

Πρόβλημα: Πως μπορούμε να περιγράψουμε την μεταβολή ενός πληθυσμού με το χρόνο

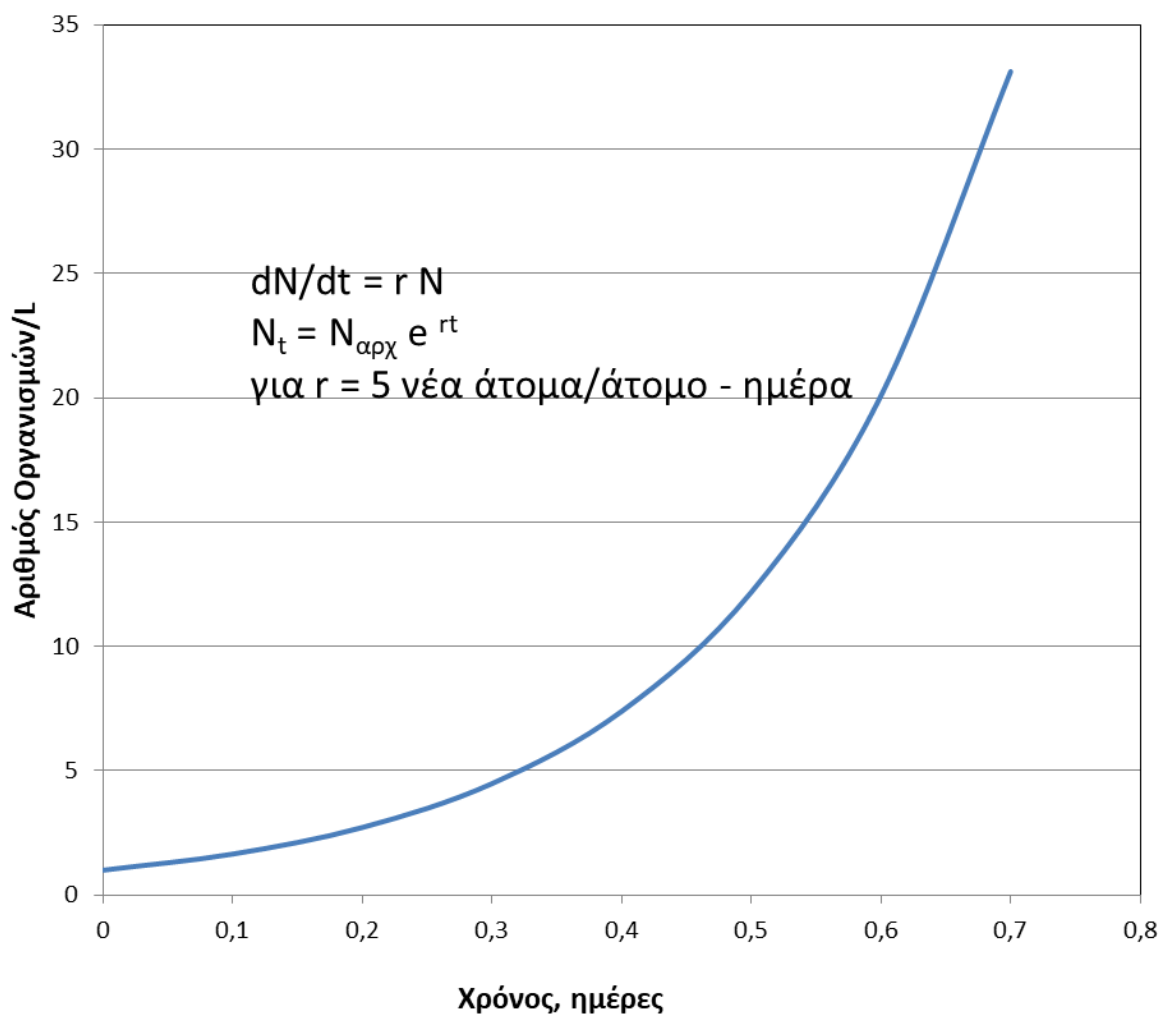
1^ο Μοντέλο Ανάπτυξης = Εκθετικό μοντέλο

Πληθυσμός ατόμων N που αυξάνεται σύμφωνα με την σχέση:

$$dN/dt = r N \text{ όπου}$$

r : (αριθμός νέων ατόμων/ανά άτομο και ημέρα) = καθαρός ρυθμός αύξησης = αναπαραγωγή – θάνατος:

$$N_t = N_{\text{αρχ}} * e^{rt}$$



Παράδειγμα 1^ο

Πως μεταβάλλεται ο πληθυσμός βακτηρίων σε ένα ποτήρι γάλα όταν στο χρόνο μηδέν έχουμε ένα βακτήριο με μάζα 10^{-15} kg και ο ρυθμός αύξησης του βακτηρίου είναι 5 νέα βακτήρια/βακτήριο/ημέρα;

$$dN/dt = 5 N \quad \text{άρα}$$

$$N_t = N_{\text{αρχ}} * e^{5t}$$

Χρόνος	Πλήθος βακτηρίων	Μάζα (kg)
0	1	10^{-15}
6h	3,5	$3,5 \times 10^{-15}$
12h	12,2	$12,2 \times 10^{-15}$
1d	148	$1,5 \times 10^{-13}$
2d	22026	$2,2 \times 10^{-11}$
3d	$3,3 \times 10^6$	$3,3 \times 10^{-9}$
6d	$1,1 \times 10^{13}$	0,011
18d	$1,2 \times 10^{39}$	$1,1 \times 10^{24}$



vs



Άρα το εκθετικό μοντέλο προϋποθέτει την ύπαρξη άπειρων πόρων που μπορεί να συμβεί μόνο για ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα

ΠΕΡΙΟΡΙΣΤΙΚΟΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Νόμος von Liebig: “Η ποσότητα της παραγόμενης ζωντανής ύλης περιορίζεται από εκείνο το χημικό στοιχείο που θα έχει την μικρότερη αναλογικά διαθεσιμότητα ή τις φυσικές συνθήκες που επικρατούν στο περιβάλλον (πχ θερμοκρασία, ηλιοφάνεια κλπ).” Ο παράγοντας αυτός ονομάζεται περιοριστικός παράγοντας και εξαρτάται κάθε φορά από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος.

Φυτικός Οργανισμός
 $C_{106}H_{140}O_{40}N_{16}P_1$

Με βάση τον μοριακό τύπο, για τα φυτά ή τα άλγη (μονοκύτταροι παραγωγικοί οργανισμοί που αναπτύσσονται στα υδατικά οικοσυστήματα) (C: N: P) σε όρους μάζας =

$$(106*12) / (16*14) / (1*31) = 41 : 7 : 1$$

Παράγοντες που επηρεάζουν την παραγωγή αλγών σε υδατικά οικοσυστήματα:

1. Ένταση του φωτός (συνάρτηση γεωγραφικού πλάτους, βάθους, κλπ):

$$I_z = I_0 e^{-Kz}$$

2. Θερμοκρασία (διπλασιασμός ταχύτητας ανάπτυξης για κάθε 10°C αύξηση της θερμοκρασίας)

3. Η παρουσία θρεπτικών αλάτων και ιχνοστοιχείων

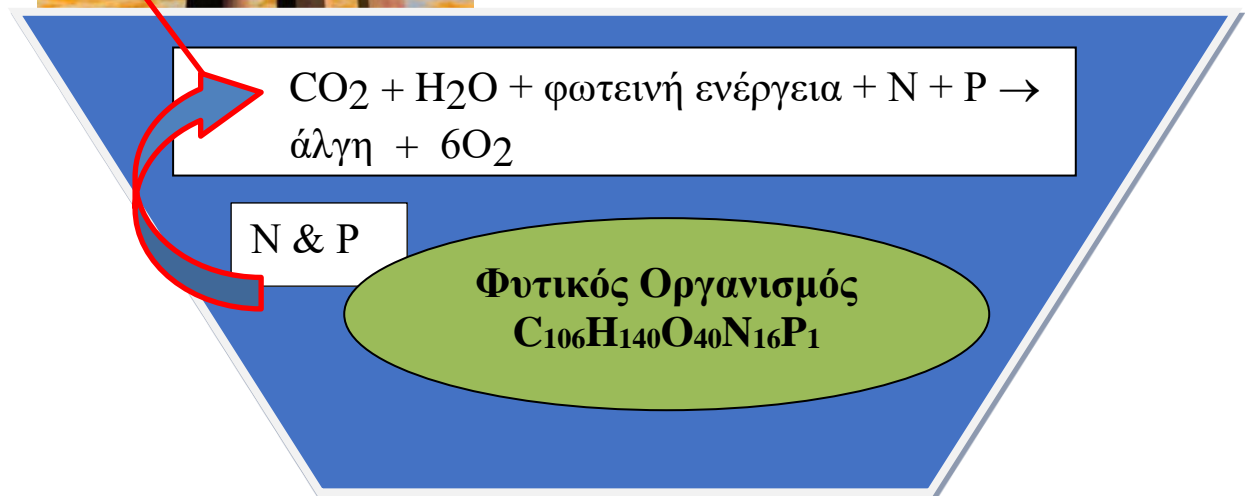
4. Δυσμενείς επιδράσεις από ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Σε χερσαία οικοσυστήματα σημαντικοί παράγοντες είναι επίσης:

1. Υγρασία εδάφους και 2. Ποιότητα εδάφους

Παράδειγμα 2^ο

Λίμνη δέχεται λύματα που περιέχουν N και P από βιομηχανία λιπασμάτων με αποτέλεσμα η συγκέντρωση του αζώτου και φωσφόρου στο νερό να είναι $N = 21 \mu\text{g/L}$ και $P = 5 \mu\text{g/L}$ και να προκαλείται εκθετική αύξηση των αλγών στη λίμνη. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος υπάρχει περιορισμένη χρηματοδότηση που επαρκεί μόνο για την απομάκρυνση του N ή του P. Τι πρέπει να επιλέξει ο ΠΜ που θα σχεδιάσει την εγκατάσταση επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων;



Με βάση τον μοριακό τύπο των αλγών η αναλογία N/P σε όρους μάζας υπολογίζεται από την αναλογία mol N & P.

