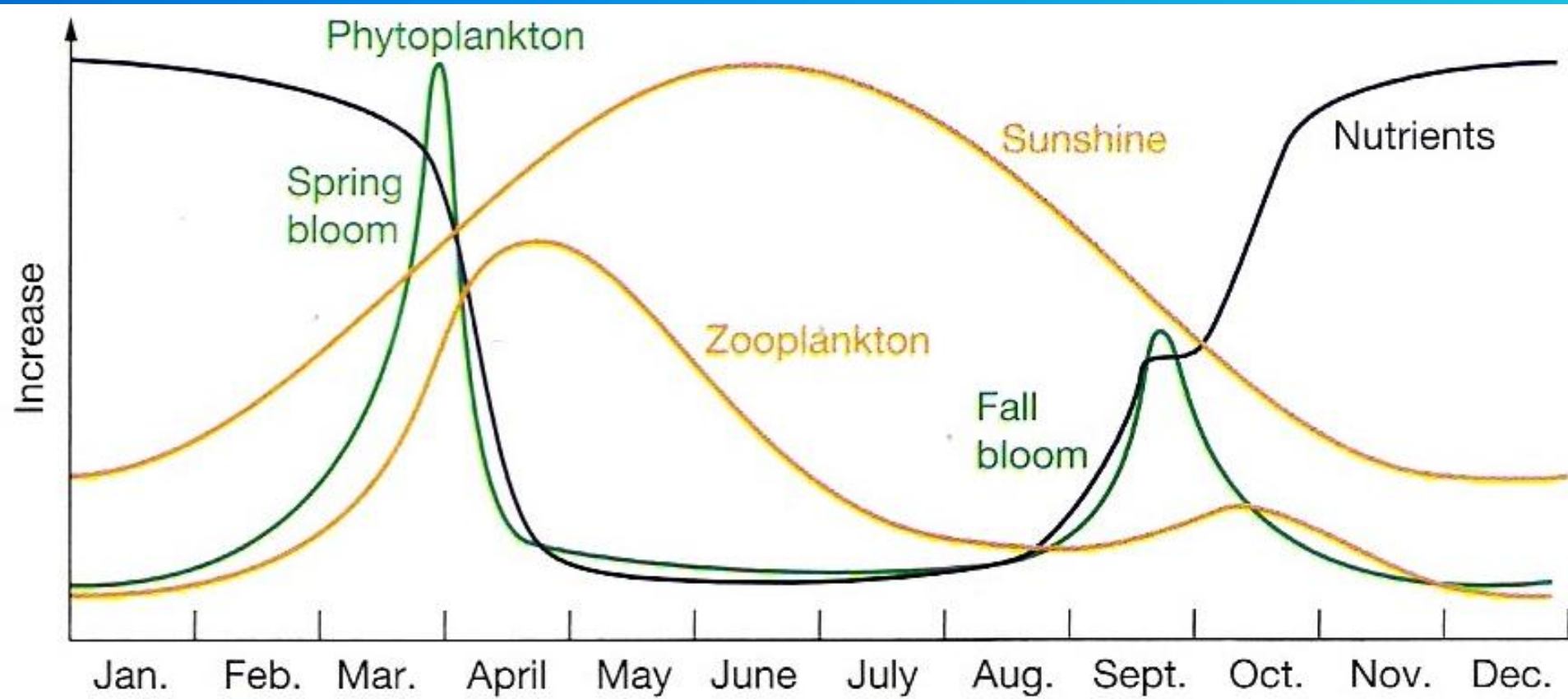
(a) *Euphysetta elegans* (magnified 280 times).

(b) *Anthocyrtidium ophirense* (magnified 230 times).

(c) *Larcospira quadrangula* (magnified 190 times).

(d) *Heliodiscus asteriscus* (magnified 200 times).

Radiolarians (*radio* = a spoke or ray) are single-celled, microscopic organisms that build their hard shells (*tests*) out of silica (Figure 14-3). Their tests have intricate ornamentation including long projections. Although the spikes and spines appear to be a defense mechanism against predators, they increase the test's surface area so the organism won't sink through the water column.



Τέλος

Χρηματοδότηση

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



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

Έχουν προηγηθεί οι κάτωθι εκδόσεις:

- Έκδοση διαθέσιμη εδώ <http://eclass.uoa.gr/courses/CHEM162/>



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης. «Χημική Ωκεανογραφία. Ενότητα 1: Θαλάσσια ζωή (Α΄ μέρος)». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/NOC83/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: Pearson Prentice Hall, 2008, Inc. Copyrighted.

Εικόνα 2: The epipelagic zone diagram. Copyrighted.

Εικόνες 3-4: Microscopic algae. Copyrighted.

Εικόνα 5: Copyrighted.

Εικόνα 6: Copyrighted.

Εικόνα 7: Electromagnetic spectrum of sunlight. Copyrighted.

<http://www.marinebiology.org/images/electrospectruminwater.jpg>

Εικόνα 8: Μεταβολή του ρυθμού φωτοσύνθεσης με το βάθος σε παράκτια νερά.
Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/5)

Εικόνα 9: Chlorophyll. Copyrighted.

http://www.sciencebuddies.org/Files/2176/3/Chem_img012.gif

Εικόνα 10: Copyrighted. <http://www.alanrevista.org/ediciones/2004-2/images/19/image1.gif>

Εικόνα 11: Στάδια φωτοσύνθεσης. Copyrighted.

http://angelmontiel1.weebly.com/uploads/1/6/8/0/16802592/547913_orig.jpg

Εικόνα 12: Comparison of productivity in tropical , temperate and polar oceans. Copyrighted.

<https://classconnection.s3.amazonaws.com/512/flashcards/1523512/png/phytoplanktonbloom-13E7D09683E6A637943.png>

Εικόνες 13-14: Mean chlorophyll concentrations in spring and autumn, 2004. Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/5)

Εικόνα 15: Μηνιαίες δορυφορικές εικόνες chl-a στην Ανατολική Μεσόγειο. Copyrighted.

Εικόνα 16: Copyrighted. <http://www.undersea.cn/image/bios/hotspringbact1.jpg>

Εικόνα 17: A hydrothermal vent community. Copyrighted.
<http://player.myshared.ru/365075/data/images/img24.jpg>

Εικόνα 18: Κατανομή με το βάθος της ημερήσιας φωτοσυνθετικής και χημειοσυνθετικής παραγωγής στη Μαύρη Θάλασσα. Copyrighted.

Εικόνα 19: Black sea diagram. Copyrighted.
<http://38ccda.medialib.glogster.com/media/1d02c02a026b330c63bc04a1dc832161938ddc472dd576fdfa3a55dba68656dc/black-sea-diagram-sml.jpg>

Εικόνα 20: Zooplankton. Copyrighted.
http://refsurf.ru/files/21/images_4/image016.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (4/5)

Εικόνα 21: Creatures found in the very pelagic zone. Copyrighted.

<https://ddppchicago.files.wordpress.com/2011/02/zooplank2.jpg?w=665>

Εικόνα 22: Foraminifers. Copyrighted.

Εικόνα 23: Radiolarians. Copyrighted.

<https://o.quizlet.com/njapqUyEAKmVGPM1bvbXnQ.png>

Εικόνα 24: Copyrighted.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (5/5)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1: Ταξινόμηση οργανισμών και χαρακτηριστικά τους. Copyrighted.

Πίνακας 2: Κατάταξη πλαγκτονικών οργανισμών. Copyrighted.

Πίνακας 3: Dominant forms of marine phytoplankton. Copyrighted.

