



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Ρύπανση Υδάτων

Διδάσκων: Επίκουρος Καθηγητής Αθ. Στασινάκης



Άδειες Χρήσης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, διαγράμματα, κείμενα, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα. Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αιγαίου**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.



Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Κατηγορίες Ρύπων

- Παθογόνοι Μικροοργανισμοί
- Οργανικές Ενώσεις
- Θρεπτικά
- Άλατα
- Βαρέα Μέταλλα
- Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Παθογόνοι Μικροοργανισμοί

- Παρουσία σε ανθρώπινες και ζωικές εκκρίσεις
 - Υπεύθυνοι για μολυσματικές ασθένειες
 - Βακτήρια → χολέρα, βακτηριακή δυσεντερία, τυφοειδή πυρετό
 - Ιοί → ηπατίτιδα, πολυμυελίτιδα
 - Πρωτόζωα → αμοιβική δυσεντερία, λαμβλίαση, κρυπτοσποριδίωση
-
- Υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα και κακό αποχετευτικό δίκτυο συμβάλλουν στη γρήγορη μεταφορά επιδημιών
 - Μικροοργανισμοί δείκτες για έλεγχο νερού (ολικά κολοβακτηρίδια)

Χαρακτηριστικά Μικροοργανισμών Δεικτών

- Παρόντες όταν και ο παθογόνος είναι παρόν, απόντες σε καθαρό νερό
- Παρουσία στα περιττώματα σε μεγάλες συγκεντρώσεις
- Αντίδραση στο φυσικό περιβάλλον και στις διεργασίες επεξεργασίας με τρόπο ανάλογο του παθογόνου
- Εύκολη ανίχνευση

Οργανικές Ενώσεις

Πηγές: αστικά απόβλητα, μεταποίηση τροφίμων, κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις

Οργανικό Υλικό + O₂ → CO₂ + H₂O + Νέα Κύτταρα + Λοιπά Προϊόντα (NO₃, PO₄...)

Οργανικό Υλικό → CO₂ + CH₄ + Νέα Κύτταρα + Λοιπά Προϊόντα (H₂S, NH₃...)

DO = 8-15 mg/l (εξάρτηση από θερμοκρασία, αλατότητα)

DO_{min} = 5 mg/l (επιβίωση ψαριών)

DO = 0 mg/l (οσμές, ύπαρξη βακτηρίων)

Οργανικές Ενώσεις

BOD, βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο:

ποσό O_2 που απαιτείται από μικροοργανισμούς για αερόβια αποδόμηση οργανικών ενώσεων ($mg O_2/l$)

Οργανικές Ενώσεις

COD, χημικά απαιτούμενο οξυγόνο:

ποσό O_2 που απαιτείται για τη χημική οξείδωση οργανικών ενώσεων ($mg O_2/l$)

(μικρότερος χρόνος μέτρησης αλλά συνυπολογίζει και μη βιοδιασπάσιμο οργανικό υλικό όπως κυταρίνες, φαινόλες με αποτέλεσμα $COD \geq BOD$)

ThOD, θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο:

ποσό O_2 που απαιτείται για την πλήρη οξείδωση οργανικών ενώσεων βάση της στοιχειομετρικής αντίδρασης ($mg O_2/l$)

Προσδιορισμός BOD₅

BOD₅: ποσό O₂ που καταναλώνεται από μικροοργανισμούς τις πρώτες 5 ημέρες της βιοαποδόμησης (25-95% BOD_u)

Τρόπος Μέτρησης

Σε **πωματισμένη σκουρόχρωμη** φιάλη μέτρηση του DO στην αρχή (t=0ημέρες) και τέλος του πειράματος (t=5 ημέρες) (θ = 20 °C)

