



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

# Διαχείριση Φυσικών Πόρων & Οικοσυστημάτων II

## Θαλάσσια Ρύπανση

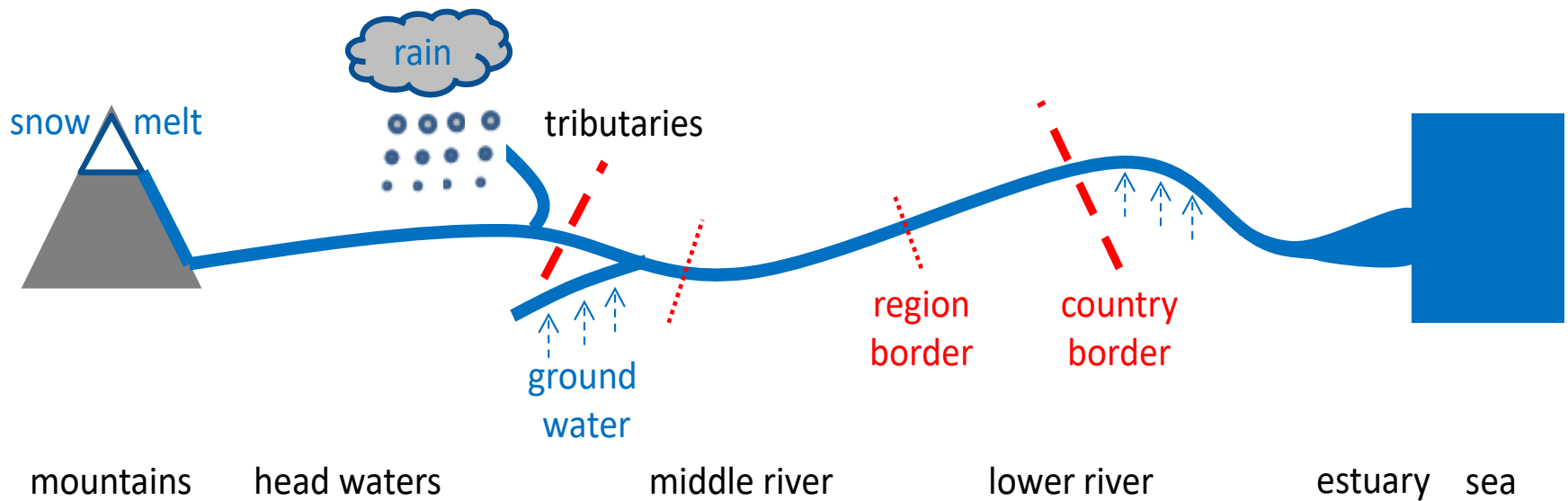
Καθηγητής ΔΠΘ Γεώργιος Συλαίος

Πέμπτη 13 Μαρτίου 18:00-21:00

Ώρα για εξ' αποστάσεως συνεργασία Δευτέρα 30 Απριλίου 10:00-12:00

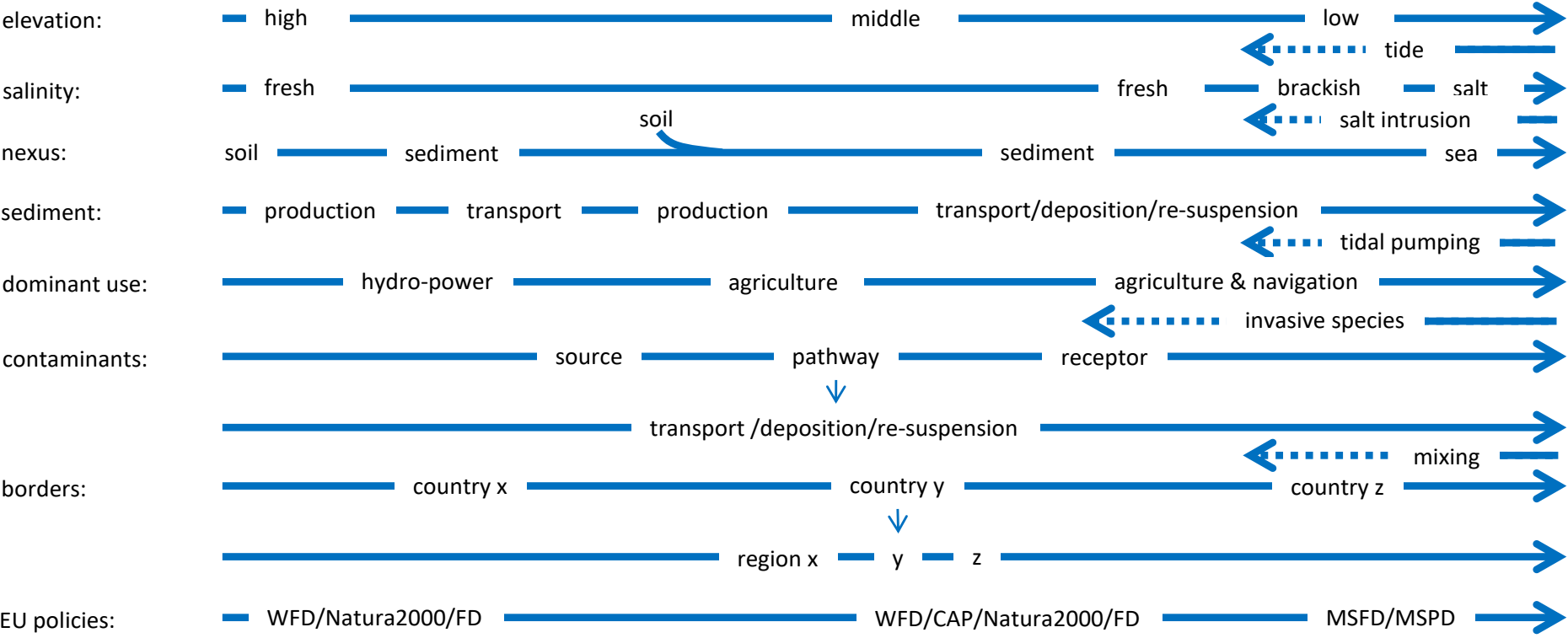
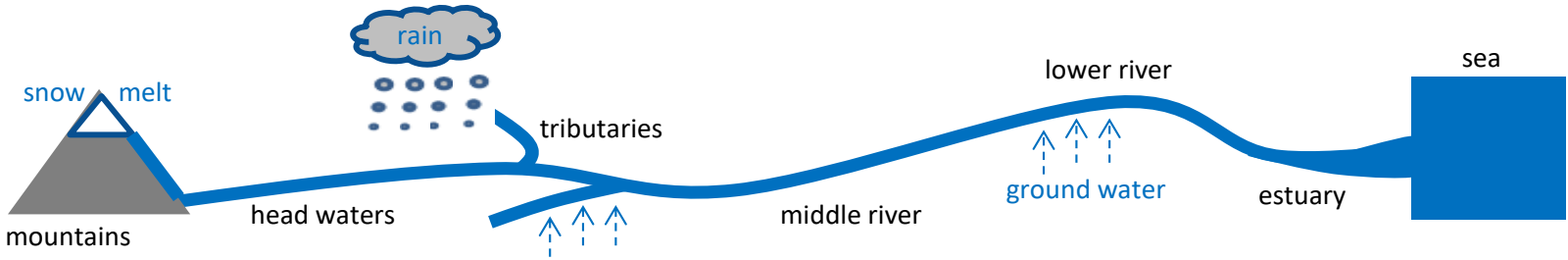
Μέσο επικοινωνίας: Τηλέφωνο 25410 79398, Mail: [gsylaios@env.duth.gr](mailto:gsylaios@env.duth.gr) ή skype: [gsylaios](#)

# Συστήματα γλυκού και θαλασσινού νερού – Αλληλεπίδραση σε επίπεδο λεκάνης απορροής.



**Fig. 3** – River-Sea systems: ‘from the mountains till at sea’.

A long the river-sea continuum (extremely simplified):



# ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

2008/56/ΕΚ

4 Ευρωπαϊκές θαλάσσιες περιφέρειες

- Βαλτική Θάλασσα
- ΒΑ Ατλαντικό Ωκεανό
- Μεσόγειο Θάλασσα
- Μαύρη Θάλασσα

1<sup>η</sup> νομοθετική πράξη προστασίας θαλάσσιας βιοποικιλότητας

Νομοθετικό πλαίσιο οικοσυστημικής προσέγγισης στη διαχείριση ανθρώπινων δραστηριοτήτων

Υποχρεωτικό χρονοδιάγραμμα υλοποίησης, πίνακας 1.2 εργασίας

- 2008 έναρξη εφαρμογής
- 2020 επίτευξη ΚΠΚ



## ΟΔΗΓΙΑ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ

2008/56/ΕΚ

Την ΚΠΚ καθορίζουν 11 δείκτες ποιοτικής κατάστασης, πίνακας 1.3 εργασίας:

- Βιοποικιλότητα, D1
- Μη-αυτόχθονα είδη, D2
- Εμπορικά εκμεταλλεύσιμα ψάρια, μαλάκια και οστρακόδερμα, D3
- Δίκτυα θαλάσσιας τροφής, D4
- Ανθρωπογενής ευτροφισμός, D5
- Ακεραιότητα θαλάσσιου πυθμένα, D6
- Υδρογραφικές συνθήκες, D7
- Ρυπογόνες Ουσίες, D8
- Ρυπογόνες ουσίες σε ψάρια και άλλα θαλασσινά, D9
- Απορρίμματα στη θάλασσα, D10
- Ενέργεια και υποθαλάσσιος θόρυβος, D11

## Περιβαλλοντικοί Δείκτες

### Γενικά

- Παρέχουν ενδείξεις
- Κάνουν αισθητή μια τάση ή ένα φαινόμενο όχι εύκολα ανιχνεύσιμο

Ποσοτικοποιούν ενδείξεις προκειμένου η σημασία τους να είναι πιο εύκολα αντιληπτή

Απλοποιούν πληροφορίες σύνθετων φαινομένων για να βελτιώσουν την κοινοποίηση τους

### ΟΠΥ

- Βιοτικοί δείκτες (βιοδείκτες): οργανισμοί όπου εκτιμάται η επίδραση των ρυπογόνων ουσιών
- Μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων

### ΟΠΘΣ

- Επικεντρώνεται στα 11 παραπάνω κριτήρια
- Δεν καθορίζει συγκεκριμένους ποσοτικούς δείκτες, αυτοί καθορίζονται με τις επιμέρους ανάγκες των κρατών στις περιφερειακές θάλασσες

Πρέπει να υποδεικνύουν με σαφήνεια εάν η κατάσταση του περιβάλλοντος γίνεται καλύτερη ή χειρότερη





