

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ- ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Εφαρμοσμένη Οικολογία & Διαχείριση Περιβάλλοντος

Μάθημα:

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ, ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Διδάσκων: Νταϊλιάνης Στέφανος (Αναπληρωτής Καθηγητής)

**Ακαδημαϊκό Έτος
2023-2024**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΛΕΞΗΣ

1. **Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.**
2. **Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Βιομαρτύρων σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.**
3. **Σχεδιασμός πειραμάτων τοξικότητας και μελέτης των υποθανατογόνων επιπτώσεων των ουσιών σε υδρόβιους οργανισμούς.**

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

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

- ❑ Έλεγχος της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές:
 - **Χημική ανάλυση** των υδάτων.
 - Στρατηγικές **Βιοπαρακολούθησης¹** με τη χρήση **οργανισμών Βιοενδεικτών και δεικτών stress.**
 - **Εργαστηριακές δοκιμές τοξικότητας** με τη χρήση βιολογικών μοντέλων και δεικτών stress.
 - Συνδυασμός των παραπάνω.

¹Βιοπαρακολούθηση: 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.

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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).

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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.

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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.

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

2^ο 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

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

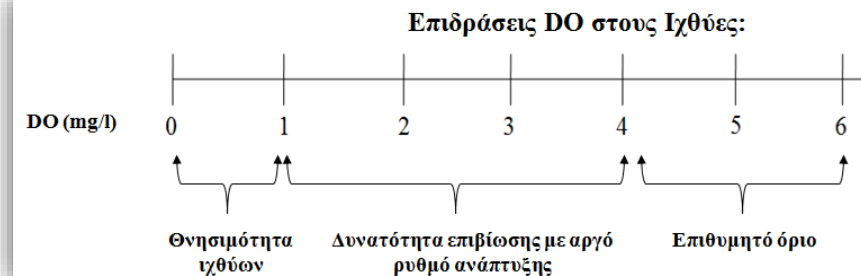
Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 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^ο 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.



1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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 BOD₅** = 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

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

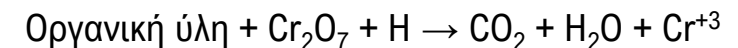
Τρόποι συλλογής δειγμάτων:

- 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^ο 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



- $\text{BOD}_5 / \text{COD} = 1/1.25 = 0.8$ για οικιακά απόβλητα
- $\text{BOD}_5 / \text{COD} = 1/10 = 0.1$ για βιομηχανικά απόβλητα

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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: Ολική καύση δείγματος και μέτρηση της ποσότητας του CO₂.

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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: $TS-SS = DS$, $SS - \text{καθιζάνοντα} = \text{μη-καθιζάνοντα}$

- 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.

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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** (NO_3^-), είναι ευδιάλυτα και μεταφέρονται σε υδάτινες δεξαμενές, αποτελώντας τροφή για το πλαγκτόν, τα υδρόβια φυτά και τα φύκη.
- Τα **νιτρώδη ιόντα** (NO_2^-), είναι ασταθή και γρήγορα μετατρέπονται σε νιτρικά με τη μεσολάβηση βακτηρίων.
- Ο **φωσφόρος** απαντά συνήθως με τη μορφή των φωσφορικών ιόντων (PO_4^{3-}), τα οποία σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικά για τους ζωικούς οργανισμούς.

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1^ο 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^ο 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^ο 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. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

3^ο 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 ⁻¹)		
	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

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

3^ο 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).

2. Όρια συγκεντρώσεων ανόργανων 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)
Hg	0,15	0,01	1	0,1
Cd	1,2	0,1	1	0,1
Cu	40	10	10	0,5
Pb	50	10	10	0,5
Zn	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.)
Hg	500	35	500	10
Cd	1000	25	1000	120
Pb	1500	25	1500	160

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

3^ο 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).

3. Όρια συγκεντρώσεων οργανικών 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

1. Οργανόγραμμα ελέγχου της ποιότητας των υδάτων σε παράκτιες περιοχές.

➤ Χημική ανάλυση των υδάτων

1° ΒΗΜΑ: Δειγματοληψία

2° ΒΗΜΑ: Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων

3° 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).



Στόχος

- 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**.

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

- 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.

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

- ❑ Περιλαμβάνει τη χρήση:
 - Υδρόβιων οργανισμών - βιοενδεικτών (bioindicators)¹
 - Βιοαναλύσεων (bioassays)
 - Δεικτών stress²
- 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.)

¹Οργανισμός/οί Βιοενδεικτής/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.

