

**Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (ΔΠΜΣ)  
«ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ - Εξερεύνηση, αποτύπωση και διαχείριση  
θαλάσσιου περιβάλλοντος»**

**Μάθημα OC\_C05/ Εξάμηνο Α:** Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον  
**Διδάσκοντες:** Καραπαναγιώτη Χ., Νταϊλιάνης Σ., Παπαστεργιάδου Ε.

## Δομή Διάλεξης

- ❑ **Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)**
  - ✓ Τί είναι η εκτίμηση οικολογικού κινδύνου;
  - ✓ Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα
    - Στρατηγική διαχείρισης για την εκτίμηση του οικολογικού κινδύνου
    - Πλαίσιο εκτίμησης οικολογικού κινδύνου
- ❑ **Χημική ανάλυση**
  - ✓ Βήματα και προσδιορισμός φυσικοχημικών παραμέτρων
- ❑ **Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης**
  - ✓ Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες
    - Μέθοδοι τοξικότητας
  - ✓ Βιοπαρακολούθηση
    - Δείκτες stress

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων.**

### **Τί είναι η εκτίμηση οικολογικού κινδύνου;**

- Εκτίμηση **της πιθανότητας να συμβεί ένα ανεπιθύμητο γεγονός** σε ένα οικοσύστημα, μετά την επίδραση **ενός παράγοντα έντασης.**
- Ως παράγοντας έντασης νοείται:
  - **κάποιος εξωγενής παράγοντας** (χημική ουσία-ρύπος).
  - **μια νέα περιβαλλοντική κατάσταση καταπόνησης ή stress** (π.χ., θερμοκρασιακές αλλαγές, επίδραση ιοντίζουσας ακτινοβολίας, κ.λπ.).
- **Εργαλείο διαχείρισης** για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την εμπορία και χρήση νέων χημικών ουσιών, παρασκευασμάτων, συσκευασιών κ.λπ.
- **Η περιβαλλοντική τοξικολογία** αποτελεί βασικό εργαλείο **εκτίμησης του οικολογικού κινδύνου.**
  - Προσπαθεί να λύσει ειδικά επιστημονικά/περιβαλλοντικά προβλήματα που αφορούν τις επιβλαβείς επιδράσεις χημικών ουσιών-ρύπων σε οργανισμούς και οικοσυστήματα.
  - Λαμβάνει υπόψιν (α) τις **αλληλοεπιδράσεις** των οργανισμών που συμβιώνουν στο ίδιο περιβάλλον και (β) τις **διασυνδέσεις τους** με το αβιοτικό περιβάλλον (έδαφος, νερά και ατμόσφαιρα).
  - Μελετά τη **βιοσυσσώρευση** των ουσιών μέσω της τροφικής αλυσίδας ή στους διάφορους ιστούς και όργανα των οργανισμών, τη **βιοαποικοδόμηση** ή διάσπαση των ουσιών με την επίδραση του φυσικού περιβάλλοντος, τα **όρια ευαισθησίας** των οργανισμών, καθώς και τις **επιδράσεις των ουσιών σε διάφορα επίπεδα οργάνωσης** του οργανισμού.

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- ❑ Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

### **Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

#### **Hazard Assessment (ποιοτική αξιολόγηση της επικινδυνότητας μιας ουσίας)**

- Εκτίμηση της δυνητικής ικανότητας του ρύπου να προκαλεί δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου.

#### **Risk Assessment (ποσοτική εκτίμηση κινδύνου)**

- **Χρήση οικοτοξικολογικών ερευνών** για την απόκτηση ποσοτικών δεδομένων σχετικά με την πιθανότητα πρόκλησης περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς και διαταραχών στην ανθρώπινη υγεία.
- **Διάγνωση των επιβλαβών επιπτώσεων στα έμβια όντα** (hazard identification), μέσω πειραμάτων σε υδρόβιους οργανισμούς διαφόρων τροφικών επιπέδων (π.χ. προσδιορισμός τοξικολογικών παραμέτρων, όπως οι  $LC_{50}$ ).
- **Συνεισφορά στον χαρακτηρισμό του κινδύνου**.

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- ❑ Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

### **Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

#### **Στρατηγική διαχείρισης για την εκτίμηση του οικολογικού κινδύνου**

- Περιλαμβάνει διάφορα στάδια, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, με **κύριο γνώμονα την εξαγωγή αντικειμενικών δεδομένων**.
- Στην περίπτωση των φυσικών οικοσυστημάτων, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:
  - η **πολυπλοκότητα** του οικοσυστήματος.
  - η **σύσταση και το είδος** των βιοτόπων.
  - οι διάφορες **τροφικές αλυσίδες** και τα **τροφικά πλέγματα**.
  - η **δυναμική των πληθυσμών**.
  - ο **βαθμός βιοσυσσώρευσης** του παράγοντα καταπόνησης (stress).
  - **οικοτοξικολογικές αναλύσεις**.

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- ❑ Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

### **Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

#### **Πλαίσιο εκτίμησης οικολογικού κινδύνου**

- Αποτελεί ένα **πολύπλοκο δίκτυο επιμέρους διεργασιών**, το οποίο περιλαμβάνει:
  - την **γνώση του προβλήματος** μετά από συλλογή, επιβεβαίωση και ανάλυση των στοιχείων.
  - τον **χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας** και των οικολογικών επιπτώσεων του παράγοντα stress.
  - τη **δημιουργία ενός διαχειριστικού πλάνου**, έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο οικολογικός κίνδυνος.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

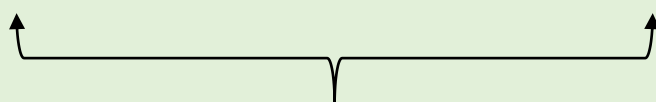
- Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

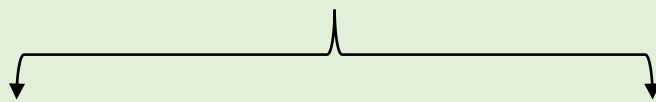
### Πλαίσιο εκτίμησης οικολογικού κινδύνου

Συλλογή, επιβεβαίωση και παρακολούθηση στοιχείων προβλήματος

Ανταλλαγή απόψεων μεταξύ εκτιμητή<sup>1</sup> και διαχειριστή<sup>2</sup> του κινδύνου

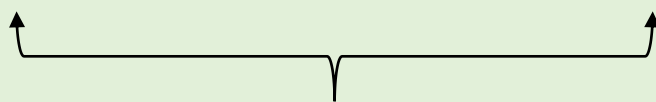


**Τυποποίηση προβλήματος και ανάλυση**



Χαρακτηρισμός και έκθεση προβλήματος

Οικολογικές επιπτώσεις του προβλήματος



**Χαρακτηρισμός οικολογικού κινδύνου**

**<sup>1</sup>Εκτιμητής κινδύνου (risk assessor):** ο εμπειρογνώμονας/μελετητής που ασχολείται με την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση του προβλήματος.

**<sup>2</sup>Διαχειριστής κινδύνου (risk assessor):** η αρμόδια Αρχή που θα αναλύσουν τεχνο-οικονομικά και βάσει της εισήγησης του εκτιμητή το μέγεθος του προβλήματος και θα προχωρήσουν στην ορθή διαχείριση.

**Διαχείριση οικολογικού κινδύνου**

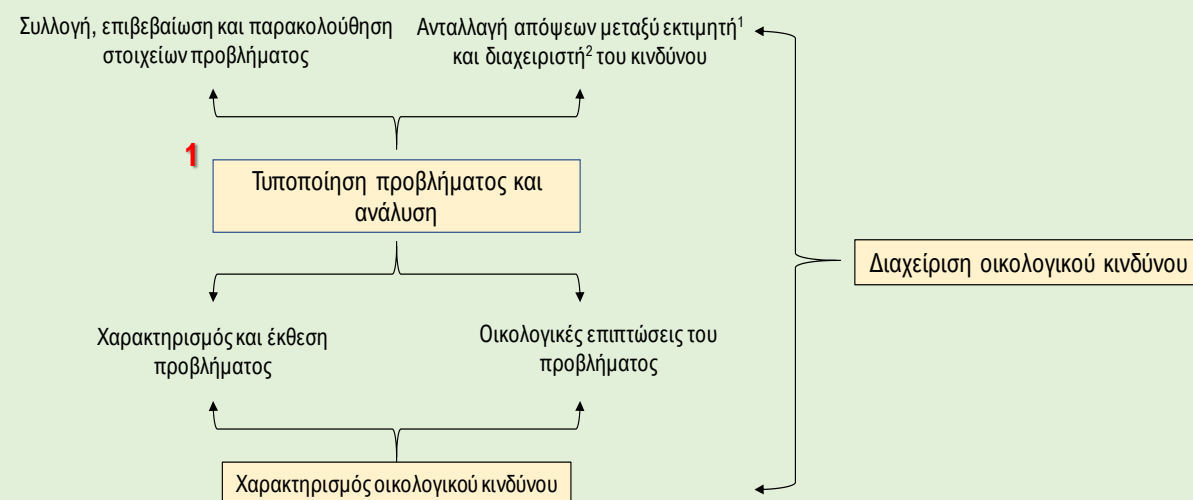
## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- ❑ Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

### Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

#### Πλαίσιο εκτίμησης οικολογικού κινδύνου – Τυποποίηση προβλήματος<sup>1</sup>

- ❑ Απαραίτητη για την **πιστοποίηση των δεδομένων που αφορούν τον παράγοντα έντασης**.
- ❑ Διαμόρφωση των **τεχνο-οικονομικών ορίων επίτευξης της εκτίμησης και των τελικών στόχων** (π.χ. προστασία αγριοπανίδας ή αγριοχλωρίδας, υδάτινοι πόροι και ρύπανση).
- ❑ Εκτίμηση της **αβιοτικής και βιολογικής κατάστασης του οικοσυστήματος** που βρίσκεται ή θα βρεθεί υπό πίεση.