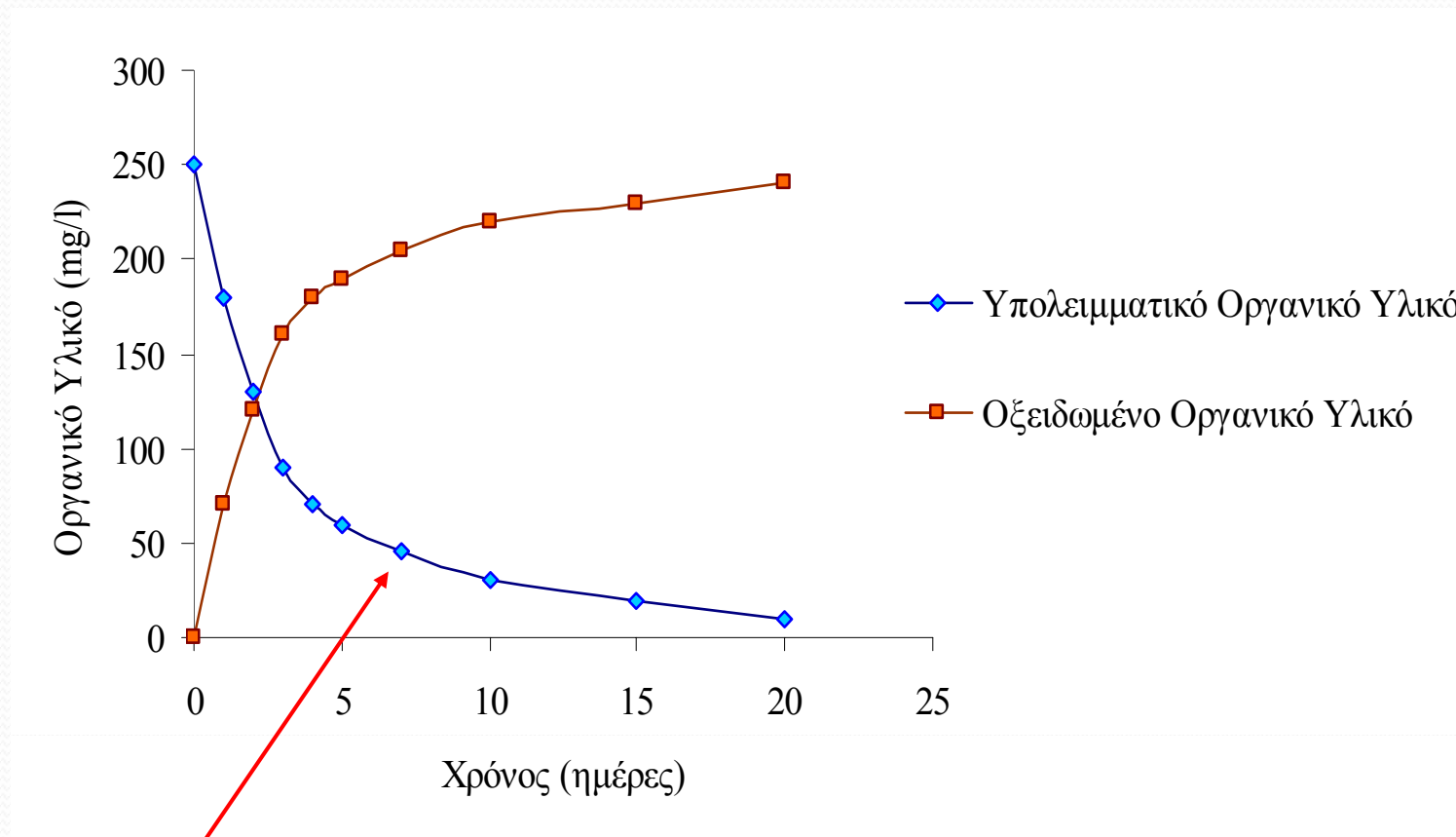
$$BOD_5 = DO_{(t=0)} - DO_{(t=5)}$$

$$DO_{(t=5)} > 2 \text{ mg/l}$$

$$DO_{(t=0)} - DO_{(t=5)} \geq 2 \text{ mg/l}$$

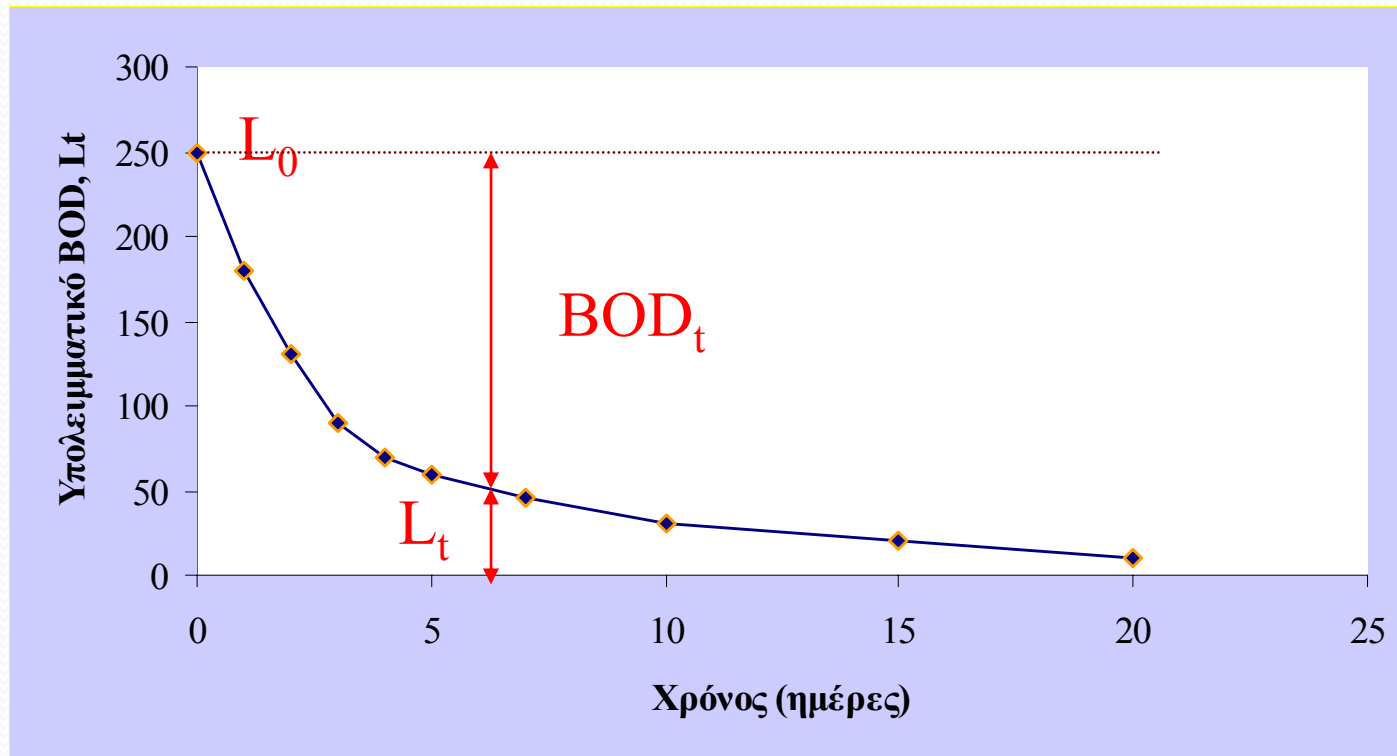
Απαίτηση Αραίωσης Δείγματος

Προσδιορισμός BOD₅



Υπολειμματικό BOD

BOD



$$\frac{dL_t}{dt} = -kL_t \quad \Rightarrow \quad L_t = L_0 e^{-kt}$$

Προσδιορισμός BOD₅

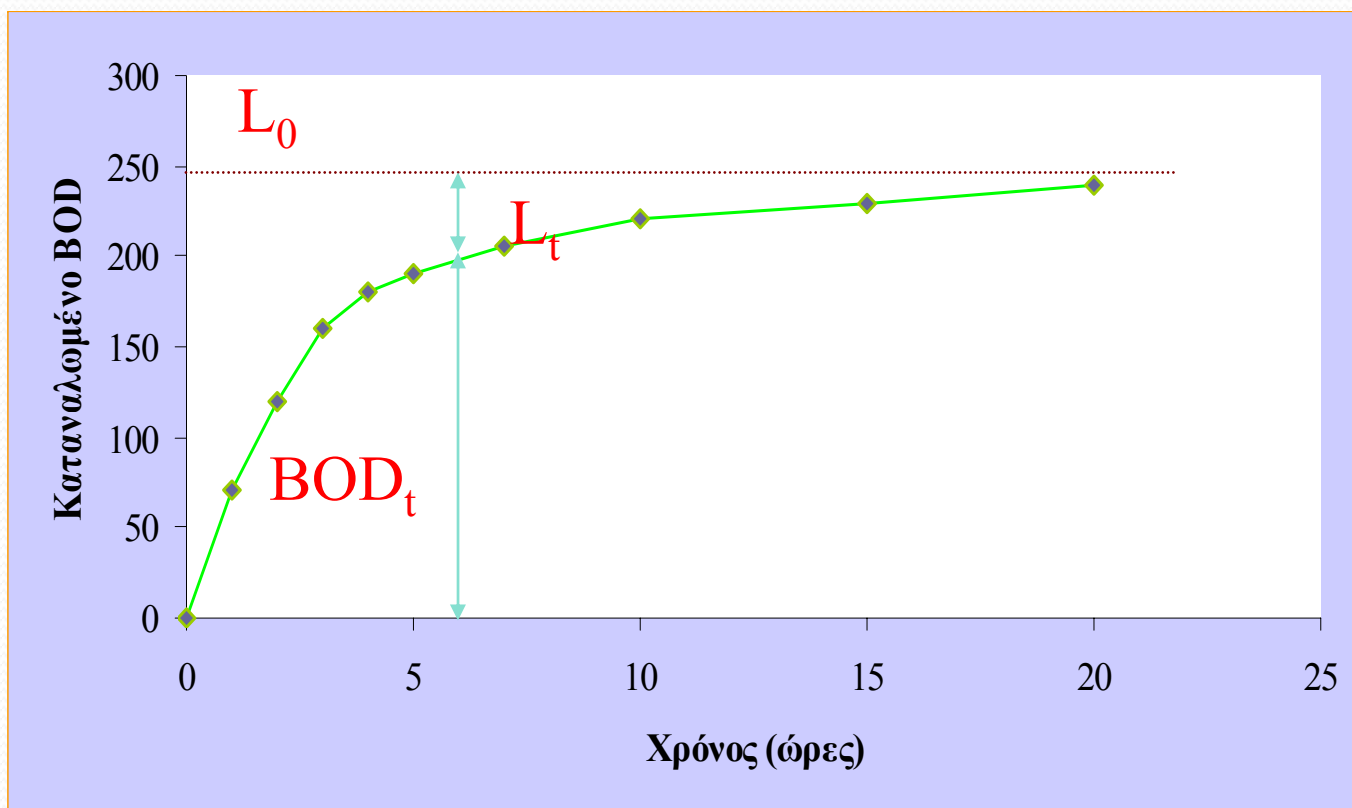
$$L_t = L_0 e^{-kt}$$

k = σταθερά αντίδρασης BOD, υποδεικνύει την ταχύτητα βιοαποδόμησης των αποβλήτων (t^{-1})