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

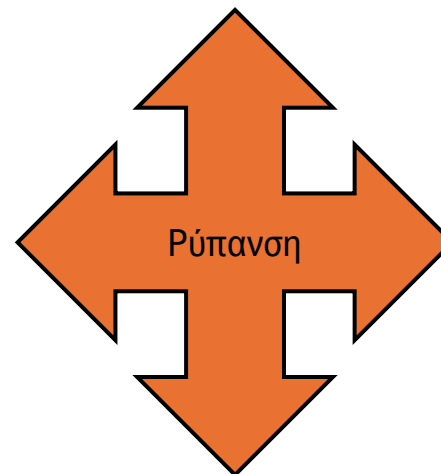
Βιοπαρακολούθηση

- 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.

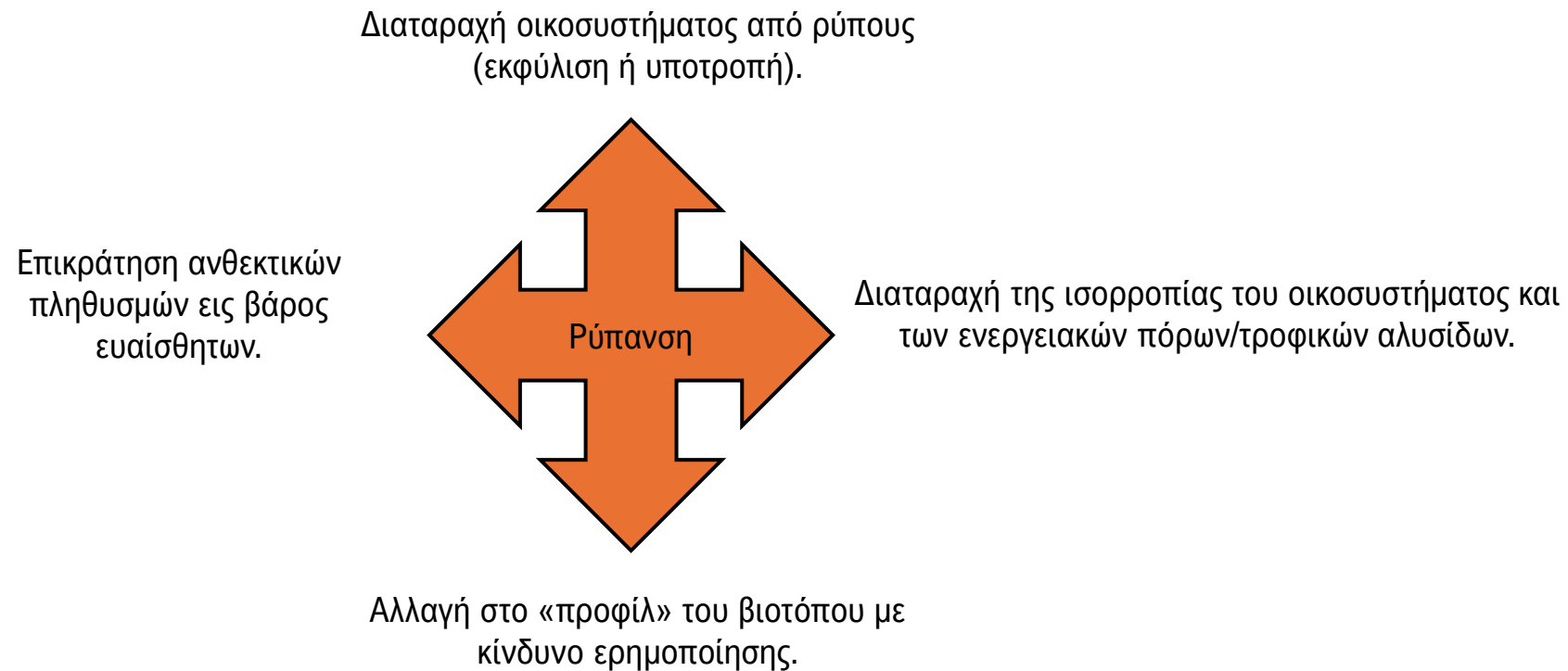
Μείωση της ροής γονιδίων μεταξύ των ατόμων του πληθυσμού, λόγω γενετικών αλλαγών.

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

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.



2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

- ❑ Περιλαμβάνει τη χρήση:
 - Υδρόβιων οργανισμών - βιοενδεικτών (bioindicators)¹
 - Βιοαναλύσεων (bioassays)
 - Δεικτών stress²
- 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.)

²Δείκτες 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).