#### Πλαίσιο εκτίμησης οικολογικού κινδύνου – Ανάλυση προβλήματος<sup>1</sup>

- ❑ Αποσκοπεί **στον χαρακτηρισμό του οικοσυστήματος και την αποκατάσταση**.
- ❑ Περιλαμβάνει:
  - **ανάλυση εκθέσεων** που αφορούν μετρήσεις συγκεντρώσεων, δεδομένα βιοδιαθεσιμότητας, βιοσυσσώρευσης, βιομεγένθυσης, μετασχηματισμών, κατανομής και αποικοδόμησης των ρύπων.
  - **δεδομένα τοξικότητας** σε εργαστηριακές μελέτες και μελέτες πεδίου.
  - **οικολογικά δεδομένα** και σχέσεις τοξικότητας.
  - **ανάλυση του προφίλ του παράγοντα έντασης** και των επιπτώσεων σε επίπεδο βιοκοινοτήτων και οικοσυστήματος.



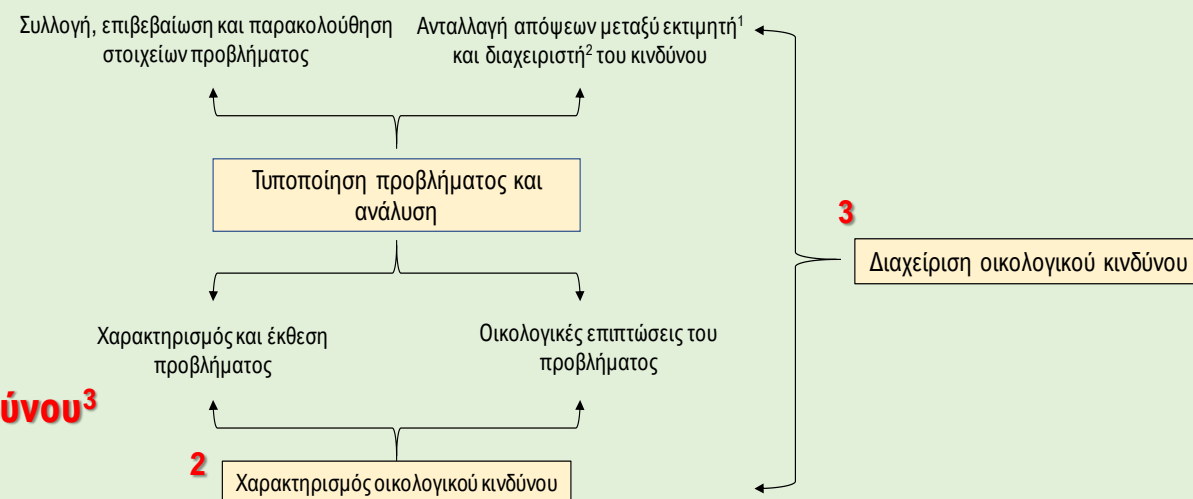
## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

### Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

#### Πλαίσιο εκτίμησης οικολογικού κινδύνου – Χαρακτηρισμός οικολογικού κινδύνου<sup>2</sup>

- **Ενσωμάτωση των τοξικολογικών δεδομένων** στην τελική έκθεση για τον χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας.
- **Ανάλυση και αναφορά στις αβεβαιότητες των δεδομένων**.
- **Περιγραφή των δυνητικών επιπτώσεων** των ρύπων στο οικοσύστημα (εκτίμηση πραγματικού κινδύνου).
- **Ερμηνεία της οικολογικής σημασίας του κινδύνου**.



#### Πλαίσιο εκτίμησης οικολογικού κινδύνου – Διαχείριση οικολογικού κινδύνου<sup>3</sup>

- **Βασική προτεραιότητα του Διαχειριστή του οικολογικού κινδύνου**.
- Περιλαμβάνει την **ανάλυση κόστους/οφέλους**, βάσει των οικονομικών και κοινωνικών συνθηκών της χώρας.

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- ❑ Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

### **Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

- ❑ **Κατηγοριοποίηση θαλάσσιων υδάτων ανάλογα με την περιβαλλοντική ποιότητα**

#### Καλή ποιότητα

- μικρή περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και σε οργανική ύλη.
- κορεσμένα σε διαλυμένο οξυγόνο.
- πλούσια χλωρίδα.
- κατάλληλα για διαβίωση ευαίσθητων ειδών ψαριών.

#### Ικανοποιητική ποιότητα

- περιέχουν σημαντικές ποσότητες οργανικής ύλης και θρεπτικών συστατικών.
- καλά οξυγονωμένα.
- πλούσια χλωρίδα και πανίδα και μεγάλους ιχθυοπληθυσμούς.

#### Μέτρια ποιότητα

- αυξημένη οργανική ρύπανση.
- μικρή περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο.
- ανοξικές συνθήκες σε ιζήματα.
- εμφάνιση ευτροφικών φαινομένων.
- επικράτηση ανθεκτικών, στην έλλειψη οξυγόνου, οργανισμών.
- περιορισμένος ιχθυοπληθυσμός.
- Εμφάνιση μαζικών θανάτων ιχθύων υπό ανοξικές συνθήκες.

#### Κακή ποιότητα

- μεγάλη οργανική ρύπανση.
- παρατεταμένη εμφάνιση ανοξικών συνθηκών σε υδάτινη στήλη και ιζήματα.
- εμφάνιση τοξικών φαινομένων.
- απουσία ιχθυοπληθυσμών.

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

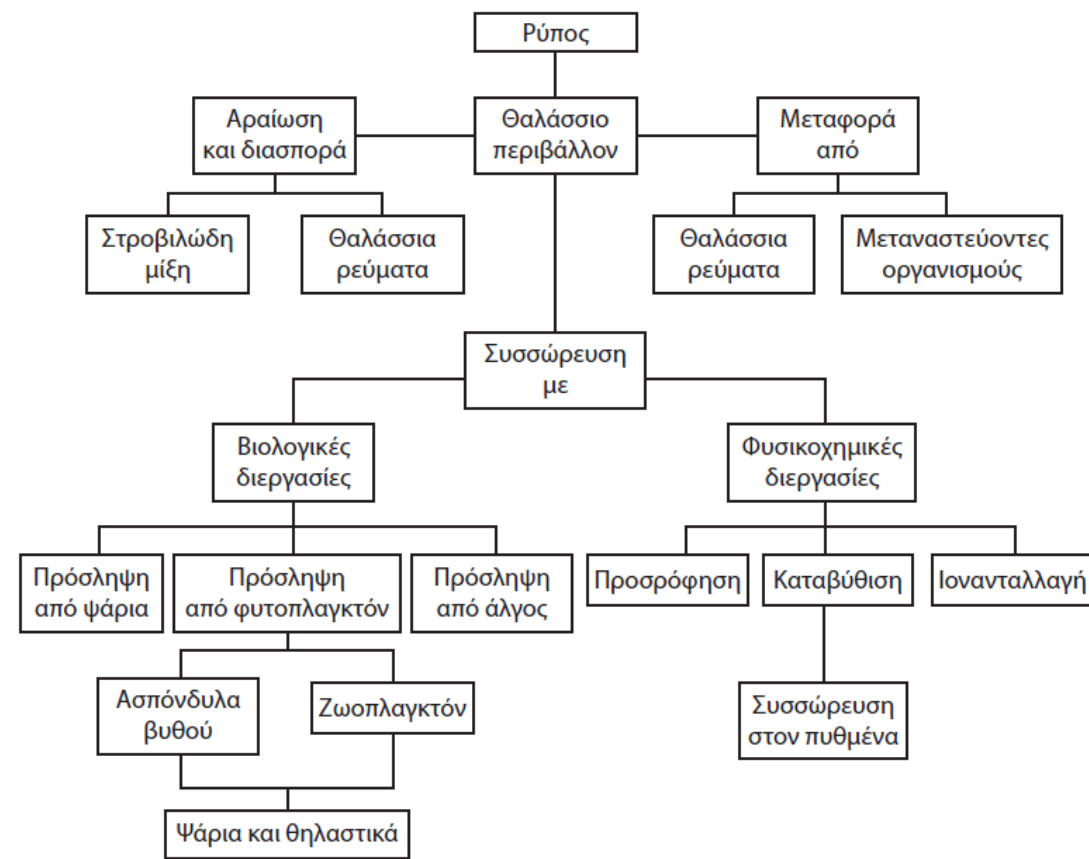
### Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