**BIODIVERSITY**

**D1**



**ALIEN SPECIES**  
**D2**



**UNDERWATER NOISE**

**D11**



**COMM. FISH**  
**D3**



**MARINE LITTER**  
**D10**



**FOODWEBS**

**D4**



**SEAFOOD POLLUTION**

**D9**



**EUTROPH.**

**D5**



**MARINE ENV. POLLUTION**  
**D8**

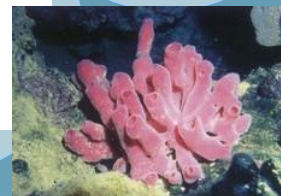


**HYDRO GRAPHIC**

**D7**

**SEAFLOOR INT.**

**D6**

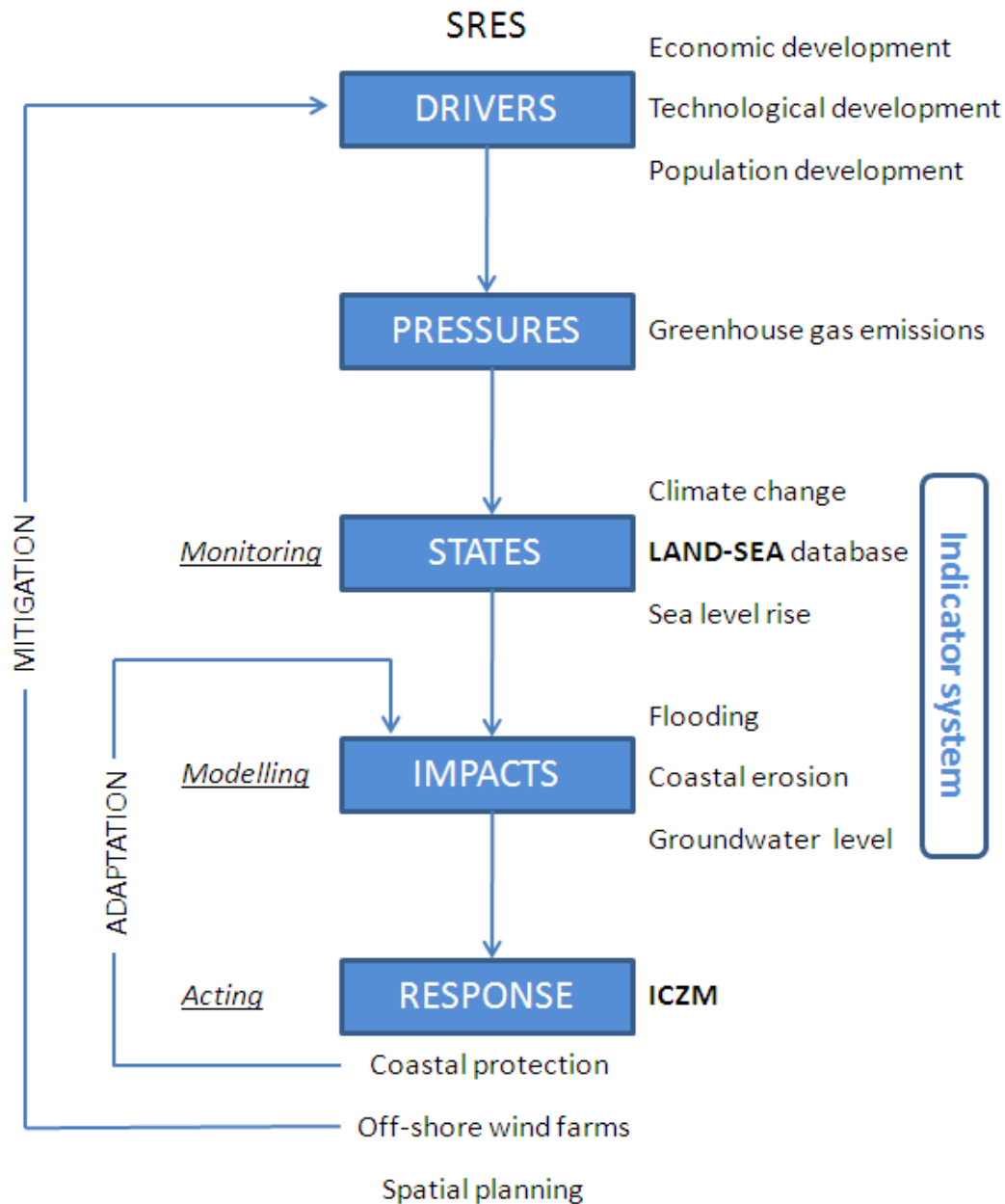


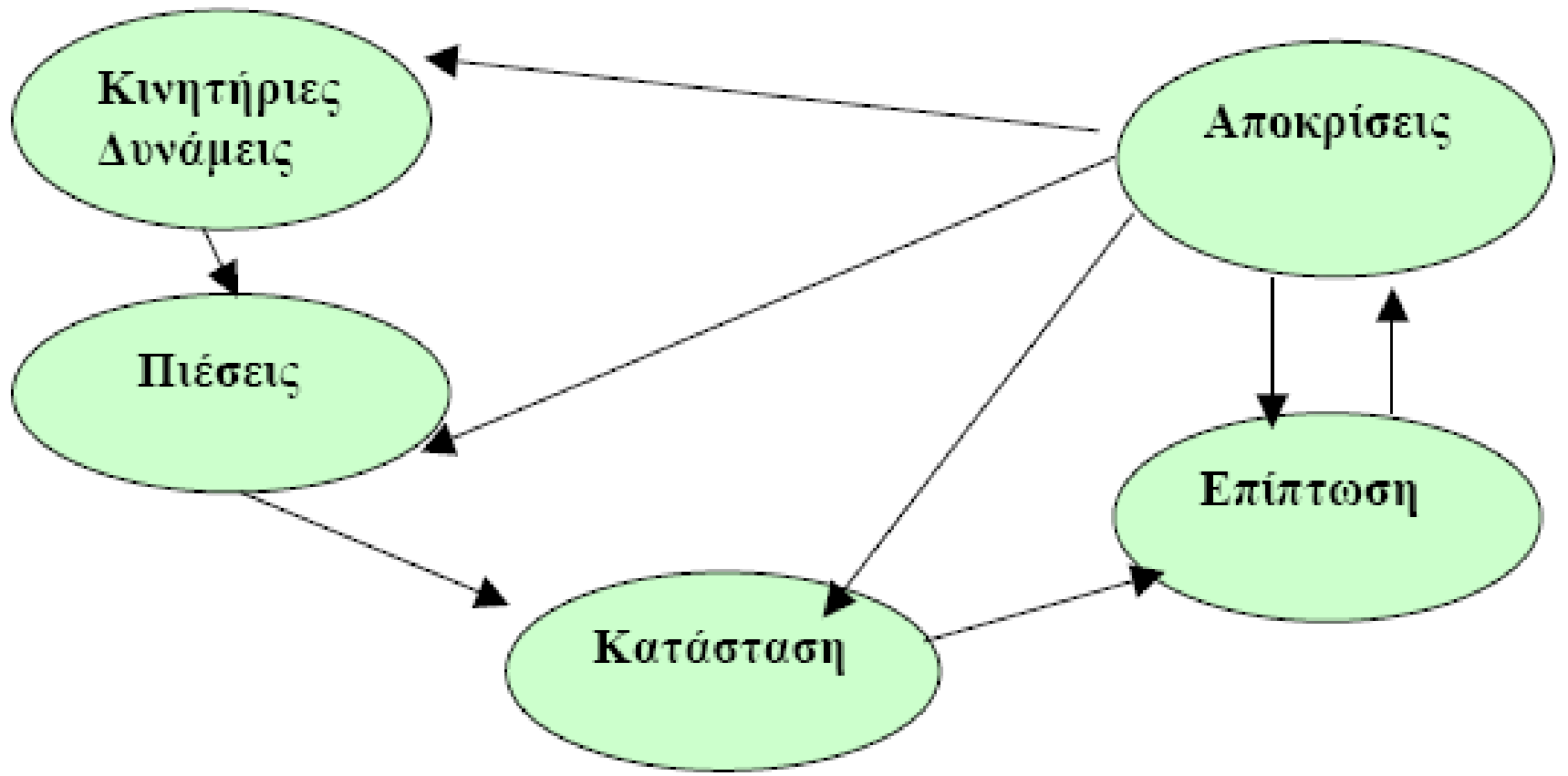


# **Marine Strategy Framework Directive (2008/56/EC): Legislative process**

- ▶▶ 2002 Sixth Environmental Action Plan
- ▶▶ October 2005 - Commission proposal for a Marine Strategy Directive
- ▶▶ November 2007 - Agreement between Parliament and Council
- ▶▶ 25 June 2008 - Directive 2008/56/EC published in the EU Official Journal
- ▶▶ 15 July 2008 - Entry into force

# The DPSIR framework







Ειδικότερα:

### Κινητήριες Δυνάμεις

Αναφέρονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες  
(μετακίνηση, βιομηχανία, γεωργία, χρήση ενέργειας, κτλ)

### Πιέσεις

Αναφέρονται σε μεταβολές στο περιβάλλον που προκύπτουν από τις παραπάνω διαδικασίες παραγωγής και κατανάλωσης  
(ραδιενέργεια, παραγωγή αποβλήτων, ηχορύπανση, εκπομπές ρύπων, εξάντληση πόρων, κτλ)

### Κατάσταση

Αναφέρεται στις φυσικές, χημικές και βιολογικές συνθήκες του περιβάλλοντος, που μεταβάλλονται από τις παραπάνω πιέσεις  
(ποιότητα νερού, εδάφους, αέρα, κατάσταση οικοσυστημάτων, κτλ)

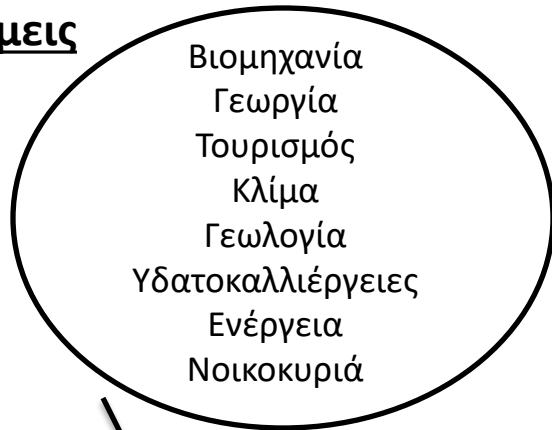
## **Επιπτώσεις**

Αναφέρονται στις συνέπειες που προκύπτουν από τις εκάστοτε καταστάσεις  
(ανθρώπινη υγεία, κοινωνικο-οικονομική ισορροπία, ποιότητα  
οικοσυστημάτων, κτλ)

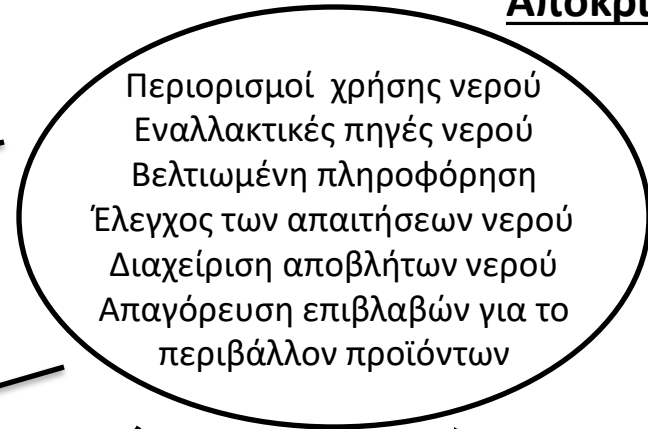
## **Αποκρίσεις**

Αναφέρονται στη θέσπιση μέτρων για την αντιμετώπιση των ανεπιθύμητων  
αποτελεσμάτων και έχουν εφαρμογή σε όλους τους κρίκους της αλυσίδας  
του μοντέλου  
(εναλλακτικά μέσα μεταφοράς, νομοθεσία σχετικά με τα επιτρεπτά όρια  
εκπομπής αερίων, κτλ)

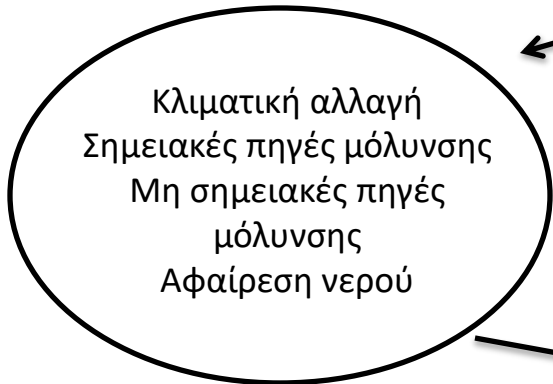
**Κινητήριες  
Δυνάμεις**



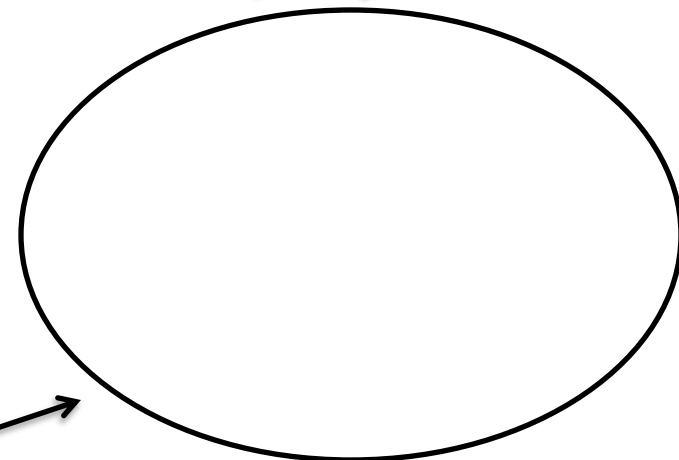
**Αποκρίσεις**



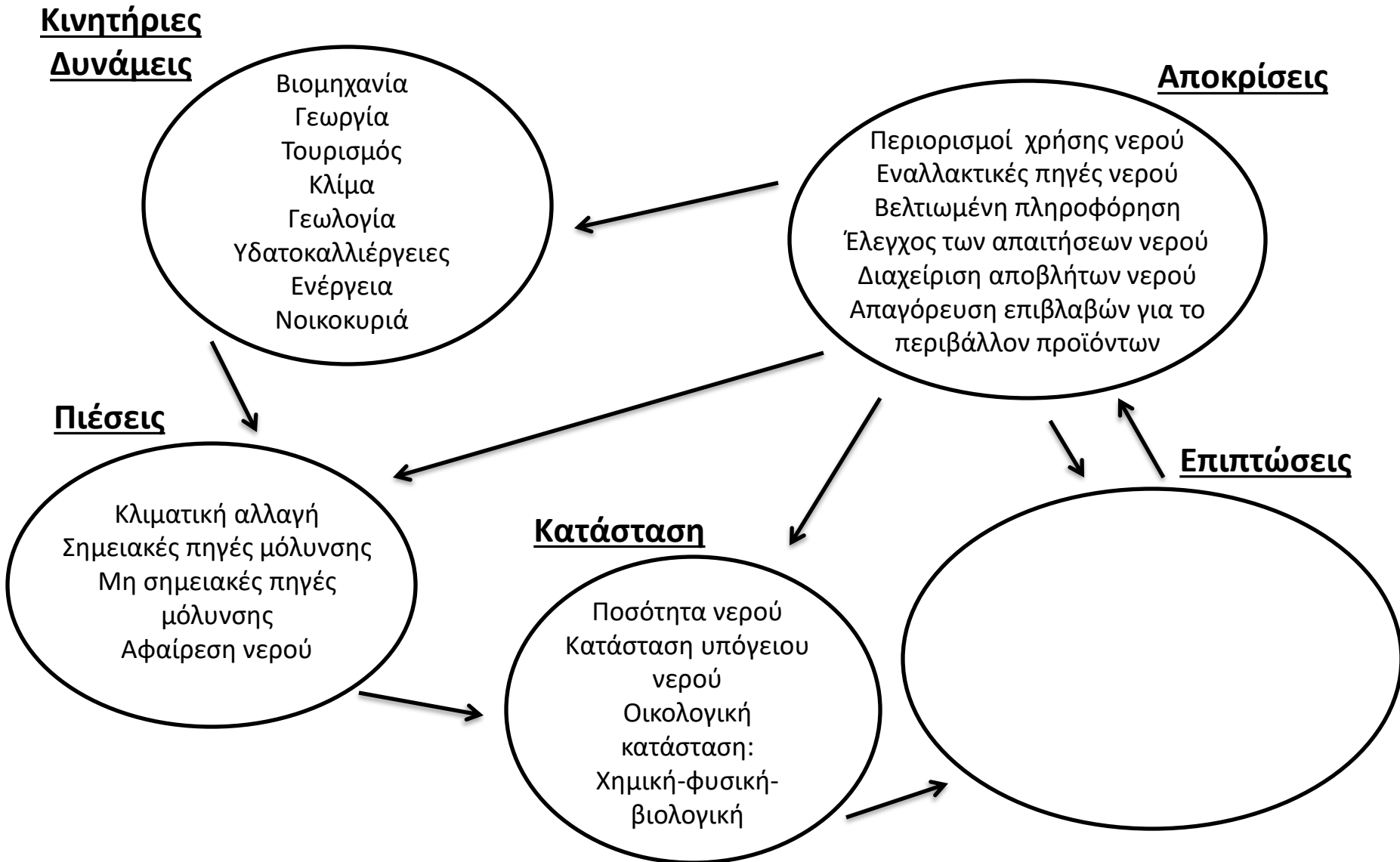
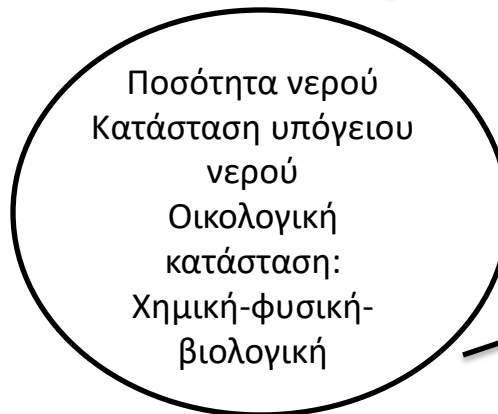
**Πιέσεις**



**Επιπτώσεις**



**Κατάσταση**



**Impacts** refer to the changes observed in the physical, chemical or biological state of the environment. They determine the quality of the coastal ecosystems and the welfare of human beings having environmental or economic attributes.

**Responses** represent the policies formulated to minimize the impacts of pressures occurring as a result of driving forces.

# The DPSIR Framework

(Driving forces-Pressures-State-Impacts-Responses)

## Driving Forces



Socio-economic and socio-cultural forces driving human activities, which increase or mitigate pressures on the environment.

## Pressures



Stresses that human activities place on the environment (eg. wastewater)

## State of the Environment (SoE)



The condition of the environment (eg. the assessment of air or water quality)

## Impacts

Effects of environmental degradation (eg. biodiversity loss, economic damage).



## Responses



Responses by society to the environmental situation (eg. cleaner production, regulations).

# Objective of the Directive

This Directive establishes a framework within which:

- Member States shall take **the necessary measures** to achieve or maintain
- **good environmental status** in the marine environment
- by the year **2020** at the latest.

# The Marine Strategy Directive

- Put in place measures to achieve Good Environmental Status in Europe's seas by 2020
  - Ecologically diverse and dynamic oceans and seas which are clean, healthy and productive within their intrinsic conditions.
  - Use of the marine environment is sustainable - safeguarding the potential for uses and activities by current and future generations
  - protect and preserve the marine environment, prevent its deterioration or, where practicable, restore marine ecosystems;
  - prevent and reduce inputs in the marine environment, with a view to phasing out pollution
  - apply an ecosystem-based approach
  - determined at the level of the marine region or subregion.



## Good Environmental Status (GES)

“The environmental status of marine waters where these provide **ecologically diverse and dynamic oceans and seas which are clean, healthy and productive**”  
(Art. 3(5)).

- Marine resources are used at a ***sustainable level***, ensuring their continuity for future generations.
- Ecosystems are ***fully functioning and resilient*** to human-induced environmental change;
- ***Biodiversity is protected*** and biodiversity decline caused by human activities is prevented;
- **Substances and energy introduced** in the marine environment by human activities ***do not cause pollution effects***.