Δίνονται τα ατομικά βάρη N, P: $AB_N = 14$ $AB_P = 31$

$$N/P = 16 \times 14 / 1 \times 31 = 224/31 = 7 \text{ g N/1 g P}$$

Υπόθεση 1^η: Ο φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας άρα αυτός θα καταναλωθεί πρώτος και θα εκλείψει από τα άλγη

$$P_{\text{αρχ}} = 5 \text{ } \mu\text{g/L} \quad \longrightarrow \quad \Delta P = 5 \text{ } \mu\text{g/L} \quad \longrightarrow$$

$$\Delta N = 5 * 7 = 35 \text{ } \mu\text{g/L}$$

Στην λίμνη η συγκέντρωση N = 21 $\mu\text{g/L}$ \longrightarrow
ΑΤΟΠΟ

Άρα N ο περιοριστικός παράγοντας και το N θα εξαντληθεί πρώτο

$$\Delta N = 21 \text{ } \mu\text{g/L} \quad \longrightarrow \quad \Delta P = 21/7 = 3 \text{ } \mu\text{g/L} \quad \longrightarrow$$

$$P_{\text{τελ}} = 5 \text{ } \mu\text{g/L} - 3 \text{ } \mu\text{g/L} = 2 \text{ } \mu\text{g/L}$$

2^ο Μοντέλο Ανάπτυξης = Λογιστικό μοντέλο – Παρουσία περιοριστικού παράγοντα





Πληθυσμός ατόμων N που μεταβάλλεται σύμφωνα με την σχέση:

$$dN/dt = r N (1 - N/K)$$

όπου:

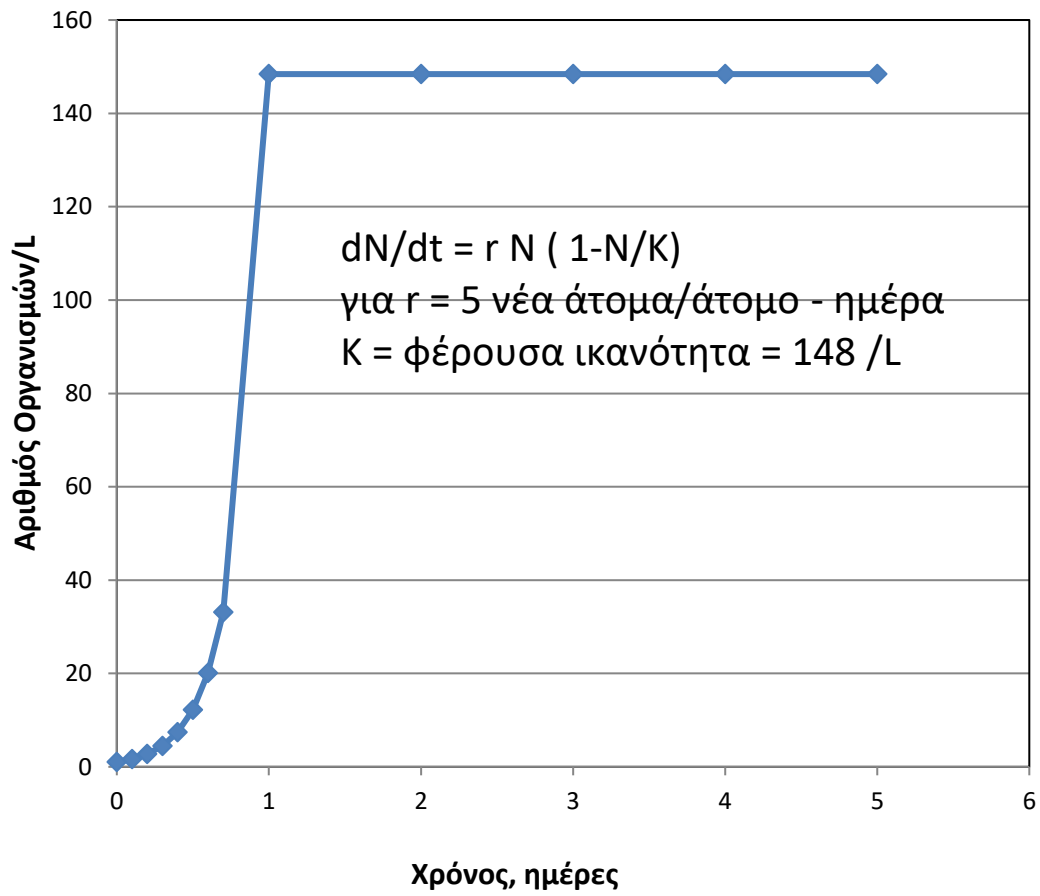
- ✓ r : ρυθμός αύξησης = αριθμός νέων ατόμων/ανά άτομο και ημέρα:
- ✓ K = μέγιστο πλήθος οργανισμών που μπορεί να υποστηρίξει το περιβάλλον κάτω από τις συγκεκριμένες συνθήκες = φέρουσα ικανότητα του συστήματος

Περιπτώσεις:

1. $N \ll K$  εκθετική αύξηση
2. $N < K$  αύξηση με μειούμενο ρυθμό όσο αυξάνεται N
3. $N = K$  μηδενική αύξηση και $N =$ σταθερό
4. $N \gg K$  το N μειώνεται μέχρι να φθάσει το K

ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ & ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

Οικοσυστήματα, περιοριστικοί παράγοντες ανάπτυξης οργανισμών, ροή ενέργειας, βιο-γεωχημικοί κύκλοι στοιχείων