- Η **μεταφορά, συγκέντρωση και τύχη των ρυπογόνων ουσιών από σημειακές<sup>1</sup> ή/και μη-σημειακές<sup>2</sup> πηγές** εξαρτώνται από μια σειρά ωκεανογραφικών παραγόντων:

- ✓ Χημική σύσταση και μέγεθος στερεών ουσιών.
- ✓ Ταχύτητα και διάρκεια εκροής.
- ✓ Ταχύτητα και διεύθυνση ρευμάτων.
- ✓ Δίνες που προκαλούνται από πλοία και φορτηγίδες.
- ✓ Βάθος αναμιγνυόμενης στιβάδας.
- ✓ Πυκνότητα νερού κάτω από την αναμιγνυόμενη στιβάδα.
- ✓ Διαχωρισμός των διαφορετικών φάσεων των ρευστών, π.χ. ελαφρά και βαριά σωματιδιακά κλάσματα, διαλυτά κλάσματα.
- ✓ Βάθος υδάτινης στήλης.
- ✓ Τοπογραφία και σύσταση πυθμένα.

**<sup>1</sup> Σημειακή πηγή (Point source):** μία απλή και εμφανής πηγή εισόδου ρύπων στο οικοσύστημα, π.χ. αγωγός αστικών και βιομηχανικών λυμάτων.

**<sup>2</sup> Μη σημειακή πηγή (Non-point source):** πολλές και διαφορετικές πηγές διάχυσης ρυπογόνων ουσιών στα οικοσυστήματα, π.χ., αποπλύσεις εδάφους, ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, αποστραγγίσεις κ.λπ.



## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων.**

### Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

- Οι επιδράσεις των ρυπογόνων ουσιών στα θαλάσσια οικοσυστήματα εξαρτώνται από:
  - ❖ **τη συγκέντρωση<sup>1</sup>**
  - ❖ **τη βιοδιαθεσιμότητα<sup>2</sup>**
  - ❖ **τη δυνατότητα βιοσυσσώρευσης<sup>3</sup>**
  - ❖ **τη δυνατότητα βιομεταφοράς<sup>4</sup> και βιομεγέθυνσης<sup>5</sup>**

**<sup>1</sup>Συγκέντρωση:** Η γραμμομοριακότητα κατ' όγκο του ρύπου ( $\text{g L}^{-1}$  ή  $\text{mol L}^{-1}$ ) στο υδάτινο μέσο.

**<sup>2</sup>Βιοδιαθεσιμότητα:** Η ικανότητα ενός ρύπου να προσλαμβάνεται/απορροφάται από έναν οργανισμό.

**<sup>3</sup>Βιοσυσσώρευση:** Η αύξηση των συγκεντρώσεων ορισμένων ουσιών σε ιστούς των οργανισμών, λόγω αδυναμίας αποικοδόμησης και απομάκρυνσής τους.

**<sup>4</sup>Βιομεταφορά:** Η μεταφορά των βιοσυσσωρευμένων ρύπων διαμέσου της τροφικής αλυσίδας.

**<sup>5</sup>Βιομεγέθυνση:** Η μεταφορά των βιοσυσσωρευμένων ρύπων από ένα κατώτερο τροφικό επίπεδο σε ένα ανώτερο.

**Συντελεστής συγκέντρωσης ( $F_c$ )** = η σχέση της συγκέντρωσης ενός ρύπου στον οργανισμό και της συγκέντρωσης με την οποία απαντά στο περιβάλλον (νερό, αέρας, έδαφος).

$$F_c = \frac{\text{[ρύπος] σε οργανισμό}}{\text{[ρύπος] στο περιβάλλον}}$$

**Συντελεστής μεταφοράς ( $F_t$ ):** η σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης  $X_{n+1}$  του ρύπου στον οργανισμό ενός τροφικού επιπέδου  $n+1$  και της συγκέντρωσης  $X_n$  του ρύπου στον οργανισμό του τροφικού επιπέδου  $n$ .

$$F_t = \frac{[X_{n+1}]}{[X_n]}$$

$F_t > 1$  → Φαινόμενα βιοσυσσώρευσης ρύπου

$F_t = 1$  → Απλή μεταφορά στην τροφική αλυσίδα

$F_t < 1$  → η συγκέντρωση του ρύπου θα μειώνεται καθώς ανεβαίνουμε τροφικά επίπεδα

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

- ❑ Οι **ανθρωπογενείς πιέσεις** που δέχεται το θαλάσσιο περιβάλλον απαιτούν την θέσπιση **διαχειριστικών στρατηγικών που βασίζονται σε εκτιμήσεις των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων**.

### **Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

- ❑ Έλεγχος της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές:
  - **Χημική ανάλυση** των υδάτων.
  - Στρατηγικές **Βιοπαρακολούθησης<sup>1</sup> με τη χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και δεικτών stress**.
  - **Εργαστηριακές δοκιμές τοξικότητας** με τη χρήση βιολογικών μοντέλων και δεικτών stress.
  - Συνδυασμός των παραπάνω.

**<sup>1</sup>Βιοπαρακολούθηση:** ανάπτυξη τεχνικών μέτρησης της συγκέντρωσης των οργανικών και ανόργανων ρυπογόνων ουσιών σε ιστούς ζωντανών οργανισμών, αλλά και τεχνικών με τις οποίες καταγράφονται και εκτιμώνται οι βιολογικές επιπτώσεις στους οργανισμούς.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

##### Τιμή pH ←

- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- Αρνητικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων  $H_3O^+$  ενός διαλύματος.
- Δείκτης της οξύτητας ενός διαλύματος και μετριέται σε κλίμακα 14 βαθμών.
- **Επηρεάζει τη διαλυτότητα πολλών θρεπτικών και τοξικών ουσιών.**
- **Καθορίζει τη διαθεσιμότητα των ουσιών αυτών στους υδάτινους οργανισμούς.**
- Το **όξινο περιβάλλον** εμποδίζει την ομαλή λειτουργία της αναπνευστικής διαδικασίας και παρεμβαίνει στην ωσμωροθμιστική λειτουργία.

**Θαλάσσια ύδατα: 7,5-8,4**

**Γλυκά νερά: 6,5-8,5**

- Ο έλεγχος της ποιότητας με χημικές αναλύσεις πραγματοποιείται σύμφωνα με τις οδηγίες της ΕΕ (Water Framework Directive 2000/60/EC; 2008/105/EC; 2013/39/EU, Official Journal of the European Union 2013).
- Ακολουθούνται περιβαλλοντικά πρότυπα ανίχνευσης ουσιών άμεσης προτεραιότητας (environmental quality standards/EQs for priority substances).

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία** ←
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- Βασικός παράγοντας για τη φυσιολογική ζωή όλων των οργανισμών.
- Οι οργανισμοί είναι προσαρμοσμένοι σε συγκεκριμένο **θερμοκρασιακό εύρος** και μεγάλες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας μπορεί να αποβούν μοιραίες.
- Θερμοκρασιακές μεταβολές και μεγάλες θερμοκρασιακές αποκλίσεις στα ύδατα προκαλούν:
  - ✓ **Μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου** και άλλων συστατικών.
  - ✓ **Διαταραχή του μεταβολισμού** των υδρόβιων οργανισμών.
  - ✓ **Μείωση του ρυθμού διάσπασης των οργανικών ουσιών** που υπάρχουν στο νερό.
  - ✓ **Αδρανοποίηση ενζύμων** των οργανισμών, με αποτέλεσμα την αλλοίωση των μεταβολικών τους διεργασιών.
  - ✓ **Μείωση της αναπαραγωγικής ικανότητας** και τελικά της **ικανότητας επιβίωσης** των υδρόβιων οργανισμών.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα** και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- Η ολική ποσότητα των διαλυμένων ουσιών σε 1kg νερού και εκφράζει τη συνολική ποσότητα ανόργανων αλάτων που είναι διαλυμένα.
- Η **μέση τιμή αλατότητας της θάλασσας είναι 35‰** ενώ στα ποτάμια η αλατότητα είναι περίπου 0,2‰.
- Όπως συμβαίνει και με τη θερμοκρασία, συγκεκριμένοι οργανισμοί έχουν προσαρμοστεί στα διάφορα επίπεδα αλατότητας και οι απότομες μεταβολές της έχουν δυσμενείς επιπτώσεις.



# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και **αγωγιμότητα** δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- Μαθηματική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα.
- Η ικανότητα αυτή εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, το σθένος τους, την κινητικότητά τους, τη συγκέντρωσή τους, τη θερμοκρασία και το ιξώδες του διαλύματος και το μέγεθος της διαφοράς δυναμικού, με την οποία γίνεται η μέτρηση.
- Μετριέται σε Siemens (mS/m ή  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) και είναι το αντίστροφο της αντίστασης (ισχύει  $1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm}$  &  $1 \text{ mS}/\text{cm} = 1.000 \mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Νερό λίμνης: 40 – 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Νερό ποταμών: 400-800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Θαλασσινό νερό: 53 mS/cm ή 53.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

Σε μερικά βιομηχανικά απόβλητα: > 100.000.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

*Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα*

➤ **Χημική ανάλυση** των υδάτων

2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και **αγωγιμότητα** δείγματος

**Τιμές αγωγιμότητας σε θαλάσσια ύδατα, σε σχέση με τη θερμοκρασία:**

Θερμοκρασία (°C)	Αλατότητα (‰)	Αγωγιμότητα (mS/cm)
0	35	29
5	35	33,4
10	35	38
15	35	42,9
20	35	47,8
25	35	53

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

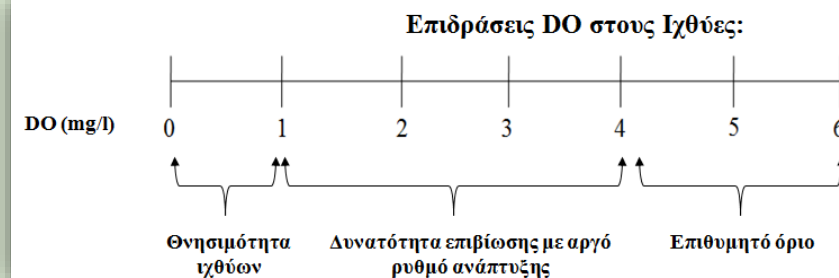
Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου** (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- Σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη και την επιβίωση των οργανισμών.
- Ο εμπλουτισμός του υδάτινου μέσου πραγματοποιείται μέσω διαδικασιών **διάχυσης του ατμοσφαιρικού οξυγόνου** στο νερό και μέσω **φωτοσυνθετικής παραγωγής**.
- Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται από:
  - ✓ τη θερμοκρασία
  - ✓ την ατμοσφαιρική πίεση
  - ✓ τον κυματισμό
  - ✓ την περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες
  - ✓ το περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.λπ.



# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο** (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- **BOD**: το ποσό του διαλυμένου οξυγόνου που χρησιμοποιούν **οι μικροοργανισμοί για την οξείδωση** του οργανικού φορτίου σε ένα λίτρο ρέοντος ύδατος ή αποβλήτων.
- Κυρίως σε μελέτες παρακολούθησης της ρύπανσης σε ρέοντα ύδατα, καθώς και σε απόβλητα.
- Τρόποι μέτρησης BOD:
  - ✓ **Μέθοδος BOD<sub>5</sub>** = παραμονή δείγματος σε σκοτεινό μέρος, στους 20°C, για διάστημα 5 ημερών και καθημερινή παρακολούθηση του διαλυμένου οξυγόνου:  $BOD = DO_{αρχ} - DO_{τελ}$ 
    - **Γλυκά ύδατα: 2,5 mg/L (καλή ποιότητα) - >15 mg/L (πτωχή έως κακή ποιότητα).**
    - **Θαλάσσια ύδατα: 2 mg/L**
    - **Οικιακά απόβλητα = 250 mg/L**
    - **Βιομηχανικά απόβλητα = 30.000 mg/L**

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

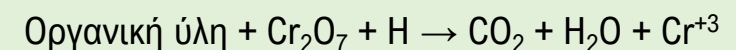
Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)**
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- **COD**: το ποσό του οξυγόνου που απαιτείται για να επιτευχθεί η **χημική οξείδωση** ενός λίτρου οργανικής ύλης.
- Κυρίως σε μελέτες παρακολούθησης της ρύπανσης σε ρέοντα ύδατα, καθώς και σε απόβλητα.
- Τρόποι μέτρησης COD:
  - ✓ Βρασμός οργανικής ύλης, παρουσία  $KCr_2O_7$  διχρωμικού κάλι, με παρουσία θειούχου αργύρου, ως καταλύτης



- $BOD_5 / COD = 1/1.25 = 0.8$  για οικιακά απόβλητα
- $BOD_5 / COD = 1/10 = 0.1$  για βιομηχανικά απόβλητα

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)**
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- Κυρίως σε μελέτες παρακολούθησης της ρύπανσης σε ρέοντα ύδατα, καθώς και σε απόβλητα.
- Τρόποι μέτρησης TOD: Ολικά καύση δείγματος και μέτρηση της ποσότητας του CO<sub>2</sub>.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά** ←
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα

- Τα **ολικά στερεά (total solids-TS)** αποτελούν το στερεό υπόλοιπο που προκύπτει μετά από **ξήρανση του δείγματος (103-105°C)**.
- Περιλαμβάνουν τα **ολικά αιωρούμενα στερεά (total suspended solids-SS)**, δηλαδή το ποσοστό των ολικών στερεών, **καθιζάνοντα και μη-καθιζάνοντα**, που συγκρατούνται από φίλτρο (<1 μm) και τα **ολικά διαλυμένα στερεά (dissolved solids-DS)**, που αποτελούν το ποσοστό εκείνο που διέρχεται από το φίλτρο.  
**Ισχύει: TS-SS = DS, SS – καθιζάνοντα = μη-καθιζάνοντα**
- Υψηλά επίπεδα αιωρούμενων στερεών μειώνουν την καθαρότητα του νερού, προσκολλώνται στα βραγχιακά νημάτια των ψαριών και μαλακίων, παρεμποδίζοντας την ανταλλαγή των αερίων, ενώ μειώνουν τους ρυθμούς ανάπτυξης και αντίστασής τους σε ασθένειες.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα** ←

- Τα **νιτρικά ιόντα** ( $\text{NO}_3^-$ ), είναι ευδιάλυτα και μεταφέρονται σε υδάτινες δεξαμενές, αποτελώντας τροφή για το πλαγκτόν, τα υδρόβια φυτά και τα φύκη.
- Τα **νιτρώδη ιόντα** ( $\text{NO}_2^-$ ), είναι ασταθή και γρήγορα μετατρέπονται σε νιτρικά με τη μεσολάβηση βακτηρίων.
- Ο **φωσφόρος** απαντά συνήθως με τη μορφή των φωσφορικών ιόντων ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), τα οποία σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικά για τους ζωικούς οργανισμούς.



# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

#### 1<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 1) **Απλό δείγμα** = μέτρηση σε ένα σημείο της υδάτινης μάζας.
- 2) **Σύνθετο δείγμα** = πολλαπλές μετρήσεις με συλλογή πολλών δειγμάτων που αναμιγνύονται.
- 3) **Σύνθετο δείγμα ροής** = συλλογή δειγμάτων με όγκο ανάλογο της εκάστοτε ροής της υδάτινης μάζας, τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή της δειγματοληψίας.

#### 2<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων, π.χ.

- Τιμή pH
- Θερμοκρασία
- Αλατότητα και αγωγιμότητα δείγματος
- Ποσότητα διαλυμένου οξυγόνου (total dissolved oxygen)
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand/BOD)
- Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand/COD)
- Συνολικός οργανικός άνθρακας (Total organic carbon/TOC)
- Ολικά και πτητικά αιωρούμενα στερεά
- Νιτρικά, νιτρώδη και φωσφορικά ιόντα**

**3<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ:** Μέτρηση ουσιών προτεραιότητας, π.χ. βαρέων μετάλλων, οργανικών ουσιών (PAHs, PCBs), συμπεριλαμβανομένων εντομοκτόνων και φαρμακευτικών ουσιών, σύμφωνα με το Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Clesceri et al. 1999).

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

**Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

➤ **Χημική ανάλυση** των υδάτων

**3<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ:** Μέτρηση ουσιών προτεραιότητας, π.χ. βαρέων μετάλλων, οργανικών ουσιών (PAHs, PCBs), συμπεριλαμβανομένων εντομοκτόνων και φαρμακευτικών ουσιών, σύμφωνα με το Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Clesceri et al. 1999).

**1. Ποιότητα θαλάσσιων ιζημάτων, βάσει EPA (Environmental Protection Agency) για τα επίπεδα βαρέων μετάλλων.**

	Συγκεντρώσεις (mg kg <sup>-1</sup> )		
	Απουσία ρύπανσης	Μέτρια ρύπανση	Υψηλή ρύπανση
Hg	<0,1		>0,1
Cd			>6
Cr	<25	25-75	>75
Cu	<25	25-50	>50
Ni	<20	20-50	>50
Pb	<40	40-60	>60
Zn	<90	90-200	>200

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

**Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

➤ **Χημική ανάλυση** των υδάτων

**3<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ:** Μέτρηση ουσιών προτεραιότητας, π.χ. βαρέων μετάλλων, οργανικών ουσιών (PAHs, PCBs), συμπεριλαμβανομένων εντομοκτόνων και φαρμακευτικών ουσιών, σύμφωνα με το Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Clesceri et al. 1999).