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

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

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p>Δείκτες κυτταροτοξικότητας (π.χ. Δοκιμή Trypan blue exclusion test, δοκιμή ουδέτερου ερυθρού (Neutral Red Retention Time/NRRT assay) κ.λπ.)</p>	<p>Κυτταροτοξικότητα: προσδιορισμός κυτταρικής θνησιμότητας σε υδρόβιους οργανισμούς</p>
<p>Δείκτες οξειδωτικής καταπόνησης (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>Δείκτες νευροτοξικότητας (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>Δείκτες γενετοξικότητας σε κυτταρικούς τύπους υδρόβιων οργανισμών (MN assay & Comet assay) (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>

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

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

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p>Δείκτες κυτταροτοξικότητας (π.χ. Δοκιμή Trypan blue exclusion test, δοκιμή ουδέτερου ερυθρού (Neutral Red Retention Time/NRRT assay) κ.λπ.)</p>	<p>Κυτταροτοξικότητα: προσδιορισμός κυτταρικής θνησιμότητας σε υδρόβιους οργανισμούς</p>
<p>Δείκτες οξειδωτικής καταπόνησης (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>Δείκτες νευροτοξικότητας (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>Δείκτες γενετοξικότητας σε κυτταρικούς τύπους υδρόβιων οργανισμών (MN assay & Comet assay) (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>

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

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

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

Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού...

- ☐ Ανίχνευση διαταραχών της μεμβράνης των λυσοσωμάτων¹ σε αιμοκύτταρα Δίθυρων μαλακίων, ως αποτέλεσμα έκθεσής τους σε ρυπογόνες ουσίες.

¹Λυσοσώματα

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

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

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

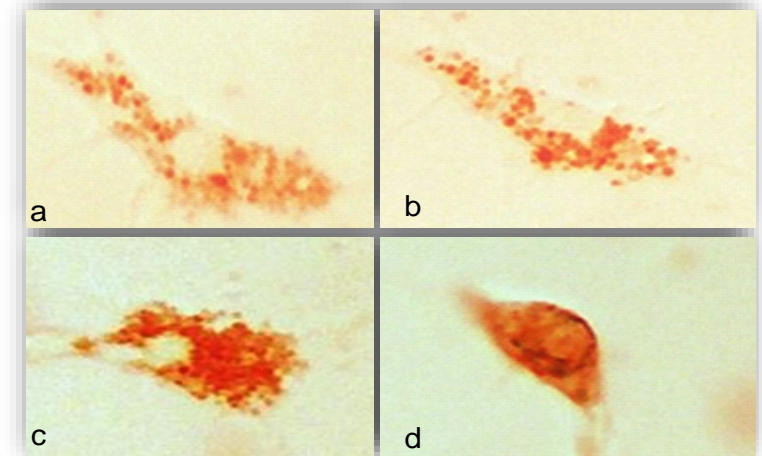
Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p>Δείκτες κυτταροτοξικότητας (π.χ. Δοκιμή Trypan blue exclusion test, Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού (Neutral Red Retention Time/NRRT assay) κ.λπ.)</p>	<p>Κυτταροτοξικότητα: προσδιορισμός κυτταρικής θνησιμότητας σε υδρόβιους οργανισμούς</p>

Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού...

- Ανίχνευση διαταραχών της μεμβράνης των λυσοσωμάτων¹ σε αιμοκύτταρα Δίθυρων μαλακίων, ως αποτέλεσμα έκθεσής τους σε ρυπογόνες ουσίες.

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

- Διάχυση χρωστικής NR στα λυσοσώματα
- Μεγέθυνση λυσοσωμάτων με το πέρασμα του χρόνου
- Διάχυση χρωστικής NR στο κυτταρόπλασμα, λόγω ρήξης της λυσοσωμικής μεμβράνης
- Κυτταρικός θάνατος.



2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

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

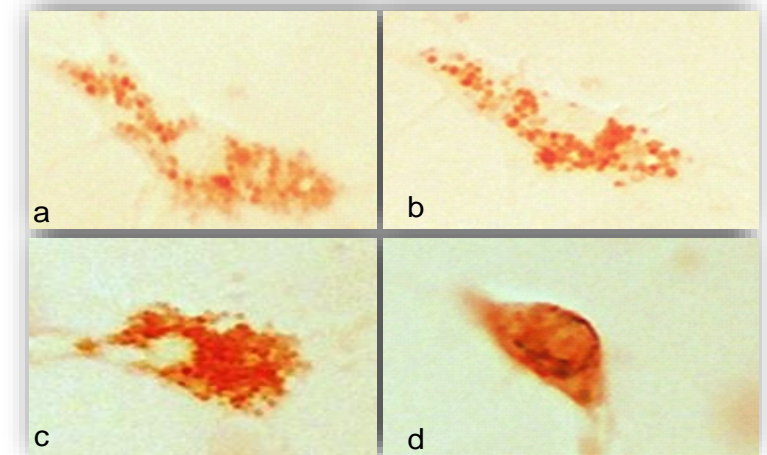
Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p>Δείκτες κυτταροτοξικότητας (π.χ. Δοκιμή Trypan blue exclusion test, Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού (Neutral Red Retention Time/NRRT assay) κ.λπ.)</p>	<p>Κυτταροτοξικότητα: προσδιορισμός κυτταρικής θνησιμότητας σε υδρόβιους οργανισμούς</p>