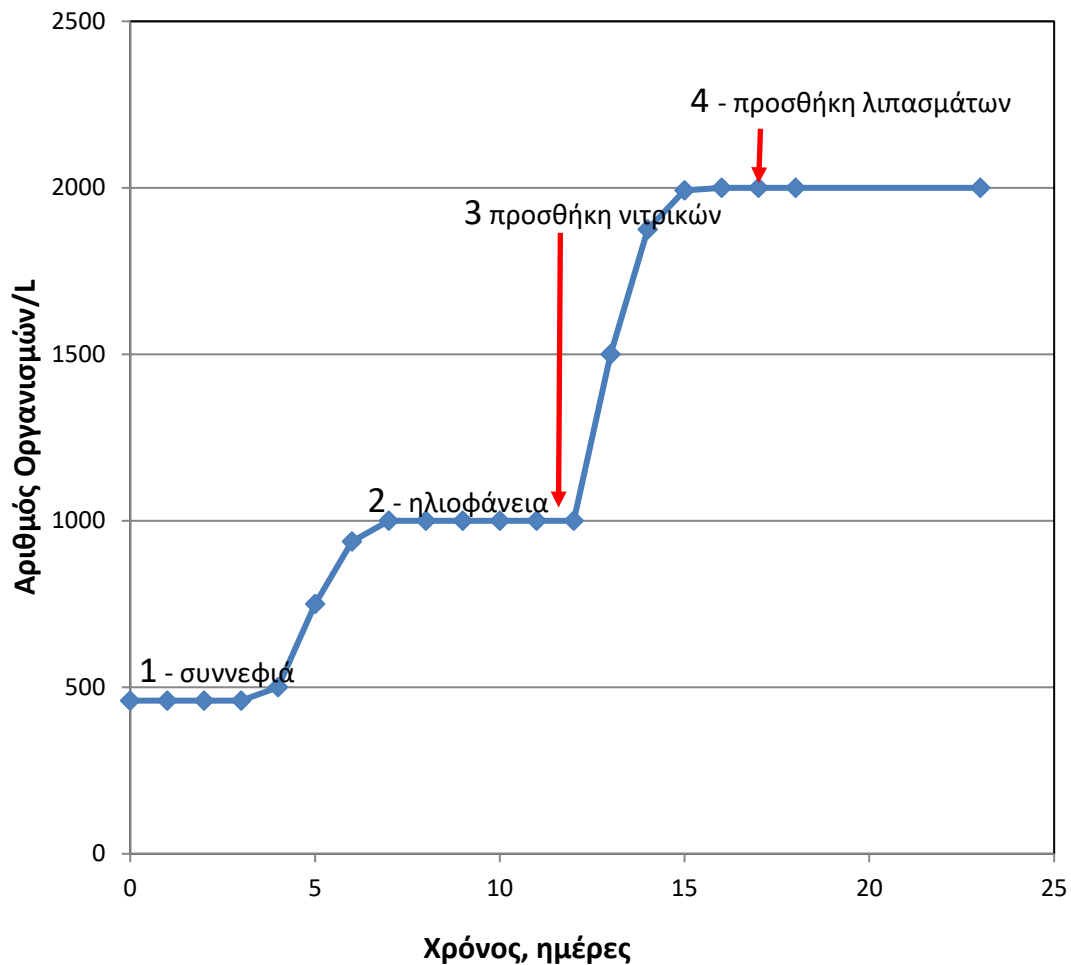


Παράδειγμα 3^ο

Σε μια λίμνη ένας πληθυσμός αλγών έχει ρυθμό αύξησης $r = 1$ νέο άτομο / (ημέρα – άτομο). Επί 4 διαδοχικές ημέρες συνεφιάς μετρήθηκαν τα άτομα του πληθυσμού και βρέθηκαν 460 και τις τέσσερις ημέρες. Στη συνέχεια με αίθριο καιρό και με ηλιοφάνεια η συγκέντρωση των αλγών μετρήθηκε καθημερινά και αυξήθηκε σε 500, 750, 938, 1000 και στη συνέχεια για τέσσερις ημέρες διατηρήθηκε σε 1000. Μετά από λίγες ημέρες υπήρξε εισροή νιτρικών αλάτων στο οικοσύστημα και επί 7 διαδοχικές ημέρες μετρήθηκαν 1000, 1500, 1875, 1992, 2000, 2000 και 2000 αντίστοιχα. Το επόμενο διάστημα λόγω βλάβης σε παρακείμενο εργοστάσιο παραγωγής λιπασμάτων διέφυγαν λιπάσματα στην λίμνη. Όταν διορθώθηκε το πρόβλημα ο πληθυσμός των αλγών ήταν πάλι 2000. Εξηγήστε το φαινόμενο και προσδιορίστε την φέρουσα ικανότητα του συστήματος στις διαφορετικές συνθήκες. Τι είδους λιπάσματα παράγει το εργαστήριο;

ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ & ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

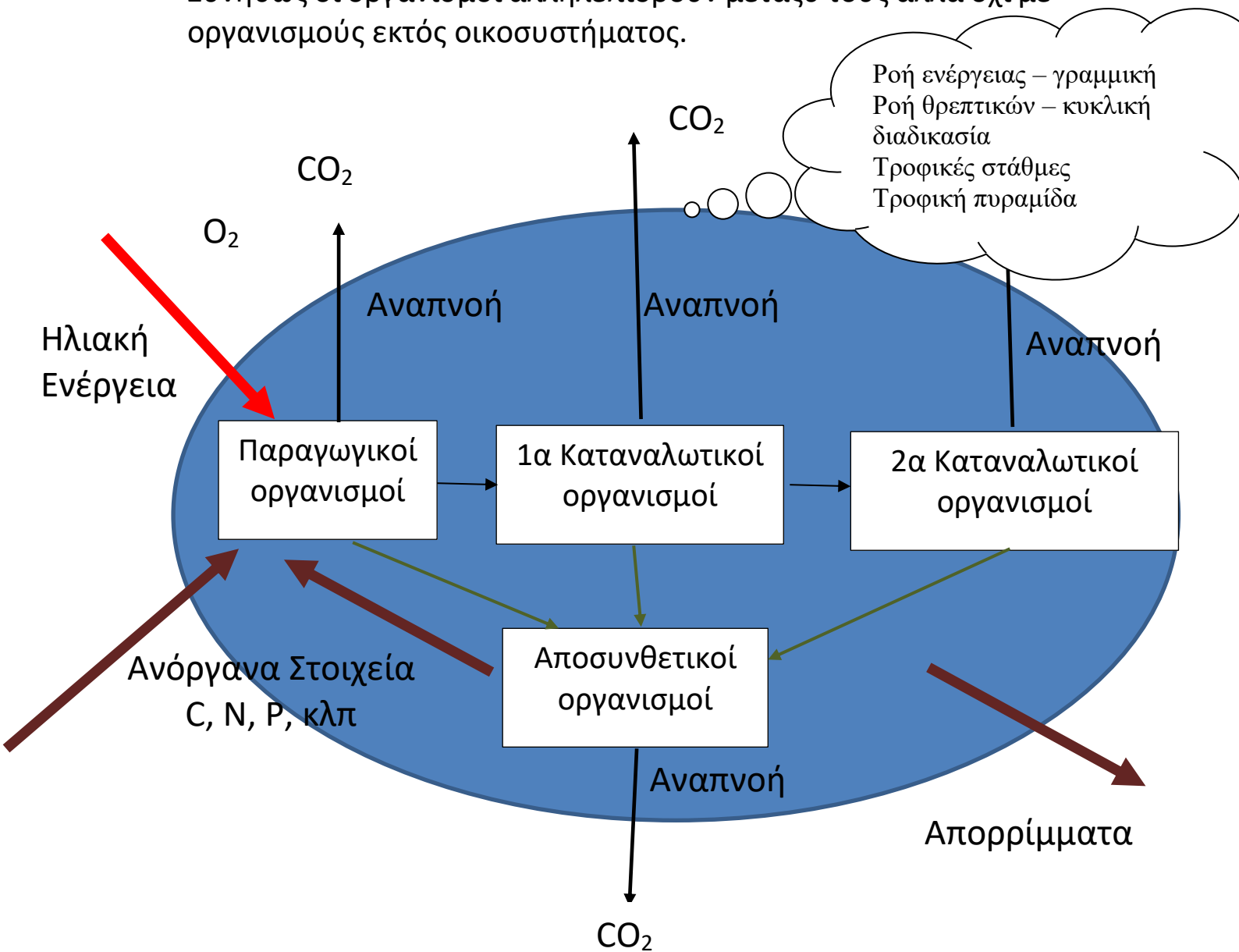
Οικοσυστήματα, περιοριστικοί παράγοντες ανάπτυξης οργανισμών, ροή ενέργειας, βιο-γεωχημικοί κύκλοι στοιχείων



- 1^η φάση** - περίοδος συννεφιάς: περιοριστικός παράγων η ηλιοφάνεια - Φέρουσα ικανότητα συστήματος $K_1 = 460/L$
$$dN/dt = r N (1 - N/460)$$
- 2^η φάση** – περίοδος ηλιοφάνειας: περιοριστικός παράγων τα νιτρικά - Φέρουσα ικανότητα $K_2 = 1000/L$
$$dN/dt = N (1 - N/1000)$$
- 3^η φάση** – περίοδος ηλιοφάνειας: περιοριστικός παράγων τα φωσφορικά - Φέρουσα ικανότητα $K_3 = 2000/L$
$$dN/dt = N (1 - N/2000)$$
- 4^η φάση** – περίοδος ηλιοφάνειας: περιοριστικός παράγων τα φωσφορικά - Φέρουσα ικανότητα $K_4 = 2000/L$
$$dN/dt = N (1 - N/2000)$$

ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ – ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οικοσύστημα: Το σύνολο των οργανισμών και του αβιοτικού περιβάλλοντος που καταλαμβάνει συγκεκριμένο χώρο και έχει συγκεκριμένα όρια και δομή και αποτελεί μια ανεξάρτητη οντότητα. Ανάμεσα στο οικοσύστημα και το φυσικοχημικό αβιοτικό περιβάλλον υπάρχουν ανταλλαγές ύλης και ενέργειας. Συνήθως οι οργανισμοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αλλά όχι με οργανισμούς εκτός οικοσυστήματος.