L_0 = ολική απαίτηση O_2 για οξείδωση του συνόλου του οργανικού υλικού (mg/l) (BOD_u)

L_t = απαίτηση O_2 για οξείδωση οργανικού υλικού που παραμένει στη φιάλη μετά από χρόνο t (BOD που παραμένει στη φιάλη)

Προσδιορισμός BOD₅



Προσδιορισμός BOD₅

$$\begin{array}{l} L_0 = \text{BOD}_t + L_t \\ L_t = L_0 e^{-kt} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} L_0 = \text{BOD}_t + L_t \\ L_t = L_0 e^{-kt} \end{array}} \right\} \text{BOD}_t = L_0(1 - e^{-kt})$$

Παράδειγμα 3.1

Σταθερά αντίδρασης BOD₅, k

Εξάρτηση k από:

- Φύση αποβλήτων (εύκολα βιοδιασπάσιμα => υψηλό k)
- Ικανότητα μικροοργανισμών να αποδομούν απόβλητα
- Θερμοκρασία

$$k_T = k_{20} \theta^{(T-20)}$$

Όπου : $\theta = 1,047$

Παράδειγμα

Θρεπτικά (N, P, S, Ca, K)

Υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών



Υπερανάπτυξη αλγών

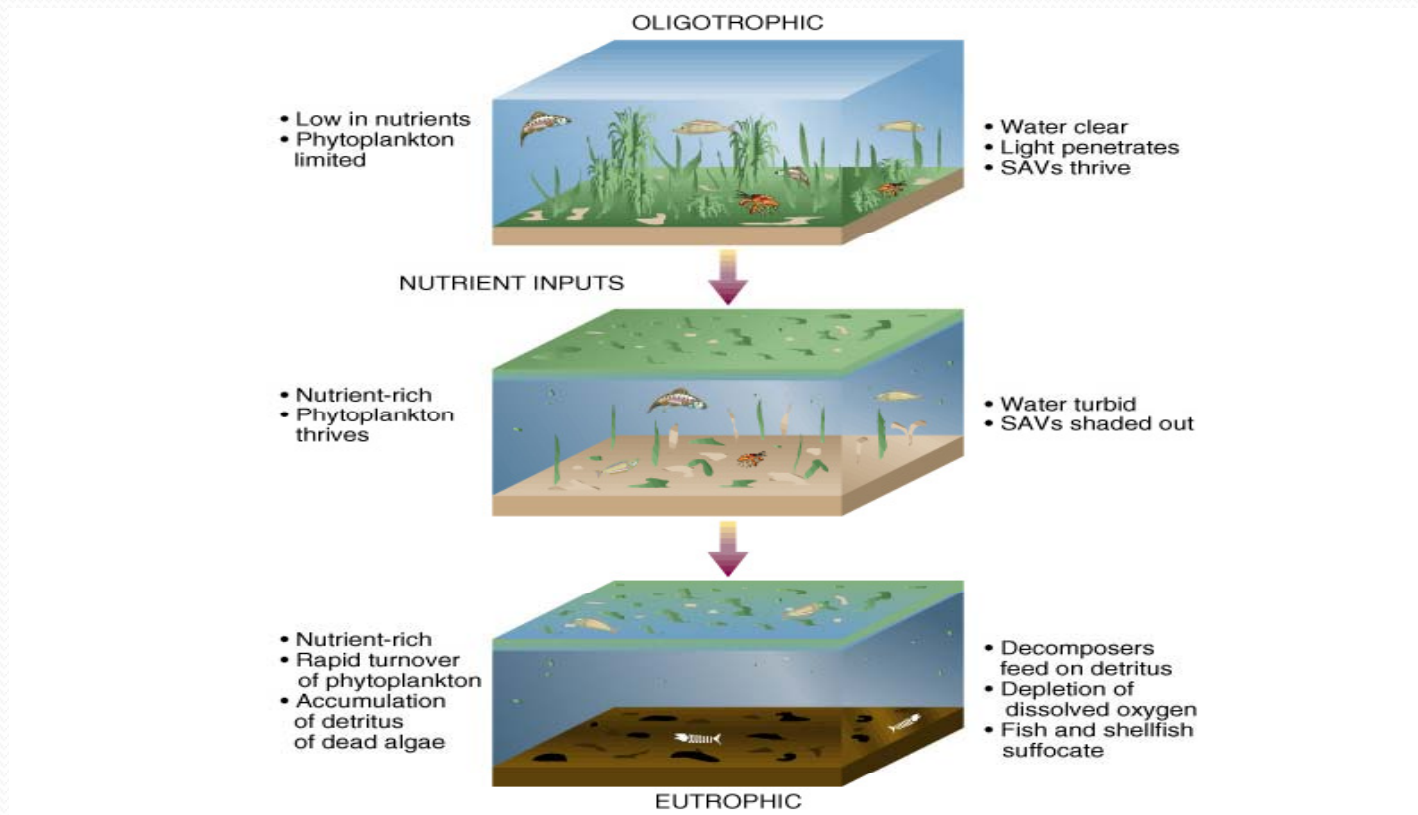


Μείωση DO κατά την αποσύνθεση αλγών



Χρωματισμός νερού, οσμές, ανεπάρκεια DO για άλλους οργανισμούς
(ευτροφισμός)

Μετατροπή Ολιγοτροφικού Υδάτινου Σώματος σε Ευτροφικό



Φυτοπλαγκτόν: φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί που αιωρούνται στο υδάτινο σώμα

SAV: Submerged Aquatic Vegetation



Ευτροφισμός: φυσική διεργασία που επιταχύνεται από ανθρώπινες δραστηριότητες

Σημαντικότερα θρεπτικά : C, N, P

Περιοριστικός παράγοντας: στοιχείο που είναι λιγότερο διαθέσιμο σε σχέση με τις ανάγκες οργανισμού



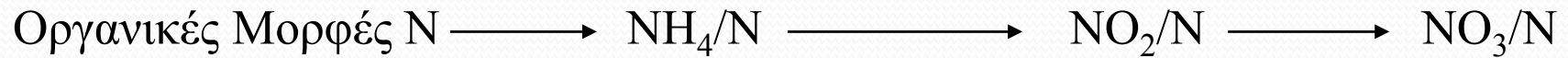
Έλεγχος υπερανάπτυξης αλγών => περιορισμός θρεπτικού που αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα

$$N/P = 10$$

$N/P > 10$ => περιοριστικός παράγοντας P

$N/P < 10$ => περιοριστικός παράγοντας N

N (αστικά απόβλητα, κτηνοτροφικά απόβλητα, λιπάσματα..)