## Determination of GES (Art.9)

**GES** shall be determined at the level of Marine Region (or subregion), on the basis of the “**qualitative descriptors**” in **Annex I** taking into account indicative lists of Elements in **Annex III**:

**Tab.1: characteristics:** physical and chemical features, habitat types, biological features and hydromorphology

**Tab. 2: pressure and impacts** of human activities

Environmental status will be assessed on the basis of **11 qualitative descriptors**, considering environmental state, pressures and impacts on marine ecosystems, and good status is to be achieved via the development and implementation of a strategy for marine waters in each Member State, addressing all impacts and pressures affecting the marine environment

# Annex I

Qualitative descriptors

**D 1 Biodiversity**

**D 2 Non-indigenous species**

**D 3 Fisheries**

**D 4 Food webs**

**D 5 Eutrophication**

**D 6 Seafloor integrity**

**D 7 Hydrographic conditions**

**D 8 Contaminants**

**D 9 Contaminants in seafood**

**D 10 Litter**

**D 11 Energy introduction  
(noise)**

# Annex III

## Characteristics

### **Physical and chemical**

- Topography, bathymetry
- Nutrients, O<sub>2</sub>

### **Habitat types**

- Predominant seabed and water column habitat types

### **Biological features**

- Phytoplankton, Zooplankton
- benthic flora and fauna
- Fish populations
- Marine mammals
- Birds

### **Others**

- Contaminants in sediment and biota

## Pressures / Impacts

- smothering, sealing
- physical damage
- underwater noise
- litter
- nutrients input
- introduction of non-indigenous species
- fishery

# Fit with other Directives

Marine  
Strategy  
Framework  
Directive

Good

-----GES-----

[Not good]

Water  
Framework  
Directive

Very Good

Good

-----GEcS-----

Moderate

Poor

Very poor

Habitats  
Directive

Favourable

-----FCS-----

Inadequate

Bad

# Τι είναι θαλάσσια ρύπανση?

Σύμφωνα με την Επιστημονική Επιτροπή GESAMP (UN Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution):

Η θαλάσσια ρύπανση εισάγεται από τον άνθρωπο άμεσα ή έμμεσα, με τη μορφή χημικών ουσιών ή ενέργειας, προκαλώντας σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως:

- Κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία;
- διακοπή των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, όπως η αλιεία;
- υποβάθμιση της ποιότητας του νερού και μείωση της δυνατότητας χρήσης του.

# Τι είναι ρύπανση?

Η ρύπανση προκαλείται όταν η εισροή ρύπων από τις ανθρώπινες δραστηριότητες προκαλεί την αύξηση της συγκέντρωσης μίας ουσίας στο νερό, το ίζημα ή τους οργανισμούς, πάνω από τα φυσικά επίπεδα αναφοράς της περιοχής και για τους συγκεκριμένους οργανισμούς.



Ρυπαντής ή ρύπος ή ρυπαντική ουσία είναι κάθε **διαλυτή** (υδρόφιλη π.χ. ανόργανα άλατα) ή **αδιάλυτη** (υδρόφοβη, π.χ. υδρογονάνθρακες, PCBs, διαλύτες κ.λπ.) στο νερό, ουσία, η οποία όταν εισάγεται στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες, προκαλεί δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι εκλυόμενοι στο περιβάλλον ρύποι έχουν διαφορετικό βαθμό τοξικότητας, με αποτέλεσμα να απαιτούνται διαφορετικές διαδικασίες διαχείρισης για κάθε ένα από αυτούς.

[1] Φυσικά Ανόργανα Άλατα & Ιζήματα (Natural inorganic salts and sediments) ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$  κ.ά.)

[2] Έκλυση Θερμότητας (Waste heat)

[3] Οργανικά Απόβλητα (Organic wastes).

[4] Ιχνοστοιχεία (Trace Metals) (Hg, Pd, Cd, As)

[5] Σύνθετες Οργανικές Ενώσεις (Synthetic Organic Chemicals) (φαινόλες, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, απορρυπαντικά, παρασιτοκτόνα, χρώματα βαφής, προϊόντα πετρελαίου, κ.ά.)

[6] Ραδιενεργά απόβλητα (Radioactive materials)

[7] Παθογόνοι Μικροοργανισμοί (Pathogens, Viruses and Bacteria)

# Πως μετράται η ρύπανση?

Μετριέται σε μέρη ρύπου ανά εκατομμύριο διαλύτη, δηλ νερό, (ppm) =  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$

ή μέρη ανά δισεκατομμύριο (ppb) =  $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$  =  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

μετριέται ως 'υγρό βάρος' δηλ. συγκέντρωση στον ιστό που περιέχει υγρασία, ή ως 'ξηρό βάρος' δηλ. συγκέντρωση στον αφυγρασμένο ιστό οργανισμού

καθώς η υγρασία του ιστού μπορεί να μεταβάλλεται σημαντικά, ο προσδιορισμός ως ξηρό βάρος (dry weight) δίνει καλύτερα αποτελέσματα.

## Συγκέντρωση και Φορτίο Ρύπου

Η συγκέντρωση εκφράζει την παρουσία, δηλ. την μάζα του διαλυμένου ρύπου σε έναν στοιχειώδη όγκο νερού.

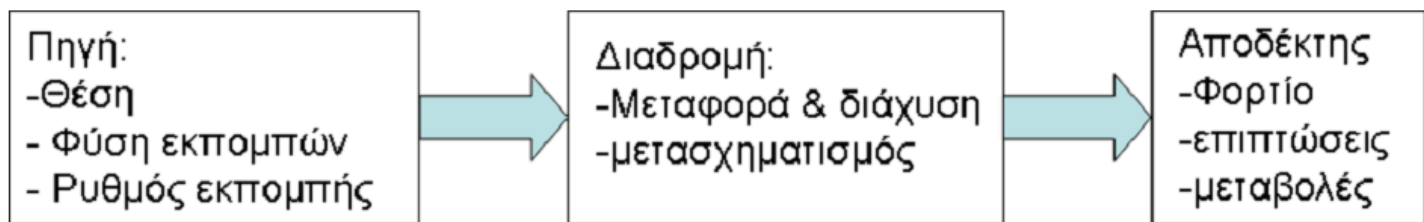
$$C = \frac{\text{Μαζα Ρύπου}}{\text{Όγκο Διαλύματος}}$$

Μονάδες: mg/L ή ppm (parts per million)  
                  μg/L ή ppb (parts per billion)

Φορτίο Ρύπου: Εκφράζει την κίνηση του ρύπου προς έναν αποδέκτη. Είναι το γινόμενο της παροχής επί την συγκέντρωση.

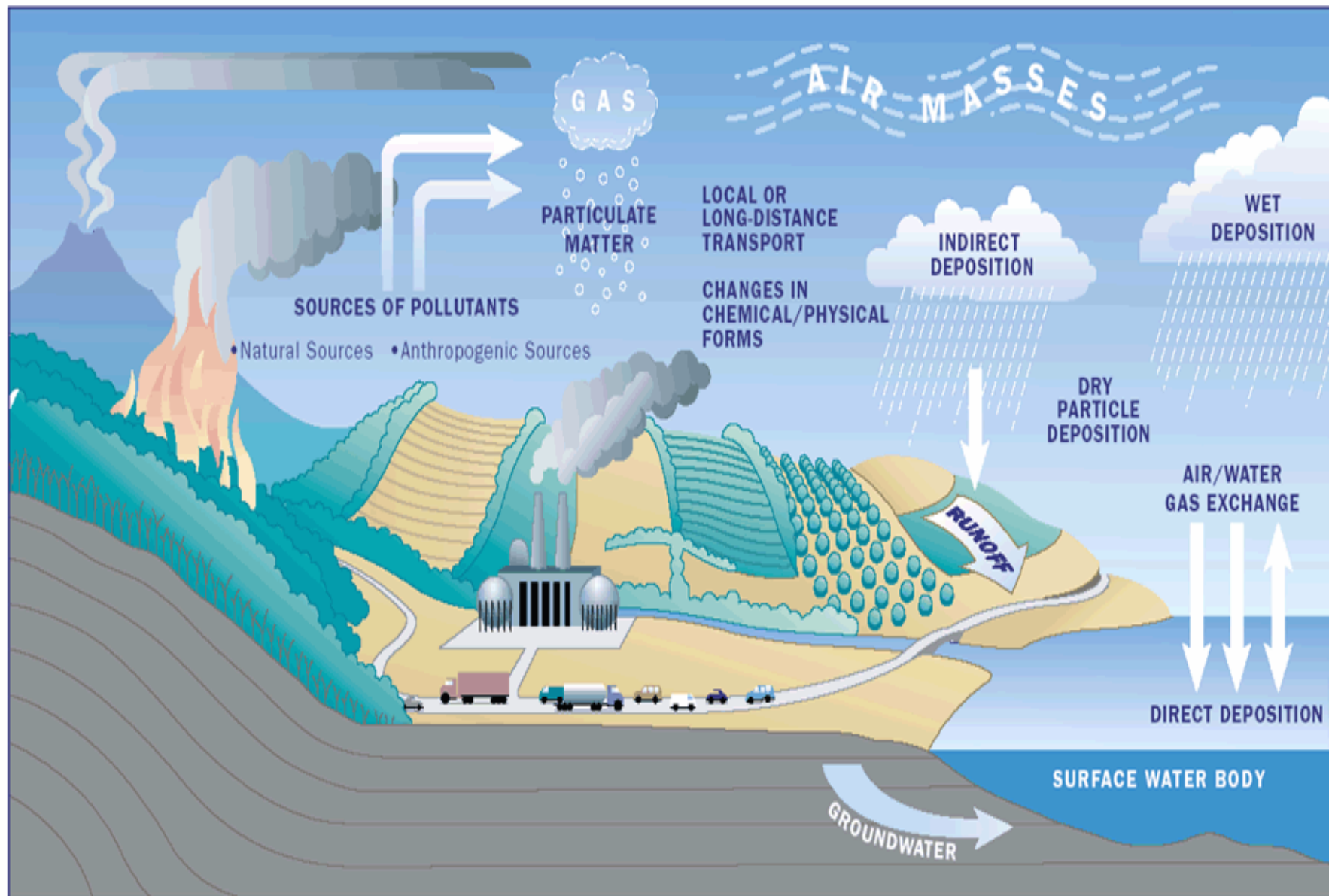
Έστω υδάτινο ρέμα με παροχή  $Q = 15.0 \text{ m}^3/\text{s}$  και έχει συγκέντρωση φωσφόρου  $0,010 \text{ mg/L}$ . Το φορτίο του ρέματος σε φώσφορο θα είναι

$$QC = 15,0 \text{ m}^3 / \text{s} \times 0,010 \text{ mg} / \text{L} = 0,15 \text{ g} / \text{s}$$

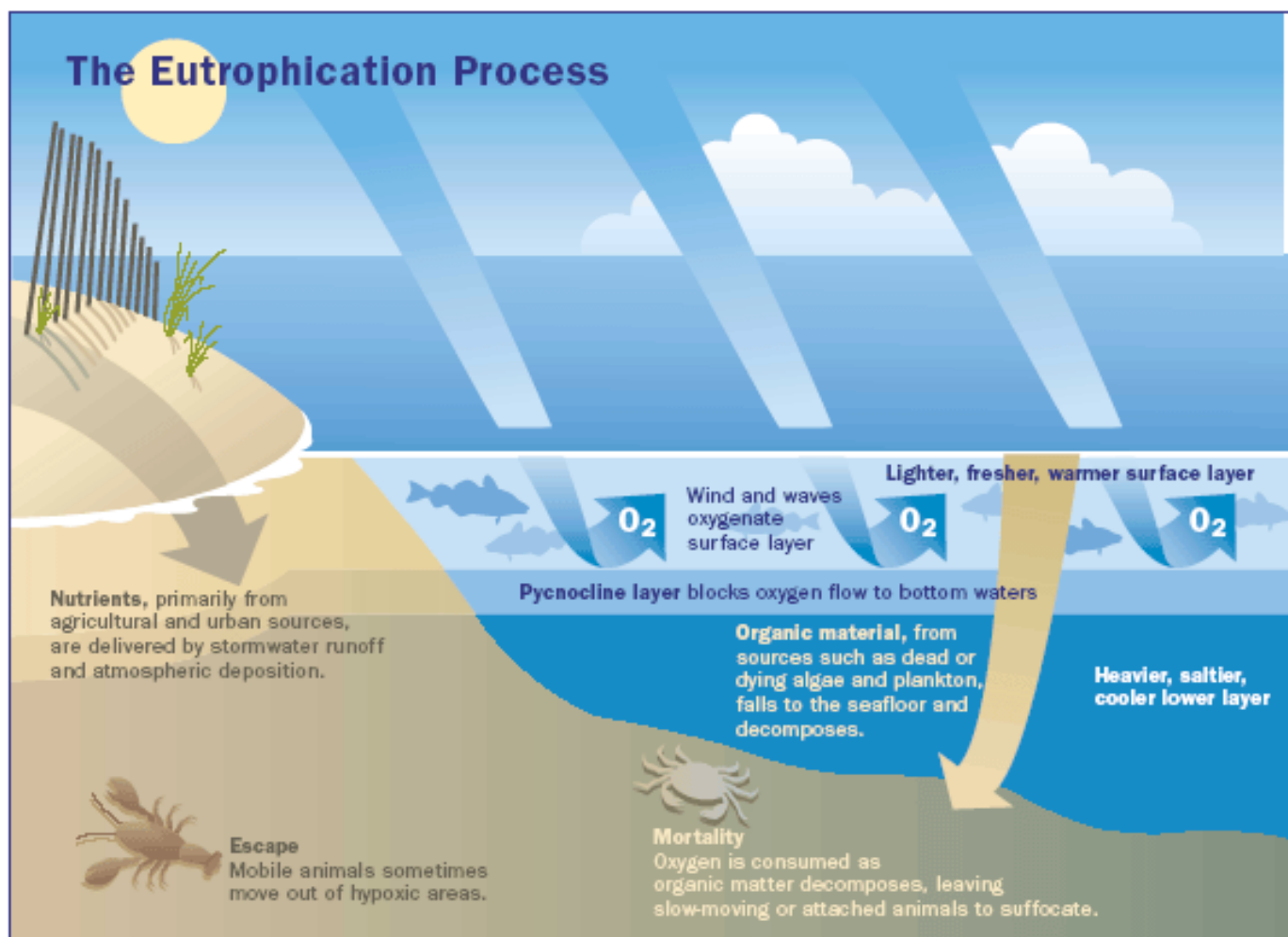


Σχήμα 2. Το πλαίσιο διαχείρισης Πηγή – Διαδρομή – Αποδέκτης.

# Atmospheric Release, Transport, and Deposition Processes



Η προσθήκη θρεπτικών αλάτων στο νερό, προκαλεί την φυτική ανάπτυξη. Ωστόσο, το πρόβλημα της υπερ-προσφοράς θρεπτικών αλάτων, οδηγεί στην υπερλίπανση των παράκτιων υδατικών συστημάτων, με αποτέλεσμα την εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού (eutrophication)





Το αποτέλεσμα είναι η **απότομη αύξηση και ανάπτυξη της φυτικής βιομάζας**, με τη μορφή φυτοπλαγκτόν.

Η υπερβολική αύξηση της βιομάζας:

- ❖ **μειώνει τη διαφάνεια των νερών,**
- ❖ **εμποδίζει την ανανέωση και την οξυγόνωσή τους,**
- ❖ **περιορίζει τις φωτοσυνθετικές δραστηριότητες σε ζώνες μικρού βάθους.**

Τα παραπάνω έχουν σαν συνέπεια:

- ❖ την εμφάνιση **μαζικών θανάτων ψαριών** από ασφυξία,
- ❖ την **απώλεια της υποθαλάσσιας βλάστησης,**
- ❖ την **απελευθέρωση στα νερά παθογόνων μικρο-οργανισμών** και τοξινών, και
- ❖ την δημιουργία **συχνών έως μόνιμων τοξικών 'εκρήξεων' άλγης** (HABs, Harmful Algal Blooms).