1. Όρια συγκεντρώσεων ρύπων για τον ορισμό της «Καλής Περιβαλλοντικής Κατάστασης/ΚΠΚ» των θαλάσσιων περιοχών (Marine Strategy Directive).

	Ιζήματα		Υδατική Στήλη	
	Όριο ΚΠΚ (μg/g)	Τιμή Αναφοράς (μg/g)	Όριο ΚΠΚ (μg/L)	Τιμή Αναφοράς (μg/L)
<b>Hg</b>	0,15	0,01	1	0,1
<b>Cd</b>	1,2	0,1	1	0,1
<b>Cu</b>	40	10	10	0,5
<b>Pb</b>	50	10	10	0,5
<b>Zn</b>	150	40	100	1
	Ψάρια		Μύδια	
	Όριο ΚΠΚ (μg/kg w.w.)	Τιμή Αναφοράς(μg/kg w.w.)	Όριο ΚΠΚ (μg/kg w.w.)	Τιμή Αναφοράς (μg/kg w.w.)
<b>Hg</b>	500	35	500	10
<b>Cd</b>	1000	25	1000	120
<b>Pb</b>	1500	25	1500	160

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

**Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

➤ **Χημική ανάλυση** των υδάτων

**3<sup>ο</sup> ΒΗΜΑ:** Μέτρηση ουσιών προτεραιότητας, π.χ. βαρέων μετάλλων, οργανικών ουσιών (PAHs, PCBs), συμπεριλαμβανομένων εντομοκτόνων και φαρμακευτικών ουσιών, σύμφωνα με το Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (Clesceri et al. 1999).

1. Όρια συγκεντρώσεων ρύπων για τον ορισμό της «Καλής Περιβαλλοντικής Κατάστασης/ΚΠΚ» των θαλάσσιων περιοχών (Marine Strategy Directive).

	Ιζήματα		Υδατική Στήλη	
	Όριο ΚΠΚ (μg/g d.w.)	Τιμή Αναφοράς (μg/g)	Όριο ΚΠΚ (μg/L)	Τιμή Αναφοράς (μg/L)
PAHs (total)	3	0,2	5	0,1
PCBs (total)	0,02	0	0,1	0
Herbicides			0,1	0
	Ψάρια		Μύδια	
	Όριο ΚΠΚ (μg/kg w.w.)	Τιμή Αναφοράς(μg/kg w.w.)	Όριο ΚΠΚ (μg/kg w.w.)	Τιμή Αναφοράς (μg/kg w.w.)
PAHs (total)			700	0
PCBs (total)	450	0	30	0

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

- ❑ Έλεγχος της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές:
  - Χημική ανάλυση των υδάτων
  - Στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης<sup>1</sup> με τη χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και δεικτών stress
  - Εργαστηριακές δοκιμές τοξικότητας με τη χρήση βιολογικών μοντέλων και δεικτών stress
  - Συνδυασμός των παραπάνω.

## Οι χημικές αναλύσεις στοχεύουν:

- ❑ Στην εκτίμηση του βαθμού υποβάθμισης του περιβάλλοντος μέσω των οριακών τιμών EQSs
- ❑ Στον προσδιορισμό ουσιών άμεσης προτεραιότητας (emerging contaminants)
- ❑ Στον εντοπισμό σημειακών πηγών ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος
- ❑ Στην εκτίμηση του βαθμού της ανθρωπογενούς πίεσης που δέχεται το οικοσύστημα
- ❑ Στην λήψη κατάλληλων μέτρων αποφυγής της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης
- ❑ Στην εφαρμογή κυρώσεων στους ρυπαντές.

<sup>1</sup>**Βιοπαρακολούθηση:** ανάπτυξη τεχνικών μέτρησης της συγκέντρωσης των οργανικών και ανόργανων ρυπογόνων ουσιών σε ιστούς ζωντανών οργανισμών, αλλά και τεχνικών με τις οποίες καταγράφονται και εκτιμώνται οι βιολογικές επιπτώσεις στους οργανισμούς.

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

**Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

➤ **Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης**

### Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες

- Προσδιορισμός των ανεπιθύμητων επιπτώσεων σε υδρόβιους οργανισμούς (θνησιμότητα, προ-θανατογόνες επιπτώσεις, ασθένειες).
- Εκτίμηση παραμέτρων που υποδηλώνουν την εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων.
- Προσδιορισμός της τοξικής δράσης περιβαλλοντικά ανιχνεύσιμων ουσιών.

Επιπτώσεις	Ιστός μελέτης	Είδος επίπτωσης	Μέθοδοι ανάλυσης
Συμπεριφορικές	Ολόκληρος οργανισμός	Αδυναμία κίνησης, νάρκωση, νευροδιαταραχές	Συμπεριφορικά μοντέλα, μέτρηση AChE κ.λπ.
Κυτταροτοξικές	Κύτταρα αίματος, βραγχίων, ήπατος	Θάνατος, λυσοσωματική αποσταθεροποίηση	MTT, NRRT assay, LMS κ.λπ.
Βιοχημικές	Βράγχια, αίμα, ήπαρ	Αναστολή ενζυμικής δραστηριότητας	EROD, Cyt-B, AChE, κ.λπ.
Μοριακές	Βράγχια, ήπαρ, κλπ.	Ενεργοποίηση/παύση γονιδιακής έκφρασης	RT-PCR, qRT-PCR, next generation sequencing
Γενοτοξικές επιπτώσεις	Βράγχια, ήπαρ και καλλιέργειες κυττάρων	Βλάβες γενετικού υλικού, μεταλλαξιγενέσεις	Comet assay, MN test, κ.λπ.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

#### Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες

- Προσδιορισμός των ανεπιθύμητων επιπτώσεων σε υδρόβιους οργανισμούς (θνησιμότητα, προ-θανατογόνες επιπτώσεις, ασθένειες).
- Εκτίμηση παραμέτρων που υποδηλώνουν την εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων.
- Προσδιορισμός της τοξικής δράσης περιβαλλοντικά ανιχνεύσιμων ουσιών.

#### Μέθοδοι τοξικότητας...

##### Δοκιμασία οξείας τοξικότητας σε ιχθύες<sup>1</sup>

✓ Προσδιορίζονται:

- οι επιβλαβείς επιδράσεις των χημικών ουσιών.
- οι χρόνιες και δοσολογικές σχέσεις.
- η αντιστρεψιμότητά τους σε πειραματόζωα (π.χ. ψάρια).

##### Υποξεία (ή χρόνια) τοξικότητα.

- ❖ Παρατεταμένη έκθεση των πειραματόζωων σε κάποια χημική ένωση.
- ❖ Έκθεση διάρκειας 28 ημερών = υποξεία έκθεση.
- ❖ Έκθεση διάρκειας 90 ημερών = υποχρόνια έκθεση.

##### ✓ Προσδιορισμός:

- ελάχιστης δόσης εμφάνισης τοξικότητας.
- δόσης στην οποία δεν παρατηρείται εμφανίσιμη τοξική δράση.
- δόσης πάνω από την οποία παρατηρούνται τοξικές επιδράσεις για τον οργανισμό.
- Διάφοροι οδοί έκθεσης (στόμα, αναπνευστικό σύστημα, επιδερμίδα).

<sup>1</sup>Η χρησιμότητά τους σχετίζεται με τη γνώση της οικολογίας των ψαριών, της συμπεριφοράς, της αναπαραγωγής, της διατροφής και της φυσιολογίας τους. Διάφορα είδη ψαριών παρουσιάζουν διαφορετική απόκριση σε ρυπογόνους παράγοντες.



*Ictalurus punctatus*



*Cyprionodon variegates*



*Salmon gairden*

Προσδιορισμός της LC<sub>50</sub> σε συγκεκριμένα είδη ψαριών και σε διάφορες συγκεντρώσεις της ουσίας στο νερό για 48-96 ώρες.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

#### Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες

- ❑ Προσδιορισμός των ανεπιθύμητων επιπτώσεων σε υδρόβιους οργανισμούς (θνησιμότητα, προ-θανατογόνες επιπτώσεις, ασθένειες).
- ❑ Εκτίμηση παραμέτρων που υποδηλώνουν την εμφάνιση παθολογικών καταστάσεων.
- ❑ Προσδιορισμός της τοξικής δράσης περιβαλλοντικά ανιχνεύσιμων ουσιών.

#### Μέθοδοι τοξικότητας...

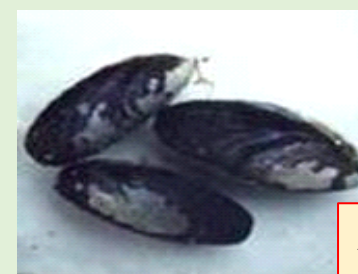
- ❑ **Οικοτοξικολογικά πειράματα με μικροφύκη (*microalgae*)<sup>1</sup>.**
  - Μελέτη της αναπτυξιακής διαδικασίας των φυτικών οργανισμών για διάρκεια 4 ημερών.
  - Σε οικοτοξικολογικά πειράματα χρησιμοποιούνται κυρίως είδη όπως:
    - Diatom : *Skeltonema costatum*, *Thalassiosira pseudonana*.
    - Flagellate : *Dunaliella tertiolecta*.
- ❑ **Δοκιμασία οξείας τοξικότητας σε υδρόβιους ασπόνδυλους οργανισμούς**



*Daphnia magna*

Χρησιμοποιούνται σε δοκιμές τοξικότητας για τον προσδιορισμό τοξικολογικών παραμέτρων, π.χ. EC<sub>50</sub> κ.λπ.

<sup>1</sup>Πρωτογενείς παραγωγοί του υδάτινου οικοσυστήματος, με διαφορετική ευαισθησία σε ρυπογόνες ουσίες.



*Mytilus galloprovincialis*

Χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των επιπτώσεων ρυπογόνων ουσιών σε διάφορα οργανισμικά επίπεδα.



# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

**Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

➤ **Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης**

## Βιοπαρακολούθηση

☐ Περιλαμβάνει τη χρήση:

- **Υδρόβιων οργανισμών - βιοενδεικτών (bioindicators)<sup>1</sup>**
- **Βιοαναλύσεων (bioassays)**
- **Δεικτών stress<sup>2</sup>**

- Παρακολούθηση της **ποιότητας/υγείας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων** και των επιπτώσεων ρυπογόνων ουσιών
- Εκτίμηση **αλλαγών σε πληθυσμούς και βιοκοινότητες** των οικοσυστημάτων (χωροταξικές αλλαγές, χωροκατακτητικά είδη, ανθεκτικά είδη στη ρύπανση, κ.λπ.)

### <sup>1</sup>Οργανισμός/οί Βιοενδείκτης/ες

- ✓ Κάθε είδος ή ομάδα ειδών από διαφορετικά τροφικά επίπεδα (ιχθύες, δίθυρα μαλάκια, χαιτόγναθα, κ.λπ.), των οποίων η δομή, λειτουργία, ο πληθυσμός και η κατάσταση της υγείας μπορεί να απεικονίσει την ποιότητα του υδάτινου περιβάλλοντος.
- ✓ Προσφέρουν **δεδομένα για τη συσσώρευση ρυπογόνων ουσιών στο οικοσύστημα.**

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

**Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

➤ **Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης**

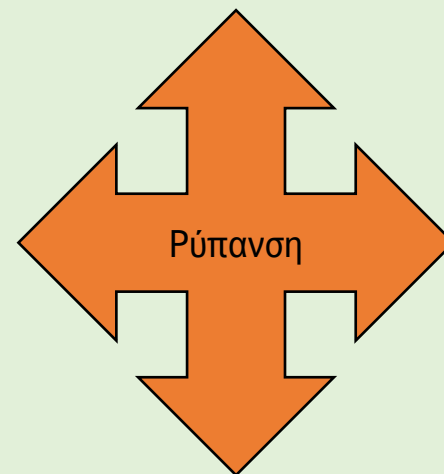
### **Βιοπαρακολούθηση**

➤ Εκτίμηση **αλλαγών σε πληθυσμούς και βιοκοινότητες** των οικοσυστημάτων (χωροταξικές αλλαγές, χωροκατακτητικά είδη, ανθεκτικά είδη στη ρύπανση, κ.λπ.)

**Πληθυσμός:** ομάδα **ατόμων του ίδιου είδους** που καταλαμβάνουν ορισμένο χώρο σε μια συγκεκριμένη στιγμή.

Σταθεροποίηση πληθυσμού.

Μείωση του μεγέθους του πληθυσμού, λόγω έλλειψης ανθεκτικότητας των ατόμων στον ρυπογόνο παράγοντα.



Αύξηση του μεγέθους του πληθυσμού, λόγω ανθεκτικότητας των ατόμων στον ρυπογόνο παράγοντα.

Μείωση της ροής γονιδίων μεταξύ των ατόμων του πληθυσμού, λόγω γενετικών αλλαγών.

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

*Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα*

➤ **Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης**

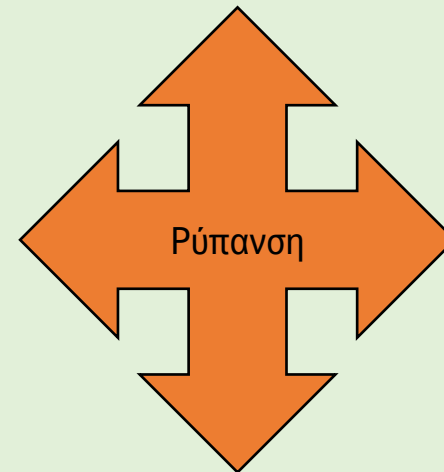
### Βιοπαρακολούθηση

➤ Εκτίμηση **αλλαγών σε πληθυσμούς και βιοκοινότητες** των οικοσυστημάτων (χωροταξικές αλλαγές, χωροκατακτητικά είδη, ανθεκτικά είδη στη ρύπανση, κ.λπ.)

**Βιοκοινότητα:** διαφορετικοί πληθυσμοί που ζουν σε ένα βιότοπο και βρίσκονται σε άμεση αλληλεξάρτηση τόσο μεταξύ τους όσο και με το περιβάλλον τους.

Επικράτηση ανθεκτικών πληθυσμών εις βάρος ευαίσθητων.

Διαταραχή οικοσυστήματος από ρύπους (εκφύλιση ή υποτροπή).



Διαταραχή της ισορροπίας του οικοσυστήματος και των ενεργειακών πόρων/τροφικών αλυσίδων.

Αλλαγή στο «προφίλ» του βιοτόπου με κίνδυνο ερημοποίησης.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

**Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα**

➤ **Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης**

## Βιοπαρακολούθηση

☐ Περιλαμβάνει τη χρήση:

- **Υδρόβιων οργανισμών - βιοενδεικτών (bioindicators)<sup>1</sup>**
- **Βιοαναλύσεων (bioassays)<sup>2</sup>**
- **Δεικτών stress<sup>2</sup>**

- Παρακολούθηση της **ποιότητας/υγείας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων** και των επιπτώσεων ρυπογόνων ουσιών
- Εκτίμηση **αλλαγών σε πληθυσμούς και βιοκοινότητες** των οικοσυστημάτων (χωροταξικές αλλαγές, χωροκατακτητικά είδη, ανθεκτικά είδη στη ρύπανση, κ.λπ.)

## <sup>2</sup>Δείκτες stress

- Μετρήσιμος **βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού** (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).
- Διακρίνονται σε:
  - Δείκτες κυτταροτοξικότητας.
  - Δείκτες οξειδωτικής καταπόνησης (oxidative stress).
  - Δείκτες νευροτοξικότητας (neurotoxic effects).
  - Δείκτες προσδιορισμού γενετικών βλαβών (genotoxic and/or mutagenic effects).

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

## Βιοπαρακολούθηση

<sup>2</sup>Δείκτες stress

✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint). Διακρίνονται σε:

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p><b>Δείκτες κυτταροτοξικότητας</b> (π.χ. Δοκιμή Trypan blue exclusion test, δοκιμή ουδέτερου ερυθρού (Neutral Red Retention Time/NRRT assay) κ.λπ.)</p>	<p><b>Κυτταροτοξικότητα:</b> προσδιορισμός κυτταρικής θνησιμότητας σε υδρόβιους οργανισμούς</p>
<p><b>Δείκτες οξειδωτικής καταπόνησης</b> (π.χ. λιπιδική υπεροξειδωση, παραγωγή δραστικών μορφών οξυγόνου και αζώτου)</p>	<p>Προσδιορισμός οξειδωτικών βλαβών σε ιστούς υδρόβιων οργανισμών, ως αποτέλεσμα έκθεσής τους σε προ-οξειδωτικές ουσίες</p>
<p><b>Δείκτες νευροτοξικότητας</b> (π.χ. ακετυλ-χολινεστεράση)</p>	<p>Προσδιορισμός αναστολής της ενζυμικής δραστηριότητας, λόγω έκθεσης του οργανισμού σε ρυπογόνες ουσίες με νευροτοξικό χαρακτήρα (π.χ. οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, κ.λπ.)</p>
<p><b>Δείκτες γενετοξικότητας σε κυτταρικούς τύπους υδρόβιων οργανισμών (MN assay &amp; Comet assay)</b> (π.χ. αιμοκύτταρα δίθυρων μαλακίων, ερυθροκύτταρα ιχθύων, κύτταρα βραγχίων, κ.λπ.)</p>	<p>Προσδιορισμός βλαβών του DNA καθώς και μεταλλαξιγενέσεων, μετά από έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες (π.χ. PCBs, PAHs, βαρέα μέταλλα, ραδιονουκλίδια, κ.λπ.)</p>

## Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

### Βιοπαρακολούθηση

<sup>2</sup>Δείκτες stress

✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p><b>Δείκτες κυτταροτοξικότητας</b> (π.χ. Δοκιμή Trypan blue exclusion test, Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού (Neutral Red Retention Time/NRRT assay) κ.λπ.)</p>	<p><b>Κυτταροτοξικότητα:</b> προσδιορισμός κυτταρικής θνησιμότητας σε υδρόβιους οργανισμούς</p>

### Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού...

☐ Ανίχνευση διαταραχών της μεμβράνης των λυσοσωμάτων<sup>1</sup> σε αιμοκύτταρα Δίθυρων μαλακίων, ως αποτέλεσμα έκθεσής τους σε ρυπογόνες ουσίες.

#### <sup>1</sup>Λυσοσώματα

...σημαντικά κυτταρικά οργανίδια αποτοξικοποίησης ξενοβιοτικών ουσιών (ανόργανων και οργανικών ουσιών).

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

## Βιοπαρακολούθηση

<sup>2</sup>Δείκτες stress

✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).

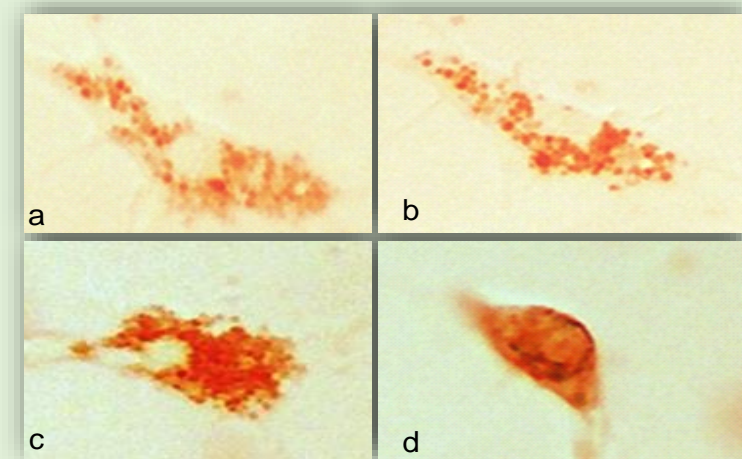
Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p><b>Δείκτες κυτταροτοξικότητας</b> (π.χ. Δοκιμή Trypan blue exclusion test, Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού (Neutral Red Retention Time/NRRT assay) κ.λπ.)</p>	<p><b>Κυτταροτοξικότητα:</b> προσδιορισμός κυτταρικής θνησιμότητας σε υδρόβιους οργανισμούς</p>

## Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού...

☐ Ανίχνευση διαταραχών της μεμβράνης των λυσοσωμάτων<sup>1</sup> σε αιμοκύτταρα Δίθυρων μαλακίων, ως αποτέλεσμα έκθεσής τους σε ρυπογόνες ουσίες.

Δείκτης	Τιμή	Απόκριση	Τελικό σημείο αναφοράς
NRRT (min)	↓	Αποσταθεροποίηση λυσοσωμικών μεμβρανών	Κυτταρικός θάνατος

- (a) Διάχυση χρωστικής NR στα λυσοσώματα  
 (b) Μεγέθυνση λυσοσωμάτων με το πέρασ του χρόνου  
 (c) Διάχυση χρωστικής NR στο κυτταρόπλασμα, λόγω ρήξης της λυσοσωμικής μεμβράνης  
 (d) Κυτταρικός θάνατος.



# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

## Βιοπαρακολούθηση

<sup>2</sup>Δείκτες stress

✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).

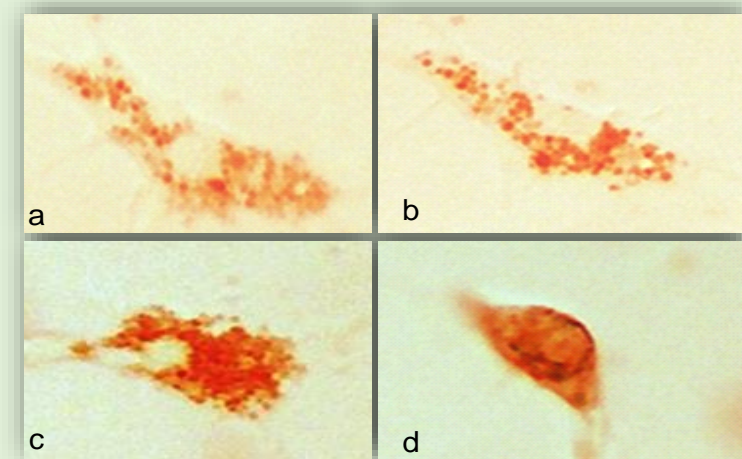
Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p><b>Δείκτες κυτταροτοξικότητας</b> (π.χ. Δοκιμή Trypan blue exclusion test, Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού (Neutral Red Retention Time/NRRT assay) κ.λπ.)</p>	<p><b>Κυτταροτοξικότητα:</b> προσδιορισμός κυτταρικής θνησιμότητας σε υδρόβιους οργανισμούς</p>

## Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού...

☐ Ανίχνευση διαταραχών της μεμβράνης των λυσοσωμάτων<sup>1</sup> σε αιμοκύτταρα Δίθυρων μαλακίων, ως αποτέλεσμα έκθεσής τους σε ρυπογόνες ουσίες.

Δείκτης	Εύρος τιμών δείκτη	Χαρακτηρισμός κατάστασης οργανισμού και οικοσυστήματος
NRRT (min)	>120	Απουσία καταπόνησης
	120 > NRRT ≥ 50	Μέτρια καταπόνηση
	NRRT < 50	Υψηλή καταπόνηση

Martinez-Gomez et al., 2017





# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

## Βιοπαρακολούθηση

<sup>2</sup>Δείκτες stress

✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).

### Δείκτες stress

#### Δείκτες οξειδωτικής καταπόνησης

(π.χ. λιπιδική υπεροξείδωση, παραγωγή δραστικών μορφών οξυγόνου και αζώτου)

### Τελικό σημείο αναφοράς

Προσδιορισμός οξειδωτικών βλαβών σε ιστούς υδρόβιων οργανισμών, ως αποτέλεσμα έκθεσής τους σε προ-οξειδωτικές ουσίες

## Οξειδωτική καταπόνηση...

☐ Διαταραχή της ισορροπίας μεταξύ της αντιοξειδωτικής άμυνας του οργανισμού και της παραγωγής δραστικών μορφών οξυγόνου (ROS, π.χ.  $O_2^-$ , OH και  $H_2O_2$ ), με άμεσο αντίκτυπο στη δομή πρωτεϊνών, λιπιδίων και γενετικού υλικού.

## Λιπιδική υπεροξείδωση (μέτρηση μηλονικής διαλδεύδης/MDA)...

➤ Αποτελεί δείκτη οξειδωτικής καταπόνησης.

Δείκτες	Τιμές	Απόκριση	Τελικό σημείο αναφοράς
MDA	↑	Λιπιδική υπεροξείδωση	Οξειδωτική καταπόνηση
Ρίζες	↑		Οξειδωτική καταπόνηση

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

## Βιοπαρακολούθηση

<sup>2</sup>Δείκτες stress

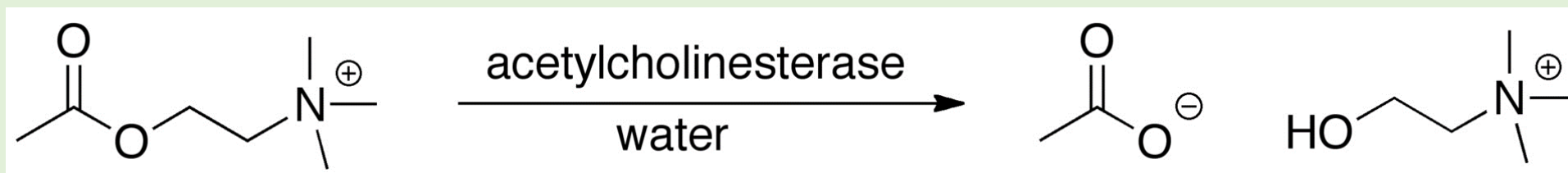
✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
Δείκτες νευροτοξικότητας (π.χ. ακετυλ-χολινεστεράση)	Προσδιορισμός αναστολής της ενζυμικής δραστηριότητας, λόγω έκθεσης του οργανισμού σε ρυπογόνες ουσίες με νευροτοξικό χαρακτήρα (π.χ. οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα, κ.λπ.)

## Ακετυλ-χολινεστεράση (AChE)...

- ❑ Καταλύει την υδρόλυση της ακετυλχολίνης στις νευρομυϊκές συνάψεις.
- ❑ Βασικός στόχος οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων, βαρέων μετάλλων και ρυπογόνων ουσιών με έντονη νευροτοξική δράση.

Δείκτης	Τιμή	Απόκριση	Τελικό σημείο αναφοράς
Δραστηριότητα AChE	↓	Αναστολή της υδρόλυσης της ακετυλχολίνης	Νευροτοξικότητα



# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

## Βιοπαρακολούθηση

<sup>2</sup>Δείκτες stress

✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).

### Δείκτες stress

Δείκτες γενετοξικότητας σε κυτταρικούς τύπους υδρόβιων οργανισμών (MN assay & Comet assay)

(π.χ. αιμοκύτταρα δίθυρων μαλακίων, ερυθροκύτταρα ιχθύων, κύτταρα βραγχίων, κ.λπ.)

### Τελικό σημείο αναφοράς

Προσδιορισμός βλαβών του DNA καθώς και μεταλλαγμένων, μετά από έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες (π.χ. PCBs, PAHs, βαρέα μέταλλα, ραδιονουκλίδια, κ.λπ.)

## Προσδιορισμός συχνότητας εμφάνισης μικροπυρήνων (MN assay)...

- Ευρεία εφαρμογή σε υδρόβιους οργανισμούς, π.χ. δίθυρα μαλάκια και ιχθύες.
- Μικροπυρήνες...
- Μικρού μεγέθους πυρήνες δίπλα στον κυρίως πυρήνα του κυττάρου, οι οποίοι δημιουργούνται λόγω επίδρασης γενετοξικών ουσιών στην διαδικασία πολλαπλασιασμού του γενετικού υλικού (μιτωτική άτρακτος), της λανθασμένης διόρθωσης των θραυσμάτων DNA στα χρωμοσώματα.

Μικροπυρήνες σε αιμοκύτταρα δίθυρων μαλακίων.



Δείκτης	Τιμή	Απόκριση	Τελικό σημείο αναφοράς
Μικροπυρήνας (MN)	↑	Βλάβη DNA	Ύπαρξη γενετοξικών ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

## Βιοπαρακολούθηση

<sup>2</sup>Δείκτες stress

✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).

### Δείκτες stress

Δείκτες γενετοξικότητας σε κυτταρικούς τύπους υδρόβιων οργανισμών (MN assay & Comet assay)  
(π.χ. αιμοκύτταρα δίθυρων μαλακίων, ερυθροκύτταρα ιχθύων, κύτταρα βραγχίων, κ.λπ.)

### Τελικό σημείο αναφοράς

Προσδιορισμός βλαβών του DNA καθώς και μεταλλαξιγενέσεων, μετά από έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες (π.χ. PCBs, PAHs, βαρέα μέταλλα, ραδιονουκλίδια, κ.λπ.)

## Προσδιορισμός θραυσματοποίησης γενετικού υλικού (Comet assay)...

- Ευαίσθητη μέθοδος ηλεκτροφόρησης του γενετικού υλικού για τον προσδιορισμό θραυσμάτων (DNA fragments).
- Κομήτες με ουρά, λόγω ύπαρξης κατακερματισμένου DNA.

Δείκτης	Τιμή	Απόκριση	Final endpoint
Comet assay (% DNA in tail)	↑	DNA κατακερματισμός	Γενοτοξικές ουσίες στο υδάτινο περιβάλλον

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα



Επίπεδα βλάβης DNA	% DNA στην ουρά του κομήτη	Τελικό σημείο αναφοράς/χαρακτηρισμός
0	<5%	Φυσιολογικές τιμές
1	5-20%	Μικρής έκτασης βλάβη του DNA
2	20-40%	Μέτριας έκτασης βλάβη του DNA
3	40-75%	Μεγάλης έκτασης βλάβη του DNA
4	>75%	Αποπτωτικά/νεκρωτικά κύτταρα

Anderson et. al., 1994.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Αξιολόγηση και εκτίμηση κινδύνων από την ύπαρξη ρυπογόνων ουσιών σε θαλάσσια οικοσυστήματα

### ➤ Βιολογική ανάλυση: Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες & στρατηγικές Βιοπαρακολούθησης

#### ❖ Η ανάλυση των εργαστηριακών δεδομένων μπορεί να μας δώσει χρήσιμα δεδομένα για:

- τις συγκεντρώσεις των ουσιών που μπορεί να επιφέρουν το θάνατο στους εκτιθέμενους οργανισμούς
- τις επιπτώσεις περιβαλλοντικά ανιχνεύσιμων συγκεντρώσεων των υπό μελέτη ουσιών
- τις παθολογικές καταστάσεις που μπορεί να επιφέρουν στους υδρόβιους οργανισμούς
- την ταξινόμηση ουσιών στην κατηγορία άμεσης προτεραιότητας.

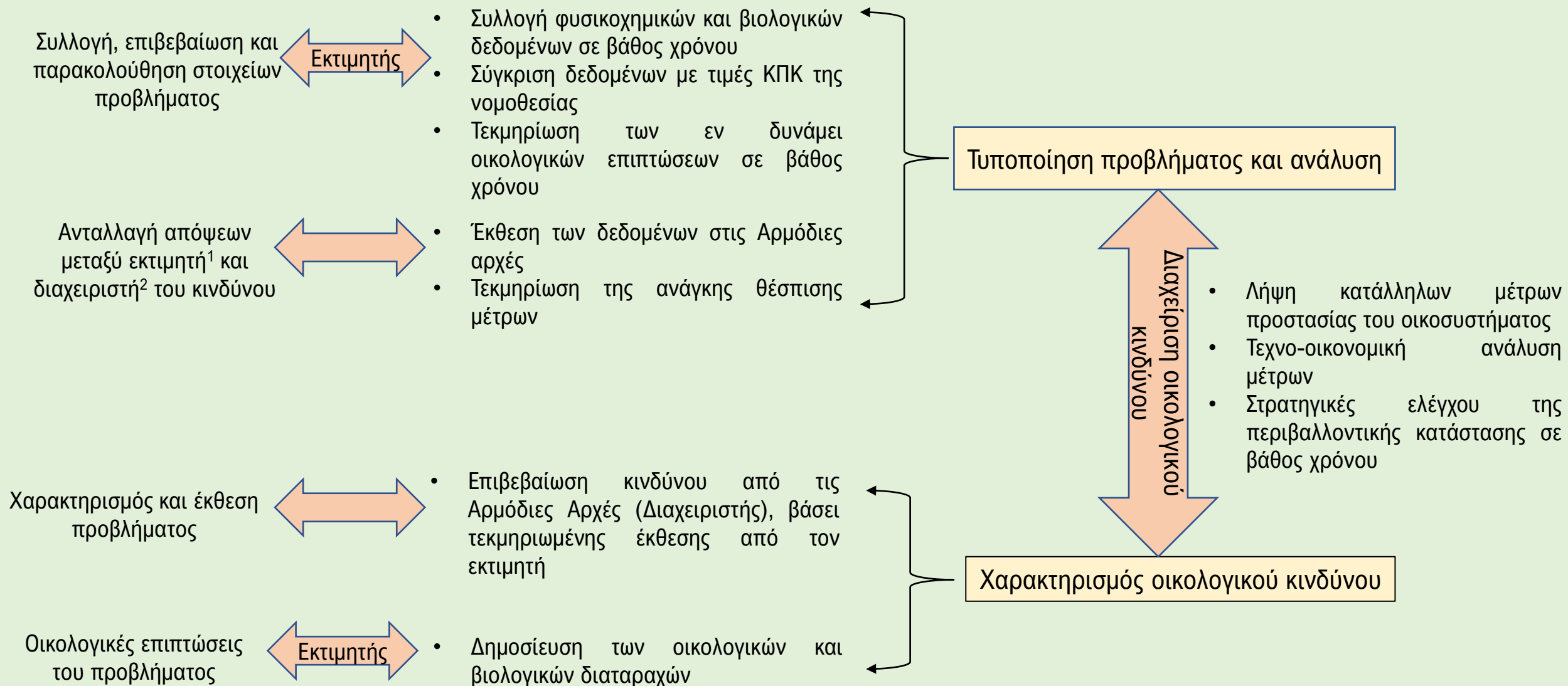
Βιοπαρακολούθηση

- ❑ Έλεγχος της ρύπανσης μέσω των επιπτώσεων στους οργανισμούς
- ❑ Εκτίμηση των πηγών ρύπανσης
- ❑ Έγκαιρη και έγκυρη προειδοποίηση των Αρχών για τη λήψη των κατάλληλων μέτρων προστασίας.
- ❑ Ανάπτυξη νέων τεχνικών/μεθόδων για τη διασφάλιση των βιωσιμότητας των οικοσυστημάτων.

- ✓ Κατανόηση των πιέσεων και καταπονήσεων που μπορεί να δεχθούν τα υδάτινα οικοσυστήματα.
- ✓ Αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτινων πόρων.
- ✓ Διερεύνηση της φυσιολογικής κατάστασης των υδρόβιων οργανισμών.
- ✓ Διερεύνηση της καταπόνησης που δέχονται οι υδρόβιοι οργανισμοί.
- ✓ Ορθή διαχείριση υδάτινων πόρων.

# Ανθρωπογενείς επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον – Εκτίμηση Οικολογικού κινδύνου (Ecological risk assessment)

## Πλαίσιο εκτίμησης οικολογικού κινδύνου



**Ευχαριστώ για την προσοχή σας...**