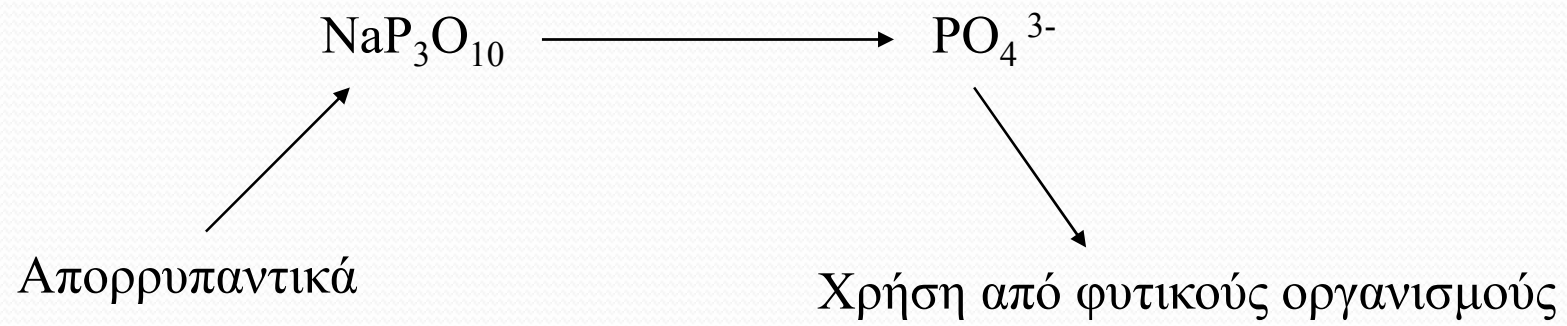


Νιτροποίηση : χημιαυτότροφοι μικροοργανισμοί ($\text{CO}_2 \Rightarrow$ πηγή άνθρακα και οξείδωση ενώσεων N \Rightarrow πηγή ενέργειας)



Παράδειγμα 3.2

P (απορρυπαντικά, λιπάσματα...)



Άλατα

Πηγές: διάβρωση εδαφών, αστικές-βιομηχανικές απορροές

Προσδιορισμός Αλατότητας: Ολικά Διαλυμένα Στερεά (TDS)

TDS < 1500 mg/l (επιφανειακά νερά)

TDS < 5000 mg/l (υφάλμυρα νερά)

TDS = 30000 – 34000 mg/l (θαλασσινό νερό)

Άλατα

Εντατική Άρδευση => υφαλμύρωση εδαφών

υφαλμύρωση νερού κατάντη

Η περίπτωση του Rio Grande.....

Σημείο	Παροχή (10^6 m ³ /έτος)	TDS (mg/l)
Otowi Bridge	1,33	221
Caballo Dam	0,96	515
El Paso	0,65	787
Fort Quitman	0,25	1691

Βαρέα Μέταλλα

Βαρέα Μέταλλα: Στοιχεία με ειδικό βάρος $\geq 5 \text{ g/cm}^3$ (Cd, Hg, Cu, Pb, Cr, Ni....)

Πηγές Βαρέων Μετάλλων: βιομηχανικές δραστηριότητες, ανθρώπινες εκκρίσεις, χρήση απορρυπαντικών, εμπορικές δραστηριότητες

Hg \longrightarrow διαταραχές στο νευρικό σύστημα (περίπτωση Νεύτωνα....)

Pb \longrightarrow διαταραχές στον εγκέφαλο (περίπτωση Ρώμης....)

Μη βιοδιασπάσιμες ουσίες

Βαρέα Μέταλλα

Διαφοροποίηση τοξικότητας ανάλογα με:

Είδος Μετάλλου (Cd, Pb, AsFe, Mg, Al)

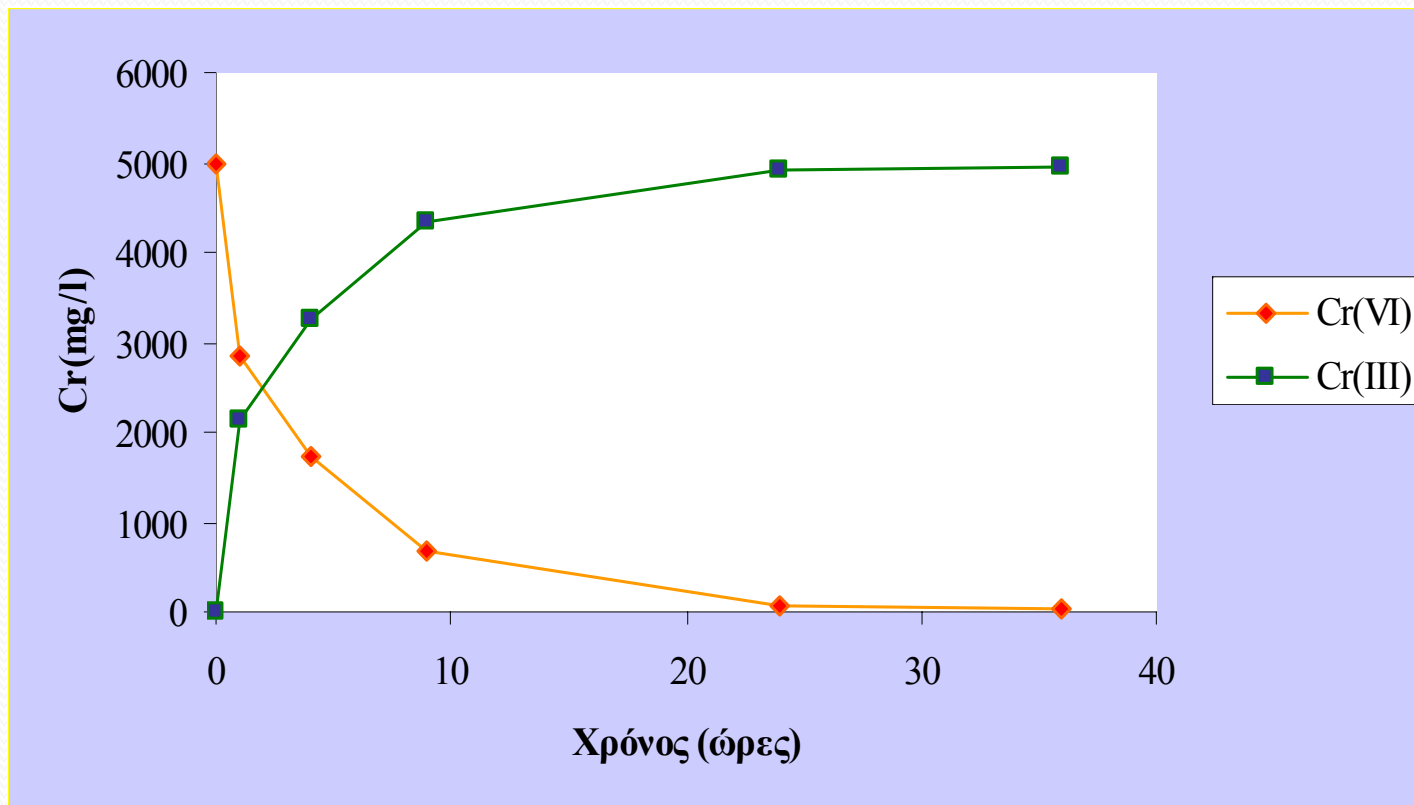
Χημική Μορφή που είναι διαθέσιμα ((Cr(III) – Cr(VI), υγρός Hg – αέριος Hg)

K _i (mg/l)			
As(III)	As(V)	Hg(II)	CH ₃ Hg
6,1	81	120	1,2

K_i = συγκέντρωση ουσίας που προκαλεί 50% αναχαίτιση στην ταχύτητα αναπνοής μικροοργανισμών

Βαρέα Μέταλλα

Δυνατότητα αλλαγής χημικού είδους με μικροβιακή δράση



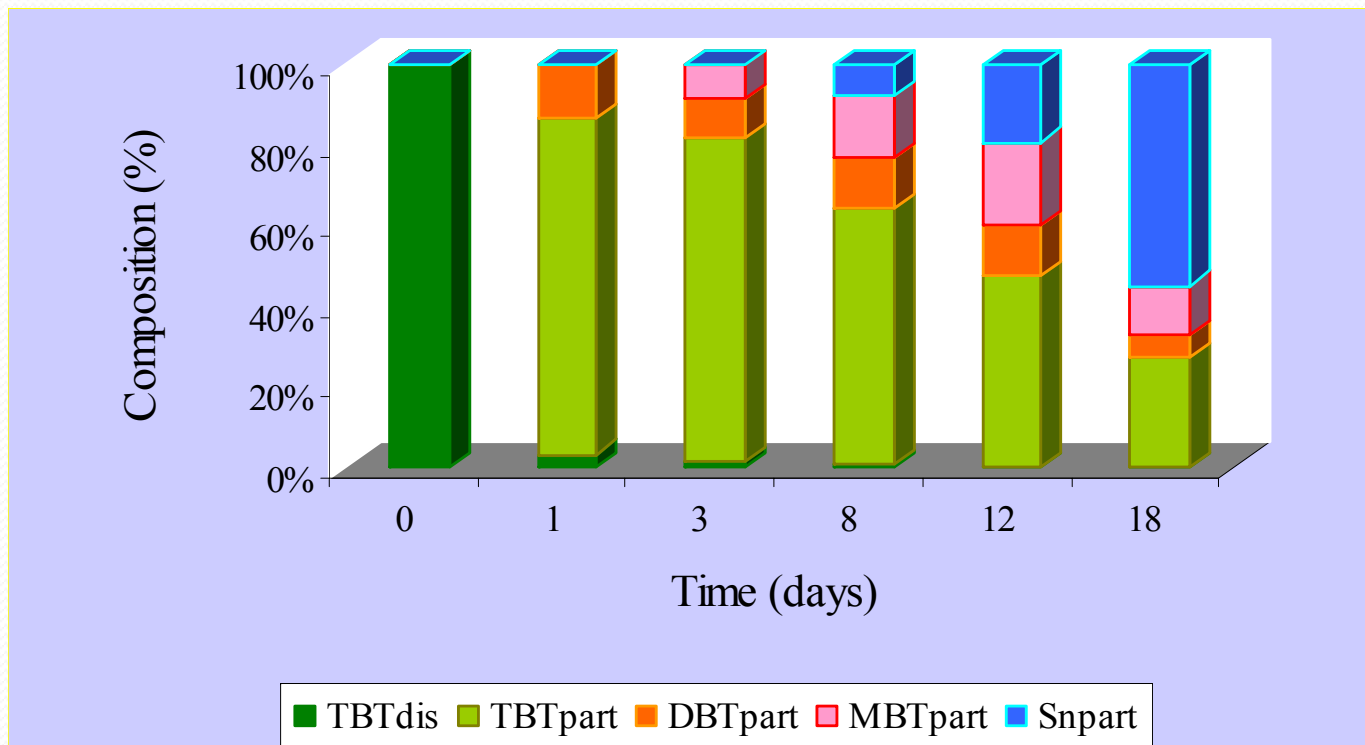
Cr(VI) :
καρκινογόνο,
μεταλλαξιογόνο

Cr(III) : χαμηλή
τοξικότητα

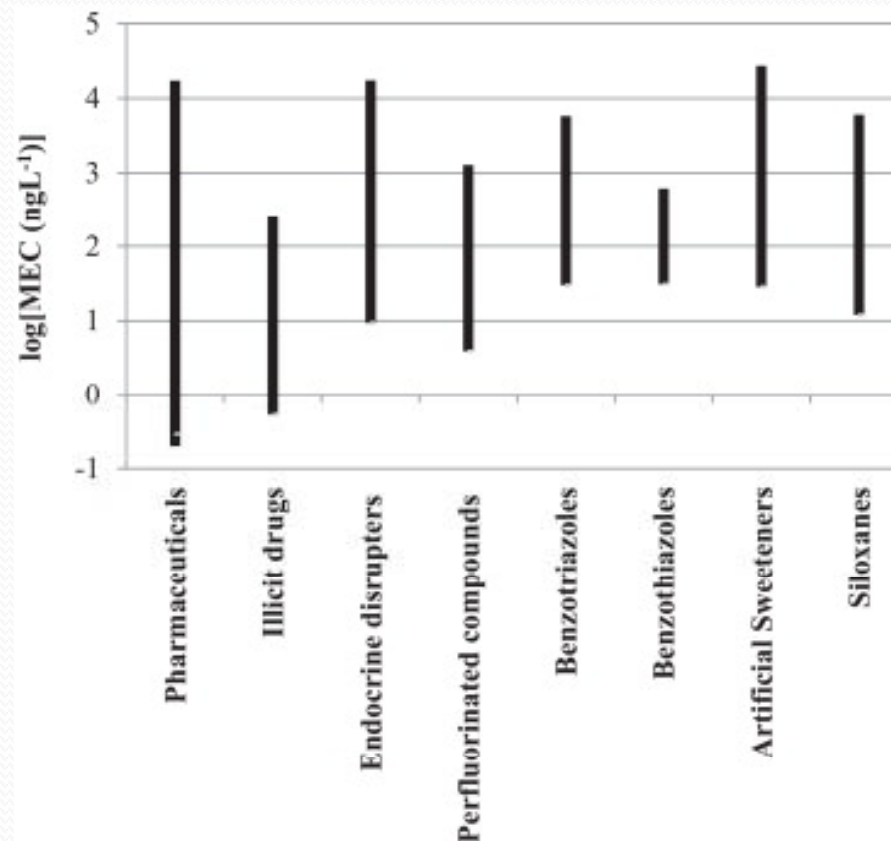
Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Φυτοφάρμακα, διαλύτες, χρώματα, φαρμακευτικές ενώσεις.....

Μηδενική ή Αργή βιοαποδόμηση



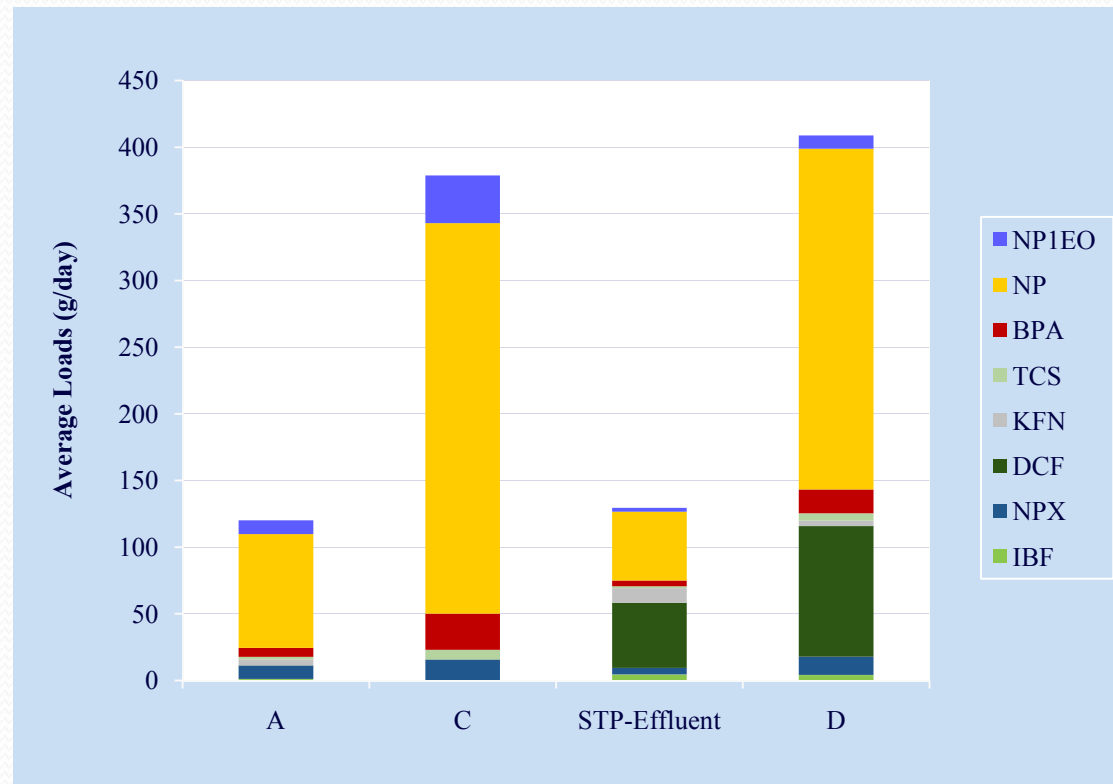
Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις (Ελλάδα)



Journal of Hazardous Materials, 2015

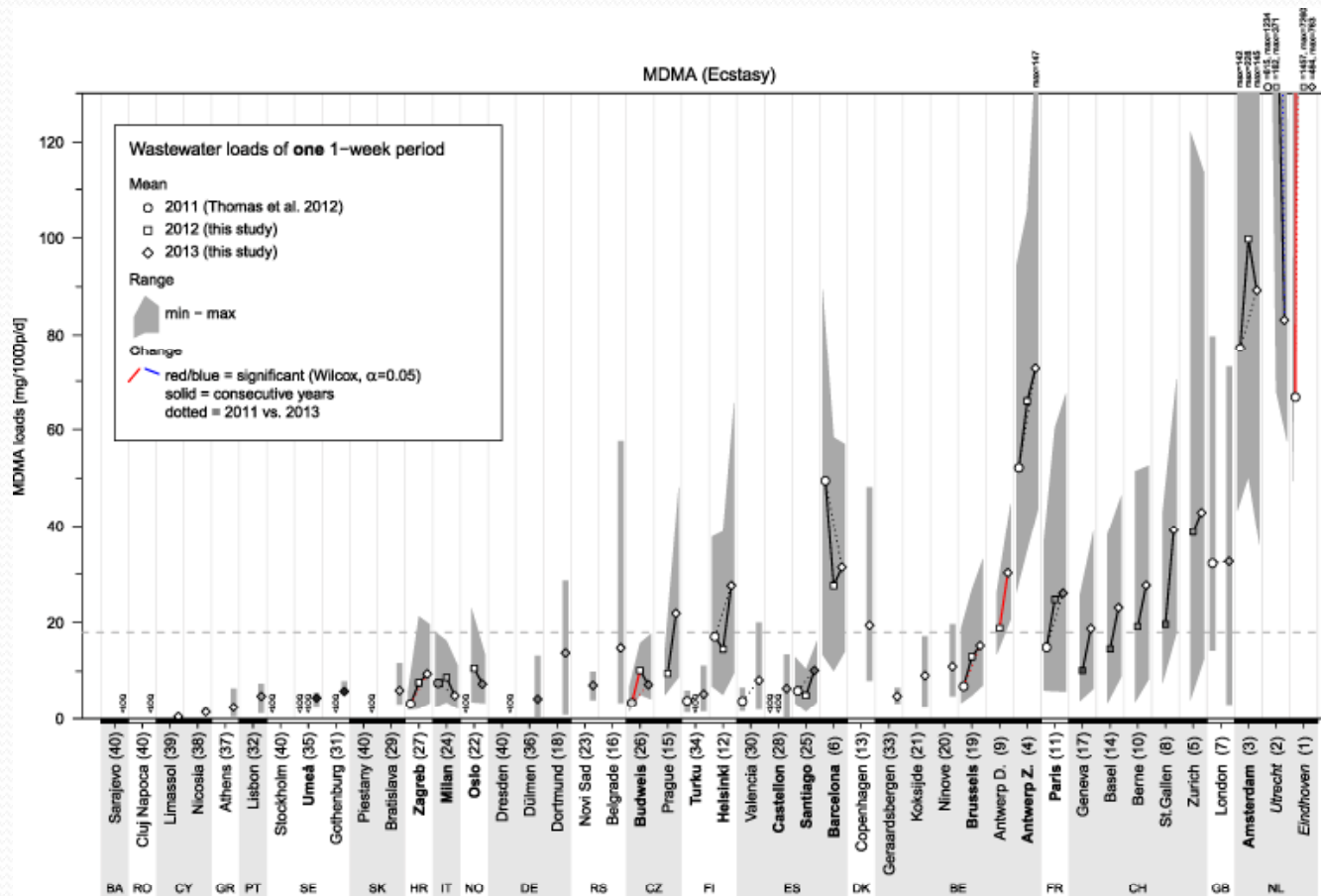
Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Μάζες ουσιών – Ποταμός Αίσωνας (Πιερία)



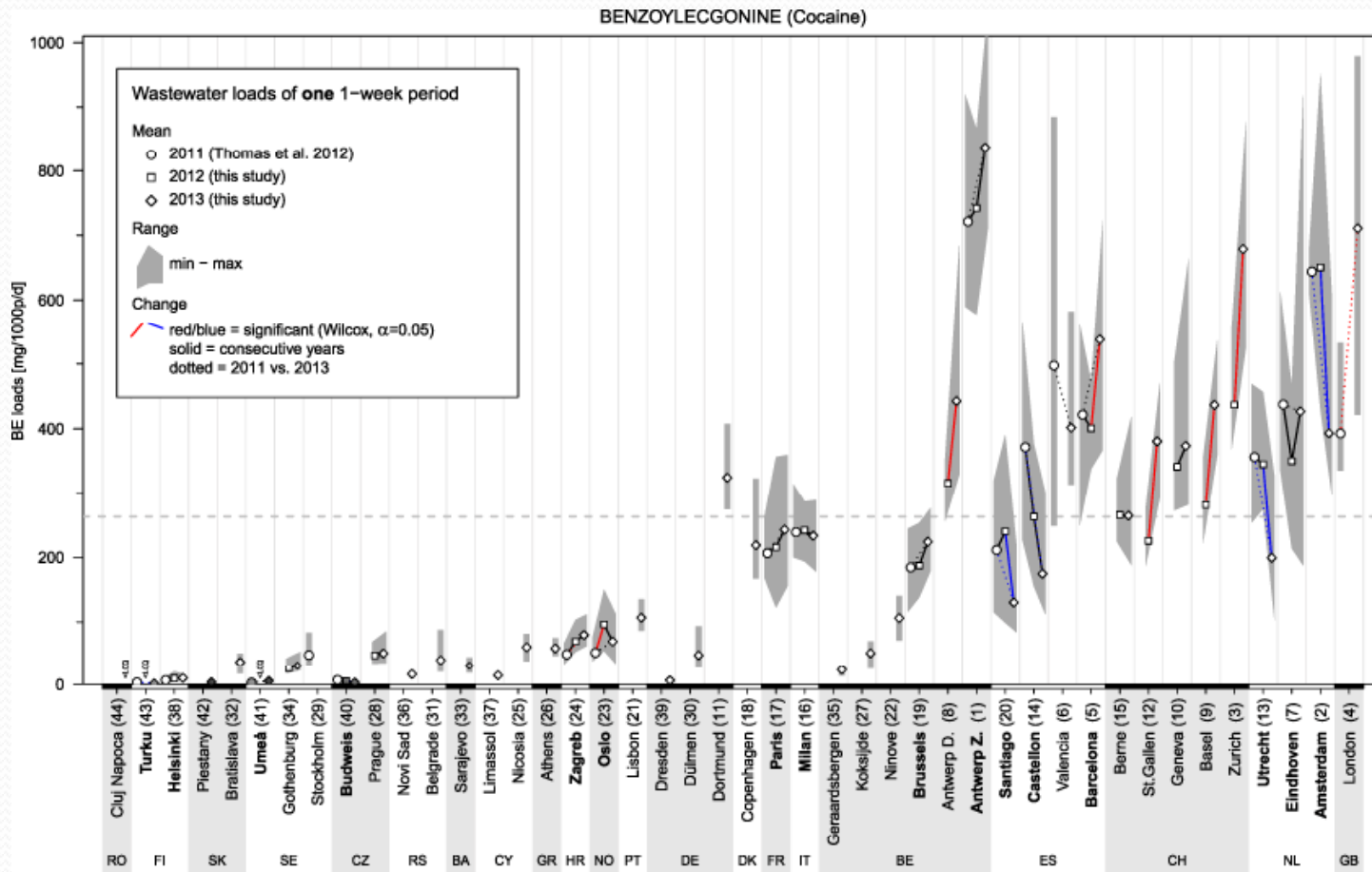
Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Ναρκωτικά (Ευρώπη)



Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Ναρκωτικά (Ευρώπη)



Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις

Φυτοφάρμακα

Συνθετικές Οργανικές Ενώσεις για θανάτωση εντόμων, ζιζανίων, μυκήτων

Οργανοχλωριωμένα (DDT, Aldrin, Dieldrin, Endosulfan...)

Μεγάλος χρόνος διάσπασης, συσσώρευση σε λιπώδεις ιστούς

Συσσώρευση σε οργανισμούς ανώτερων βαθμίδων τροφικής αλυσίδας

Οργανοφωσφορικά (Parathion, Malathion, Diazinon)

Γρηγορότερη διάσπαση, υψηλότερη οξεία τοξικότητα

Καρβαμιδικά (προερχόμενα από καρβαμιδικό οξύ)

Μικρός χρόνος παραμονής, υψηλή οξεία τοξικότητα

Νομοθετικό Πλαίσιο

- Οδηγία 76/464/ΕΟΚ => ποιότητα επιφανειακών υδάτων
- Οδηγία 80/68/ΕΟΚ => ποιότητα υπόγειων υδάτων
- Οδηγία 98/83/ΕΚ => ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης

- Οδηγία 2000/60/ΕΚ => Θέσπιση Πλαισίου Κοινοτικής Δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων
- Οδηγία 2008/105/ΕΕ => όρια επιφανειακών υδάτων (Environmental Quality Standards, EQS / ουσίες προτεραιότητας)

Νομοθετικό Πλαίσιο

Οδηγία 76/464/ΕΟΚ

- Χαρακτηρίζει κάποιες ουσίες ως τοξικές στο περιβάλλον (Κατάλογος I, Κατάλογος II)
- Θεσπίζει όρια εκπομπής για τις βιομηχανίες
- Ορίζει ποιοτικούς στόχους ανά κατηγορία αποδέκτη

Νομοθετικό Πλαίσιο

Κατάλογος I της Οδηγίας 76/464/ΕΟΚ

Ουσία	Επιφανειακά Ύδατα (μg/l)	Ύδατα Εκβολών (μg/l)	Θαλάσσια Ύδατα (μg/l)
Κάδμιο	5	5	2,5
Υδράργυρος	1	0,5	0,3
Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	0,1	0,02	0,02
Τετραχλωράνθρακας	12	12	12
DDT	25	25	25
Πενταχλωροφαινόλη	2	2	2
Αλδρίνη	0,01	0,01	0,005
Χλωροφόρμιο	12	12	12
Τριχλωροβενζόλιο	10	10	10

Νομοθετικό Πλαίσιο

Οδηγία 2008/105/ΕΚ

Ουσία	Εσωτερικά	Λοιπά	Εσωτερικά	Λοιπά
	Επιφ. Ύδατα	Επιφ. Ύδατα	Επιφ. Ύδατα	Επιφ. Ύδατα
	Ετήσια Μέση Συγκέντρωση		Μέγιστη Ετήσια Συγκέντρωση	
	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)
1. Alachlor	0.3	0.3	0.7	0.7
2. Ανθρακένιο	0.1	0.1	0.4	0.4
3. Ατραζίνη	0.6	0.6	2	2
.....				
.....				
.....				
33. Τριφθοραλίνη	0.03	0.03	Δεν εφαρμόζεται	

Νομοθετικό Πλαίσιο

Οδηγία 98/83/ΕΕ - Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης

- Νερό που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα (δίκτυο διανομής, βυτίο, φιάλη)
- Νερό που χρησιμοποιείται σε επιχειρήσεις παρασκευής τροφίμων για παρασκευή, συντήρηση, επεξεργασία ή εμπορία προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση
- Ορίζονται τιμές σε μια σειρά ουσιών
- Θεσπίζονται προγράμματα ελέγχου για το νερό
- Καθορίζονται οι χρησιμοποιούμενες αναλυτικές μέθοδοι

Νομοθετικό Πλαίσιο

Οδηγία 98/83/ΕΕ

Μικροβιολογικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100 ml)
<i>Escherichia coli</i> (E. coli)	0
Εντερόκοκκοι	0

Για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία, ισχύουν τα ακόλουθα:

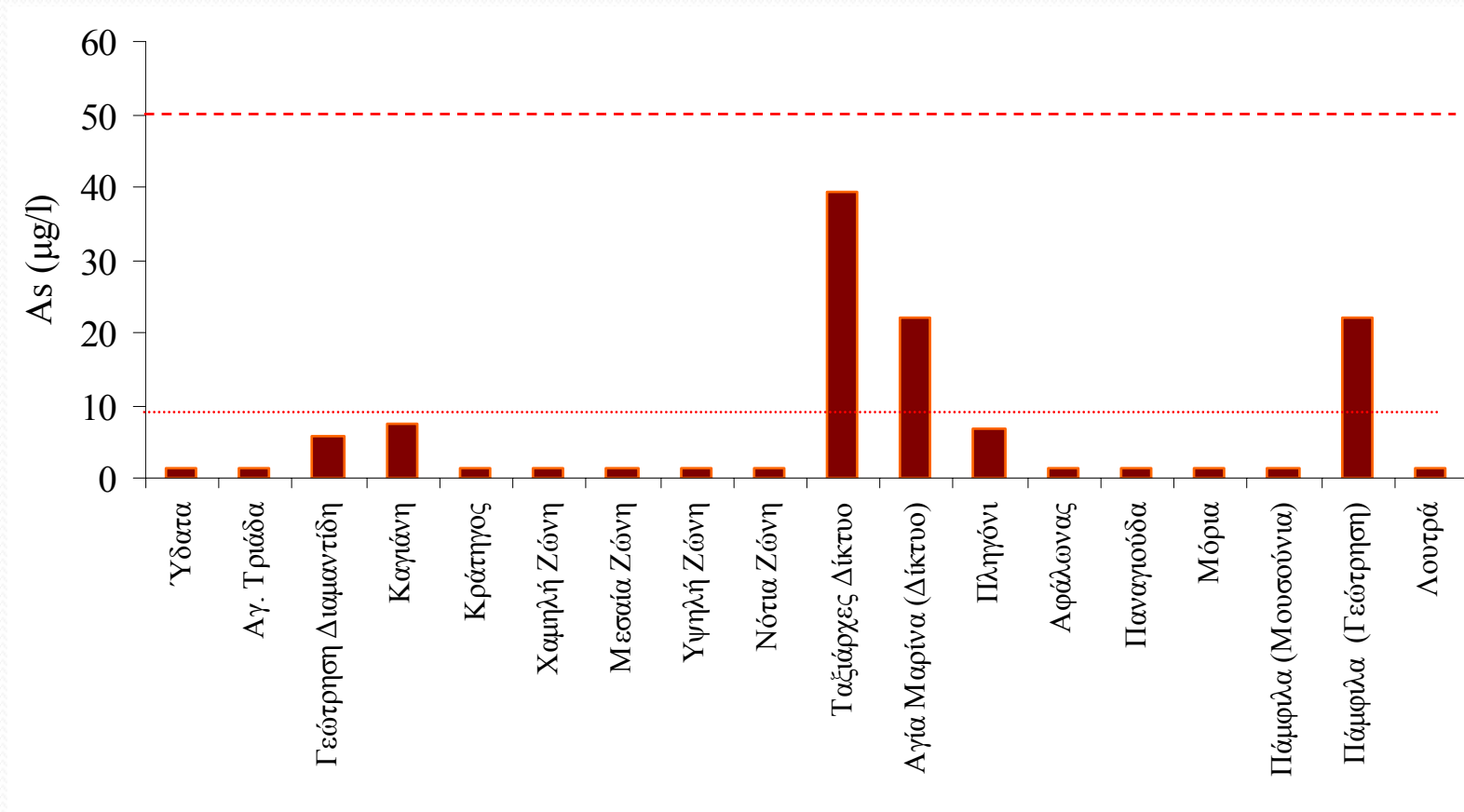
Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
<i>Escherichia coli</i> (E. coli)	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22 °C	100/ml
Αριθμός αποικιών 37 °C	20/ml