Χερσαία Οικοσυστήματα



Υδατικά οικοσυστήματα



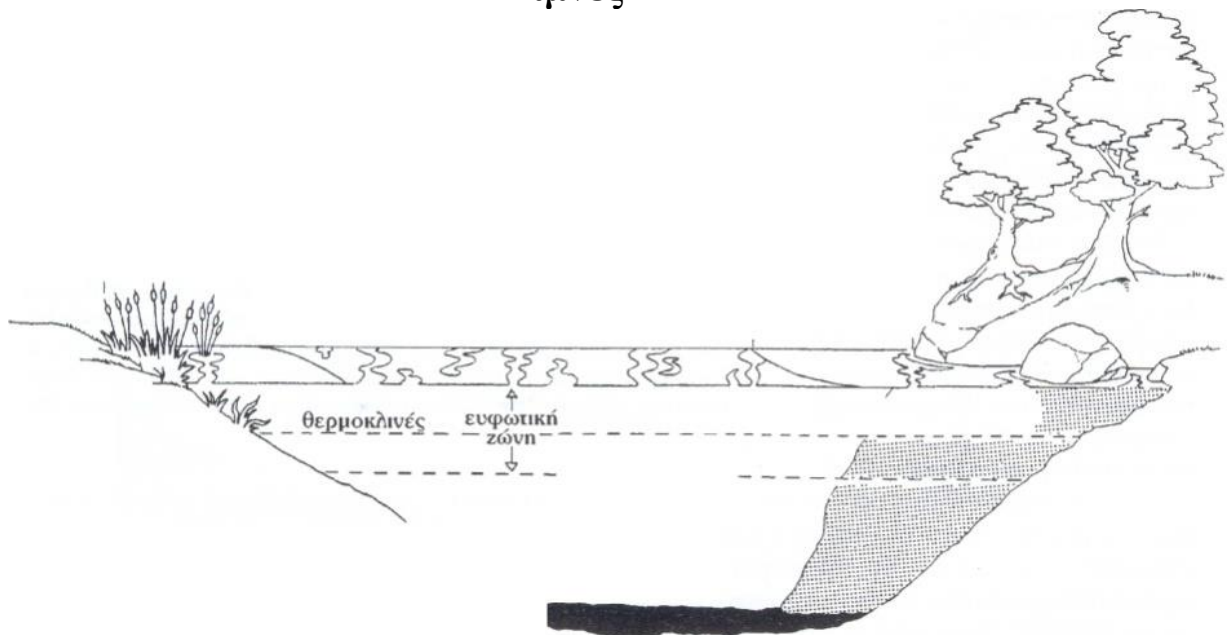
ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ & ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

Οικοσυστήματα, περιοριστικοί παράγοντες ανάπτυξης οργανισμών, ροή ενέργειας, βιο-γεωχημικοί κύκλοι στοιχείων

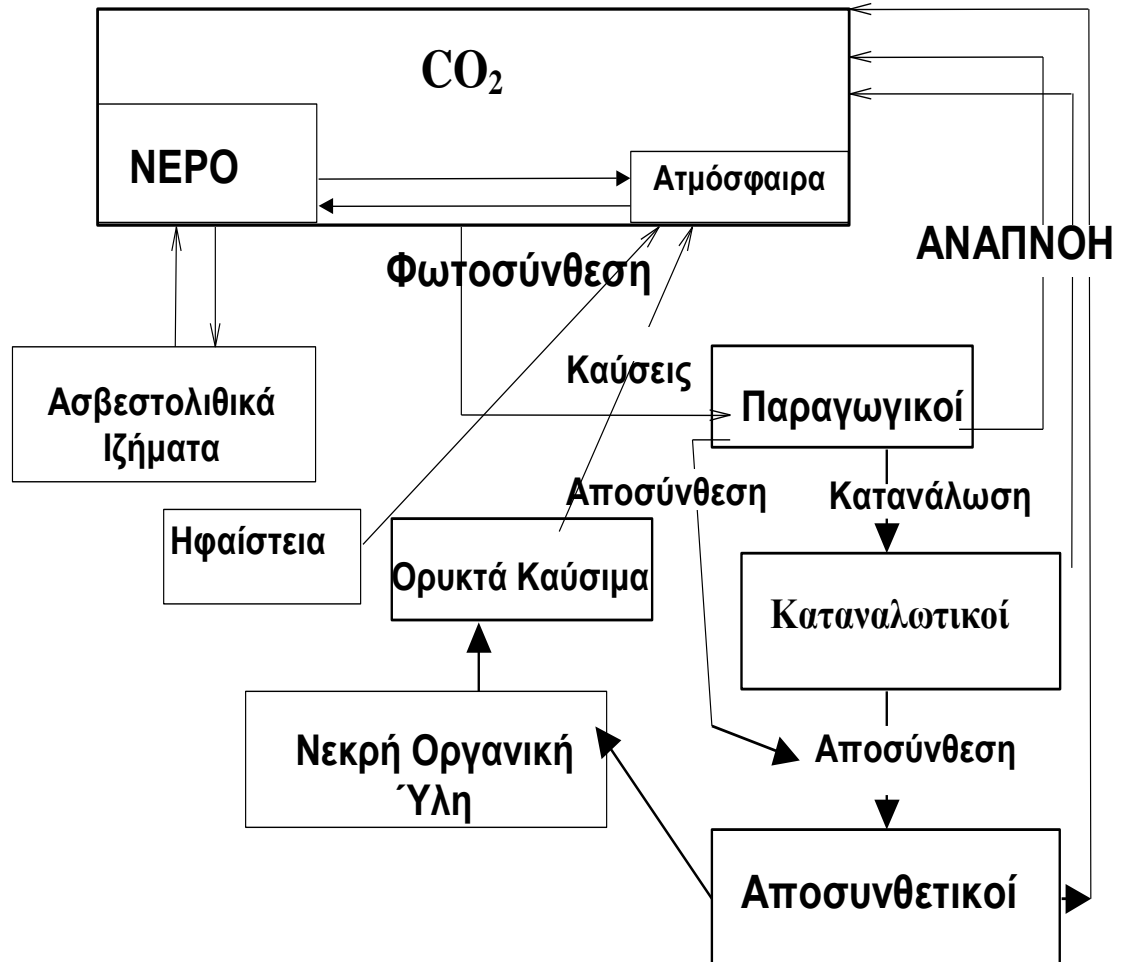
Υγρότοποι



Λίμνες



ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ



- **Ασβεστολιθικά ιζήματα = 28000×10^{12} τόνοι**
- **Ατμόσφαιρα = 700×10^9 τόνοι**
- **Θάλασσα = $35,000 \times 10^9$ τόνοι**
- **Οργανισμοί = 470×10^9 τόνοι**
- **Νεκρή Οργανική ύλη = $3,700 \times 10^9$ τόνοι**
- **Ορυκτά καύσιμα = $10,000 \times 10^9$ τόνοι**

Μεταβολή CO₂ στην ατμόσφαιρα

1. Προηγούμενες γεωλογικές περιόδους

**Φωτοσύνθεση > Αναπνοή ⇒
Ελάττωση συγκέντρωσης ατμοσφαιρικού CO₂**

2. Τεταρτογενής περίοδος

**Φωτοσύνθεση = Αναπνοή ⇒
Συγκέντρωση ατμοσφαιρικού CO₂ σταθερή
O₂ που καταναλώνεται = O₂ που παράγεται**

3. Μετά την βιομηχανική επανάσταση

**Φωτοσύνθεση << Παραγωγή CO₂
⇒ Διαταραχή κύκλου C ⇒**

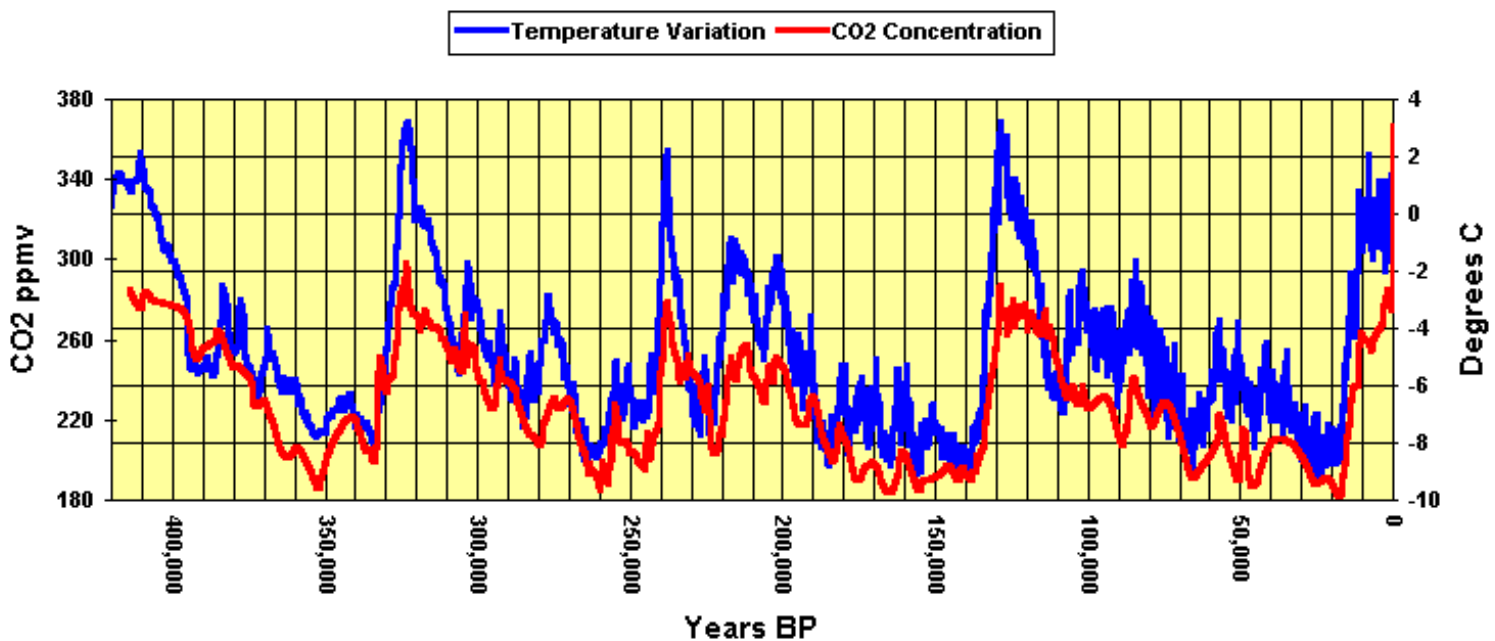
**O₂ που καταναλώνεται = 1000 x O₂ που παράγεται
Συμβολή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου λόγω
αύξησης ατμοσφαιρικού CO₂ που οφείλεται:**

- **Καύση ορυκτών καυσίμων**
- **Αποψίλωση δασών**
- **Αύξηση θερμοκρασίας στους ωκεανούς**

**0,1°C προκαλούν αύξηση 10 ppm της
συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα**

Ιστορικά δεδομένα μας δείχνουν ότι αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα συνοδεύεται από αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη μας ή η αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη μας προκαλεί αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα

Antarctic Ice Core Data 1



ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ & ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

Οικοσυστήματα, περιοριστικοί παράγοντες ανάπτυξης οργανισμών, ροή ενέργειας, βιο-γεωχημικοί κύκλοι στοιχείων

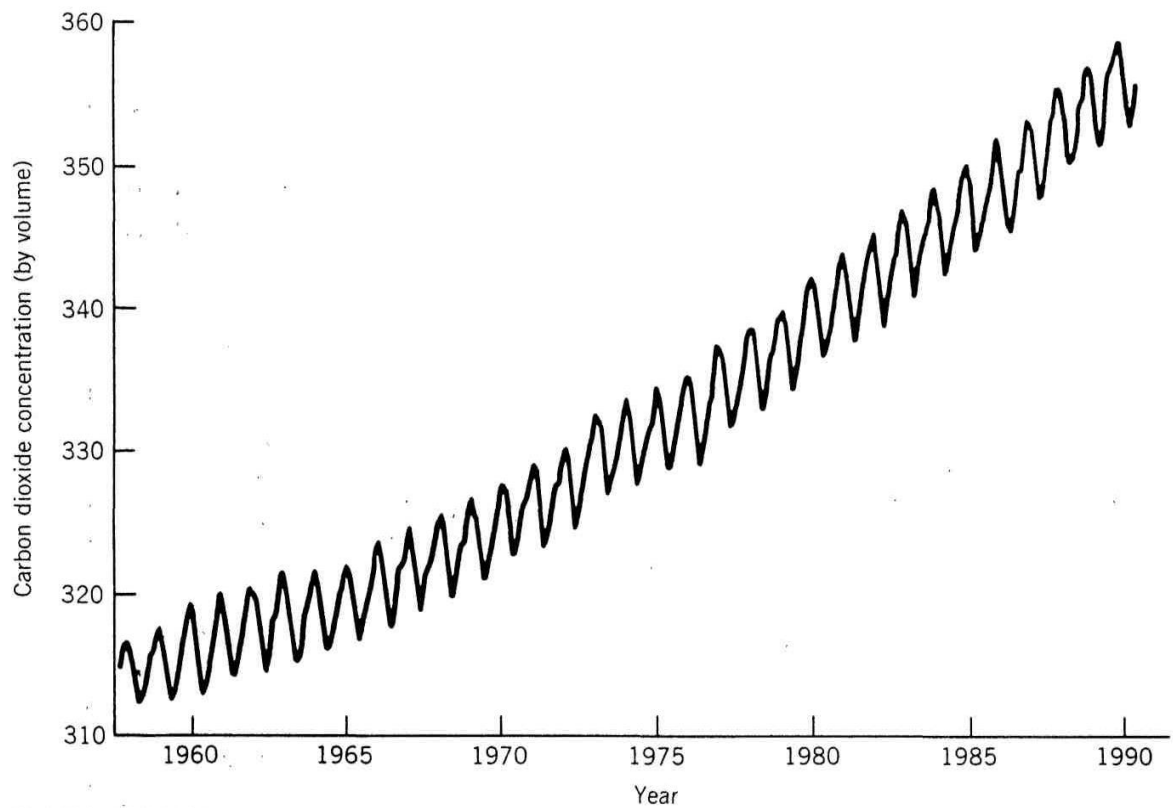


FIGURE 28.3

Secular changes in carbon dioxide: Mauna Loa.

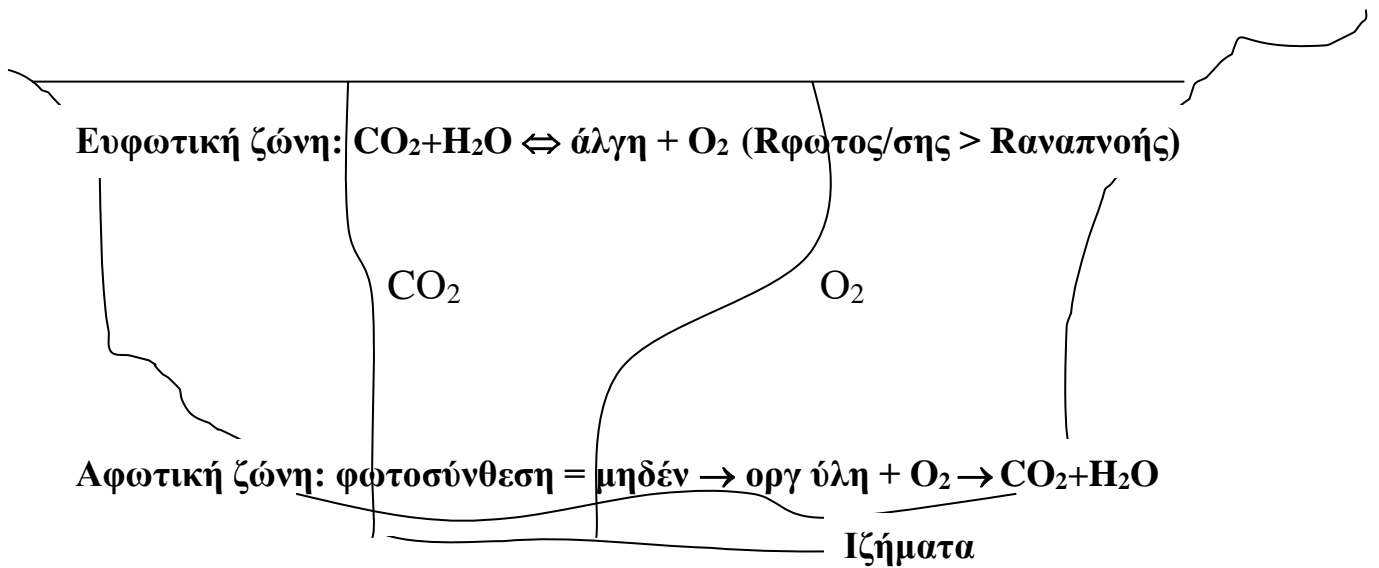
Δεν κινδυνεύουμε από ασφυξία στα χερσαία οικοσυστήματα αλλά από την υπερβολική αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ CO₂ & O₂ σε ΥΔΑΤΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

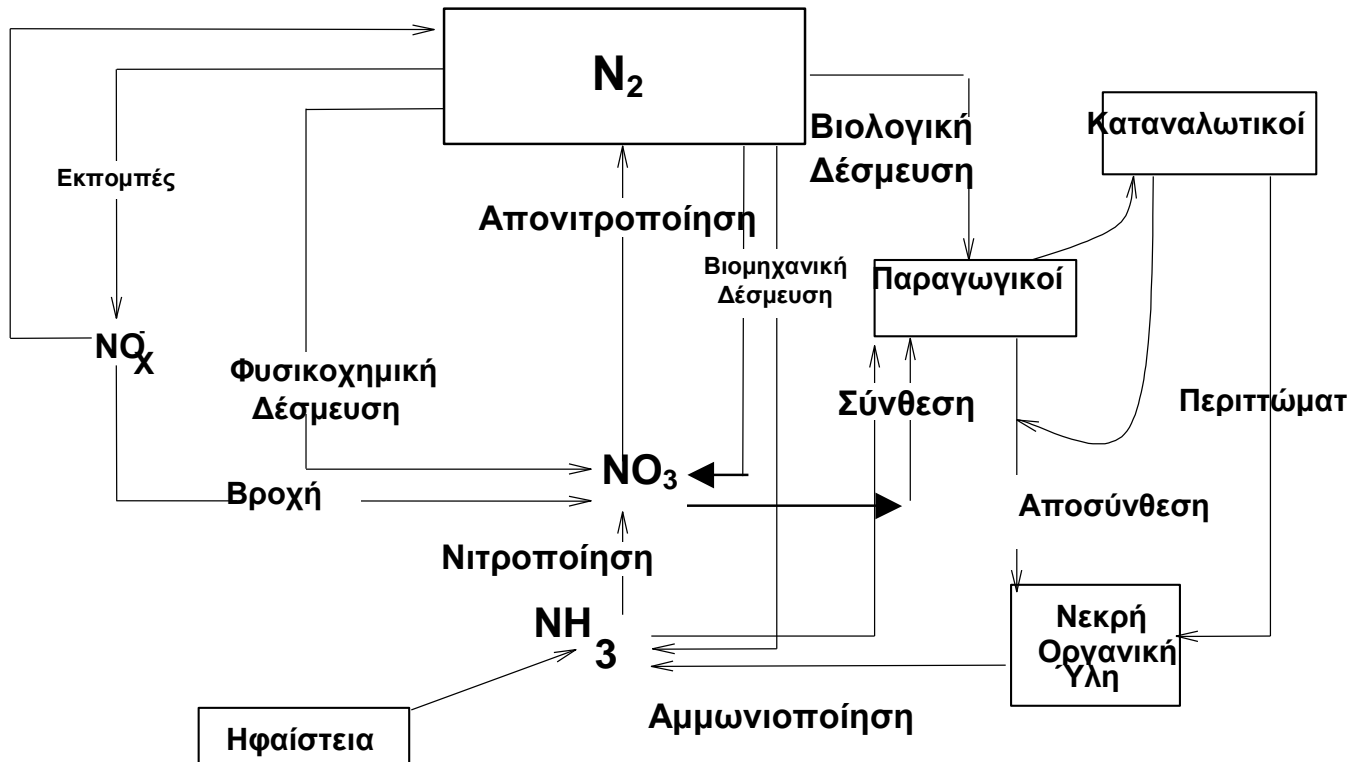
Περιεκτικότητα νερού σε οξυγόνο πολύ χαμηλή

