



Εκμετάλλευση και Προστασία των Υπόγειων Υδατικών Πόρων

Ενότητα 12: Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού
Δειγματοληψία – Μετρήσεις

Αναπληρωτής Καθηγητής Ευθύμιος Νταρακάς
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.





Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού Δειγματοληψία – Μετρήσεις



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Ποιότητα νερού



Ποιοτικά χαρακτηριστικά – Δειγματοληψία – Μέθοδοι ανάλυσης

- Ποιότητα
 - Φυσικοχημικές μετρήσεις (στο πεδίο – στο εργαστήριο).
 - Δειγματοληψία.
 - Μεταφορά – Συντήρηση δειγμάτων.
 - Χημικές αναλύσεις (στο πεδίο – στο εργαστήριο).
 - Μικροβιολογικές αναλύσεις (στο εργαστήριο).
 - Αναφορά στις χρησιμοποιούμενες (Standard) μεθόδους.
 - Επεξεργασία δεδομένων.
 - Παρουσίαση των αποτελεσμάτων.
 - Αποτίμηση των αποτελεσμάτων.
 - Παράθεση – Συσχέτιση με τη νομοθεσία.
- Δράση – Επεξεργασία.



Νομοθεσία – Υγειονομικοί κανονισμοί (1/3)

- ΥΜ 5673/4.12.57 (ΦΕΚ 5 Β' /9.1.1958) «Περί απολυμάνσεως του ύδατος των υδρεύσεων».
- ΥΔ Γ3α/761/6.3.68 (ΦΕΚ 189 Β' /1968) «Περί ποιότητας του πόσιμου νερού».
- ΚΥΑ 46399/1352 (ΦΕΚ 438 Β' /3.7.1986), Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα.
- **Ποιότητα «πόσιμου νερού»** σε συμμόρφωση προς την Οδηγία 80/778 του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15.7.80, ΦΕΚ 53, 20.2.86./Β'.
- **ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892, Β', 11.7.2001)** σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83 ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3^{ης} /11/98 για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης».
- **Οδηγία 2000/60/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.



Νομοθεσία – Υγειονομικοί κανονισμοί (2/3)

- **Νόμος 3199** (ΦΕΚ 280, Α', 9.12.2003), Προστασία και διαχείριση υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου του 2000.
- Αριθμ. ΔΥΓ2/Γ.Π. οικ 38295, (ΦΕΚ 630, Β', 26.4.2007), Τροποποίηση της Υγειονομικής Διάταξης ΚΥΑ Υ2/2600/2001 «Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998.
- Αριθμ. Η.Π. 8600/416/Ε103, (ΦΕΚ 356, Β', 26.2.2009), Ποιότητα και μέτρα διαχείρισης των υδάτων κολύμβησης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2006/7/ΕΚ «σχετικά με την διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης και την κατάργηση της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 15ης Φεβρουαρίου 2006.



Νομοθεσία – Υγειονομικοί κανονισμοί (3/3)

- Η επίγνωση του προβλήματος της ρύπανσης έχει οδηγήσει διάφορες χώρες να θεσπίσουν βελτιωτικές πολιτικές.
- Η Ε.Ε. έχει καθιερώσει προγράμματα περιβαλλοντικής δράσης με στόχο την αειφορία.
- Οι στόχοι των προγραμμάτων στην πολιτική των υδάτων είναι:
 1. η διατήρηση της ποιότητας των καθαρών υπογείων υδάτων,
 2. η αποφυγή της περαιτέρω ρύπανσης,
 3. η αποκατάσταση, κατά περίπτωση, των υπόγειων υδάτων.



Το πρόβλημα της ρύπανσης των νερών

Μια ουσία χαρακτηρίζεται ως **ρύπος** εφόσον η συγκέντρωσή της στο νερό είναι αρκετά μεγαλύτερη απ' αυτήν που συνήθως συναντάται στα φυσικά αποθέματα του γλυκού νερού.

Με άλλα λόγια **ρύπος** είναι κάθε ουσία που εμποδίζει την κανονική χρήση του νερού.

Ένας ρύπος χαρακτηρίζεται **τοξικός** όταν έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει σοβαρή βλάβη ή θάνατο σε ανθρώπους ή ζώα.

Ρύπανση : Επιβάρυνση του νερού με ύλη ή ενέργεια (Οργανική ύλη, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , Μέταλλα, Τοξικές ουσίες, Ραδιενέργεια, Θερμότητα, κ.λ.π.).

Μόλυνση : Επιβάρυνση του νερού με παθογόνους για τον άνθρωπο και τα ζώα μικροοργανισμούς.

Η ρύπανση μπορεί να είναι:

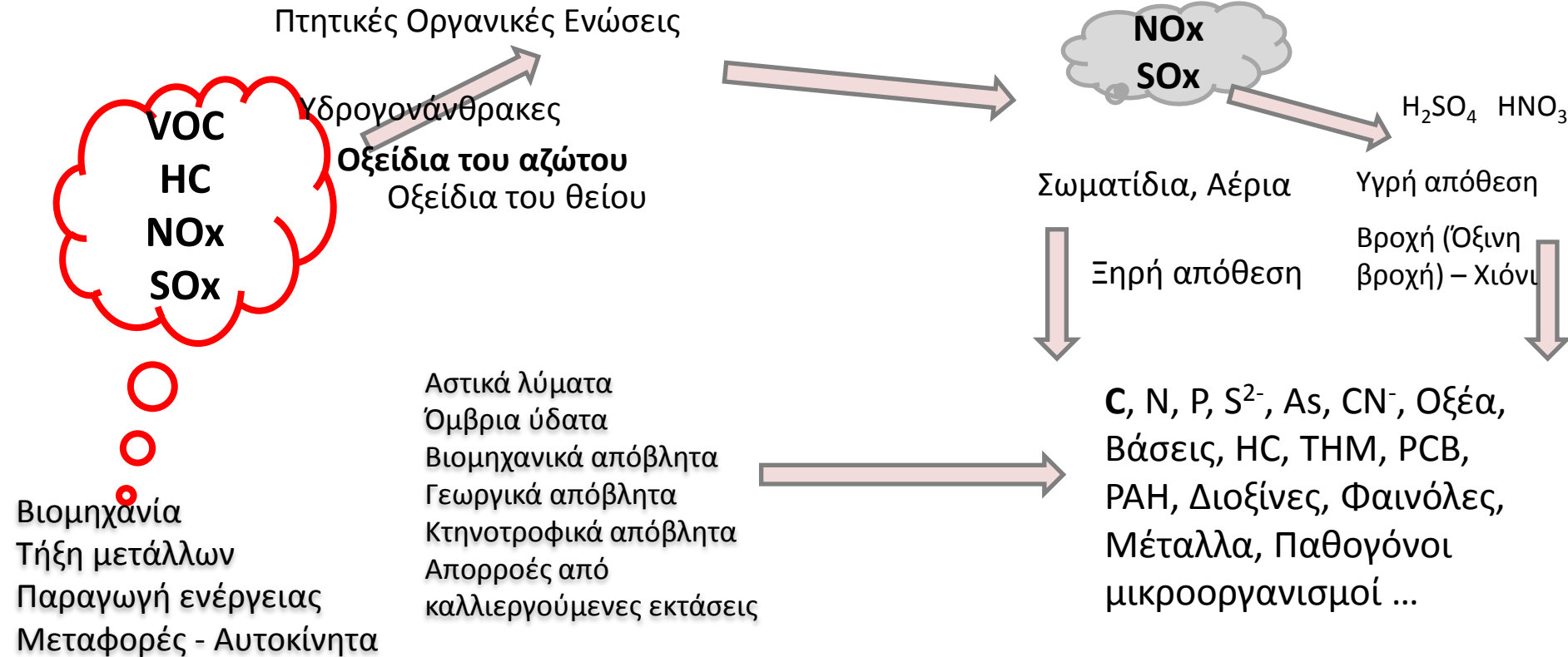
χημική με την εισαγωγή επικίνδυνων τοξικών ουσιών,
ενεργειακή,
θερμική,
ραδιενεργή,
βιολογική κ.λ.π.

Ακόμα η ρύπανση μπορεί να είναι:

άμεση, δηλαδή ρύπανση που μπορεί να διαπιστωθεί με την όσφρηση και την όραση όπως τα τοξικά απόβλητα που σκοτώνουν αμέσως υδρόβιους οργανισμούς όπως τα ψάρια και
έμμεση, δηλαδή ρύπανση που δεν είναι ορατή και σταδιακά προκαλεί αλλαγές στα είδη που διαβιούν στο νερό.



Μεταφορά ρύπων



Ρύπανση – Μόλυνση του νερού:

Κάθε επιβάρυνση του νερού με ύλη ή ενέργεια σε ποσότητα & ένταση τέτοιες, που επηρεάζουν τον αυτοκαθαρισμό του, μέσω των βιολογικών και γεωχημικών κύκλων θεωρείται υποβάθμιση της ποιότητας του νερού.



Τύποι ρυπαντών του νερού (1/3)

- **Οργανικοί ρυπαντές** που απομειώνουν το οξυγόνο (π.χ. κοπριά ζώων, ανθρώπινα απορρίμματα, φυτικά υποπροϊόντα) και λιπαντικές ουσίες, όπως το κάλιο, ο φώσφορος και το άζωτο (P, K, N). Οι επιπτώσεις των ουσιών αυτών είναι η εξάντληση του οξυγόνου, υπερβολικά άλγη και ανάπτυξη βακτηρίων και παθογόνων οργανισμών.
- **Τοξικές οργανικές ενώσεις** (π.χ. πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs), υδρογονάνθρακες πετρελαίου, φυτοφάρμακα (DDT). Αυτές οι ουσίες έχουν θανατηφόρες, καρκινογόνες, τερατογόνες, μεταλλαξιγόνες, ανοσοκατασταλτικές ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και άλλων μορφών ζωής.
- **Μέταλλα** (π.χ. Zn, Cd, Pb, Hg). Πρόκειται για πρωτογενή στοιχεία ή ενώσεις αυτών των στοιχείων τα οποία έχουν θανατηφόρες, καρκινογόνες, τερατογόνες, μεταλλαξιγόνες, ανοσοκατασταλτικές ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων ή άλλων μορφών ζωής.



Τύποι ρυπαντών του νερού (2/3)

- **Ραδιενεργά υλικά** (ουράνιο, τρίτιο, ραδόνιο, καίσιο). Αυτά είναι πρωτογενή στοιχεία με θανατηφόρες, καρκινογόνες, τερατογόνες, μεταλλαξιογόνες, ανοσοκατασταλτικές ή άλλες επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων ή άλλων μορφών ζωής, αλλά έχουν και την ιδιότητα να εκπέμπουν ενέργεια με τη μορφή των κυμάτων ή ακτίνων (α , β , γ).
- **Οχληρές ουσίες** (S, Fe, CH_4 , Na, CaCO_3 , αιωρούμενα στερεά, κ.λ.π.). Οι ουσίες αυτές προκαλούν προβλήματα στη γεύση του νερού, οσμές, κίνδυνο έκρηξης, προβλήματα αποθέσεων και εμφράξεων σε σωλήνες και σε συστήματα επεξεργασίας.



Τύποι ρυπαντών του νερού (3/3)

Ρύπανση (Επιβάρυνση του νερού με ύλη ή ενέργεια)			Μόλυνση (Επιβάρυνση με παθογόνους μικροοργανισμούς)
Συμβατικοί ρύποι (Ουσίες από ανθρωπογενείς δραστηριότητες)	Μη συμβατικοί ρύποι	Θερμική ρύπανση	Μικροοργανισμοί
Οργανική ύλη	Οξέα – Βάσεις	(Θερμά απόβλητα νερά βιομηχανιών)	Ιοί
Ενώσεις του αζώτου (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-)	Τοξικές οργανικές ενώσεις: (Ζιζανιοκτόνα, Εντομοκτόνα, Παρασιτοκτόνα, Διοξίνες, Φαινόλες, Χλωροφαινόλες, Χλωριωμένοι ΗC, THM, Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAH)		Βακτήρια
Ενώσεις του φωσφόρου (PO_4^{3-})	Βαριά μέταλλα (Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, Cu, Zn, κ.λπ.)		Μύκητες
	Αρσενικό (As)		Πρωτόζωα
	Θειούχα (S^{2-})		Έλμινθες
	Κυανιούχα (CN^-)		
Ραδιενεργά στοιχεία			



Πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών

Ρύπανση υπόγειων νερών που δημιουργείται στην επιφάνεια του εδάφους	Ρύπανση υπόγειων νερών που δημιουργείται πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα	Ρύπανση υπόγειων νερών που δημιουργείται κάτω από τον υδροφόρο ορίζοντα
Διήθηση ακάθαρτου επιφανειακού νερού	Επιφανειακές δεξαμενές διάθεσης αποβλήτων	Διάθεση αποβλήτων σε εκσκαφές με νερό
Επιφανειακή διάθεση στερεών και ρευστών αποβλήτων	Διαρροή από υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης	Αγροτικά πηγάδια στράγγισης και αρδευτικές διώρυγες
Σκουπιδότοποι	Σηπτικοί και διηθητικοί βόθροι	Υπεδάφια αποθήκευση
Διάθεση αποβλήτων & λάσπης από σταθμούς επεξεργασίας	Διαρροή από σωλήνες μέσα στο έδαφος	Διάθεση αποβλήτων με πηγάδια
Ρίψη αλατιού στους δρόμους	Χώροι ταφής απορριμμάτων	Ορυχεία
Συσώρευση ζωοτροφών, χαλασμένων φρούτων κτλ.	Λεκάνες αποστράγγισης και στερεομένα πηγάδια	Ερευνητικές γεωτρήσεις
Λιπάσματα και φυτοφάρμακα	Τεχνητός εμπλουτισμός	Εγκαταλειμμένα πηγάδια
Διαρροές από ατυχήματα	Ρίψη αποβλήτων σε εκσκαφές	Πηγάδια ύδρευσης
Ουσίες από την ατμόσφαιρα	Νεκροταφεία	Ανάπτυξη υδατικών πόρων



ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟΣ ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΚΥΡΙΟΤΕΡΩΝ ΡΥΠΩΝ της Οδηγίας 2000/60

1. Οργανοαλογονούχες ενώσεις και ουσίες που μπορεί να σχηματίζουν τέτοιες ενώσεις στο υδάτινο περιβάλλον.
2. Οργανοφωσφορικές ενώσεις.
3. Οργανοκασιτερικές ενώσεις.
4. Ουσίες και παρασκευάσματα ή προϊόντα αποικοδόμησής τους, που αποδεδειγμένα έχουν καρκινογόνες ή μεταλλαξιογόνες ιδιότητες ή ιδιότητες που μπορεί να επηρεάσουν τη στερεοειδογόνο λειτουργία του θυρεοειδούς, την αναπαραγωγή ή άλλες λειτουργίες που σχετίζονται με το ενδοκρινικό σύστημα μέσα στο υδάτινο περιβάλλον ή μέσω αυτού.
5. Παραμένοντες υδρογονάνθρακες και παραμένουσες και βιοσυσσωρεύσιμες οργανικές τοξικές ουσίες.
6. Κυανιούχες ενώσεις.
7. Μέταλλα και ενώσεις τους.
8. Αρσενικό και ενώσεις του.
9. Βιοκτόνα και φυτοπροστατευτικά προϊόντα.
10. Υλικά σε αιώρημα.
11. Ουσίες που συμβάλλουν στον ευτροφισμό (ιδίως νιτρικές και φωσφορικές ενώσεις).
12. Ουσίες που επηρεάζουν δυσμενώς το ισοζύγιο οξυγόνου (και μπορούν να μετρηθούν χρησιμοποιώντας παραμέτρους, όπως BOD, COD κ.λ.π.).



Συμβατικοί ρύποι του νερού

Οργανική ύλη

Ενώσεις του
αζώτου (NH_4^+ ,
 NO_2^- , NO_3^-)

Ενώσεις του
φωσφόρου
(PO_4^{3-})



Μη συμβατικοί ρύποι του νερού

Οξέα - Βάσεις

Ζιζανιοκτόνα

Χλωριωμένοι
HC
- THM

Διοξίνες

Βαριά μέταλλα

Παρασιτοκτόνα

PCB's

Ραδιενεργά
στοιχεία

Φαινόλες -
Χλωροφαινόλες

Εντομοκτόνα

PHA's

As, S²⁻, CN⁻



Ζιζανιοκτόνα, Εντομοκτόνα, Λιπάσματα

- Ρύπανση των υπόγειων νερών με νιτρικά άλατα (NO_3^-).
- Το πρόβλημα της ρύπανσης των υπόγειων νερών από τους ΧΥΤΑ.



Ποιοτικός έλεγχος νερού

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ



**ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ -
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΤΟΥ
ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ ΣΤΟ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ**



**ΑΝΑΛΥΣΗ
(ΧΗΜΙΚΗ – ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ)
Έκφραση – Παρουσίαση αποτελεσμάτων**



Δειγματοληψία

Δειγματοληψία – Συντήρηση δείγματος

Σημείο δειγματοληψίας ...

Βάθος ...

Δειγματολήπτες ...

Σκεύη (φιάλες) ...

Διήθηση δειγμάτων ;;;

Επί τόπου μετρήσεις ...

Συντήρηση δειγμάτων ($\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{HgCl}_2$) - Ψύξη ;;;

Μεταφορά στο εργαστήριο.



Εργαστήριο - Δειγματοληψία και ανάλυση

- Οργάνωση εργαστηριακού χώρου ...
- Κανόνες ασφάλειας και υγιεινής
- Όργανα ...
- Αντιδραστήρια ...
- Ευαισθησία δειγμάτων ...
- Προτεραιότητα στις μετρήσεις ;;;
- Καλός Χημικός !!!



Περιοδικός πίνακας χημικών στοιχείων

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn						
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	



Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

- Θερμοκρασία
- Οξύτητα – Αλκαλικότητα
- Αγωγιμότητα – Αλατότητα
- Θολότητα
- Οσμή
- Χρώμα
- Στερεές ουσίες
- Άλατα – Σκληρότητα
- Διάφορα κατιόντα (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+)
- Διάφορα ανιόντα (NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , Cl^-)
- Θρεπτικά συστατικά (N, P, S, Si)
- Αέρια (Υδροθείο, Μεθάνιο, Αμμωνία)
- Ιχνοστοιχεία
- Βαριά μέταλλα
- Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC)

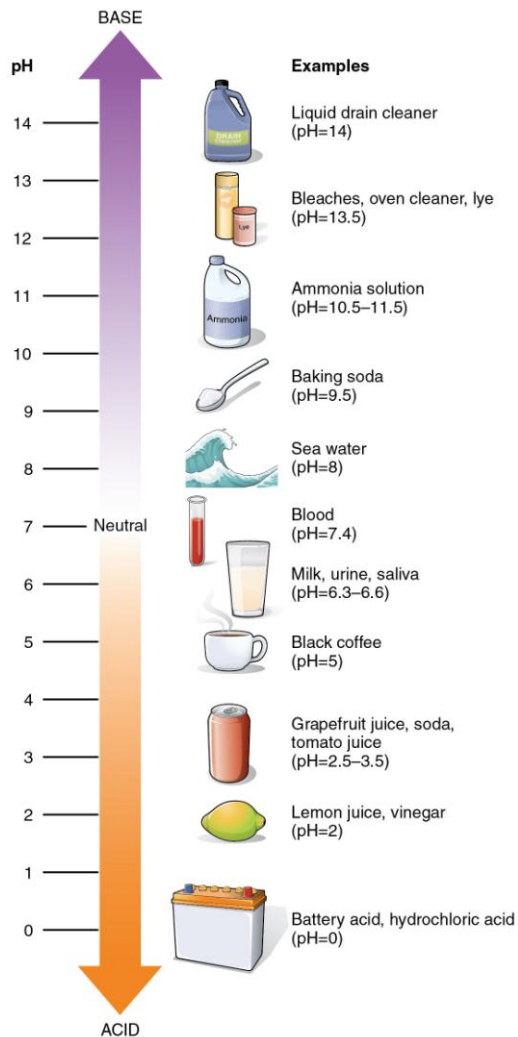


Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά

- Βακτήρια
- Ιοί
- Πρωτόζωα
- Μύκητες
- Άλγη
- Έλμινθες
- Μαλακόστρακα



Η μέτρηση του pH



Εικόνα 1: τιμές pH για κάποιες κοινές ουσίες.

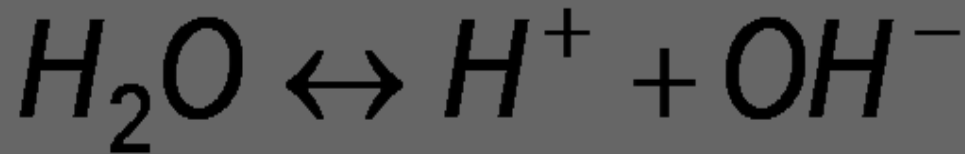
Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/PH#/media/File:216_pH_Scale-01.jpg

Τελ/ταία ημ/ν'λια επ/ψης 22/5/2015



Οξύτητα – Αλκαλικότητα (pH)

Διάσταση
του
νερού



Ορισμός
του pH

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

Μέγεθος

$$pH + pOH = 14$$



Η μέτρηση της αγωγιμότητας

Η μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το mho/cm , δηλαδή το αντίστροφο της αντίστασης (ohm) ή το Siemens/m (S/cm), με υποδιαίρέσεις: το $\mu\text{S/cm}$ ίσο με 10^{-6} S/cm και το mS/cm ίσο με 10^{-3} S/cm .

$$TDS(\text{mg} / \text{L}) \cong EC(\mu\text{S} / \text{cm}) \times (0.55 - 0.70)$$



Η έννοια της αλατότητας του νερού

- **Αλατότητα** είναι η συνολική ποσότητα των στερεών ουσιών σε γραμμάρια που περιέχονται σε **1 Kg** θαλασσινό νερό, όταν :
 - όλα τα CO_3^{2-} έχουν μετατραπεί σε οξείδια,
 - τα Br^- και I^- έχουν αντικατασταθεί από Cl^- ιόντα και
 - έχει οξειδωθεί όλη η οργανική ύλη

Η αλατότητα εκφράζεται : $S \text{ ‰}$ (ποσοστό επί της χιλιάδας)

Αλατότητα: Χαμηλή στους πόλους – Υψηλή στις εύκρατες ζώνες

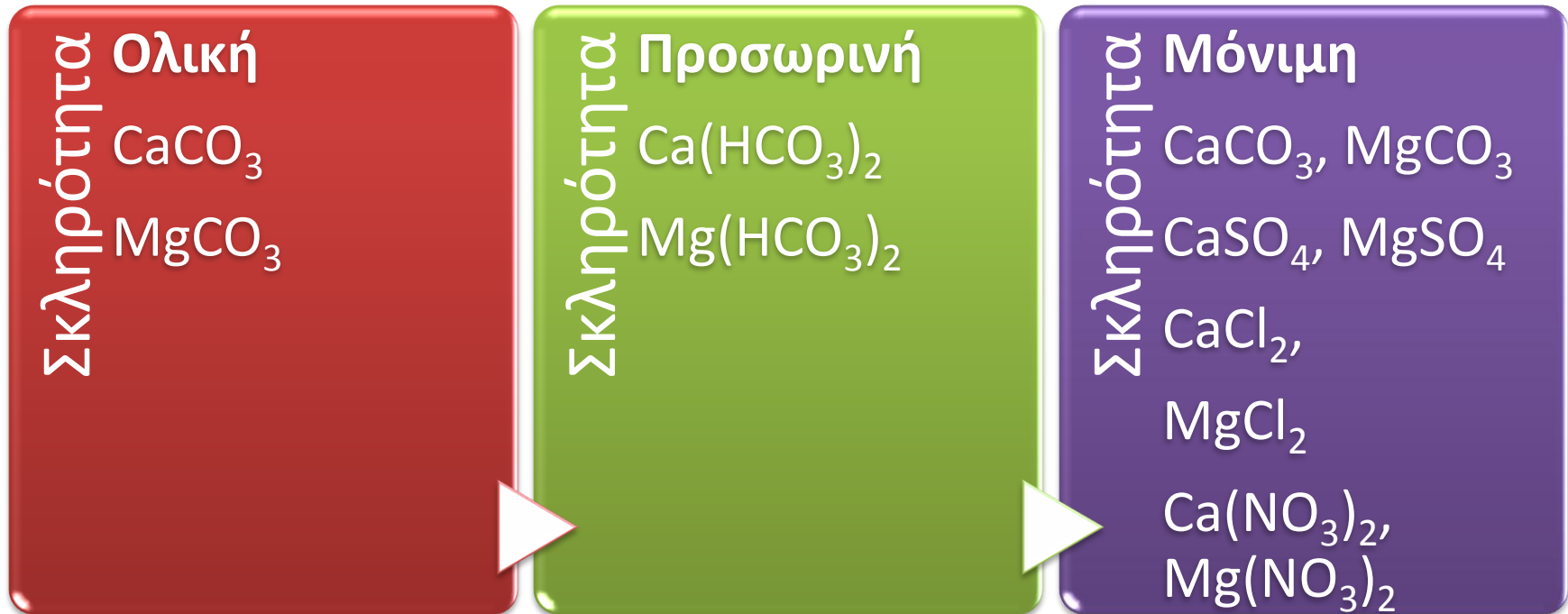


Άλατα και σκληρότητα του νερού (1/2)

Η σκληρότητα είναι μια παράμετρος, που εκφράζει την περιεκτικότητα του νερού σε πολυσθενή κατιόντα κυρίως **ασβεστίου** (Ca^{2+}) και **μαγνησίου** (Mg^{2+}) και διακρίνεται σε ολική, προσωρινή και μόνιμη.



Άλατα και σκληρότητα του νερού (2/2)

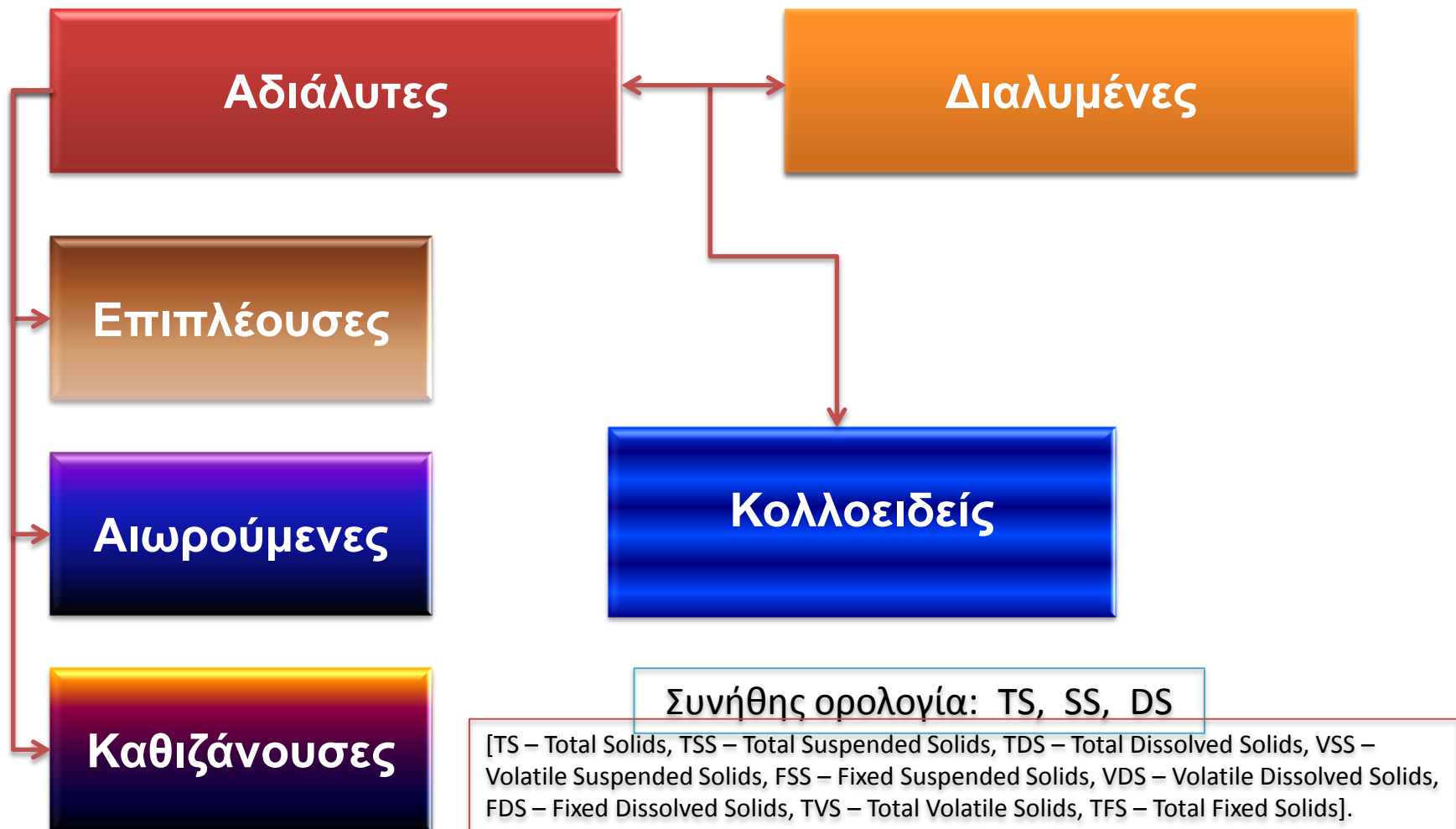


Μετατροπές μονάδων σκληρότητας νερού

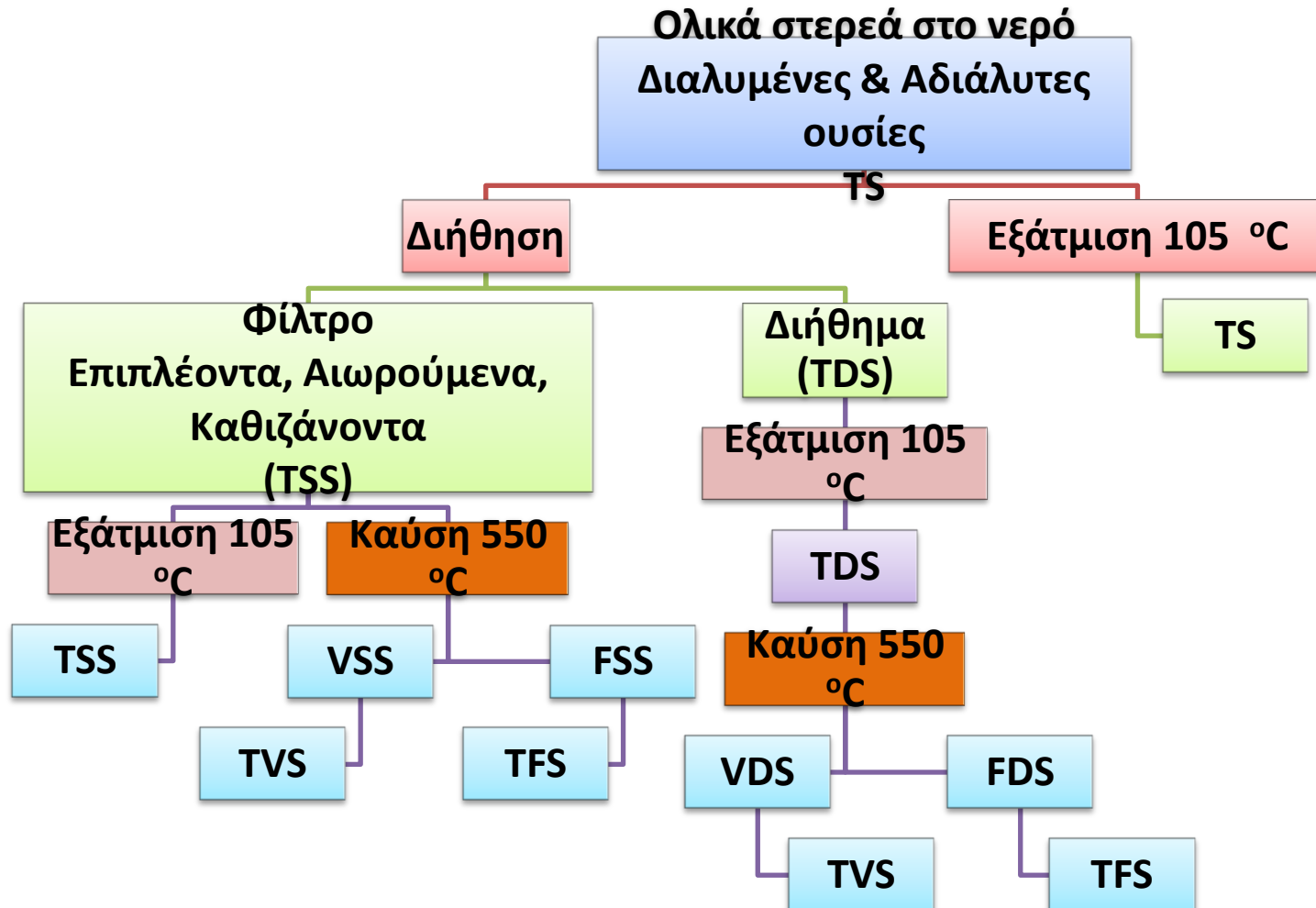
Σκληρότητα	Ιόντα αλκ. γαιών mmole/l	Ιόντα αλκ. γαιών meq/l	Γερμ. βαθμός °D	CaCO ₃ mg/l	Αγγλ. βαθμός °E	Γαλλ. βαθμός °F
Ιόντα αλκαλικών γαιών (1 mmole/l)	1.00	2.00	5.60	100.0	7.02	10.00
Ιόντα αλκαλικών γαιών (1 meq/l)	0.50	1.00	2.80	50.00	3.51	5.00
1 Γερμ. βαθμός	0.18	0.357	1.00	17.86	1.25	1.786
1 mg/l CaCO ₃	0.01	0.020	0.056	1.00	0.070	0.100
1 Αγγλικός βαθμός	0.14	0.285	0.798	14.30	1.00	1.43
1 Γαλλικός βαθμός	0.10	0.200	0.560	10.00	0.702	1.00



Στερεές ουσίες στο νερό (1/2)

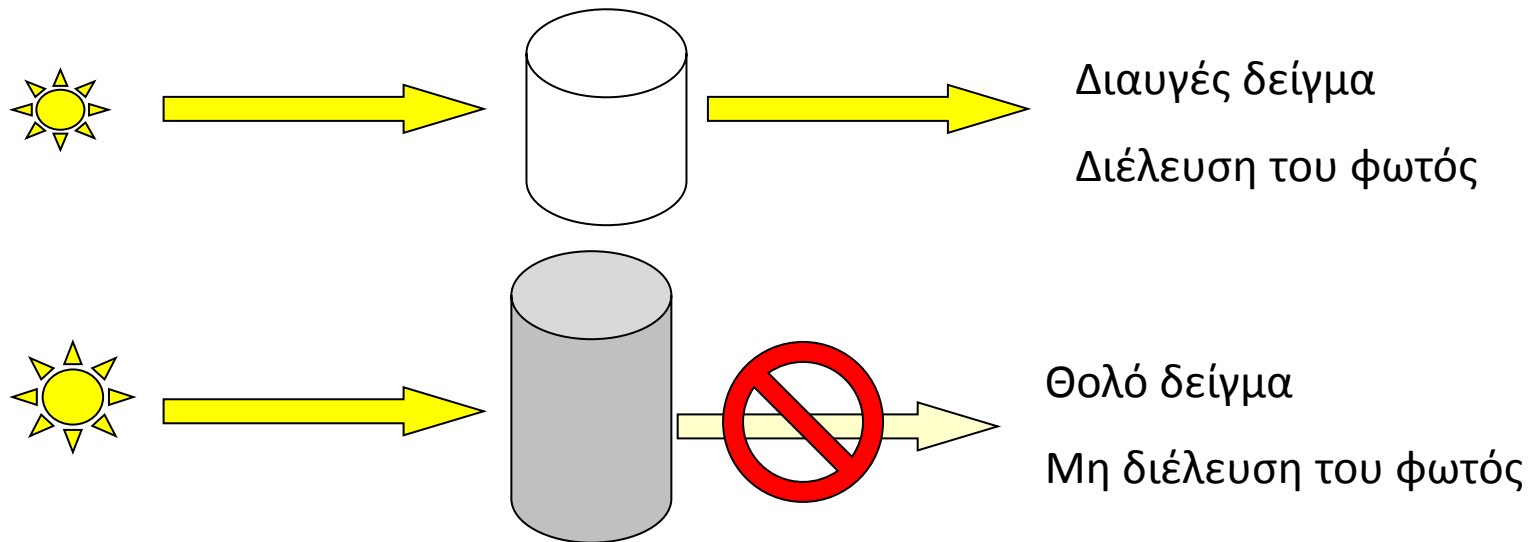


Στερεές ουσίες στο νερό (2/2)



Θολότητα του νερού

Θολότητα είναι η αντίσταση του νερού στη διέλευση του φωτός (Θολότητα είναι η απουσία διαύγειας σε ένα υγρό δείγμα).



NTU : Nephelometric Turbidity Unit

1 NTU = 1 mg SiO₂ / 1 lt H₂O
(NTU : Nephelometric Turbidity Unit)



Χρώμα: Κλίμακα Pt/Co

Φασματοφωτόμετρο διπλής δέσμης

Φορητό φασματοφωτόμετρο /
Αντιδραστήρια

Φασματοφωτόμετρο Ατομικής
Απορρόφησης



Περιοδικος Πινάκας

Τα μέταλλα

Τα αμέταλλα

H	Τα μέταλλα										Τα αμέταλλα					He		
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn							
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

K, Na, Ca, Mg, Sr, Ba, Fe, Mn, Cr, Co, Ni, Cu, Pb, Cd, Hg, Zn, As ...



Οργανική ύλη στο νερό

Αναλυτής Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC)

Μικροοργανισμοί: Βακτήρια, Ιοί,
Πρωτόζωα, Μύκητες



Μικροοργανισμοί και ασθένειες μεταδιδόμενες με το νερό

Μικροοργανισμός	Κατηγορία	Κύριες ασθένειες
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Πρωτόζωα	Οξεία εντεροκολίτιδα
<i>Cyclospora</i>	Πρωτόζωα	Οξεία εντεροκολίτιδα
<i>Toxoplasma gondii</i>	Πρωτόζωα	Τοξοπλάσμωση
<i>Legionella pneumophila</i>	Βακτήρια	Νόσος των Λεγεωναρίων
<i>Campylobacter jejunii</i>	Βακτήρια	Γαστρεντερίτιδα
<i>Escherichia coli O157:H7</i>	Βακτήρια	Αιμορραγική κολίτιδα
<i>Helicobacter pylori</i>	Βακτήρια	Γαστρικά έλκη
<i>Vibrio cholerae O139</i>	Βακτήρια	Χολέρα
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Βακτήρια	Οξεία διάρροια
<i>Norovirus and Sapovirus</i>	Ιοί	Οξεία γαστρεντερίτιδα
<i>Hepatitis E virus</i>	Ιοί	Ηπατίτιδα



Μικροβιολογικός χαρακτηρισμός νερών

Κολοβακτηρίδια CFU/ 100 ml	Χαρακτηρισμός νερών
0 – 1	Πόσιμο νερό
10 – 100	Επιφανειακά νερά μη ρυπασμένα
500 – 1.000	Νερά ύποπτα μόλυνσης
1.000 – 5.000	Νερά μέτρια μολυσμένα
10.000 – 100.000	Νερά έντονα μολυσμένα
> 100.000	Λύματα



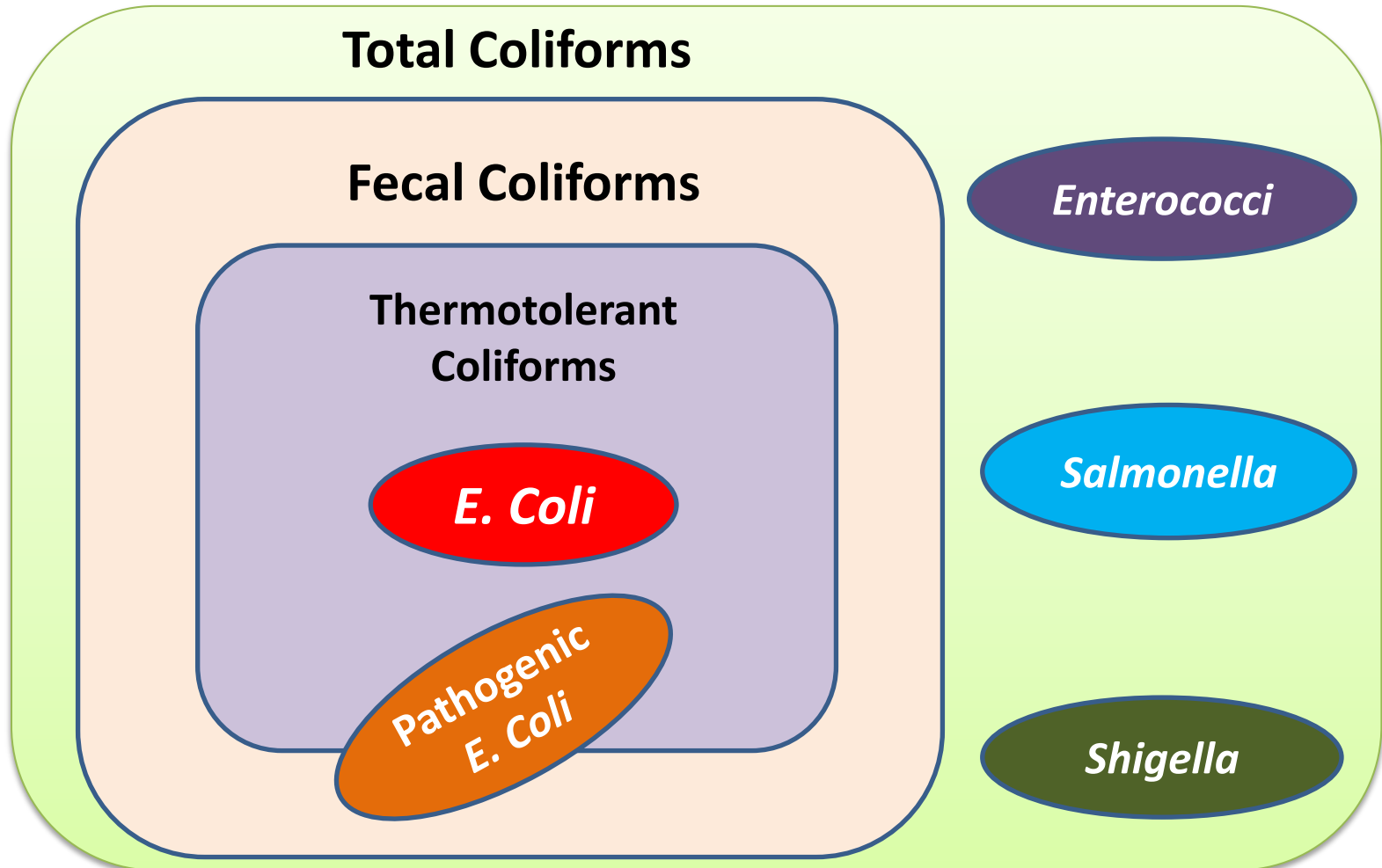
Ανώτατα επιτρεπτά όρια για τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων (CFU/100ml) στα νερά

Κατηγορία νερών	CFU/100 ml
Πόσιμο νερό	0
Νερό κολύμβησης	100
Για αλιεία	1000
Επεξεργασμένη εκροή λυμάτων	200



Οργανισμοί δείκτες:

Η οικογένεια των κολοβακτηριοειδών



Οι οργανισμοί δείκτες πρέπει:

1. Να είναι εφαρμόσιμοι σε όλα τα νερά.
2. Να συνυπάρχουν με τα παθογόνα είδη των μικροοργανισμών.
3. Η συγκέντρωσή τους να είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με τα παθογόνα είδη.
4. Να είναι εύκολα ανιχνεύσιμοι.
5. Να έχουν χρόνο ζωής παραπλήσιο με αυτόν των παθογόνων ειδών.
6. Να μην υπάρχουν στα καθαρά νερά.
7. Να έχουν σταθερά βιοχημικά χαρακτηριστικά για ανίχνευση.
8. Να είναι αβλαβείς.



Μικροβιολογικές αναλύσεις νερού

- Δειγματοληψία νερού σε αποστειρωμένες φιάλες.
- Μεταφορά στο εργαστήριο και άμεση μέτρηση.



Η μέθοδος των διηθητικών μεμβρανών (MF)

Υπόστρωμα (Θρεπτικά υλικά)

Τρυβλία Petri

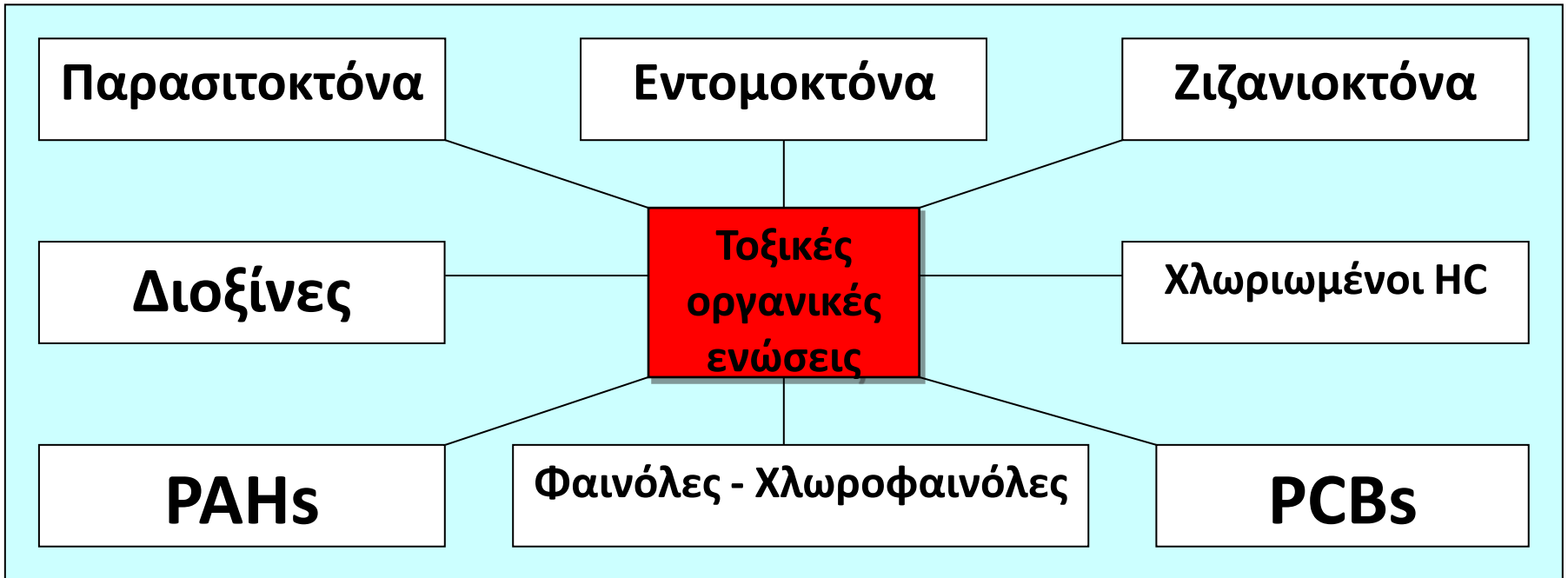
Αποστειρωμένα φίλτρα

Επωαστικός θάλαμος

Ανάπτυξη αποικιών στο τρυβλίο – Καταμέτρηση



Τοξικές οργανικές ενώσεις



Οδοί εισροής τοξικών οργανικών ενώσεων στο νερό



Από την ατμόσφαιρα

(Εξατμίζονται σχετικά εύκολα, προσροφώνται σε σωματίδια σκόνης του αέρα και καταλήγουν στη θάλασσα)

Με ευθείας απόρριψη

Από τον άνθρωπο (υπολείμματα & συσκευασίες)

Από τις βιομηχανίες παραγωγής τους



Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες

- Εντομοκτόνα, Παρασιτοκτόνα, Φυτοφάρμακα
- Δυσδιάλυτα στο νερό
- Διαλυτά στα λίπη (Διαλύονται εύκολα στο λιπώδη ιστό των οργανισμών και είναι ιδιαίτερα τοξικές για τα έντομα)
- Προσροφώνται ισχυρά
 - σε αιωρούμενα σωματίδια
 - στα ιζήματα
 - σε μικροοργανισμούς (όπως τα διάτομα)
- **Δεν είναι αποικοδομήσιμες ουσίες**

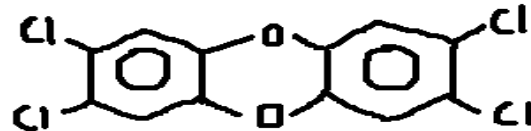
- **DDT** (Ο πρώτος χλωριωμένος υδρογονάνθρακας)

Διχλωρο-διφαινυλο-τριχλωρο αιθάνιο



Οι διοξίνες (PCDD)

- Polychlorinated dibenzo-p-dioxines
- Πολύ τοξικοί γλωριωμένοι υδρογονάνθρακες
- Χαρακτηριστικό τους : έχουν σταθερή θερμικότητα (αντέχουν σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες)



Εικόνα : ο χημικός τύπος της Τετραχλωροδιβενζο-π-διοξίνης.



Τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB)

Polychlorinated biphenyls (PCB)

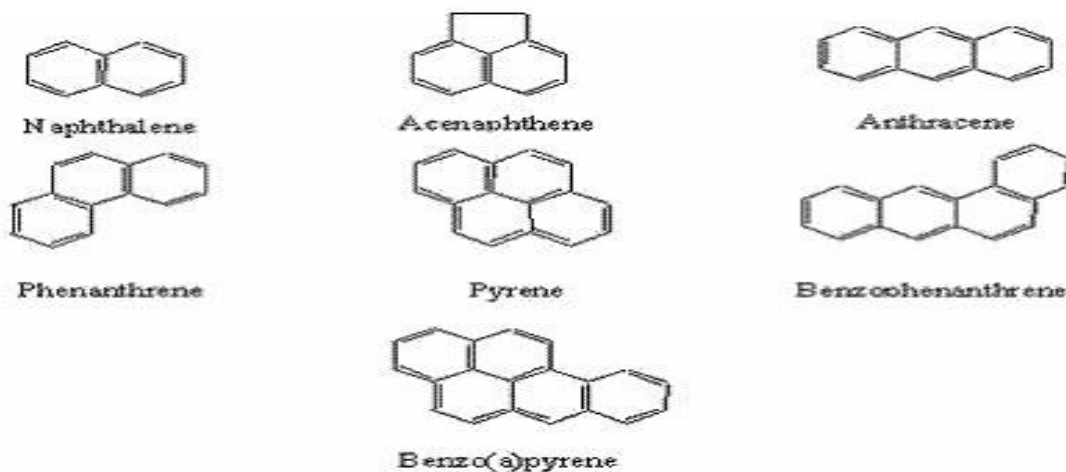
- Ενώσεις που προκύπτουν από την ένωση δύο δακτυλίων **βενζολίου** σε ένα **διφαινύλιο** το οποίο στη συνέχεια αντιδρά με **χλώριο** και υφίσταται αντικατάσταση των ατόμων **H** από άτομα **Cl**
- **Πυκνωτές και μετασχηματιστές ηλεκτρικών σταθμών** (ψυκτικά και μονωτικά μετασχηματιστών)
- **Απόβλητα ορισμένων χημικών βιομηχανιών**
 - Βερνίκια
 - Πλαστικά



Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (ΡΑΗ)

Polycyclic or polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH)

- Είναι οργανικές ενώσεις που εμπεριέχουν συμπυκνωμένους αρωματικούς δακτυλίους



Εικόνα : χημικοί τύποι των πολυπύρηνων αρωματικών υδρογονανθράκων (ΡΑΗ).



Μετρήσεις προσδιορισμού ποιότητας νερού - Παρουσίαση αποτελεσμάτων (1/2)

Compound	CCME Guideline		
	µg/L	ng/L	
Metals	Arsenic	5	5,000
	Copper	2	2,000
	Mercury	0.026	26
	Nickel	65	65,000
	Lead	2	2,000
	Zinc	30	30,000
Pesticides	Atrazine	1.8	1,800
	Metolachlor	7.8	7,800
Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)	Fluorene	3	3,000
	Phenanthrene	0.4	400
	Fluoranthene	0.04	40
	Pyrene	0.025	25

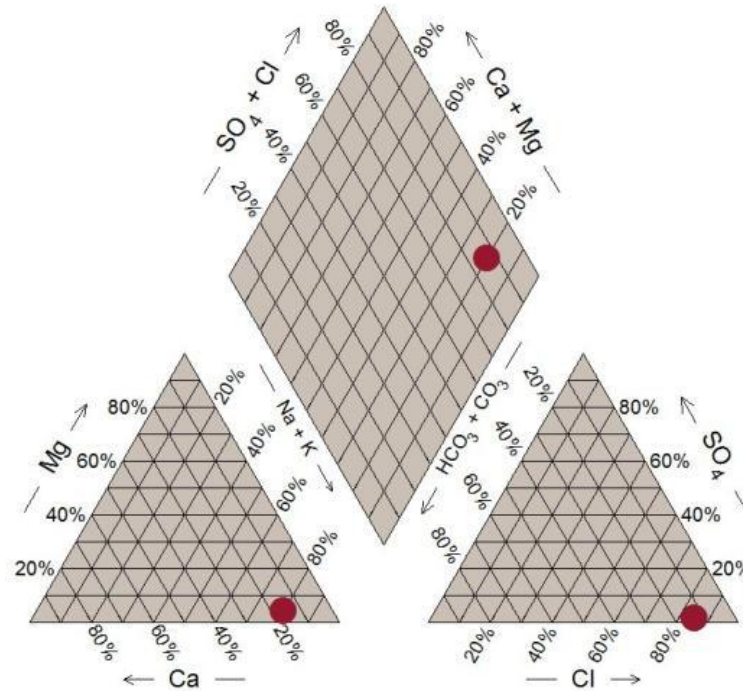


Μετρήσεις προσδιορισμού ποιότητας νερού - Παρουσίαση αποτελεσμάτων (2/2)

Constituent	California Toxics Rule Criteria^a Saltwater		California Ocean Plan^b Marine Aquatic Life		Drinking Water^c State & US
	CMC^e μg/L	CCC^e μg/L	Daily Maximum μg/L	Instantaneous Max μg/L	MCL μg/L
Copper^d	4.8	3.1	12	30	1,300
Lead^d	210	8.1	8	20	15
Mercury^d	Reserved ^f	Reserved ^f	0.16	0.4	2
Selenium^d	290	71	60	150	50
PCBs	NA	0.03	NA	NA	0.5
Glyphosate	NA	NA	NA	NA	700



Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων μετρήσεων για την ποιότητα του νερού



Εικόνα : Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων μετρήσεων για την ποιότητα του νερού.



Βασικές έννοιες στη χημεία

Διαλυτότητα

Μοριακότητα

Κανονικότητα

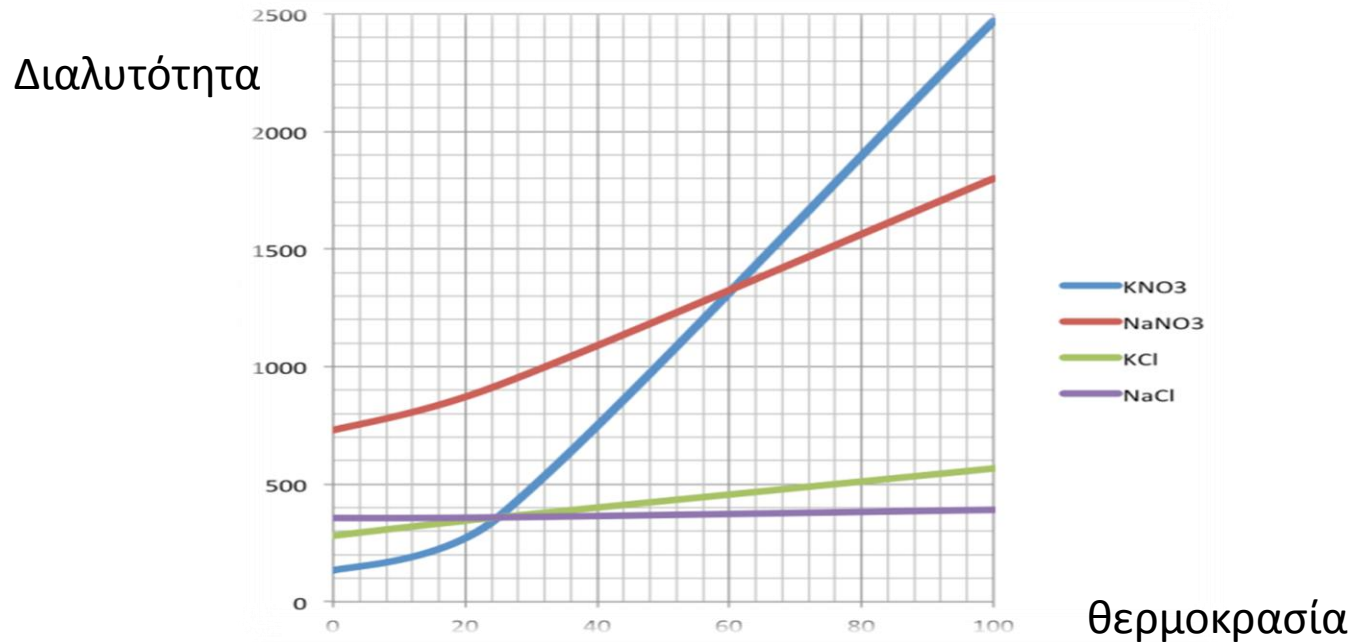
Συγκέντρωση

$$mol = gr / MW$$



Η έννοια της διαλυτότητας

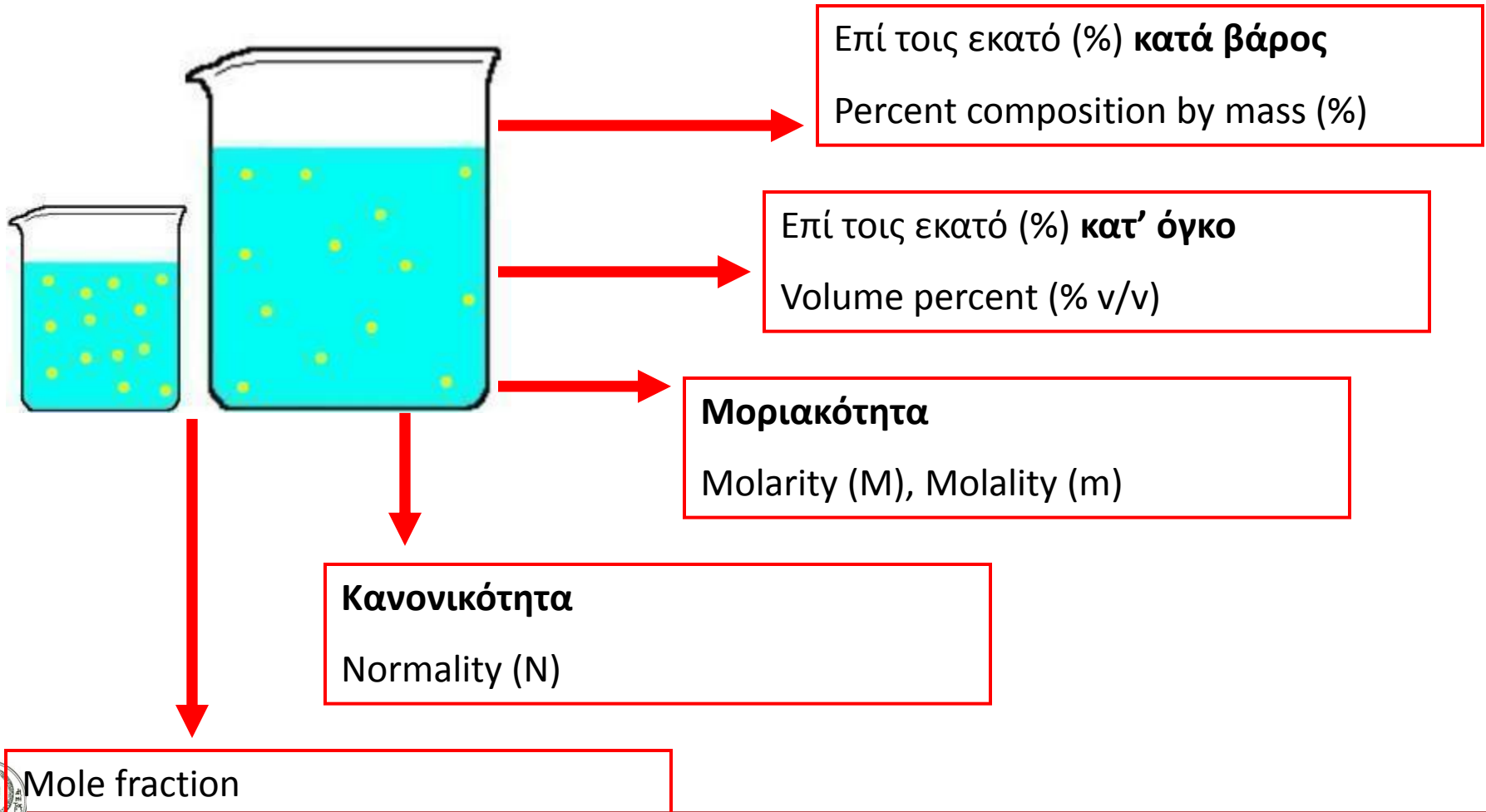
Η μέγιστη τιμή της μάζας της ουσίας που μπορεί να διαλυθεί στο μοναδιαίο όγκο του διαλύματος (νερού) κάτω από ορισμένες συνθήκες .



Εικόνα : Διαλυτότητα και θερμοκρασία.



Η έννοια της συγκέντρωσης



Αλατότητα

Αλατότητα είναι η συνολική ποσότητα των στερεών ουσιών σε γραμμάρια που περιέχονται σε 1 Kg θαλασσινό νερό, όταν :

- όλα τα CO_3^{2-} έχουν μετατραπεί σε οξείδια,
- τα Br^- και I^- έχουν αντικατασταθεί από Cl^- ιόντα και
- έχει οξειδωθεί όλη η οργανική ύλη.



Η έννοια της συγκέντρωσης

Συγκέντρωση Επί τοις εκατό κατά βάρος (%):

Percent Composition by Mass (%)

100 g salt solution which contains 20 g salt

$20 \text{ g NaCl} / 100 \text{ g solution} \times 100 = 20\% \text{ NaCl solution}$

Συγκέντρωση Επί τοις εκατό κατ' όγκο (% v/v):

Volume Percent (% v/v)

$v/v \% = [(\text{όγκος διαλύτη})/(\text{όγκος διαλύματος})] \times 100\%$



Μοριακότητα

Μοριακότητα (Molarity) είναι ο αριθμός των γραμμομορίων (moles) κάποιας διαλυμένης ουσίας ανά λίτρο διαλύματος και συμβολίζεται με το γράμμα M.

Όταν για παράδειγμα αναφέρεται διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl) 1M εννοείται ότι έχουν διαλυθεί 58,4 g NaCl σε τελικό όγκο 1000 ml νερού. Τα 58,4 g προκύπτουν από την άθροιση των ατομικών βαρών του Na (22,9) & του Cl (35,5).



Κανονικότητα

Κανονικότητα (Normality) είναι ο αριθμός των γραμμοϊσοδυνάμων διαλελυμένης ουσίας ανά λίτρο διαλύματος (eq/l) και συμβολίζεται με το γράμμα **N**.

$$\text{normality, } N = \left(\frac{\text{gram equivalents}}{\text{liters solution}} \right)$$

Normality (N) is equal to the *gram equivalent weight* of a solute per liter of solution. A gram equivalent weight or equivalent is a measure of the reactive capacity of a given molecule. Normality is the only concentration unit that is reaction dependent.

Example: 1M sulfuric acid (H_2SO_4) is 2 N for acid-base reactions because each mole of sulfuric acid provides 2 moles of H^+ ions. On the other hand, 1 M sulfuric acid is 1 N for sulfate precipitation, since 1 mole of sulfuric acid provides 1 mole of sulfate ions.

Σχέση μεταξύ Κανονικότητας και Μοριακότητας

$$\text{Normality} = \text{Molarity} \times \frac{\text{molecular mass of solute}}{\text{eq mass of solute}}$$



Τα γραμμοϊσοδύναμα

Equivalents

Expression of concentration in equivalents per liter (or more commonly, milliequivalents per liter) is based on the same principle as normality.

A normal solution is one equivalent per liter of solution (Eq/L).

The use of equivalents and milliequivalents as a means of expressing concentration is losing favor, but medical reporting of serum concentrations in mEq/L still occurs.

For an element such as Na^+ , which has a valence of 1, **1 mmol/l = 1 mEq/l**,

For a divalent element (i.e. an element having a valence of 2) such as Mg^{2+} or Ca^{2+} ,
1 mmol/l = 2 mEq/l


$$\text{mol} = \text{gr} / MW$$



Η έννοια της συγκέντρωσης

$$C = \frac{n}{V}$$

όπου :

n = τα moles της διαλυμένης ουσίας και
 V = ο όγκος του διαλύματος (L)

$$mol = \frac{g}{MW}$$

Mol: Μονάδα μέτρησης με τη οποία προσδιορίζουμε την ποσότητα της ύλης ενός σώματος (μιας ουσίας).

Mol: Η ποσότητα ύλης ενός σώματος που περιέχει τόσες στοιχειώδεις οντότητες όσα είναι τα άτομα σε 0,012 Kg καθαρού ισότοπου άνθρακα 12 (^{12}C).

Μοριακό βάρος (MW): Η μάζα ενός μορίου σε σύγκριση με τη μάζα ενός ατόμου του ισότοπου άνθρακα 12 (^{12}C).

Μοριακό βάρος (MW): Ο αριθμός που δείχνει πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η μάζα του μορίου από το 1/12 της μάζας του ^{12}C .

Για να βρούμε το **μοριακό βάρος (MW)** προσθέτουμε τα **ατομικά βάρη (AW)** των ατόμων που συμμετέχουν στο χημικό τύπο μιας ένωσης ή ενός στοιχείου.



Η έννοια της συγκέντρωσης

mg/l	mg/Kg	ppm
μg/l	μg/Kg	ppb
ng/l	ng/Kg	ppt

Συγκέντρωση: Η μάζα μιας διαλυμένης ουσίας στο μοναδιαίο όγκο του διαλύματος



Παράμετροι ελέγχου ποιότητας του νερού (1/2)

KYA Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892, Β', 11.7.2001)

Χημικές παράμετροι	Ενδεικτικές παράμετροι	Μικροβιολογικές παράμετροι
Ακρυλαμίδιο Αντιμόνιο Αρσενικό Βενζόλιο Βενζο-α-πυρένιο Βόριο Βρωμικά Κάδμιο Χρώμιο Χαλκός Κυανιούχα 1,2-διχλωροαιθάνιο Επιχλωρυδρίνη Φθοριούχα Μόλυβδος Υδράργυρος Νικέλιο Νιτρικά Νιτρώδη Παρασιτοκτόνα Σύνολο παρασιτοκτόνων Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες Σελήνιο Τετραχλωροαιθέριο και τριχλωροαιθέριο Ολικά τριαλογονομεθάνια Βινυλοχλωρίδιο	Αργίλιο Αμμώνιο Χλωριούχα Clostridium perfringens Χρώμα Αγωγιμότητα Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου Σίδηρος Μαγγάνιο Οσμή Οξειδωσιμότητα Θειικά Νάτριο Γεύση Αριθμός αποικιών 22 °C και 37 °C Κολοβακτηριοειδή Ολικός οργανικός άνθρακας Υπολειμματικό χλώριο Θολότητα	Escherichia coli Εντερόκοκκοι Pseudomonas Aeroginosa Αριθμός αποικιών 22 °C Αριθμός αποικιών 37 °C Ραδιενέργεια Τρίτιο Ολική ενδεικτική δόση

**Φυσικοχημικά – Χημικά
- Μικροβιολογικά**



Παράμετροι ελέγχου ποιότητας του νερού (2/2)

Φυσικοχημικές	Χημικές	Μέταλλα	Μικροβιολογικά
Θερμοκρασία	NH_4^+	Fe	Ολικά αερόβια βακτήρια
Χρώμα	NO_2^-	Mn	Ολικά κολοβακτηριοειδή (<i>E.Coli</i>)
Οσμή & Γεύση	NO_3^-	Pb	Εντερόκοκκοι
Θολότητα	PO_4^{3-}	Cu	Ψευδομονάδα
Αγωγιμότητα	SO_4^{2-}	Cd	Cryptosporidium
Οξύτητα - Αλκαλικότητα	B	Cr	
Σκληρότητα		As / CN^-	
Ca^{2+} , Mg^{2+}			
K^+ , Na^+			
Cl^- , F^-			



Ενδεικτικές παράμετροι (Ανώτατα επιτρεπτά όρια στο πόσιμο νερό σύμφωνα με τη νομοθεσία της Ε.Ε.)

Παράμετρος	Σύμβολο / Χημικός τύπος	Ανώτατη παραδεκτή τιμή
Αργίλιο	Al	0.2 mg/l
Αμμωνία	NH ₄ ⁺	0.50 mg/l
Χλωριούχα	Cl ⁻	250 mg/l
Clostridium perfringens (περιλαμβανομένων και σπόρων)		0/100 ml
Χρώμα		Αποδεκτό στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής
Αγωγιμότητα		2500 μS/cm στους 20°C
pH	-	≥ 6.5 και ≤ 9.5
Σίδηρος	Fe	0.2 mg/l
Μαγγάνιο	Mn	0.05 mg/l
Οσμή		Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής
Οξειδωσιμότητα		5.0 mg/l O ₂
Θειικά	SO ₄ ²⁻	250 mg/l
Νάτριο	Na	200 mg/l
Γεύση		Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής
Αριθμός αποικιών 22°		Άνευ ασυνήθους μεταβολής
Coliform bacteria		0 / 100 ml
Total organic carbon (TOC)		Άνευ ασυνήθους μεταβολής
Θολότητα	NTU	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής
Τρίτιο	H ₃	100 Bq/l
Ολική ενδεικτική δόση		0.10 mSv/year



Ανώτατα επιτρεπτά όρια διαφόρων χημικών στοιχείων και ενώσεων στο πόσιμο νερό (WHO, Geneva 1993)

Στοιχείο / Ουσία	Σύμβολο / Χημικός τύπος	Συνήθης περιεκτικότητα σε επιφανειακά και υπόγεια νερά	Ανώτατο επιτρεπτό όριο σύμφωνα με την Π.Ο.Υ.
Αργίλιο	Al		0,2 mg/l
Αμμωνία	NH ₄ ⁺	< 0,2 mg/l (μέχρι 0,3 mg/l σε αναερόβιες συνθήκες)	-
Αντιμόνιο	Sb	< 4 μg/l	0.005 mg/l
Αρσενικό	As		0,01 mg/l
Αμίαντος			-
Βάριο	Ba		0,3 mg/l
Βηρύλλιο	Be	< 1 μg/l	-
Βόριο	B	< 1 mg/l	0,3 mg/l
Κάδμιο	Cd	< 1 μg/l	0,003 mg/l
Χλώριο	Cl		250 mg/l
Χρώμιο	Cr ⁺³ , Cr ⁺⁶	< 2 μg/l	0,05 mg/l
Χρώμα			<15 mg/l Pt-Co (επιθυμητή τιμή)
Χαλκός	Cu		2 mg/l
Κυανιούχα	CN ⁻		0,07 mg/l
Διαλ. Οξυγόνο	O ₂		-
Φθόριο	F	< 1,5 mg/l (μέχρι 10)	1,5 mg/l
Σκληρότητα	mg/l CaCO ₃		-
Υδρόθειο	H ₂ S		-
Σίδηρος	Fe	0,5 - 50 mg/l	-
Μόλυβδος	Pb		0,01 mg/l
Μαγγάνιο	Mn		0,5 mg/l
Υδράργυρος	Hg	< 0,5 μg/l	0,001 mg/l
Μολυβδαίνιο	Mb	< 0,01 mg/l	0,07 mg/l
Νικέλιο	Ni	< 0,02 mg/l	0,02 mg/l
Νιτρώδη-Νιτρικά	NO ₂ ⁻ ; NO ₃ ⁻		50 mg/l (ολικό άζωτο)
Θολότητα			< 5 NTU (επιθυμητή)
pH			-
Σελήνιο	Se	< < 0,01 mg/l	0,01 mg/l
Άργυρος	Ag	5 - 50 μg/l	-
Νάτριο	Na	< 20 mg/l	200 mg/l
Θειικά	SO ₄ ²⁻		500 mg/l
Κασσίτερος	Sn		-
TDS			-
Ουράνιο	U		1,4 mg/l
Ψευδάργυρος	Zn		3 mg/l



Βιβλιογραφία

1. Handbook of Groundwater Protection and Cleanup Policies for RCRA Corrective Action:
[http://www.epa.gov/osw/hazard/correctiveaction/resources/guidance/pdfs/gwhb041404.p](http://www.epa.gov/osw/hazard/correctiveaction/resources/guidance/pdfs/gwhb041404.pdf)

df τελευταία ημερομηνία επίσκεψης 22/5/2015.

2. Water Quality Scorecard: Incorporating Green Infrastructure Practices at the Municipal, Neighborhood, and Site Scale:

<http://www2.epa.gov/sites/production/files/2014-04/documents/water-quality-scorecard.pdf> τελευταία ημερομηνία επίσκεψης 22/5/2015.

3. Groundwater Sampling and Analysis – A Field Guide:

http://www.ga.gov.au/webtemp/image_cache/GA15501.pdf τελευταία ημερομηνία επίσκεψης 22/5/2015.

4. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater:

<https://www.standardmethods.org/> τελευταία ημερομηνία επίσκεψης 22/5/2015.



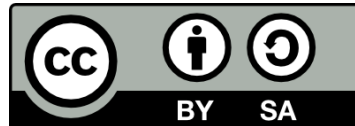
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Ευθύμιος Νταρακάς.
«Εκμετάλλευση και Προστασία των Υπόγειων Υδατικών Πόρων. Ποιοτικά
χαρακτηριστικά του νερού. Δειγματοληψία – Μετρήσεις ». Έκδοση: 1.0.
Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS373/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

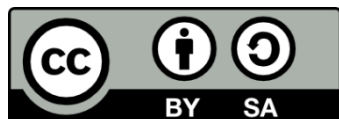
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Γιάννης Αυγολούπης>
Θεσσαλονίκη, <Χειμερινό Εξάμηνο 2014-2015>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