# Πηγές Θρεπτικών Αλάτων

- Σημειακές πηγές

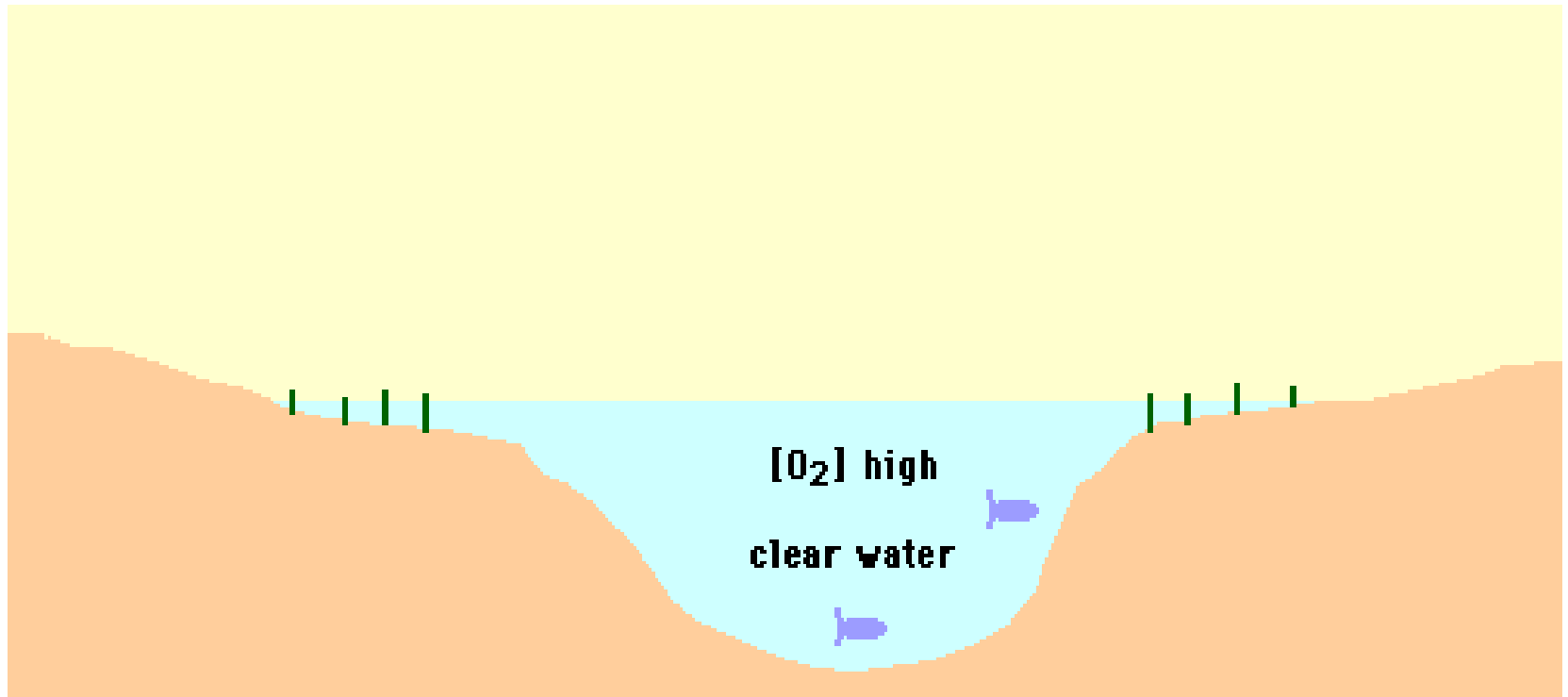
- Εκροές συστημάτων επεξεργασίας λυμάτων
- Εκροές συστημάτων συλλογής ομβρίων
- Βιομηχανικές εκροές

- Μη-σημειακές πηγές

- Ατμοσφαιρική κατακρήμνιση
- Αγροτική απορροή (λιπάσματα, διάβρωση εδαφών)
- Βόθροι

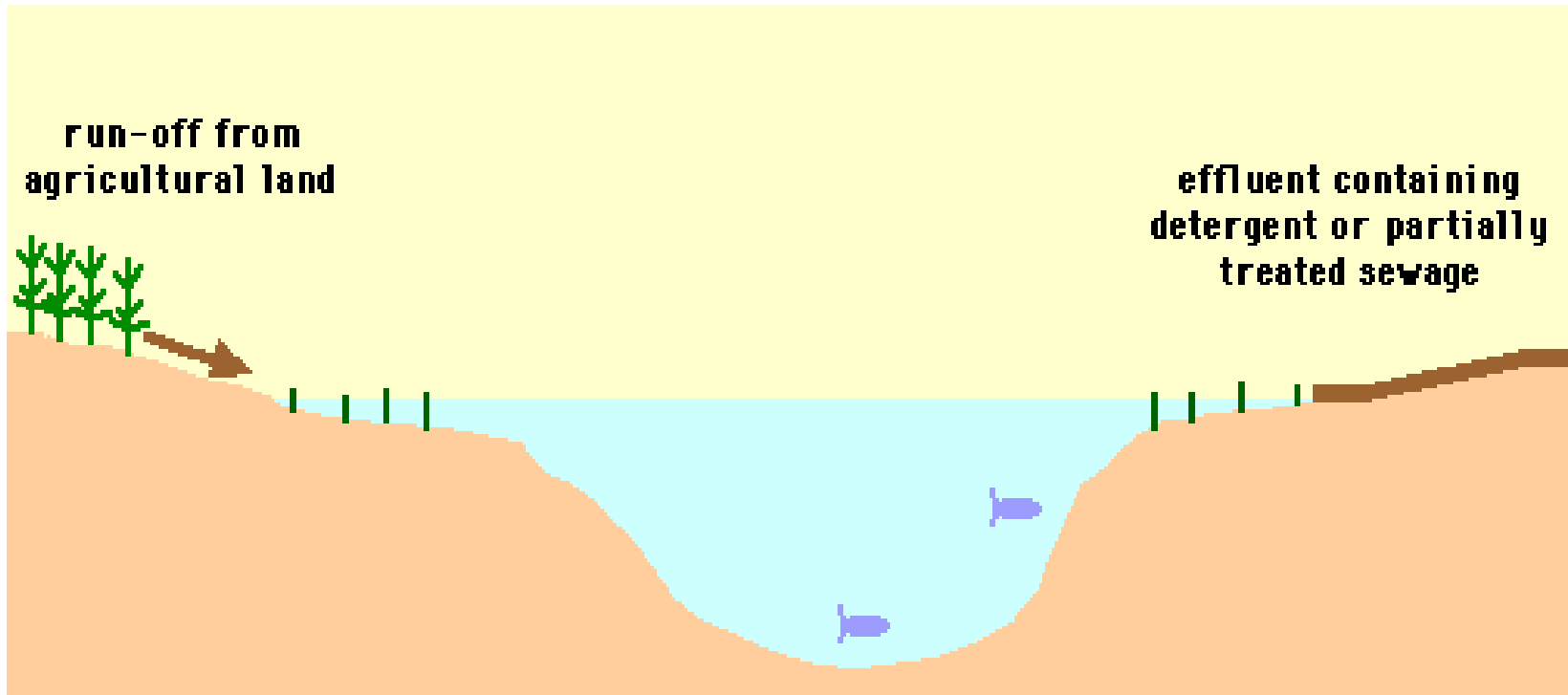
# Ο Ευτροφισμός σε 8 Διαδοχικά Βήματα

Βήμα 1



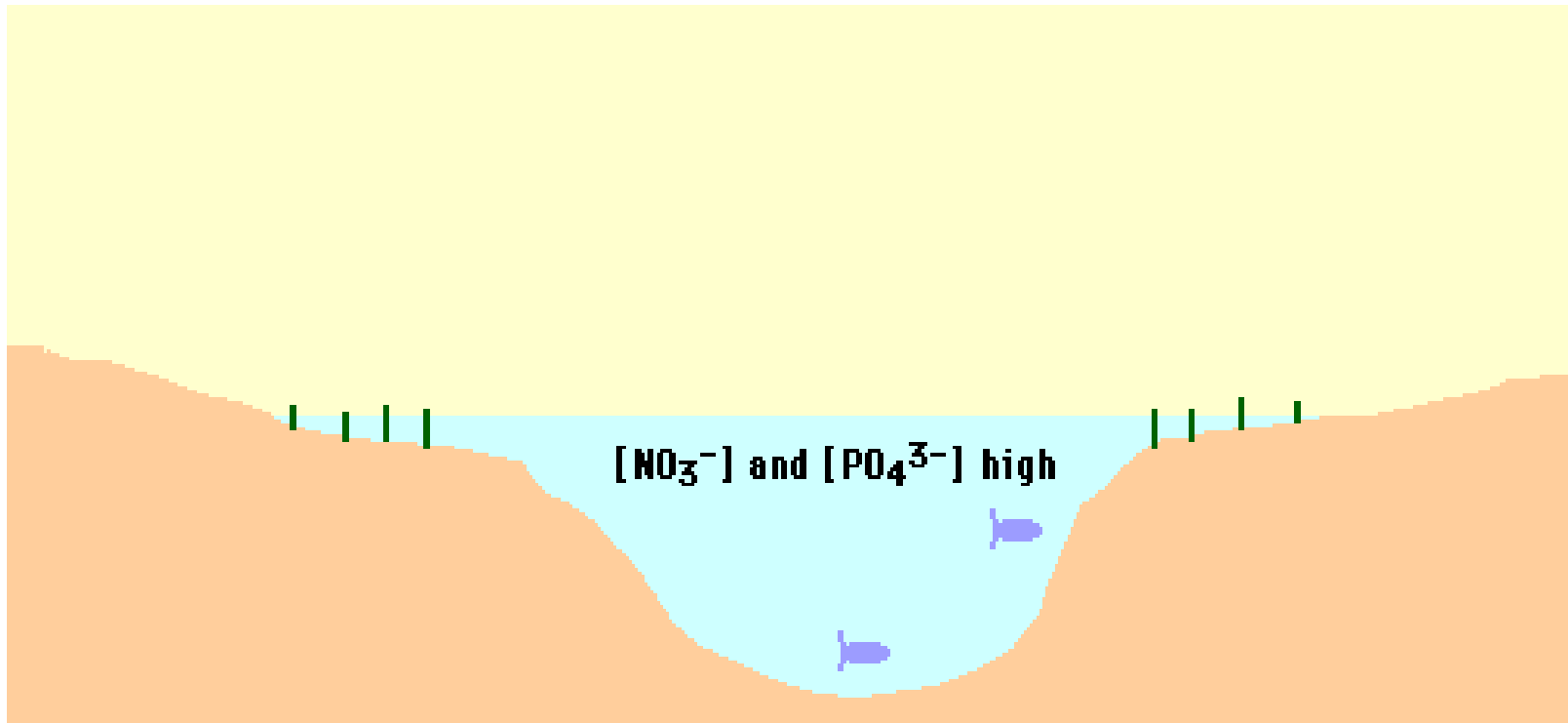
Ολιγοτροφικό Σύστημα με χαμηλά επίπεδα θρεπτικών αλάτων

## Βήμα 2



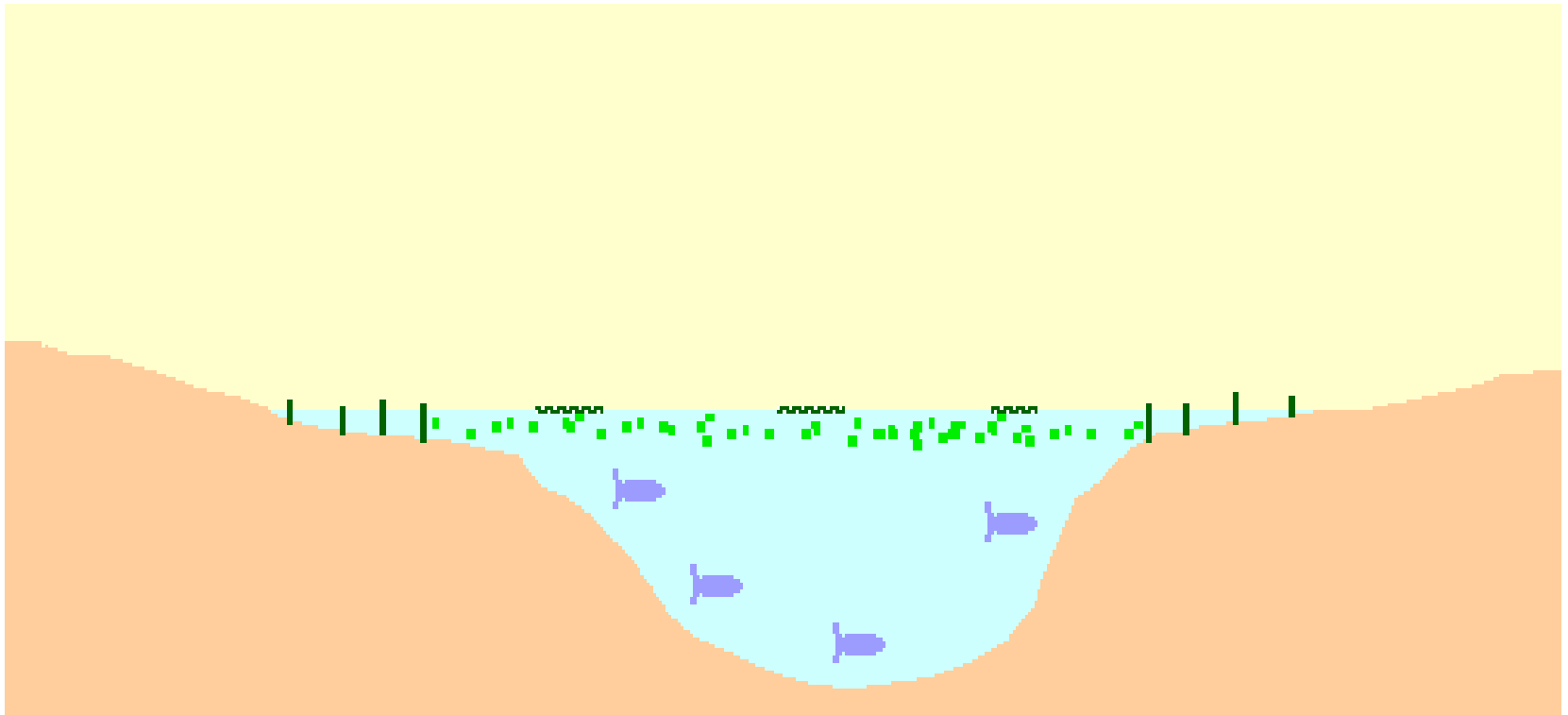
Φυσική και ανθρώπινη προσφορά θρεπτικών αλάτων (ενώσεων αζώτου, φωσφόρου και πυριτίου) από αγροτική απορροή (μη-σημειακή ρύπανση) και αγωγό δευτερογενούς επεξεργασίας λυμάτων (σημειακή ρύπανση).

### Βήμα 3



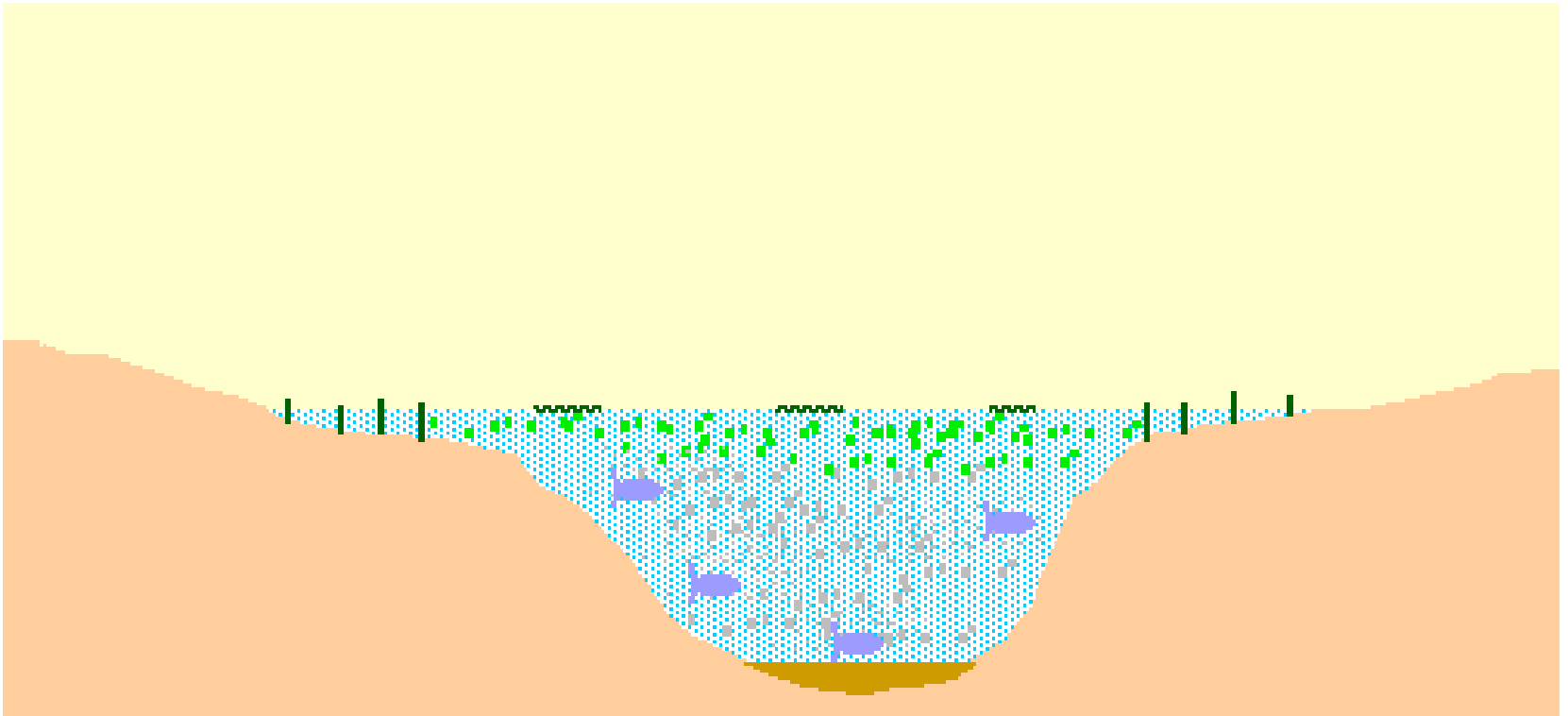
Σταδιακά το σύστημα γίνεται εύτροφο, με υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων.

## Βήμα 4



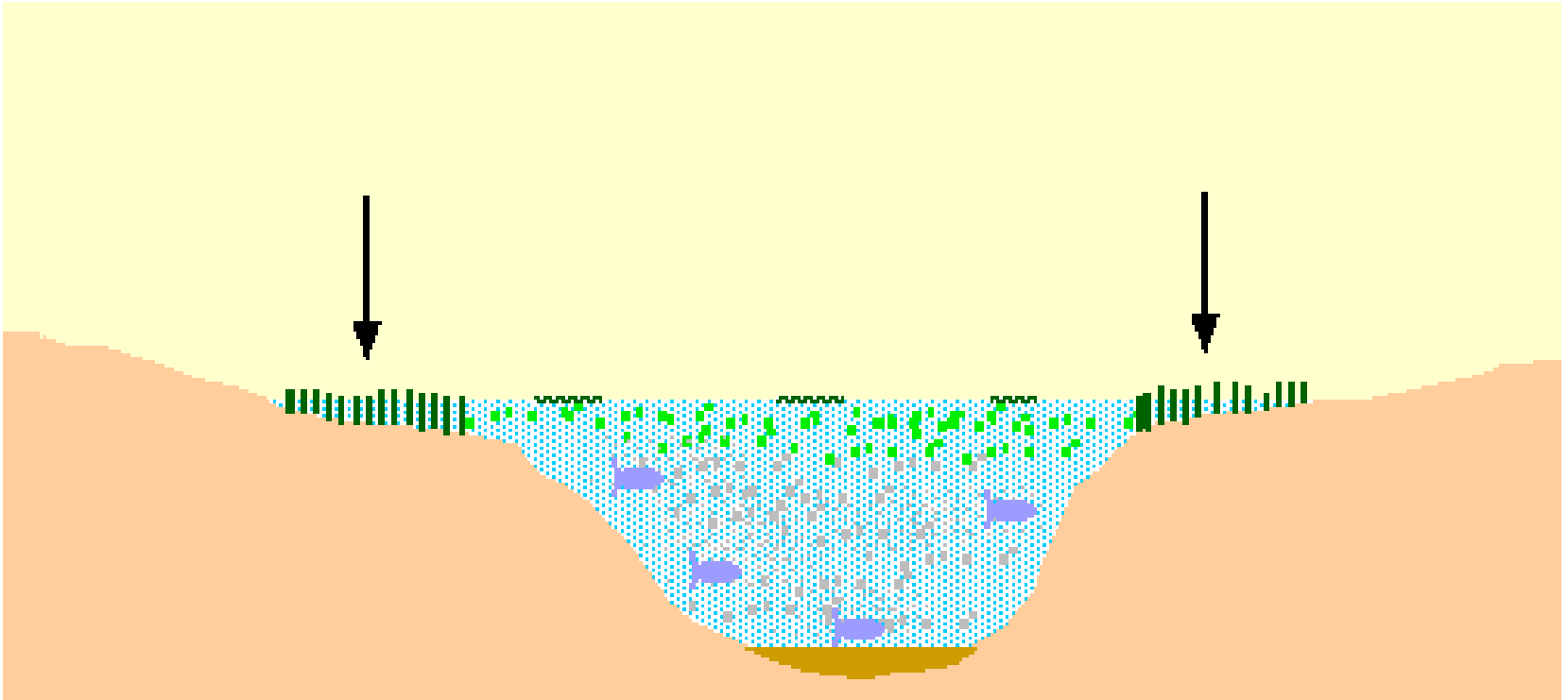
Απότομη αύξηση της βιομάζας της άλγης, με αποτέλεσμα τη μείωση της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου.

## Βήμα 5



Η θολερότητα του νερού αυξάνει. Παράλληλα αυξάνει και ο ρυθμός ιζηματοποίησης.

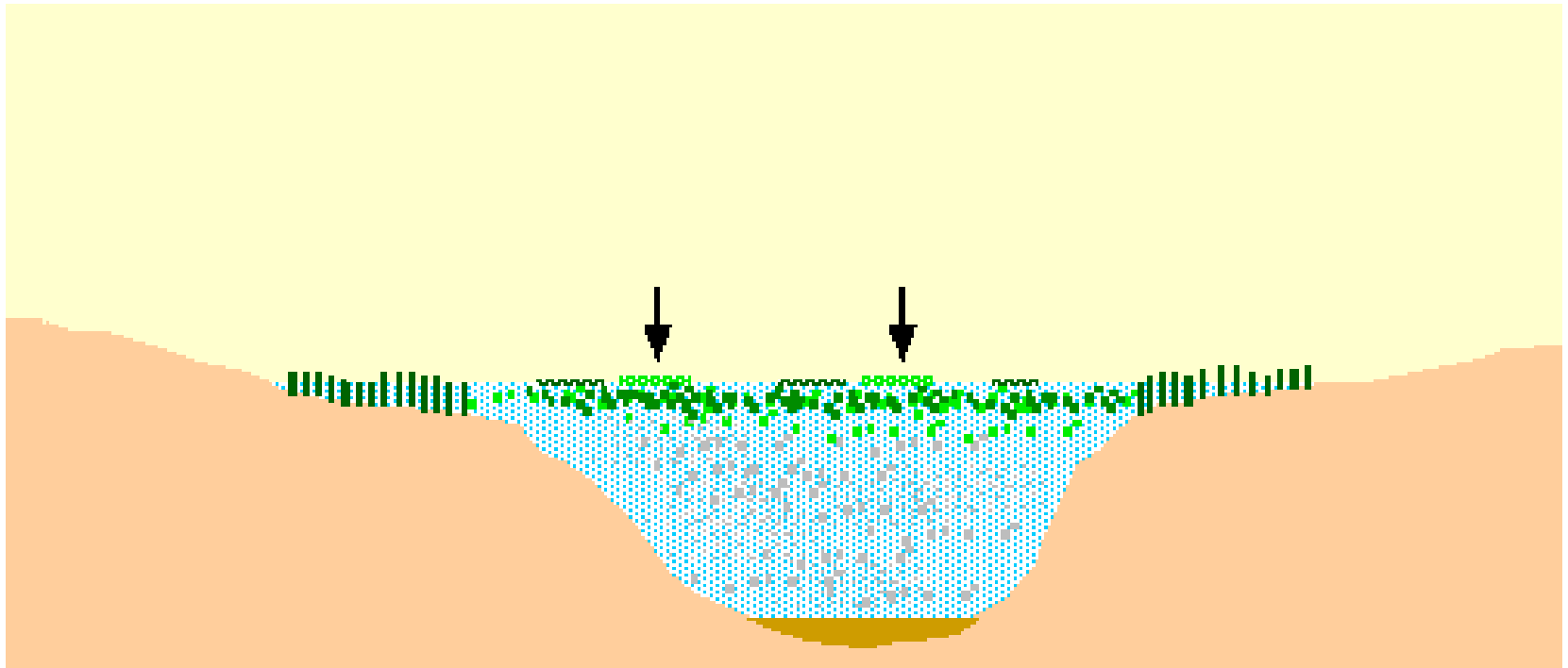
## Βήμα 6



Αυξημένη ανάπτυξη βενθικής χλωρίδας στα ρηχά τμήματα του συστήματος.

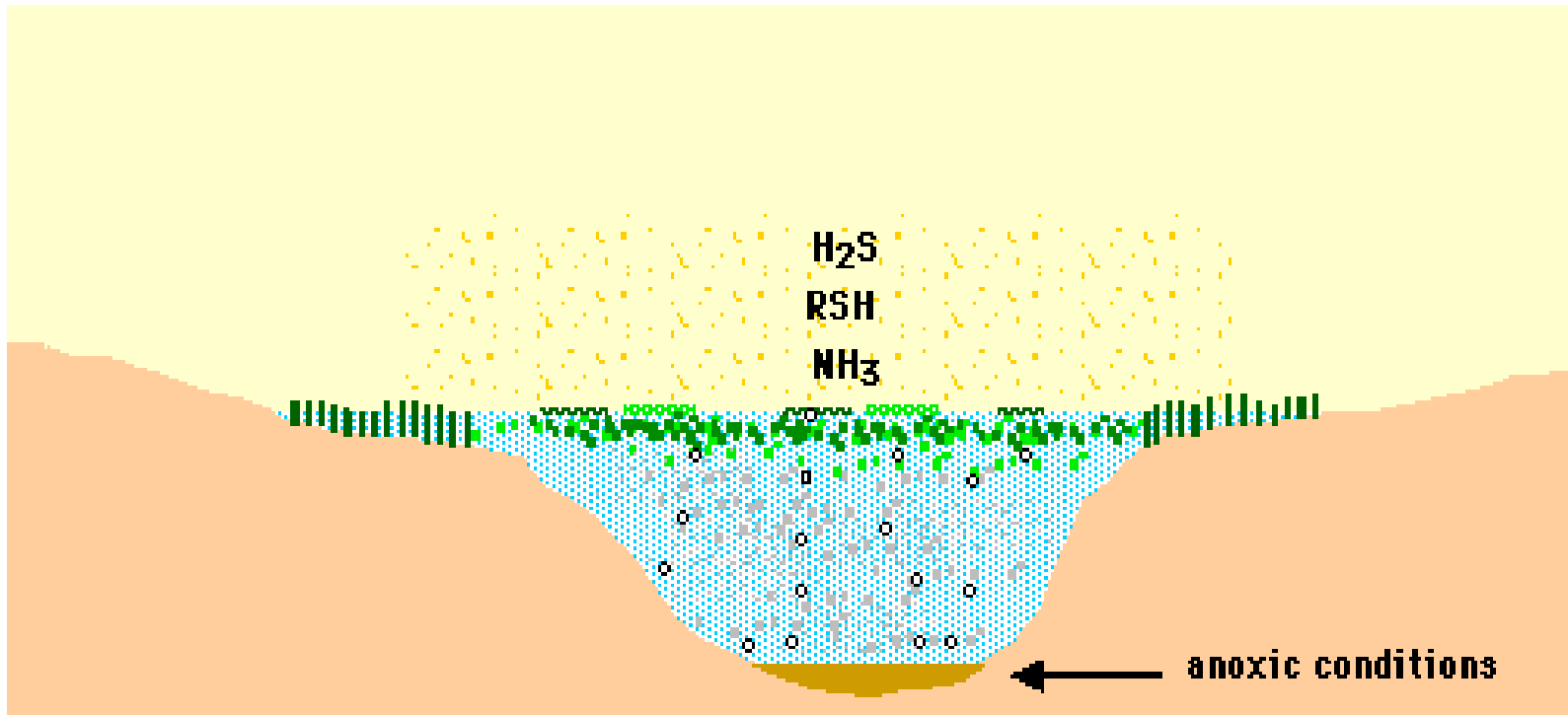


## Βήμα 7



Ανάπτυξη άλγης καθόλο το καλοκαίρι υπό συνθήκες αυξημένης θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας. Τα επίπεδα DO πέφτουν υπερβολικά κοντά στο πυθμένα και ειδικά τη νύχτα, όταν τα φυτά έχουν αυξημένο ρυθμό αναπνοής από ότι φωτοσύνθεσης.

## Βήμα 8

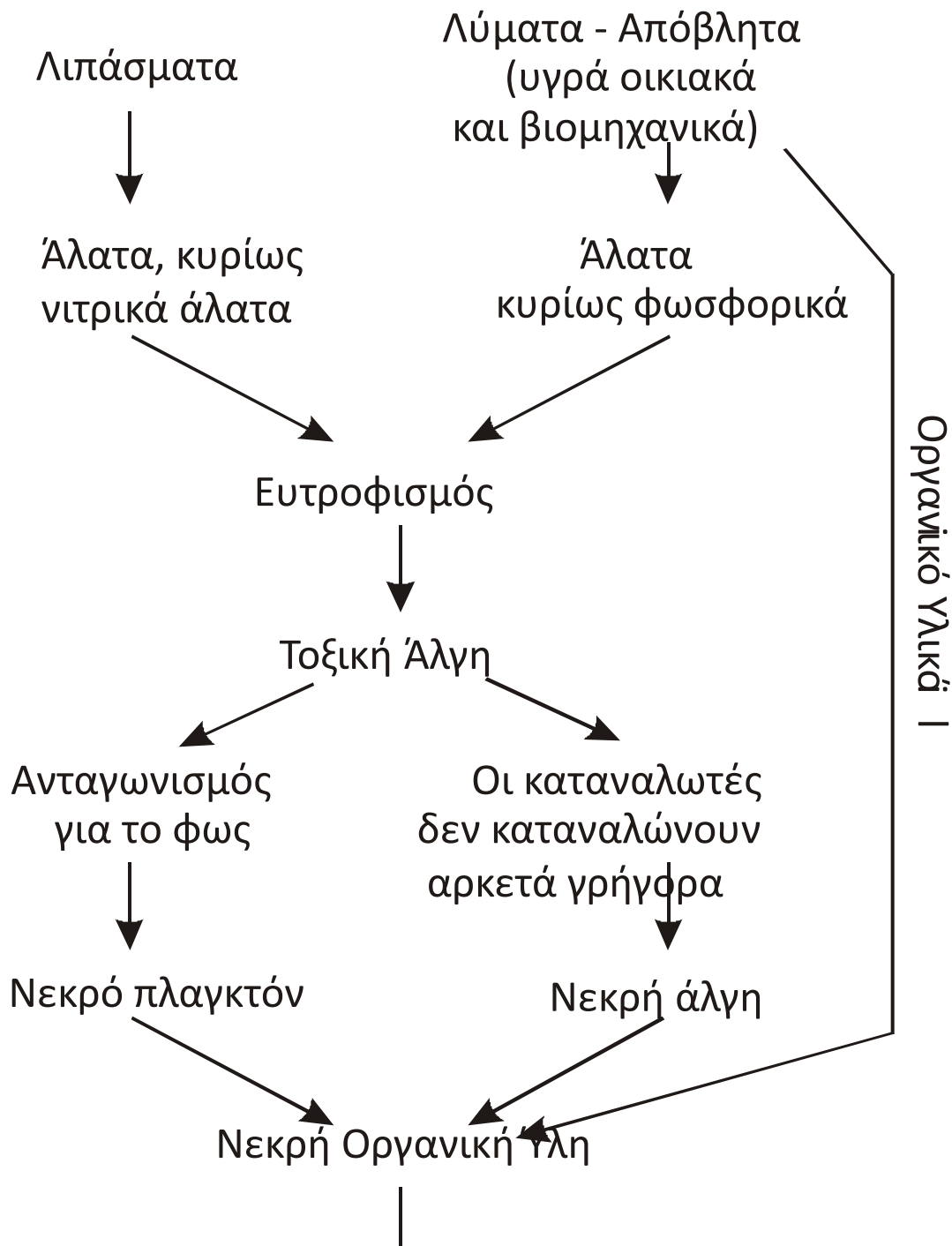


Εμφάνιση ανοξικών συνθηκών και απελευθέρωση επιβλαβών αερίων όπως το υδρόθειο, θειούχες αλκοόλες, μεθάνιο και η αμμωνία.

# Ανακεφαλαίωση Επιπτώσεων Ευτροφισμού στο Παράκτιο Οικοσύστημα

- Παραγωγή τοξινών που μεταβάλλουν τη γεύση και την οσμή του νερού.
- Κατανάλωση και άρα μείωση διαλυμένου οξυγόνου.
- Μείωση της διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Αύξηση θνησιμότητας ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών.
- Απελευθέρωση σιδήρου, μαγνησίου, αμμωνίας και φωσφόρου από το ίζημα προς την υδάτινη στήλη.
- Παραγωγή μεθανίου και υδροθείου

# Η διεργασία του Ευτροφισμού



# Η διεργασία του Ευτροφισμού

(increased BOD)  
Νεκρή οργανική ύλη  
aerobes die anaerobic bacteria  
(vegetables, live Release  
detrit) Περισσότερα βακτήρια αποσύνθεσης

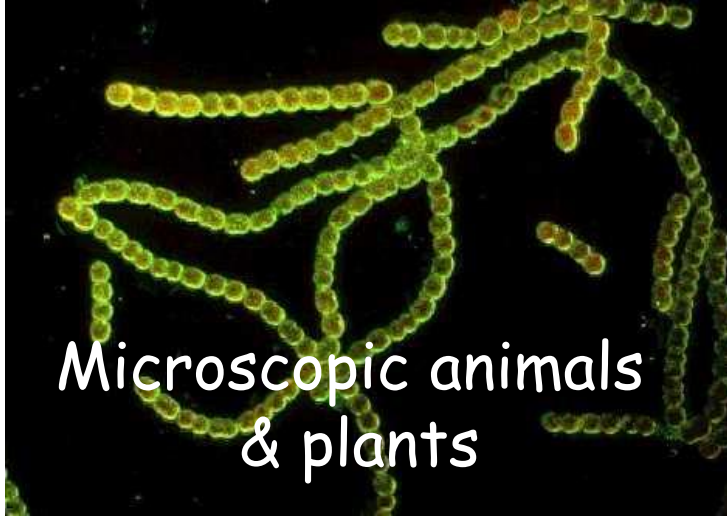
Κατανάλωση διαλ. Οξυγόνου μέσω  
αερόβιας αναπνοής (αύξηση BOD)

Οι αερόβιοι οργανισμοί  
πεθαίνουν (ασπόνδυλα,  
φυτοβένθος, ψάρια, κλπ.)

Τα αναερόβια βακτήρια  
αναπτύσσονται και  
ελευθερώνουν μεθάνιο,  
αμμωνία και υδρόθειο

# Biochemical Oxygen Demand (BOD).

Μετρά το ρυθμό κατανάλωσης του διαλυμένου οξυγόνου σε ένα δείγμα νερού, οπότε μας δίνει μία καλή ένδειξη ευτροφισμού. Υψηλό BOD σημαίνει υψηλή συγκέντρωση οργανικού υλικού και αερόβιων μικροβίων, δηλ. ευτροφισμού.



# Υπερβολική φόρτιση θρεπτικών + φως + υψηλός χρόνος παραμονής: Ευτροφισμός

Το άζωτο είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τη φωτοσύνθεση, όμως η υπερβολική παρουσία του προκαλεί ευτροφισμό. Η κύρια πηγή αζώτου που φθάνει τις παράκτιες περιοχές είναι τα λιπάσματα των γεωργικών καλλιεργειών.

Το πρόβλημα γίνεται όλο και πιο έντονο. Υπολογίζεται ότι το έτος 2050 το παγκόσμιο φορτίο αζώτου στις παράκτιες περιοχές θα είναι διπλάσιο αυτό του έτους 1990.

Οι επιπτώσεις της αύξησης των φορτίων αζώτου εξαρτώνται από το επίπεδο ευτροφισμού καθώς και από το ρυθμό ανανέωσης του παράκτιου συστήματος. Έτσι, ο ευτροφισμός και οι συνέπειές του είναι πιο έντονες σε ημίκλειστες περιοχές με αργή ανανέωση νερού.



## 2) Τοξικά μικρο-φύκη (HAB= *harmful algae bloom*)

Μεταβολές του λόγου N:P:Si προκαλούν μεταβολές στη σύνθεση των ειδών πλαγκτόν σε μία περιοχή.

Υψηλά φορτία N και P μπορεί να οδηγήσουν στην ολική κατανάλωση πυριτικών αλάτων κατά τη διάρκεια επεισοδίων ευτροφισμού, με αποτέλεσμα την αλλαγή της αλληλουχίας των ειδών φυτοπλαγκτόν κατά την υπόλοιπη παραγωγική περίοδο.

Παρόμοια, χαμηλές ποτάμιες παροχές δημιουργούν ένα περιβάλλον χαμηλών λόγων Si:N και N:P λόγω της διαφορετικής διαθεσιμότητά τους, οπότε αυτό ευνοεί την επικράτηση ειδών όπως τα κυανοβακτήρια και άλλων τοξικών ειδών πλαγκτόν τα οποία παράγουν τοξικές τοξίνες.

Προκύπτει επομένως ότι η φόρτιση των παράκτιων υδατικών συστημάτων με υπερβολικές ποσότητες θρεπτικών αλάτων προκαλεί σημαντικές μεταβολές στη ποιότητα του παράκτιου περιβάλλοντος, όπως:

α) η εμφάνιση τοξικής άλγης,

β) η ανάπτυξη μακροάλγης,

γ) η μείωση της βλάστησης στο πυθμένα, λόγω σκίασης από την αύξηση της επιφανειακής θολερότητας,

δ) η εμφάνιση υποξικών και ανοξικών συνθηκών, λόγω της αποσύνθεσης της συσσωρευόμενης βιομάζας, και

ε) μεταβολές στη δομή των βενθικών κοινωπιών (κοινωπιών πυθμένα), λόγω της μείωσης της συγκέντρωσης οξυγόνου στο πυθμένα ή την παρουσία ειδών τοξικού φυτοπλαγκτού.

Για να κατανοήσουμε τη τροφική κατάσταση των παράκτιων υδατικών σωμάτων τα εντάσσουμε σε κατηγορίες οι οποίες δηλώνουν τη συχνότητα εμφάνισης και την ένταση των ευτροφικών φαινομένων. Έτσι έχουμε:

- ❖ Υπερ-Ολιγοτροφικά ΠΥΣ (Ultra-oligotrophic)
- ❖ Ολιγοτροφικά ΠΥΣ (Oligotrophic)
- ❖ Μεσοτροφικά ΠΥΣ (Mesotrophic)
- ❖ Ευτροφικά ΠΥΣ (Eutrophic)
- ❖ Υπερτροφικά ΠΥΣ (Hyper-eutrophic, overnourished)

#### Σύστημα Ταξινόμησης ΟΟΣΑ

Παράμετρος	Τροφική Κατάσταση				
	Υπερ-Ολιγοτροφικά	Ολιγοτροφικά	Μεσοτροφικά	Ευτροφικά	Υπερτροφικά
Ολικός Φώσφορος, TP (μg/l)	<4	<10	10-35	35-100	>100
Χλωροφύλλη, Chl-a (μg/l)	<1	<2.5	2.5-8.0	8-25	>25
Secchi Depth, SD (m)	>12	>6	3-6	3-1.5	<1.5

## Δείκτης TSI (Carlson, 1977)

Αναπτύχθηκε αρχικά για λιμναία συστήματα από τον Carlson (1977) .

Trophic State Index (TSI)

Ο TSI χρησιμοποιεί την βιομάζα της άλγης (φυτοπλαγκτόν) ως βάση για τη τροφική κατάταξη των συστημάτων, οπότε ο υπολογισμός του γίνεται με τη χρήση δύο ανεξάρτητων παραμέτρων: α) της συγκέντρωσης χλωροφύλλης (Chl-a), β) του ολικού φωσφόρου (TP) και γ) του βάθους διαφάνειας Secchi Depth.

$$TSI_{Chl-a} = 9.81 \ln(Chl - a) + 30.6$$

$$TSI_{TP} = 14.42 \ln(TP) + 4.15$$

$$TSI_{SD} = 10 \left( 6 - \frac{\ln SD}{\ln 2} \right)$$

$$\overline{TSI} = (TSI_{Chl-a} + TSI_{TP} + TSI_{SD}) / 3$$

Η κατάταξη των υδατικών συστημάτων με το Δείκτη TRIx γίνεται με την ακόλουθη κλίμακα:

- ❖  $2 < \text{TRIX} < 4$ , Υψηλό Τροφικό Επίπεδο, Ολιγοτροφισμός
- ❖  $4 \leq \text{TRIX} < 5$ , Καλό Τροφικό Επίπεδο, Μεσοτροφισμός
- ❖  $5 \leq \text{TRIX} < 6$ , Μέτριο Τροφικό Επίπεδο, Ευτροφισμός
- ❖  $6 \leq \text{TRIX} < 8$ , Χαμηλό Τροφικό Επίπεδο, Υπερτροφισμός

Ένας άλλος δείκτης τροφικής κατάστασης του παράκτιου συστήματος είναι ο **Συντελεστής Αποδοτικότητας (Efficiency Coefficient)** ορίζεται ως:

$$\text{Eff. Coeff.} = \text{Log}_{10} \frac{(\text{Chl} - a \times aD\%O)}{(\text{DIN} \times \text{TP})}$$

Εκφράζει το λογάριθμο του λόγου μεταξύ της βιολογικής απόκρισης και της παρουσίας θρεπτικών στο σύστημα. Συνήθως οι τιμές είναι αρνητικές κυμαινόμενες μεταξύ -4.48 (για το Ιόνιο Πέλαγος) και 0.45 (ΒΔ Αδριατική). Χαμηλές τιμές αντιστοιχούν σε περιοχές χαμηλής κατανάλωσης θρεπτικών αλάτων, ενώ υψηλές τιμές σε περιοχές υψηλής κατανάλωσης θρεπτικών.

Το γεγονός ωστόσο ότι ο Δείκτης TRIX έχει απόλυτη και όχι σχετική (συγκριτική) σημασία οδήγησε στη δημιουργία ενός εναλλακτικού Δείκτη (UNTRIX) ο οποίος δίνεται από τη παρακάτω σχέση:

$$UNTRIX = \log(Chl - a \times aD\%O \times DIN \times TP)$$

Έτσι, ο **Δείκτης UNTRIX** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συγκριτικούς σκοπούς, δηλ. για την εξαγωγή σχέσης μεταξύ της μέσης τροφικής κατάστασης σε μία περιοχή χωρίς ανθρωπογενή επίδραση (reference site) και τις άλλες περιοχές μελέτης

## Δείκτης WQI (Water Quality Index)

Ένας πιο σύνθετος Δείκτης είναι ο WQI (Water Quality Index) ο οποίος χρησιμοποιεί δώδεκα παραμέτρους:

α) η θολερότητα (TURB),

β) η συγκέντρωση ολικών ανόργανων αιωρούμενων υλικών (ISS),

γ) η συγκέντρωση ολικών αιωρούμενων υλικών (TSS),

δ) η θερμοκρασία νερού (TEMP),

ε) η ηλεκτρική αγωγιμότητα (COND),

στ) το pH,

ζ) ο ολικός φώσφορος (TP),

η) ο διαλυμένος ενεργός φώσφορος (SRP),

θ) το ολικό άζωτο (TN),

ι) η ολική αμμωνία (TAM),

κ) τα ολικά νιτρικά άλατα (TNN) και

λ) η χλωροφύλλη-α (CHL-a).

Η σχέση προσδιορισμού του WQI είναι

$$\begin{aligned} \text{WQI} = & +10.0239684 - 0.3154965 \times \log(\text{TURB}) - 0.3656606 \times \log(\text{TSS}) - \\ & 0.3554498 \times \log(\text{ISS}) - 0.3760789 \times \log(\text{TP}) - 0.1876029 \times \log(\text{SRP}) - \\ & 0.0732574 \times \log(\text{TAN}) - 0.2016657 \times \log(\text{TNN}) - 0.2276255 \times \log(\text{TN}) - \\ & 0.5711395 \times \log(\text{COND}) - 1.1659027 \times \log(\text{TEMP}) - 4.3562126 \times \log(\text{pH}) - \\ & 0.2287166 \times \log(\text{CHL}) \end{aligned}$$

Ο WQI παίρνει τιμές από -3 (ενδεικτική τιμή της πλέον επιβαρυμένης περιοχής) έως +3 (ενδεικτική τιμή της πλέον καθαρής περιοχής). Τα υδατικά συστήματα ταξινομούνται με βάση τον WQI ως

- $\leq -2$ , 'συστήματα πολύ υψηλής υποβάθμισης'
- -2 έως -1, 'συστήματα πολύ υψηλής υποβάθμισης'
- -1 έως 0, 'συστήματα μέτριας υποβάθμισης'
- 0 έως +1, 'συστήματα σε καλή κατάσταση'
- +1 έως +2, 'συστήματα σε πολύ καλή κατάσταση'
- $> +2$ , 'συστήματα σε άριστη κατάσταση'



Η εφαρμογή του WQI στα παράκτια και ενδιάμεσα νερά παράγει τον TWQI (Transitional Water Quality Index) ο οποίος χρησιμοποιεί έξι παραμέτρους:

- α) το διαλυμένο οξυγόνο (DO),
- β) το φυτοπλαγκτόν μέσω της συγκέντρωσης χλωροφύλλης (Chl-a),
- γ) τη συγκέντρωση διαλυμένου ανόργανου αζώτου (DIN),
- δ) τη συγκέντρωση διαλυμένου ανόργανου φωσφόρου (DIP),
- ε) τη κάλυψη πυθμένα σε βενθικά φανερόγραμμα (Ph) και
- στ) τη κάλυψη πυθμένα σε οπορτουνιστικά είδη (Ma).

Οι παράμετροι αυτοί αντιπροσωπεύουν την υψηλή παρουσία θρεπτικών αλάτων (DIN, DIP), βασικούς βιολογικούς παράγοντες (Chl-a), δείκτες υποβάθμισης και ευτροφισμού (DO, Ph, Ma).

## ‘Βαρέα Μέταλλα’ ή Ιχνοστοιχεία

(heavy metals, trace metals, toxic metals, trace elements)

- Απαντώνται στη φύση στο φλοιό της Γης (π.χ., αλουμίνιο και σίδηρος) όπου σχηματίζουν σύμπλοκα μετάλλων (ενώσεις με οξυγόνο και πυρίτιο).
- Απελευθερώνονται στο έδαφος και το νερό μέσω της φυσικής και χημικής αποσάθρωσης των ηφαιστειακών και μεταμορφωμένων πετρωμάτων.

# Ρύποι Βαρέων Μετάλλων

Μέταλλα υψηλού ατομικού βάρους (υδράργυρος, μόλυβδος κλπ.)

Συνήθως χρησιμοποιείται ο όρος 'ιχνοστοιχεία' για να συμπεριλάβει μη-μεταλλικά στοιχεία και μέταλλα μικρότερου ατομικού βάρους.

Πολλά από τα στοιχεία αυτά είναι σημαντικά για τον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε χαμηλές συγκεντρώσεις:

- Σίδηρος – σημαντικός για την αιμοσφαιρίνη
- Χαλκός – σημαντικός για την αιμοκυανίνη (ουσία των ασπονδύλων)
- Κοβάλτιο – περιέχεται στη βιταμίνη B<sub>12</sub>
- Ψευδάργυρος – σημαντικός για διάφορα ένζυμα

## Παρουσία Βαρέων Μετάλλων στα Υδατικά Συστήματα

- Φυσικός Εμπλουτισμός (αποσάθρωση – διάβρωση πετρωμάτων λεκάνης απορροής)
- Ανθρώπινη Επίδραση (αστική, βιομηχανική, γεωργική δραστηριότητα)

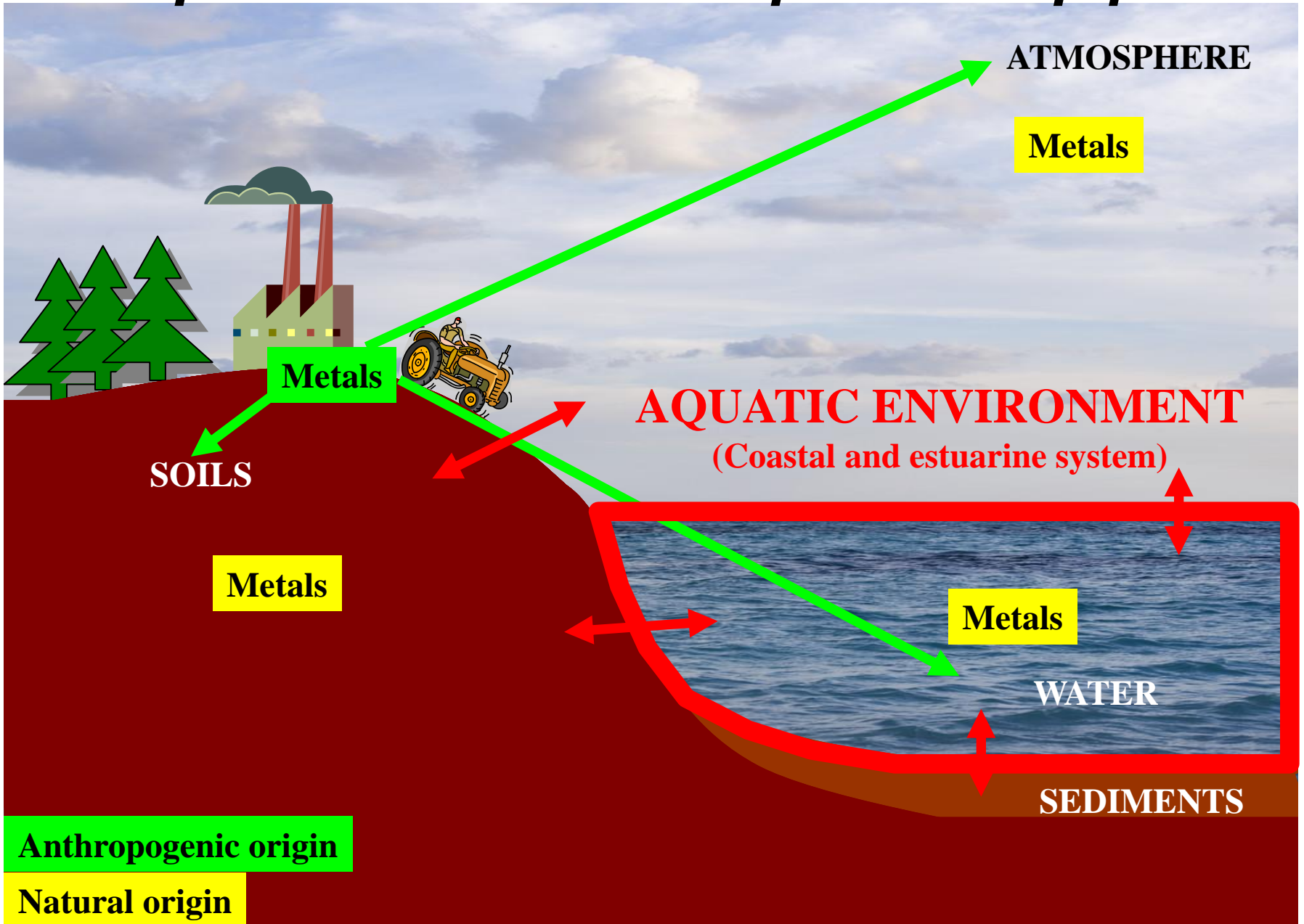
Μέταλλα όπως ο σίδηρος και το αλουμίνιο έχουν φυσική παρουσία σε υψηλές σχετικά συγκεντρώσεις.

Μέταλλα όπως ο υδράργυρος, το κάδμιο και το χρώμιο είναι ιδιαίτερα σπάνια και βρίσκονται συνήθως σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

—————→ ιχνοστοιχεία (trace elements) ή μικρο-θρεπτικά

Μέταλλα όπως ο υδράργυρος και ο μόλυβδος, διαθέτουν υψηλή τοξικότητα επηρεάζοντας σημαντικά τις βιολογικές διεργασίες των οργανισμών.

# • Βαρέα Μέταλλα στο Παράκτιο Περιβάλλον



# • Βαρέα Μέταλλα στο Παράκτιο Περιβάλλον

Τοξικότητα Μετάλλου  $\neq$  Συγκέντρωση Μετάλλου

Πότε ένα μέταλλο γίνεται τοξικό?

→ Εξαρτάται από το είδος του

Concentration increase

Τοξικά Μέταλλα:  
Μη απαραίτητα  
για το  
μεταβολισμό  
Pb, Hg, Cd, ...

“Ιχνοστοιχεία”:

Απαραίτητα για το μεταβολισμό  
οργανισμών Cu, Fe, F, Mg, Mn, Zn, ...

Metals

A diagram illustrating the flow of metals from the ocean. At the bottom, a blue rectangular area represents the ocean. A yellow box labeled 'Metals' is positioned on the right side of the ocean. A solid black arrow points upwards from the 'Metals' box to the text 'Τοξικά Μέταλλα: Μη απαραίτητα για το μεταβολισμό Pb, Hg, Cd, ...'. Another solid black arrow points horizontally to the left from the 'Metals' box to the text '“Ιχνοστοιχεία”: Απαραίτητα για το μεταβολισμό οργανισμών Cu, Fe, F, Mg, Mn, Zn, ...'. A dashed black arrow points diagonally upwards and to the right from the 'Metals' box, with the text 'Concentration increase' written along its path.

# Ρύποι Βαρέων Μετάλλων

Αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις τα μέταλλα μπορεί να είναι τοξικά.

Ορισμένα βαρέα μέταλλα δεν επιτελούν κάποια λειτουργία στον ανθρώπινο οργανισμό, (π.χ., υδράργυρος και ο μόλυβδος) και κάθε παρουσία τους μπορεί να είναι επικίνδυνη.

# Πηγές Βαρέων Μετάλλων

## Ατμοσφαιρικές

- Δασικές πυρκαγιές
- Ηφαιστειακή δραστηριότητα
- Αιωρούμενη σκόνη
- Ανθρώπινες εκπομπές
  - Σταθμοί παραγωγής ενέργειας από καύση υδρογονανθράκων
  - Εξατμίσεις αυτοκινήτων



Οι ανθρώπινες δραστηριότητες αυξάνουν τις συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων πάνω από τα φυσικά τους επίπεδα.

Ανθρωπογενείς πηγές βαρέων μετάλλων περιλαμβάνουν:

- βιομηχανικά και αστικά απόβλητα,
- γεωργικά υπολείμματα,
- λεπτόκοκκα ιζήματα προϊόντα διάβρωσης,
- ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα,
- υφαλοχρώματα πλοίων,
- παραπροϊόντα μεταλλείων, κλπ.

# Πηγές Βαρέων Μετάλλων

## ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ

Τα μέταλλα μεταφέρονται μέσω της ατμόσφαιρας με τη μορφή αερίων ή αιωρούμενων σωματιδίων (aerosols)

- Τα σωματίδια καθιζάνουν σε κάποια απόσταση από τη πηγή (στη ξηρά ή τη θάλασσα) = ξηρή απόθεση (**dry deposition**)
- Επίσης η βροχόπτωση μεταφέρει σωματίδια ή διαλυμένα αέρια = υγρή απόθεση (**wet deposition**)
- Μέταλλα σε αέρια μορφή μπορεί επίσης να διαλυτοποιηθούν στην επιφάνεια υδάτινων συστημάτων (π.χ., υδράργυρος, σελήνιο) (gaseous exchange)

**Table 5.2** Transfer of metals from the atmosphere to the sea surface  
(in  $\text{ng cm}^{-2} \text{yr}^{-1}$ )

Element	North Sea	Western Mediterranean	South Atlantic Bight	Tropical North Atlantic	Tropical North Pacific
Aluminium	30 000	5 000	2 900	5 000	1 200
Manganese	920	—	60	70	9
Iron	25 500	5 100	5 900	3 200	560
Nickel	260	—	390	20	—
Copper	1 300	96	220	25	8.9
Zinc	8 950	1 080	750	130	67
Arsenic	280	54	45	—	—
Cadmium	43	13	9	5	0.35
Mercury	—	5	24	2.1	—
Lead	2 650	1 050	660	310	7.0

# Πηγές Βαρέων Μετάλλων

## ΠΟΤΑΜΙΑ

- Διάβρωση πετρωμάτων που περιέχουν μέταλλα
- Η επιφανειακή απορροή ξεπλένει τα φυσικής και τα ανθρωπογενούς προέλευσης μεταλλικά σωματίδια  
Τα μέταλλα συχνά προσκολλώνται στο αιωρούμενο υλικό και αποτίθεται στο ίζημα πυθμένα στο ποτάμιο, λιμναίο ή θαλάσσιο περιβάλλον.
  - αλλά επανέρχονται στην υδάτινη στήλη και πάλι μέσω:
    - Βυθοκορήσεων (Dredging)
    - Αλιείας με μηχανότρατα (Trawling)
    - Έντονες μετεωρολογικές συνθήκες (Severe weather)

# Πηγές Βαρέων Μετάλλων

## Υπόγεια εκροή

- Διαλυμένες ουσίες μεταφέρονται μέσω της υπόγειας κίνησης του νερού, καθώς η ρύπανση του εδάφους μεταφέρει ρύπους στο υπόγειο νερό

## Ανθρώπινη επίδραση

- Απόθεση στερεών αποβλήτων
- Βιομηχανικές εκπομπές
- Λύματα

Τα βαρέα μέταλλα εμφανίζονται στα παράκτια υδατικά συστήματα σε **διαλυμένη φάση**, σε **αιωρούμενη φάση**, στα ιζήματα πυθμένα και στους υδρόβιους οργανισμούς.

Βιοδιαθέσιμα είναι τα διαλυμένα βαρέα μέταλλα. Τα αιωρούμενα βαρέα μέταλλα έχουν χαμηλή βιοδιαθεσιμότητα στους υδρόβιους οργανισμούς.

Η διαλυμένη φάση ευνοείται σε συνθήκες:

- χαμηλού pH (όξινο περιβάλλον),
- χαμηλού φορτίου αιωρούμενων σωματιδίων και
- υψηλών συγκεντρώσεων διαλυμένου οργανικού υλικού.

Από τους παράγοντες αυτούς, ο πιο σημαντικός είναι το pH.

# Βιο-συσσώρευση (Bioaccumulation)

Ρύποι όπως τα βαρέα μέταλλα είναι ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΟΙ ρύποι – δηλ. δεν διασπώνται εύκολα από μικρο-οργανισμούς ή βακτήρια και διατηρούν το χημισμό τους.

Τα περισσότερα φυτά και ζώα ελέγχουν – ως ένα βαθμό - τα επίπεδα βαρέων μετάλλων στον οργανισμό τους. Ωστόσο, μέταλλα που δεν μπορούν να αποβληθούν μέσω της έκκρισης παραμένουν και συσσωρεύονται στον οργανισμό.

**= BIOACCUMULATION**

# Βιο-μεγέθυνση - Biomagnification

Οι ζωϊκοί οργανισμοί τρέφονται από βιο-συσσωρευτές προσλαμβάνοντας βαρέα μέταλλα και μεταφέροντας τα σε ένα ανώτερο επίπεδο της τροφικής αλυσίδας.

Οι οργανισμοί αυτοί μέσω της διατροφής τους αυξάνουν τα επίπεδα των ρύπων στον ιστό τους, βιο-συσσωρεύοντας τα σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.

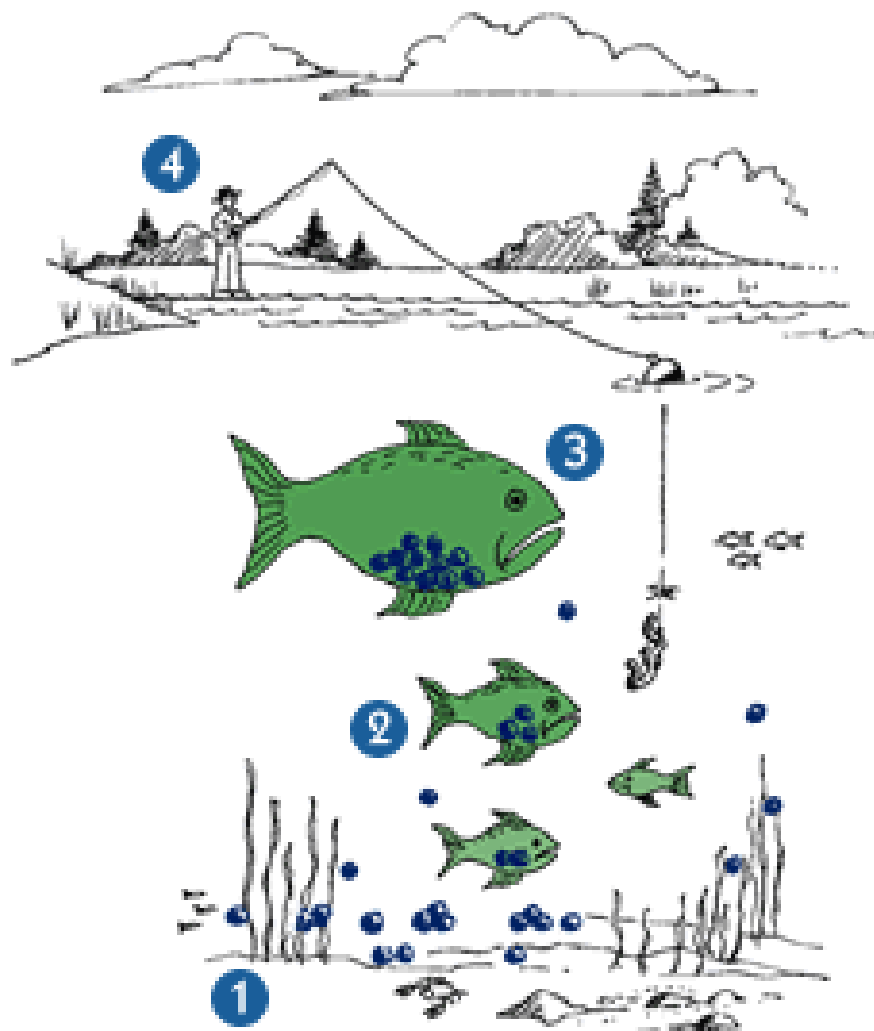
Έτσι ζωϊκοί οργανισμοί στα υψηλότερα τροφικά επίπεδα αποκτούν στον ιστό τους τις υψηλότερες συγκεντρώσεις σε βαρέα μέταλλα.

**≡ BIOMAGNIFICATION**

δηλ. οργανισμοί με μεγάλη διάρκεια ζωής στη κορυφή της τροφικής αλυσίδας τείνουν να βιο-συσσωρεύουν και να βιο-μεγεθύνουν τα επίπεδα βαρέων μετάλλων.



# How Does Mercury Get Into Fish?



• = represents methylmercury

# Οικο-τοξικολογική Εκτίμηση Συγκεντρώσεων ΒΜ στα Ιζήματα

Η οικο-τοξικολογική εκτίμηση βασίζεται στα Sediment Quality Guidelines (SQGs) (McDonald et al., 2000).

Οικο-τοξικολογική δυναμική μιάς περιοχής βασίζεται στους παρακάτω δείκτες:

1. Threshold Effect Level (TEL), επίπεδο κάτω από το οποίο αρνητικές επιδράσεις στην υγεία των οργανισμών του οικοσυστήματος συμβαίνουν σπάνια,
2. Lowest Effect Level (LEL), επίπεδο κάτω από το οποίο το ίζημα θεωρείται μη-ρυπασμένο έως οριακά ρυπασμένο,
3. Possible Effect Level (PEL), επίπεδο πάνω από το οποίο η εμφάνιση αρνητικών επιπτώσεων στους οργανισμούς αναμένεται να είναι συχνή,

4. Toxic Effect Threshold (TET), αντιπροσωπεύοντας το επίπεδο πάνω από το οποίο το ίζημα θεωρείται έντονα ρυπασμένο.
5. Severe Effect Threshold (SEL), αντιπροσωπεύοντας το επίπεδο πάνω από το οποίο αναμένονται έντονες αρνητικές επιπτώσεις στους υδρόβιους βενθικούς οργανισμούς.

Table 3. Sediment Quality Guidelines for marine and freshwater sediments  
(after McDonald et al., 2000).

Sediment Quality Guidelines (in $\mu\text{g/g}$ )								
	As	Cu	Cr	Cu	Pb	Hg	Ni	Zn
TEL	5.9	0.6	37.3	35.7	35.0	0.2	18.0	123.0
LEL	6.0	0.6	26.0	16.0	31.0	0.2	16.0	120.0
PEL	17.0	3.5	90.0	197.0	91.3	0.5	36.0	315.0
TET	17.0	3.0	100.0	86.0	170.0	1.0	61.0	540.0
SEL	33.0	10.0	110.0	110.0	250.0	2.0	75.0	820.0

Άλλοι δείκτες είναι:

1. Effect Range Low ERL, αντιπροσωπεύει το επίπεδο ρύπανσης κάτω από το οποίο αρνητικές επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς θα είναι εξαιρετικά σπάνιες,
2. Effect Range Median ERM, αντιπροσωπεύει το επίπεδο ρύπανσης πάνω από το οποίο αρνητικές επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς πιθανές,

Metals (in mg/kg DW)	ERL	ERM
Arsenic	33	85
Cadmium	5	9
Chromium	80	145
Copper	70	390
Lead	35	110
Mercury	0.15	1.3
Nickel	30	50
Zinc	120	270



MERCURY (Hg)

# Τοξικότητα Υδραργύρου

- Ο υδράργυρος προκαλεί νευρολογικές βλάβες, προβλήματα στο ανοσοποιητικό και γενετικές ανωμαλίες στα θυληστικά

[Clarkson (1987); von Burg and Greenwood (1991) ]

- Στους ανθρώπους σχετίζεται με νευρολογικές επιδράσεις, προβλήματα στην ανάπτυξη και βλάβες στο κυκλοφορικό.

[Guallar et al., (2002); Clarkson *et al.*, (2003); Murata *et al.* (2004); Grandjean et al. (2004) ]

# Τοξικότητα Υδραργύρου

- Στους ανθρώπους η επίδραση της αυξημένης συγκέντρωσης υδραργύρου περιλαμβάνει:
  - Περιορισμό του πεδίου όρασης
  - Απώλεια μνήμης και πονοκεφάλους
  - Έντονη τριχόπτωση

[Clarkson *et al.*, (2003)]



# Τοξικότητα Υδραργύρου

- Ο υδράργυρος στο θαλάσσιο περιβάλλον αναγνωρίζεται ως εξαιρετικά τοξικό στοιχείο για την ανθρώπινη υγεία

## Minamata disease

- Το 1952 ένα εργοστάσιο στη Minamata Ιαπωνίας που χρησιμοποιούσε υδράργυρο ως καταλύτη, προκάλεσε έκχυση μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων εμπλουτισμένων σε υδράργυρο.
- Το 1953 οι αλιείς και οι αγρότες της περιοχής έδειξαν συμπτώματα της ασθένειας (νευρολογικές βλάβες, παραμορφώσεις οστών).

# Minamata disease



Minimata-Krankheit

- Ασθένεια που διαγνώστηκε το 1956 – συνδέθηκε με τη κατανάλωση ψαριών
- 1957 απαγορεύτηκε η αλιεία στη περιοχή
- 1959 – ο υδράργυρος ενοχοποιήθηκε ως η αιτία της ασθένεια
- 1960 αναγνωρίστηκε η πηγή της ρύπανσης

- 2000 περιπτώσεις – 41 θάνατοι και 700 άτομα με μόνιμες αναπηρείες

ψάρια: 10-55 ppm (dry weight); δίθυρα 10-39 ppm (dry weight)

# Τοξικότητα Υδραργύρου

- Στις ΗΠΑ εκτιμάται ότι 650.000 νεογέννητα κινδυνεύουν από νευρολογικά προβλήματα και προβλήματα ανάπτυξης κάθε χρόνο, λόγω της έκθεσής τους σε αυξημένες συγκεντρώσεις υδραργύρου [Mahaffey (2004)]
- Η πηγή του υδραργύρου είναι η ρυπασμένη θαλάσσια τροφή
- Επίπεδα συγκέντρωσης στα τρόφιμα πάνω από 0.5 έως 1.0 ppm θεωρούνται ως μη-ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση

# Ο Υδράργυρος στα Ψάρια

- Τα περισσότερα είδη ψαριών έχουν επίπεδα υδραργύρου περίπου 0.15 ppm στον ιστό της σάρκας τους
- Ωστόσο, στο μπακαλιάρο λεχουν βρεθεί επίπεδα έως 1.29 ppm στη Σουηδία και τη Δανία
- Υψηλά επίπεδα έχουν ανιχνευθεί και στο τόννο
  - Blackfin tuna (*Thunnus atlanticus*) έως 2ppm
    - 81% υψηλότερα από το όριο των 0.5 ppm για την ανθρώπινη υγεία
  - Little tunny (*Euthynnus alletterus*) έως 3.4ppm
    - 75% υψηλότερα από το όριο των 0.5 ppm για την ανθρώπινη υγεία

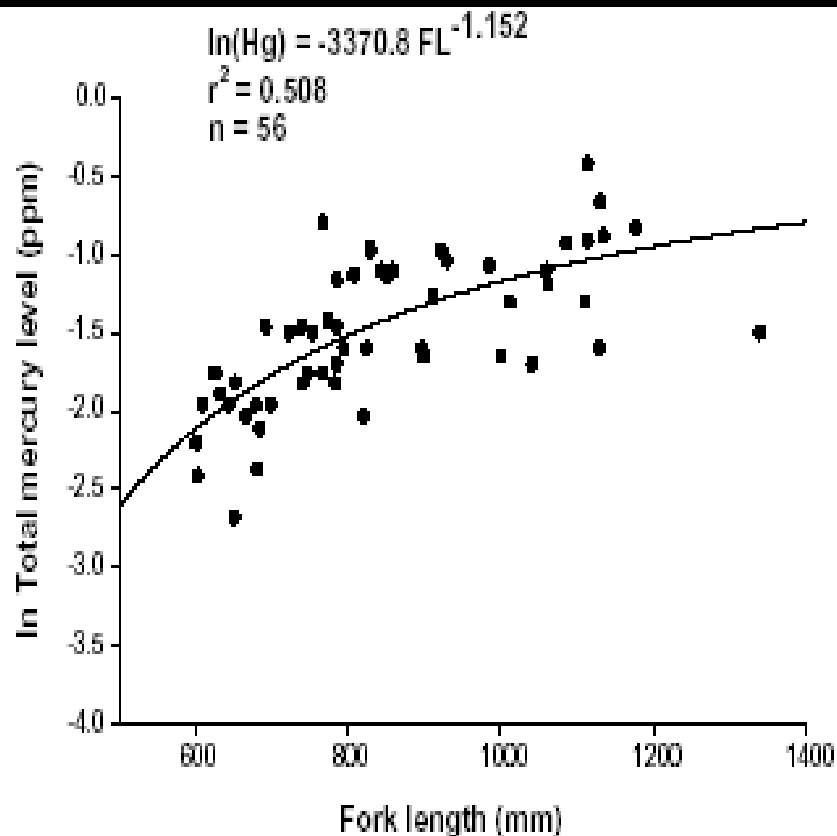


Fig. 2. Relationship between total mercury levels (ppm) and fork lengths (mm) of yellowfin tuna, *Thunnus albacares*, from offshore waters of the Atlantic coast of Florida.

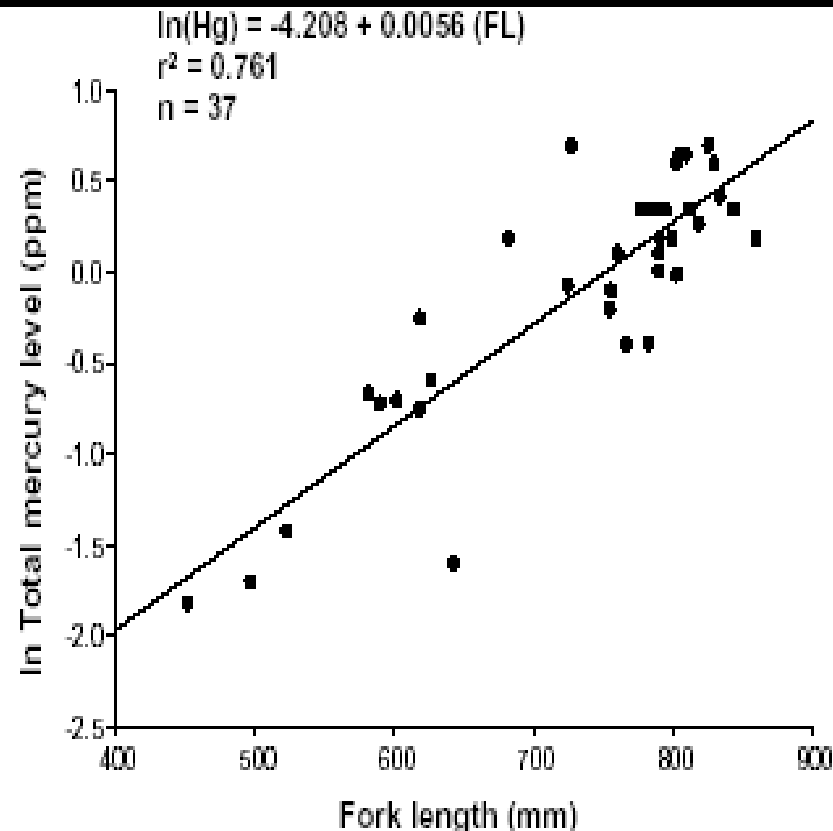


Fig. 4. Relationship between total mercury levels (ppm) and fork lengths (mm) of blackfin tuna, *Thunnus atlanticus*, from offshore waters of the Atlantic coast of Florida.

Τα πελαγικά είδη ψαριών παρουσιάζουν γενικά χαμηλότερα επίπεδα Hg.

Τα βενθικά και τα παράκτια είδη ψαριών παρουσιάζουν γενικά υψηλότερα επίπεδα Hg

# Ο Υδράργυρος στα Θαλάσσια Θηλαστικά

- Καθώς βρίσκονται στη κορυφή της τροφικής αλυσίδας και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής τα θαλάσσια θηλαστικά συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις υδραργύρου
- Striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*)  
485 ppm wet weight (~ 1600 ppm dry weight)  
[Honda et al., (1983)]
- Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*)  
13,156 ppm dry weight  
[Leonzio et al., (1992)]

# Υδράργυρος στο κρέας φαλαινών



Τελευταίες έρευνες στο κρέας κητωδών το οποίο προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση έδειξαν εξαιρετικά υψηλά επίπεδα υδραργύρου

Η μέση συγκέντρωση ήταν 22 και 18 φορές υψηλότερη από τα επίπεδα που επιτρέπονται διεθνώς (0.4 ppm)

Στο συκώτι τα επίπεδα ξεπέρασαν τις 200 φορές (1,980 ppm - wet weight).

Ποντίκια που έφαγαν το κρέας αυτό έδειξαν νευρολογικά προβλήματα ακόμα και μετά τη πρώτη δόση.

**Table 5.4** Consumption (t) of mercury in the USA

Use	1968	1974–75	1984	1988	1992
Electical apparatus	667	783	1170	207	124
Chlor-alkali industry	602	789	253	354	209
Paints	369	370	160	197	—
Industrial and control instruments	275	320	98	77	52
Dental	106	131	49	53	37
Agriculture	118	91	—	—	—
Catylists	66	82	112	—	—
Laboratory use	69	72	8	26	18
Pharmaceuticals	15	22	—	—	—
Paper and pulp	14	9	—	—	—
Amalgams	9	9	—	—	—
Other	298	206	48	55	145
Total	2628	2882	1798	1503	621



# Τάσεις Εκπομπών Υδραργύρου

- Κατά τα τελευταία 100 χρόνια υπήρξε έως και 20-πλάσια αύξηση στις εκπομπές υδραργύρου στη θάλασσα
- Το 70% των εκπομπών υδραργύρου οφείλονται σε ανθρωπογενείς πηγές
- Τα τελευταία 10 χρόνια η εκπομπές μειώθηκαν αλλά παραμένουν 11-πλάσιες από τις προ-βιομηχανικές.

# Κάδμιο (Cd)

- **Κύριες πηγές καδμίου είναι:**
  - Παραπροϊόντα εξόρυξης ψευδαργύρου
  - Παραγωγή μπαταριών νικελίου - καδμίου
- **Άλλες πηγές:**
  - Καύση υδρογονανθράκων (0.25-0.5 ppm) και πετρελαίου (0.3ppm)
  - Καύση λάστιχων αυτοκινήτων (20-90 ppm)
  - Φωσφορικά λιπάσματα (φωσφορίτης 100 ppm Cd)
  - Λύματα (30 ppm)
- **Εισροή καδμίου στον ωκεανό:**
  - 8000 τόνοι/έτος - 50% ανθρωπογενείς

# Κάδμιο (Cd)

## Τοξικές επιδράσεις

Υψηλά επίπεδα καδμίου μπορεί να προκαλέσουν:

- Περιορισμένη ανάπτυξη παιδιών,
- Προβλήματα στα νεφρά,
- μεγαλοκαρδίες,
- υπέρταση,
- καρκίνο

[Kostial (1986); Stoeppler (1991)]

Στους ανθρώπους, συγκεντρώσεις καδμίου πάνω από 200-400 ppm στον ιστό των νεφρών προκαλεί ανεπανόρθωτες βλάβες

Piotrowski & Coleman (1980)

Νεφρική ανεπάρκεια  
προκαλείται και στα  
θαλάσσια θηλαστικά λόγω  
αυξημένων συγκεντρώσεων  
καδμίου στο συκώτι



# Μόλυβδος (Pb)

- Ο μόλυβδος χρησιμοποιείται:
  - Στο περίβλημα μπαταριών, σε σωληνώσεις, κλπ
  - 43 εκατομμύρια τόνοι παράγονται κάθε χρόνο
- 10% της παραγωγής μολύβδου αφορά τη παραγωγή του τετρα-αιθυλικού μολύβδου (πρόσθετα μολύβδου)
- Υψηλά επίπεδα μολύβδου έχουν ανιχνευθεί στο θαλάσσιο παράκτιο περιβάλλον κατά μήκος ακτών με υψηλή κίνηση αυτοκινήτων
  - π.χ., 10 ppm στα ψάρια που αλιεύονται 300 μίλια μακριά από τις ακτές των ΗΠΑ
  - Υψηλά επίπεδα στα κητώδη στη Μεγάλη Βρετανία λόγω των πρόσθετων μολύβδου στη βενζίνη (up to 4.3 ppm wet weight ~ 14 ppm dry weight) [Law *et al.*, (1992)]



# Μόλυβδος (Pb)

- Οι τοξικές επιπτώσεις μολύβδου είναι:
  - αναιμία,
  - Βλάβες νεφρών,
  - υπέρταση,
  - Καρδιακές ασθένειες,
  - Ασθένειες ανοσοποιητικού και νευρολογικές βλάβες

Quaterman (1986)