Cs οξυγόνου = f(T, αλατότητας)

Cs οξυγόνου (20°C, καθαρό νερό) = 9,2 mg/l νερού



ΚΥΚΛΟΣ ΑΖΩΤΟΥ



- Ατμόσφαιρα = 3800×10^{12} τόννοι
- Θάλασσα = 20×10^{12} τόννοι
- Οργανισμοί = 13×10^9 τόννοι
- Νεκρή Οργανική ύλη = $1,7 \times 10^{12}$ τόννοι
- Αποθέσεις, ιζήματα (μη διαθέσιμα) = 4×10^{15} τόννοι

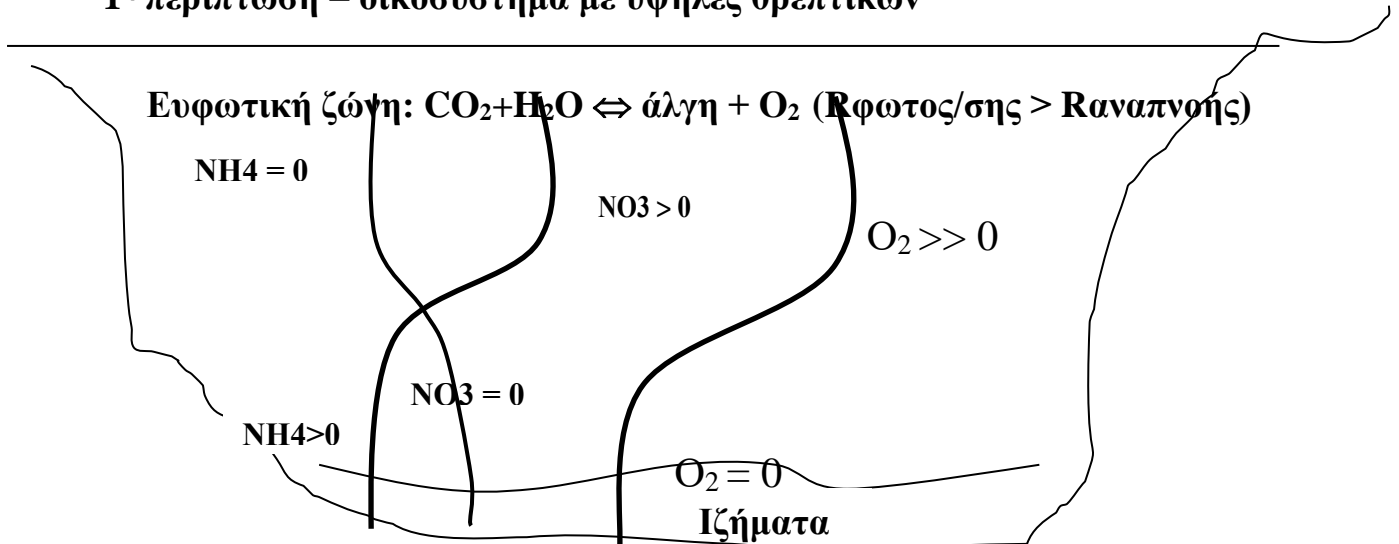
Δέσμευση N₂

- Βιολογικές διεργασίες = 135×10^6 τόννοι/έτος (στεριά)
 40×10^6 τόννοι/έτος (θάλασσα)
- Καύση (μηχανές εσωτ. Καύσης) = 20×10^6 τόννοι/έτος
- Λιπάσματα = 80×10^6 τόννοι/έτος
- Κερανοί, ηφαίστεια = $15 - 20 \times 10^6$ τόννοι/έτος

Ταχύτητα συσσώρευσης >>> ταχύτητα απονιτροποίησης

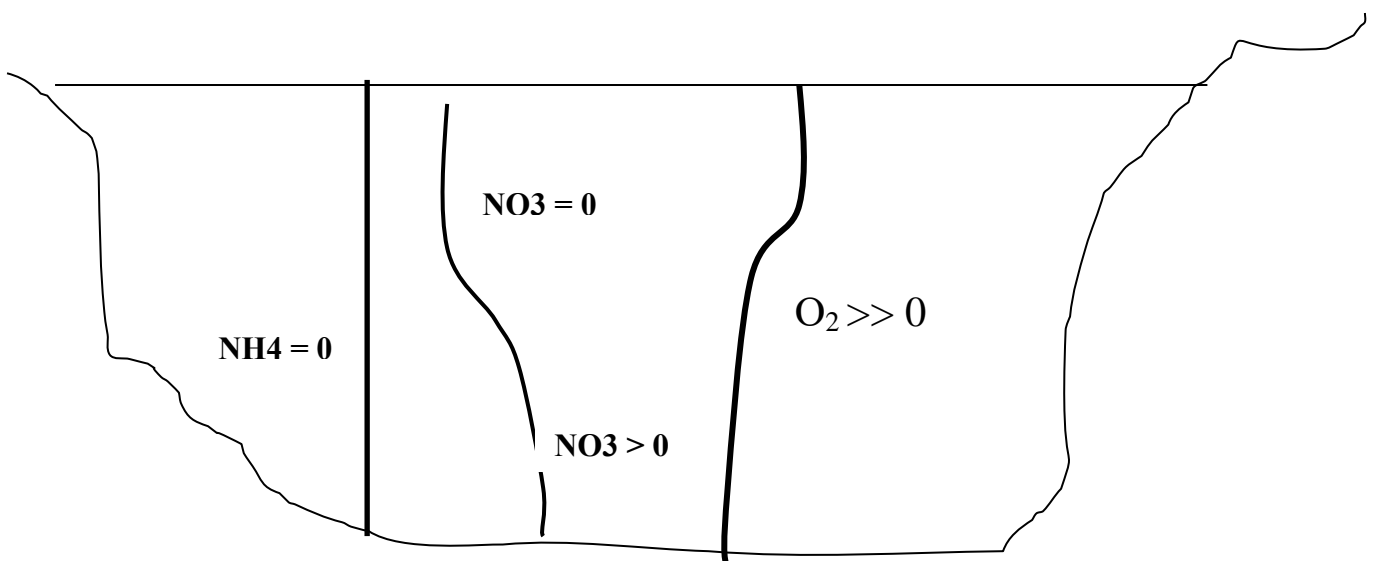
ΜΕΤΑΒΟΛΗ $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ σε ΥΔΑΤΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1^η περίπτωση = οικοσύστημα με υψηλές θρεπτικών

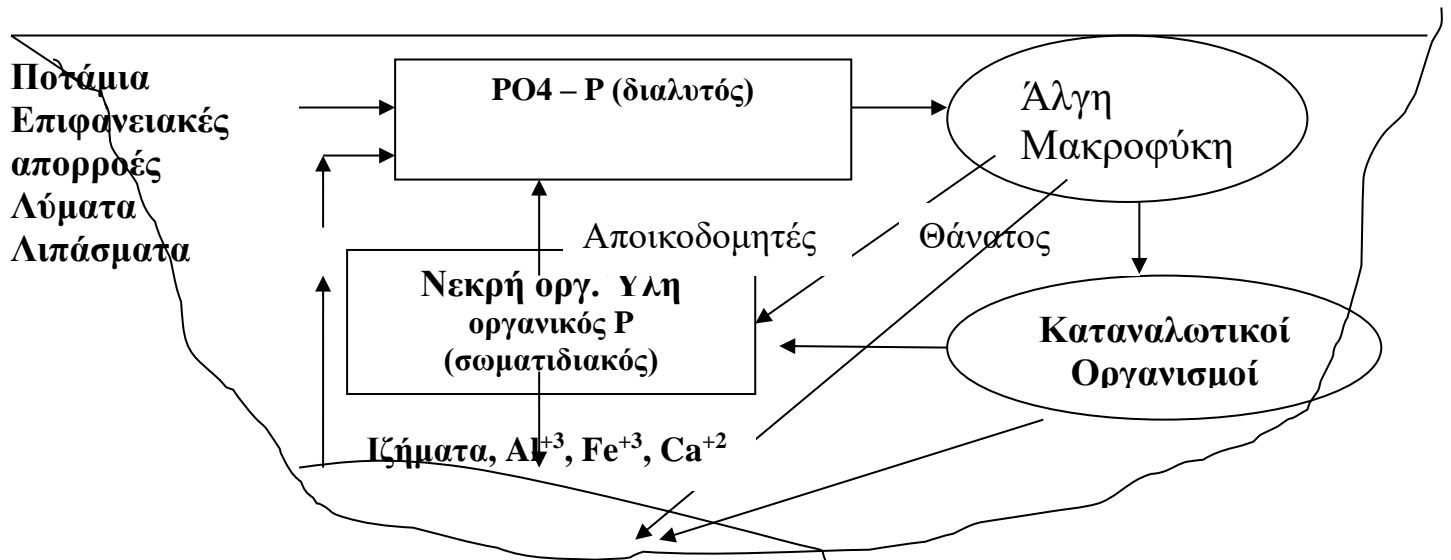


Αφωτική ζώνη: φωτοσύνθεση = μηδέν \rightarrow οργ ύλη + $\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2^η περίπτωση = ολιγοτροφικό σύστημα, περιορισμένες συγκεντρώσεις θρεπτικών



ΚΥΚΛΟΣ P



Σε συνθήκες ανοξίας η έκλυση P από τα ιζήματα μπορεί να είναι και 1000 φορές μεγαλύτερη από αερόβιες συνθήκες

Ο φώσφορος αποτελεί συχνά τον περιοριστικό παράγοντα ανάπτυξης καθώς χαρακτηρίζεται από:

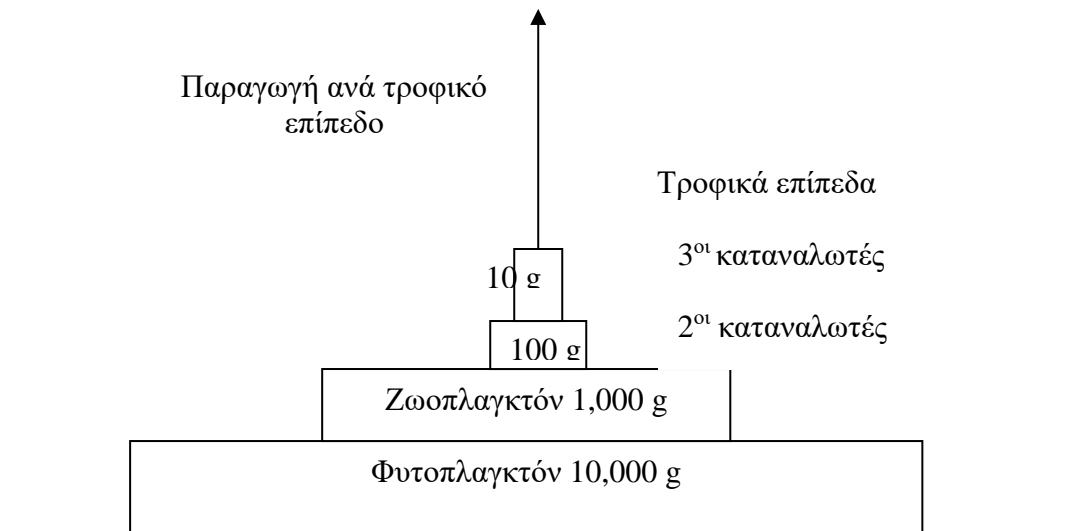
- Μικρή κινητικότητα στο έδαφος λόγω σχηματισμού ιζημάτων
- Αδυναμία ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας αφού δεν σχηματίζει αέριες ενώσεις

ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ - ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

2^{ος} ΝΟΜΟΣ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

“Κάθε μετατροπή ενέργειας έχει ενεργειακό κόστος καθώς μόνο ένα ποσοστό της αρχικής ενέργειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή έργου (βιομάζα επόμενου τροφικού επιπέδου”

Η απόδοση των βιολογικών συστημάτων είναι ιδιαίτερα χαμηλή και συνήθως ισούται με περίπου **10%**.



Άρα η συνολική βιομάζα των παραγωγικών οργανισμών πολύ μεγαλύτερη της βιομάζας των καταναλωτών

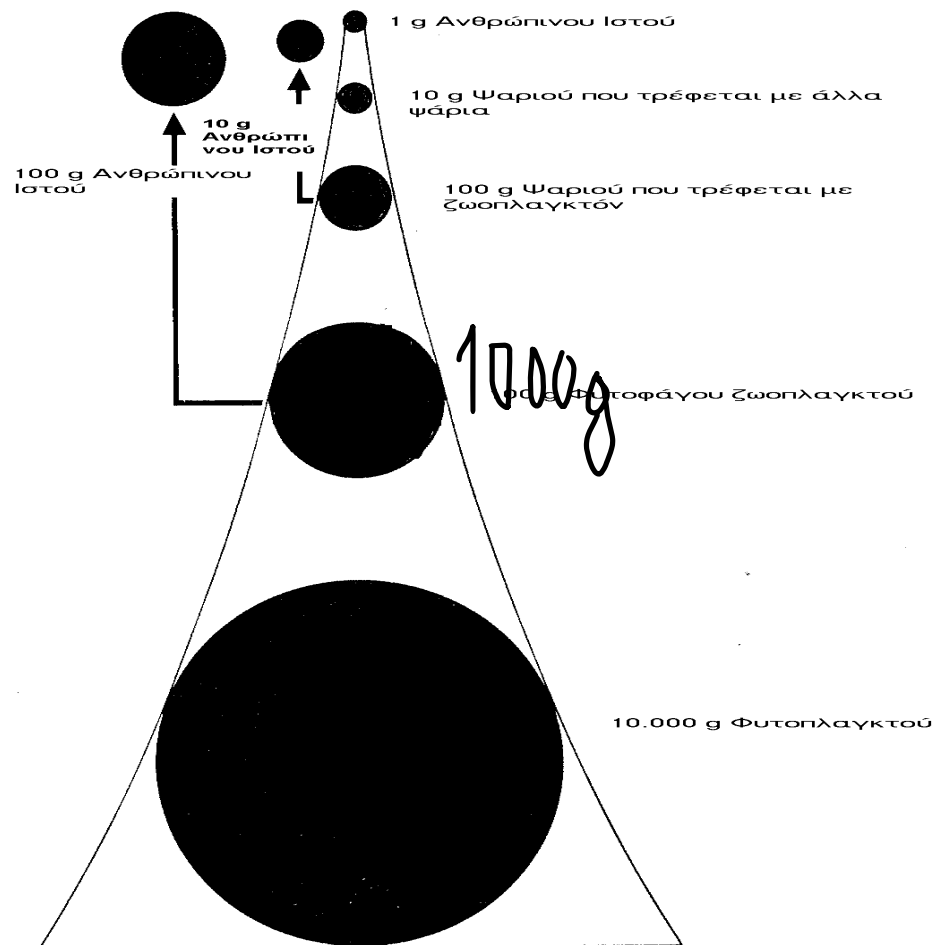
Η ροή ενέργειας δεν είναι μια κυκλική διαδικασία, όπως η κυκλοφορία στοιχείων σε ένα οικοσύστημα. Αντίθετα διακοπή της ροής ενέργειας προκαλεί την κατάρρευση όλων των τροφικών επιπέδων ενός οικοσυστήματος.