Δοκιμή Ουδέτερου Ερυθρού...

- Ανίχνευση διαταραχών της μεμβράνης των λυσοσωμάτων¹ 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



2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

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

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p>Δείκτες οξειδωτικής καταπόνησης (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>

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 υπεροξειδωση (μέτρηση μηλονικής διαλδεύδης/MDA)...

➤ Αποτελεί δείκτη οξειδωτικής καταπόνησης.

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

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

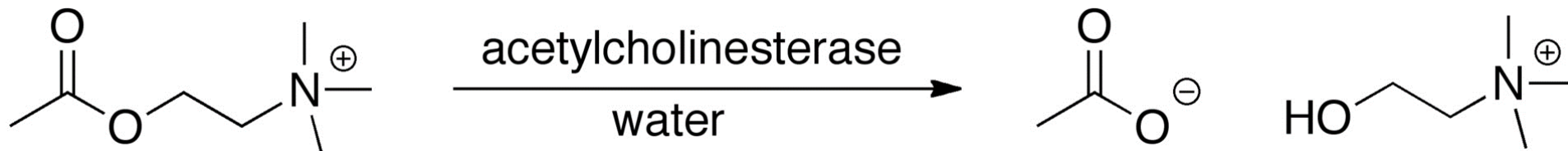
✓ Μετρήσιμος βιολογικός δείκτης εκτίμησης της κατάστασης ενός οργανισμού (τελικό σημείο αναφοράς/endpoint).

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



2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

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

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p>Δείκτες γενετοξικότητας σε κυτταρικούς τύπους υδρόβιων οργανισμών (MN assay & Comet assay)</p> <p>(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>

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.



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

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

²Δείκτες stress

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

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p>Δείκτες γενετοξικότητας σε κυτταρικούς τύπους υδρόβιων οργανισμών (MN assay & Comet assay)</p> <p>(π.χ. αιμοκύτταρα δίθυρων μαλακίων, ερυθροκύτταρα ιχθύων, κύτταρα βραγχίων, κ.λπ.)</p>	<p>Προσδιορισμός βλαβών του DNA καθώς και μεταλλαγμένων, μετά από έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες (π.χ. PCBs, PAHs, βαρέα μέταλλα, ραδιονουκλίδια, κ.λπ.)</p>

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

2. Χρήση οργανισμών Βιοενδεικτών και Δεικτών καταπόνησης (stress) σε Στρατηγικές Παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Βιοπαρακολούθηση

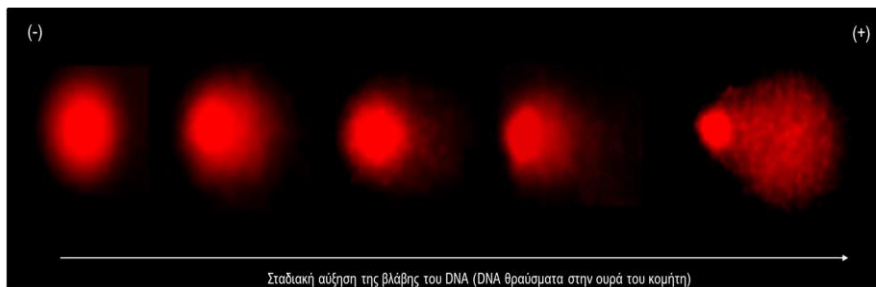
²Δείκτες stress

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

Δείκτες stress	Τελικό σημείο αναφοράς
<p>Δείκτες γενετοξικότητας σε κυτταρικούς τύπους υδρόβιων οργανισμών (MN assay & Comet assay)</p> <p>(π.χ. αιμοκύτταρα δίθυρων μαλακίων, ερυθροκύτταρα ιχθύων, κύτταρα βραγχίων, κ.λπ.)</p>	<p>Προσδιορισμός βλαβών του DNA καθώς και μεταλλαγισμικών, μετά από έκθεση σε ρυπογόνες ουσίες (π.χ. PCBs, PAHs, βαρέα μέταλλα, ραδιονουκλίδια, κ.λπ.)</p>

Προσδιορισμός θραυσματοποίησης γενετικού υλικού (Comet assay)...