Οδηγία 98/83/ΕΕ

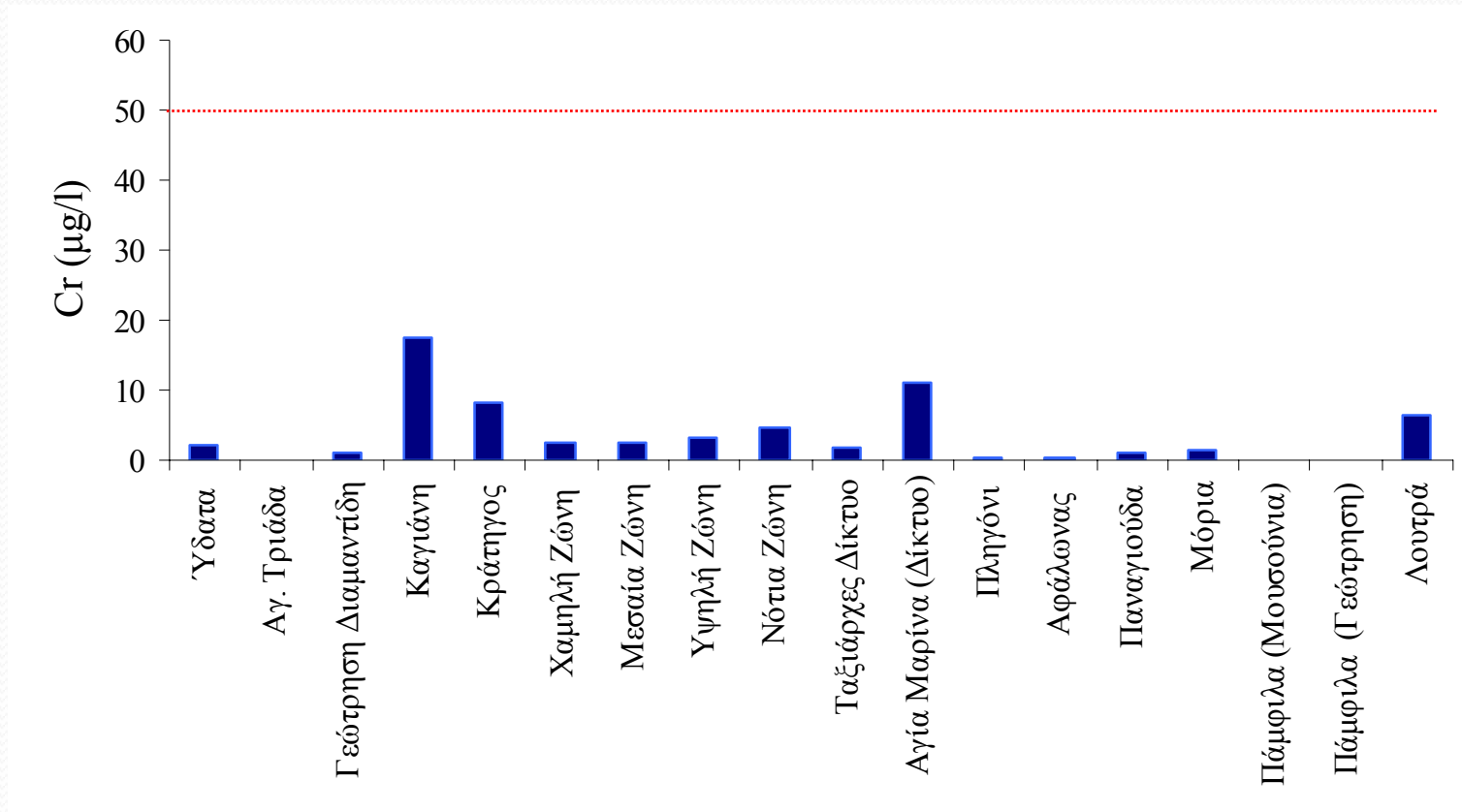
Χημικές παράμετροι

Παράμετρος	Παραμετρού τιμή	Μονάδα	Σημειώσεις
Ασβηλαμίδιο	0,10	μg/l	Σημείωση 1
Αντιμόνιο	5,0	μg/l	
Αρσενικό	10	μg/l	
Βενζόλιο	1,0	μg/l	
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	μg/l	
Βόριο	1,0	mg/l	
Βρωμικά άλατα	10	μg/l	Σημείωση 2
Κάδμιο	5,0	μg/l	
Χρόμιο	50	μg/l	Σημείωση 3
Χαλκός	2,0	mg/l	Σημείωση 3
Κυανιογόνα άλατα	50	μg/l	
1,2-διχλωροαιθάνιο	3,0	μg/l	
Επιχλωροδρίνη	0,10	μg/l	Σημείωση 1
Φθοριογόνα άλατα	1,5	mg/l	
Μόλυβδος	10	μg/l	Σημειώσεις 3 και 4
Υδράργυρος	1,0	μg/l	
Ναέλιο	20	μg/l	Σημείωση 3
Νιτροά άλατα	50	mg/l	Σημείωση 5
Νιτρώδη άλατα	0,50	mg/l	Σημείωση 5
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l	Σημειώσεις 6 και 7
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l	Σημειώσεις 6 και 8
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ενόσεων σημείωση 9
Σελήνιο	10	μg/l	
Τετραχλωροαιθάνιο και Τριχλωροαιθάνιο	10	μg/l	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων παραμέτρων

Προσδιορισμός As σε πόσιμα νερά Μυτιλήνης



Προσδιορισμός Cr σε πόσιμα νερά Μυτιλήνης



Προσδιορισμός Pb σε πόσιμα νερά Μυτιλήνης