Σχεδόν το σύνολο των οικοσυστημάτων στη γη στηρίζεται ενεργειακά στην φωτοσύνθεση

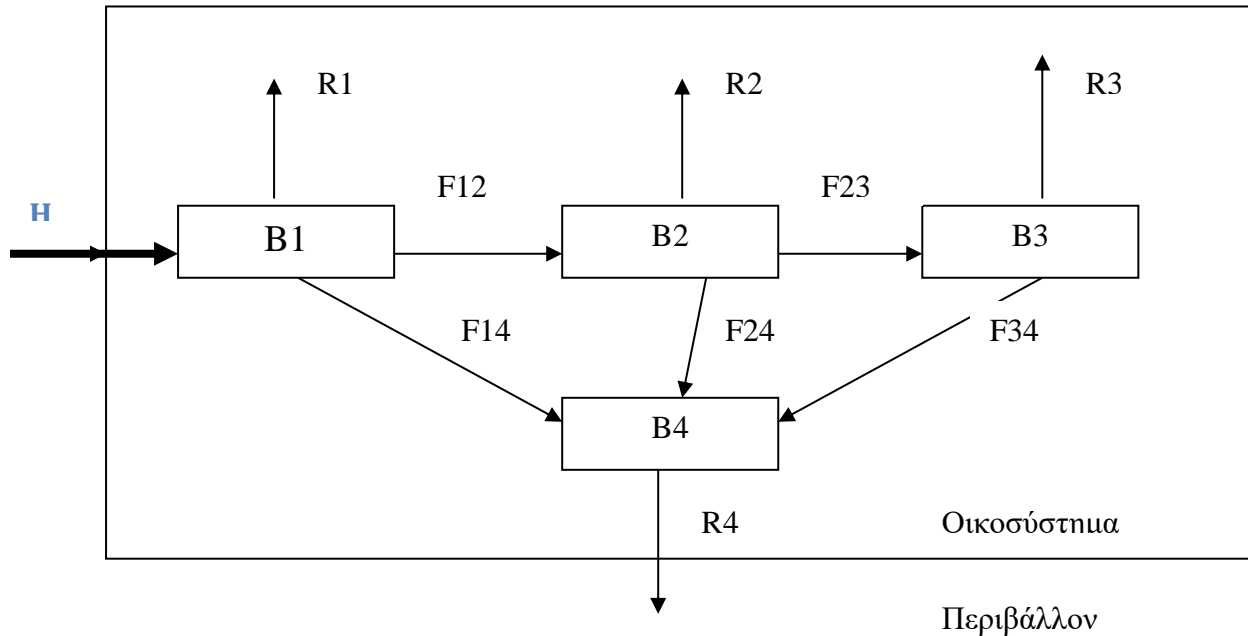
ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ & ΧΗΜΕΙΑ ΓΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΟΥΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

Οικοσυστήματα, περιοριστικοί παράγοντες ανάπτυξης οργανισμών, ροή ενέργειας, βιο-γεωχημικοί κύκλοι στοιχείων

ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΚΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ



Ενεργειακό ομοίωμα οικοσυστήματος



B_i = βιομάζα της αντίστοιχης τροφικής στάθμης

$$dB_1/dt = H - R1 - F12 - F14$$

$$dB_2/dt = F12 - R2 - F23 - F24$$

$$dB_3/dt = F23 - R3 - F34$$

$$dB_4/dt = F14 + F24 + F34 - R4$$

Συνολικά η ενεργειακή μεταβολή του οικοσυστήματος

$$E = dB/dt = H - R1 - R2 - R3 - R4 =$$

φωτοσύνθεση - αναπνοή

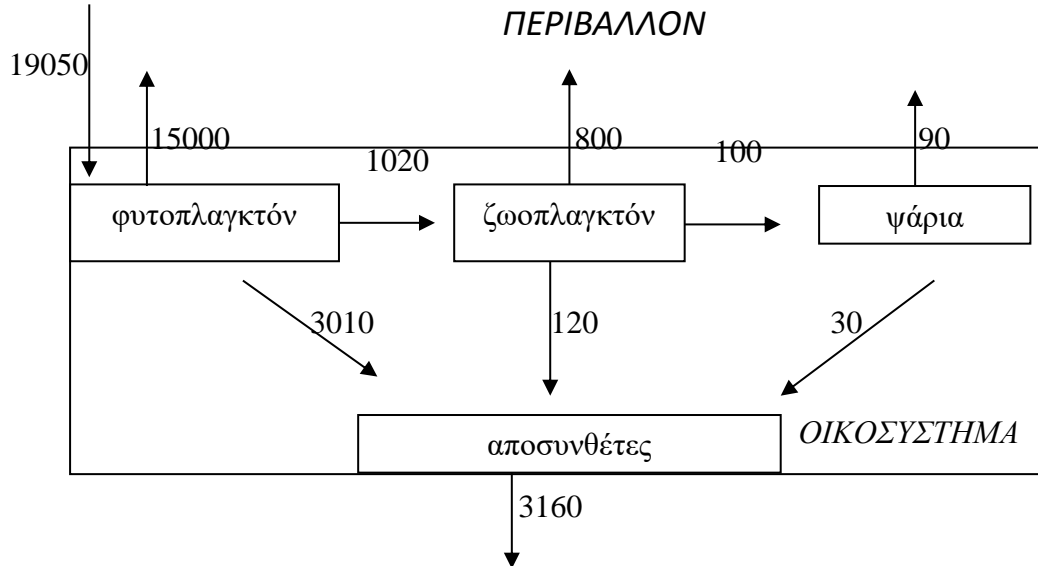
1. Αν $E = 0$ ισορροπία
2. Αν $E < 0$, CO_2 κατ $< CO_2$ παρ, φάση συρρίκνωσης
3. Αν $E > 0$, CO_2 κατ $> CO_2$ παρ, φάση αύξησης

Παράδειγμα

Σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα μετρήθηκαν τα εξής μεγέθη σε $\text{cal/m}^2/\text{ημέρα}$: φωτοσύνθεση 19050, αναπνοή φυτοπλαγκτού 15000, αναπνοή ζωοπλαγκτού 800, αναπνοή ψαριών 90, αναπνοή αποσυνθετών 3160, κατανάλωση φυτοπλαγκτού από ζωοπλαγκτόν 1020, κατανάλωση ζωοπλαγκτού από ψάρια 100, κατανάλωση φυτοπλαγκτού, ζωοπλαγκτού και ψαριών από αποσυνθέτες 3010, 120, και 30 αντίστοιχα. Η συμβολή αυτού του οικοσυστήματος στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι θετική ή αρνητική; (σχήμα και σύντομη εξήγηση).

ΛΥΣΗ

Ηλιακή ενέργεια
μέσω φωτοσύνθεσης



$$\text{Φωτοσύνθεση (19050 cal) =}$$

$$= \text{Άθροισμα των αναπνοών (15000 + 800 + 90 + 3160 cal)}$$

Άρα η ενέργεια που μπαίνει στο οικοσύστημα από το περιβάλλον ισούται με αυτή που βγαίνει

$\text{CO}_2 \text{ κατ} = \text{CO}_2 \text{ παρ}$ \rightarrow ισορροπία, μηδενική αύξηση \rightarrow δεν υπάρχει συμβολή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και δεν υπάρχει συνολική αύξηση στη βιομάζα του συστήματος.

$$\text{Φυτοπλαγκτόν} = 19050 - 15000 - 1020 - 3010 = 20 \text{ cal/m}^2/\text{d} \rightarrow \text{Αύξηση}$$

$$\text{Ζωοπλαγκτόν} = 1020 - 800 - 120 - 100 = 0 \text{ cal/m}^2/\text{d} \text{ άρα σταθερό}$$

$$\text{Ψάρια} = 100 - 90 - 30 = -20 \text{ cal/m}^2/\text{d} \text{ άρα μείωση}$$

ΠΡΩΤΟΓΕΝΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ



Χερσαία οικοσυστήματα 2/3 κατανάλωσης CO₂
 Θαλάσσια οικοσυστήματα 1/3 κατανάλωσης CO₂

Περιοριστικοί παράγοντες οικοσυστημάτων

Παραγωγικότητα	Οικοσύστημα	Πιθανές αιτίες
Υψηλή > 350 gr/m ² /year	Δάση Κοραλλογενείς ύφαλοι	Υγρό περιβάλλον Υψηλή Θερμοκρασία Δυνατότητα ανάπτυξης ριζικού συστήματος Ηλιοφάνεια
Μέση 70-350 gr/m ² /year	Λειμώνες Ζώνες ανάμιξης	
Χαμηλή < 70 gr/m ² /year	Ωκεανοί Έρημοι	?

Κυριότερες μορφές ζωής σε υδατικά οικοσυστήματα

- 1. Πλαγκτόν: το σύνολο των οργανισμών που η ενεργητική τους μετακίνηση είναι μικρότερη της παθητικής τους λόγω της κίνησης του νερού**
 - Βακτηριοπλαγκτόν: κυρίως κυανοβακτήρια ή κυανοφύκη (παραγωγικοί οργανισμοί) και ορισμένα αυτοτροφικά και ετεροτροφικά βακτήρια (αποικοδομητές)
 - Φυτοπλαγκτόν: φυτικοί μικροσκοπικοί οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν (παραγωγικοί οργανισμοί)
 - Ζωοπλαγκτόν: καταναλωτικοί οργανισμοί που τρέφονται με φυτοπλαγκτόν

- 2. Νηκτόν: το σύνολο των οργανισμών που μπορούν να κολυμπούν στο νερό (όλα καταναλωτικοί οργανισμοί)**
 - Ψάρια
 - Ασπόνδυλα π.χ. Γαρίδες, καλαμάρια

- 3. Βένθος: το σύνολο των οργανισμών που είναι προσκολλημένοι ή ζουν μέσα ή πάνω ή κοντά στο βυθό**
 - Φυτοβένθος: φυτικοί οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν (παραγωγικοί οργανισμοί) π.χ. μακροφύκη
 - Βακτήρια: κυρίως αποικοδομητές
 - Μήκυτες: κυρίως αποικοδομητές σε περιορισμένο αριθμό
 - Ζωοβένθος: καταναλωτικοί οργανισμοί που τρέφονται με φυτοβένθος ή ζωοβένθος πχ μαλάκια, πολύχαιτοι (θαλάσσια σκουλήκια), κ.α.

ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