Anderson et. al., 1994.



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

3. Σχεδιασμός πειραμάτων τοξικότητας και μελέτης των υποθανατογόνων επιπτώσεων των ουσιών σε υδρόβιους οργανισμούς.

Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες

Μέθοδοι τοξικότητας...

Δοκιμασία οξείας τοξικότητας σε ιχθύες¹

- ✓ 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**).

¹Η 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



Cypripodon variegates



Salmon gairden

Προσδιορισμός της LC_{50} σε συγκεκριμένα είδη ψαριών και σε διάφορες συγκεντρώσεις της ουσίας στο νερό για 48-96 ώρες.

3. Σχεδιασμός πειραμάτων τοξικότητας και μελέτης των υποθανατογόνων επιπτώσεων των ουσιών σε υδρόβιους οργανισμούς.

Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες

Μέθοδοι τοξικότητας...

- ❑ **Οικοτοξικολογικά πειράματα με μικροφύκη (microalgae)¹.**
 - 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**

¹Πρωτογενείς παραγωγοί του υδάτινου οικοσυστήματος, με διαφορετική ευαισθησία σε ρυπογόνες ουσίες.



Daphnia magna

Χρησιμοποιούνται σε δοκιμές τοξικότητας για τον προσδιορισμό τοξικολογικών παραμέτρων, π.χ. EC₅₀ κ.λπ.



Mytilus galloprovincialis

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

3. Σχεδιασμός πειραμάτων τοξικότητας και μελέτης των υποθανατογόνων επιπτώσεων των ουσιών σε υδρόβιους οργανισμούς.

Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες

Μέθοδοι τοξικότητας...

- ❑ **Οικοτοξικολογικά πειράματα με μικροφύκη (microalgae)¹.**
 - 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**

¹Πρωτογενείς παραγωγοί του υδάτινου οικοσυστήματος, με διαφορετική ευαισθησία σε ρυπογόνες ουσίες.



Daphnia magna

Χρησιμοποιούνται σε δοκιμές τοξικότητας για τον προσδιορισμό τοξικολογικών παραμέτρων, π.χ. EC₅₀ κ.λπ.



Mytilus galloprovincialis

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

3. Σχεδιασμός πειραμάτων τοξικότητας και μελέτης των υποθανατογόνων επιπτώσεων των ουσιών σε υδρόβιους οργανισμούς.

Τοξικολογικές δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες

Χρήσιμοι όροι στην περιβαλλοντική και τοξικολογική έρευνα και τις νομοθετικές/κανονιστικές ρυθμίσεις για χημικές ουσίες.

Ημιθανατογόνος δόση
(lethal dose 50%, LD₅₀)

Η δόση που προκαλεί θάνατο του 50% των οργανισμών.

Ημιθανατογόνος συγκέντρωση
(lethal concentration 50%, LC₅₀)

Η συγκέντρωση που προκαλεί θάνατο του 50% των οργανισμών.

Δραστική συγκέντρωση
(effective concentration 50%, EC₅₀)

Η συγκέντρωση που έχει επίδραση εκτός από θάνατο στο 50% των οργανισμών που εξετάστηκαν.

Συγκέντρωση αναστολής
(inhibitory concentration 50%, IC₅₀)

Η συγκέντρωση που παρεμποδίζει κατά 50% την ανάπτυξη των οργανισμών.

No observed Effects Concentration, NOEC

Η συγκέντρωση χωρίς παρατηρήσιμη επίπτωση (γραφική και στατιστική εκτίμηση της συγκέντρωσης).

No Observed Effects Level, NOEL

Τα επίπεδα της δόσης, στα οποία δεν παρατηρείται καμία επίπτωση.

Lowest Observed Effects Concentration, LOEC

Η ελάχιστη συγκέντρωση στην οποία παρατηρείται κάποιας μορφής επίπτωση.

Lowest Observed Effects Level, LOEL

Η ελάχιστη δόση στην οποία δεν παρατηρείται καμία μορφή επίπτωσης.

Minimum Threshold Concentration, MTC

Η κατώτατη συγκέντρωση κατωφλίου, κάτω από την οποία δεν παρατηρείται κάποια αρνητική επίπτωση.

Minimum Allowable Toxicant Concentration, MATC

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση μιας τοξικής ουσίας στον οργανισμό.

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.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας...