



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

Τμήμα Μηχανικών
Περιβάλλοντος,
Πολυτεχνική Σχολή

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

Αγγελική Απ. Γαλάνη
Χημικός PhD

Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (ΕΔΙΠ)

Κατηγορίες στις οποίες διαχωρίζονται οι ρύποι στα νερά:

- παθογόνοι μικροοργανισμοί,
- απόβλητα που καταναλώνουν οξυγόνο,
- θρεπτικά συστατικά,
- αιωρούμενα στερεά και ιζήματα,
- διαλυτά στερεά,
- θερμική ρύπανση,
- τοξικά υλικά,
- ραδιενέργεια,
- πετρέλαιο,
- οξέα.

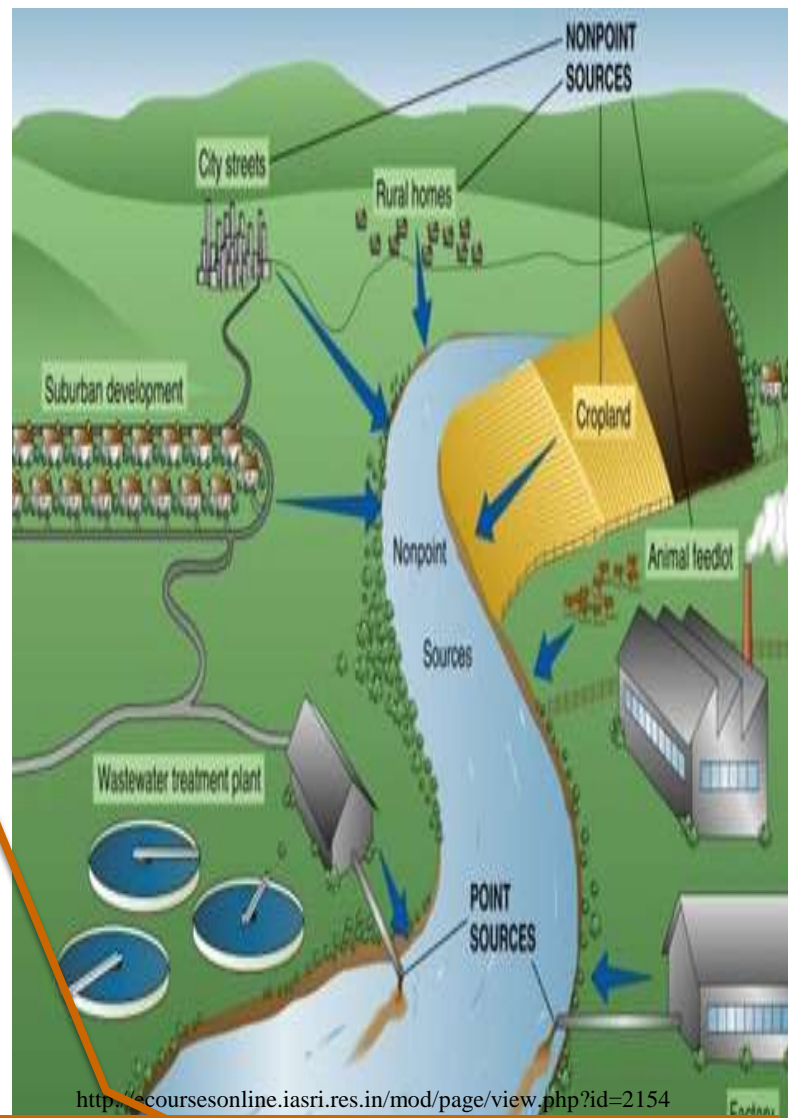
Σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπων του νερού

- **Σημειακές Πηγές:** Εκείνες που απορρίπτουν ρύπους σε συγκεκριμένες τοποθεσίες μέσω σωληνώσεων. Π.χ.

- μονάδες επεξεργασίας λυμάτων και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας,
- ορυχεία,
- υπεράκτιες εξέδρες γεώτρησης και άντλησης πετρελαίου.

- **Μη σημειακές πηγές:** Όσες μέσω απορροής απορρίπτουν ρύπους σε ευρύτερη περιοχή. Π.χ.

- βοσκότοποι,
- πόλεις και σημεία κατασκευής,
- αποψιλωμένα δάση στα οποία έχει κοπεί κάθε δέντρο, καλλιεργήσιμη γη.



Απόβλητα από μη σημειακές πηγές, γενικώς είναι πιο διαλυτά αλλά δυσκολότερο να ανιχνευτούν και να ρυθμιστούν.

Μικροβιακή μόλυνση νερών

- Στα νερά συναντώνται διάφορα μικρόβια και βακτήρια, (τυπικών διαστάσεων 0,5-10 μ), ο κύριος ρόλος των οποίων είναι η διάσπαση της οργανικής ύλης. Αυτά ονομάζονται σαπρόφυτα και δεν προκαλούν κατά κανόνα παθήσεις.
- Μικρόβια που ζουν σε βάρος ζώων και φυτών και προκαλούν παθήσεις, ονομάζονται παθογόνοι μικροοργανισμοί.

Εάν το νερό μολυνθεί με παθογόνους μικροοργανισμούς, είναι δυνατόν να μεταδοθούν μέσω αυτού όλα τα λοιμώδη νοσήματα όπως ο τύφος, η χολέρα, η πολυομυελίτιδα, η ηπατίτιδα, η αμιβαδική δυσεντερία, καθώς και άλλα. Σε υπανάπτυκτες χώρες όπου το καθαρό νερό είναι σπάνιο, σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη, σχεδόν 10 εκατομμύρια άνθρωποι, μισοί από τους οποίους είναι παιδιά, πεθαίνουν κάθε χρόνο από κατανάλωση μολυσμένου νερού.

Μικροβιακός χαρακτηρισμός νερών

Κολοβακτηρίδια Χαρακτηρισμός
/ 100 mL

0-1 Πόσιμο νερό

10-100 Μη ρυπασμένα
επιφανειακά
νερά

500-1000 Νερά ύποπτα
μόλυνσης

1000-5000 Νερά μέτρια
μολυσμένα

10.000-100.000 Νερά έντονα
μολυσμένα

>100.000 Αυτούσια

Στοιχεία Πίνακα από: Χημεία Περιβάλλοντος,
Θεμιστοκλή Αθ. Κουϊμτσή, 1997, Εκδόσεις Ζήτη

- Για να προσδιοριστεί εάν το νερό είναι ή όχι μολυσμένο με κολοβακτηρίδια, γίνεται υπολογισμός της περιεκτικότητας του νερού σε αυτά.

- Τα κολοβακτηρίδια ζουν στον ανθρώπινο γαστρεντερικό σωλήνα φυσιολογικά και από το μέσο άνθρωπο εκκρίνονται δισεκατομμύρια ημερησίως στα περιττώματα.

- Η παρουσία τους στα νερά είναι δείκτης μόλυνσης με περιττώματα.

Παράμετροι ρύπανσης οργανικών αποβλήτων:

- Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO), (Dissolved Oxygen),
- βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), (Biological Oxygen Demand),
- χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), (Chemical Oxygen Demand),
- ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), (Total Organic Carbon).

Συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου (DO), (Dissolved Oxygen)

- Η επιβίωση των ζωντανών οργανισμών στα υδάτινα οικοσυστήματα, εξαρτάται από το διαλυμένο οξυγόνο. Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό δεν είναι μεγάλη και εξαρτάται από τη θερμοκρασία και το υψόμετρο του νερού.
 - Σε 20 °C και στο επίπεδο της θάλασσας, η συγκέντρωση σε κορεσμένο με οξυγόνο νερό, είναι περίπου 9 ppm, ενώ στους 30 °C στα 2.000 m, αυτή είναι 6 ppm.
 - Το διαλυμένο οξυγόνο σε ποτάμια και σε λίμνες μειώνεται πολύ γρήγορα, εάν σε αυτά απορρίπτονται οργανικά απόβλητα.

**Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας,
Έκδοση 3^η /2015, James Girard, Εκδότης:
ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ**



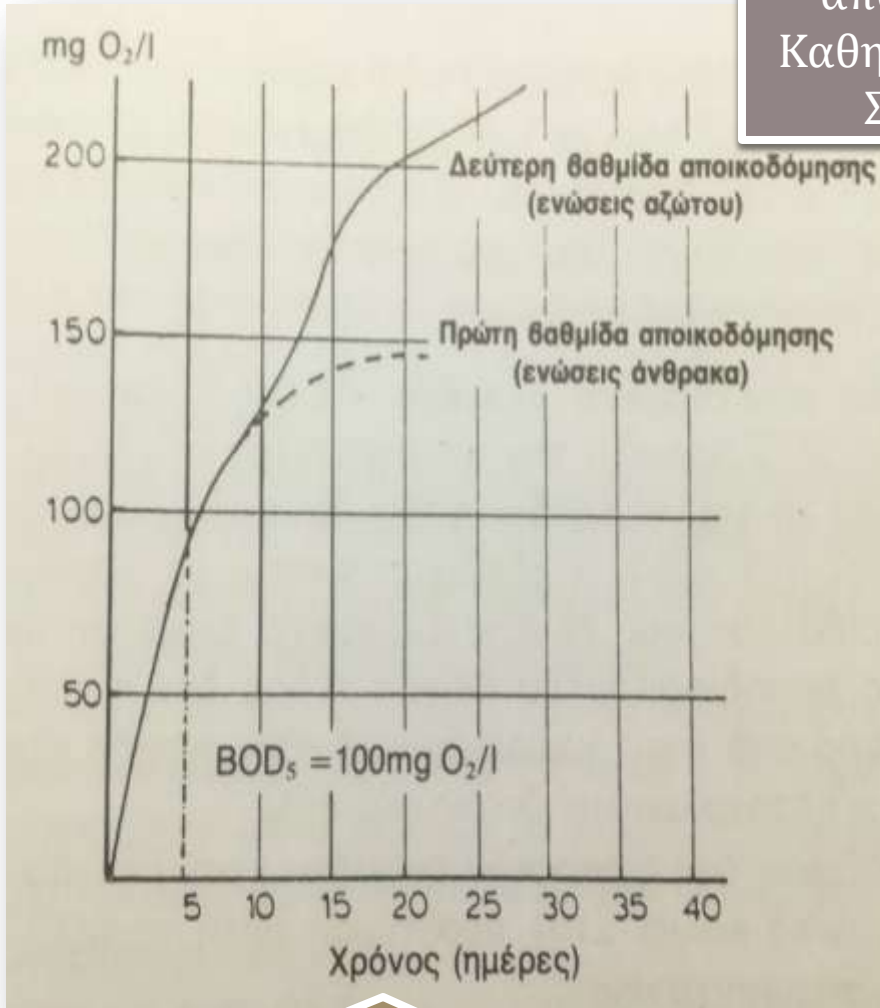
Τα πρώτα που επηρεάζονται από τη μείωση του DO, είναι ψάρια όπως η πέρκα και οι καραβίδες και οι αχιβάδες. Ακολουθούν ψάρια όπως η ζαργάνα και ο κυπρίνος. Η αποσύνθεση γίνεται από αναερόβια βακτήρια και όταν η ροή των αποβλήτων σταματήσει το ποτάμι επανέρχεται.

- **Παραδείγματα αποβλήτων τα οποία καταναλώνουν οξυγόνο είναι:**
 - ανθρώπινα και ζωικά περιττώματα,
 - βιομηχανικά απόβλητα εργοστασίων επεξεργασίας χαρτιού,
 - βυρσοδεψεία,
 - εργοστάσια επεξεργασίας τροφίμων,
 - απόβλητα σφαγείων και εγκαταστάσεις συσκευασίας κρέατος που αποτελούν συμπυκνωμένη πηγή αποβλήτων που καταναλώνουν οξυγόνο.
- **Ο προσδιορισμός του διαλυμένου οξυγόνου στα νερά γίνεται:**
 - **Χημικά κατά Winkler:** Η μέθοδος βασίζεται στην προσθήκη στο υδατικό δείγμα ιόντων Mn^{2+} σε αλκαλικό περιβάλλον, που οξειδώνονται από το ελεύθερο οξυγόνο του νερού. Η ποσότητα των ιόντων μαγγανίου που οξειδώθηκε, προσδιορίζεται ιωδιομετρικά και τελικά έμμεσα υπολογίζεται και το διαλυμένο οξυγόνο.
 - **Ηλεκτροχημικά με ειδικά όργανα.**

Βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), (Biological Oxygen Demand)

- Ως βιολογικά ή βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο, (BAO) ορίζεται η ικανότητα της οργανικής ύλης σε ένα δείγμα φυσικού νερού, να καταναλώνει διαλυμένο οξυγόνο.
- Το BAO μετριέται πειραματικά εάν προστεθούν ετερότροφοι μικροοργανισμοί σε αραιωμένα λύματα ή σε δείγμα νερού. Το δείγμα υπόκειται σε κορεσμό αέρα σε σφραγισμένο δοχείο, και επωάζεται στους 20° C για 5 ημέρες, (BOD₅). Τελικά μετριέται η μεταβολή στην περιεκτικότητα του διαλυμένου οξυγόνου (mg/L).

Πίνακας από: «Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων & νερών», Βλυσίδης Απόστολος, Καθηγητής ΕΜΠ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών Αθήνα 2007



Εικόνα από: Χημεία Περιβάλλοντος, Θεμιστοκλή Αθ. Κουϊμτσή, 1997, Εκδόσεις Ζήτη

Πηγή αποβλήτων	BOD _{5,20°C} mg/l
Εργοστάσια παραγωγής ζάχαρης	450-2000
Ζυθοποιίες (ελαφριά απόβλητα)	500-1200
Ζυθοποιίες (Βαριά απόβλητα)	11500-26500
Κονσερβοποιίες	300-4000
Οινοπνευματοποιίες	20000-45000
Τυροκομία	40000-60000
Χαρτοβιομηχανίες	16000-25000
Γαλακτοβιομηχανίες	300-2000
Βυρσοδεψία	500-5000
Κρεατοβιομηχανίες	600-2000
Βαφεία υφάνσιμων υλών	50-1750
Εριουργεία	200-10000
Βιομηχανίες αεριούχων ποτών	300-1000
Ελαιουργεία	40000-60000
Αστικά λύματα	250-450

Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), (Chemical Oxygen Demand)

- Ως χημικά απαιτούμενο οξυγόνο, ορίζεται η ποσότητα του οξυγόνου η οποία καταναλώνεται για τη χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στο νερό.
- Μετράται η συγκέντρωση των οργανικών συστατικών που οξειδώνονται από οξιτισμένο διχρωμικό κάλιο στους 100 °C. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg O₂/L νερού.
- Το δείγμα νερού του οποίου μετράται το ΧΑΟ, δεν πρέπει να περιέχει περισσότερο από 2 g/L χλωριούχων ιόντων, διότι αυτά οξειδώνονται σε χλώριο και καταναλώνουν οξυγόνο.
- Οι τιμές ΧΑΟ, έχουν σημαντική αξία για απόβλητα που περιέχουν τοξικές ουσίες, διότι σε αυτά δεν είναι δυνατόν να μετρηθεί το ΒΑΟ, εφόσον οι μικροοργανισμοί νεκρώνονται.

Ολικός οργανικός άνθρακας(TOC), (Total Organic Carbon)

- Με την τιμή του ολικού οργανικού άνθρακα, εκφράζεται η ολική φόρτιση των νερών σε οργανικές ενώσεις και τα αποτελέσματα εκφράζονται ως mg C /L νερού.

Όταν δεν υπάρχει καθόλου διαλυμένο οξυγόνο, η αποσύνθεση της οργανικής ύλης γίνεται και πάλι, όμως από αναερόβια βακτήρια. Στο στάδιο αυτό το νερό αρχίζει να μυρίζει **δυσάρεστα** διότι τα μονοπάτια αποσύνθεσης που ακολουθούνται είναι διαφορετικά. Συστατικά που παράγονται σε αναερόβιες συνθήκες όπως το υδρόθειο, η αμμωνία, οι αμίνες και τα συστατικά του φωσφόρου έχουν **δυσάρεστη οσμή.**

Τελικά προϊόντα αποσύνθεσης

Στοιχείο στο οργανικό συστατικό	Αερόβιες συνθήκες	Αναερόβιες συνθήκες
Άνθρακας, (C)	CO ₂	CH ₄
Άζωτο (N)	NO ₂	NH ₃ και αμίνες
Θείο (S)	SO ₄ ²⁻	H ₂ S
Φώσφορος (P)	PO ₄ ³⁻	PH ₃ και άλλα συστατικά φωσφόρου

Στοιχεία από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ

Θρεπτικά συστατικά

- **Οι αυτότροφοι οργανισμοί, οι παραγωγοί,** μετατρέπουν απλές ανόργανες ενώσεις όπως το CO_2 , τα NO_3^- και τα PO_4^{3-} σε διάφορες οργανικές ενώσεις όπως για παράδειγμα υδατάνθρακες. **Τα άλγη** που υπάρχουν στα νερά και **σε αυτά ανήκουν το φυτοπλαγκτόν, τα φύκη και άλλα,** είναι χαρακτηριστικοί αυτότροφοι οργανισμοί.
- **Οι καταναλωτές, (ζωοπλαγκτόν, ψάρια κ.λ.π.)** οι οποίοι **είναι ετερότροφοι οργανισμοί,** καταναλώνουν οργανικές ουσίες που παράγουν οι αυτότροφοι και στη συνέχεια παράγουν δικές τους πολύπλοκες ενώσεις που αποτελούν τη βιομάζα τους.
- **Οι αποικοδομητές που είναι υποδιαίρεση των ετερότροφων οργανισμών,** αποσυνθέτουν πολύπλοκες ενώσεις της νεκρής οργανικής ύλης σε απλές ανόργανες. Οι οργανισμοί αυτοί που **είναι τα βακτήρια και οι μύκητες,** έχουν και το ρόλο του φυσικού καθαριστή των νερών.

Χημικά θρεπτικά συστατικά που απαιτούν τα φυτά

- **Μη μεταλλικά: Άνθρακας C, Υδρογόνο H, Οξυγόνο O**

Χημική μορφή

που απορροφώνται: CO_2 H_2O $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{O}_2$

- **Πρωτογενή θρεπτικά: Άζωτο N, Φώσφορος P, Κάλιο, K**

Χημική μορφή

που απορροφώνται: $\text{NH}_4^+, \text{NO}_3^-$ $\text{H}_2\text{PO}_4^-, \text{HPO}_4^{2-}$ K^+

- **Δευτερογενή θρεπτικά: Ασβέστιο Ca, Μαγνήσιο Mg, Θείο, S**

Χημική μορφή

που απορροφώνται: Ca^{2+} Mg^{2+} SO_4^{2-}

- **Ιχνοστοιχεία: Βόριο B, Χλώριο Cl, Χαλκός Cu, Σίδηρος Fe, Μαγγάνιο Mn, Μολυβδαίνιο Mo, Ψευδάργυρος Zn**

Πρωτογενή Θρεπτικά

Άζωτο, N

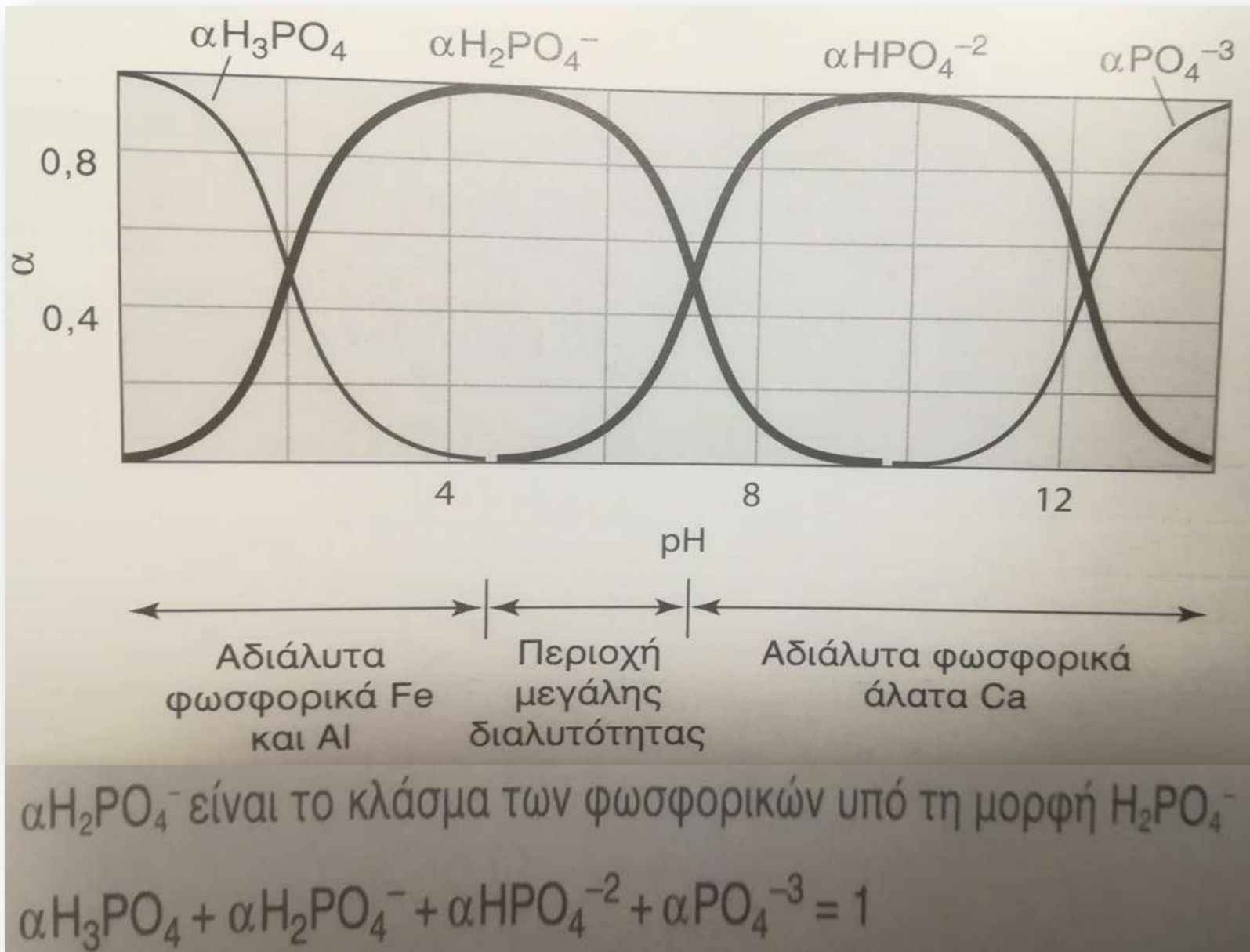
- Τα φυτά χρειάζονται το N με τη μορφή νιτρικών για να φτιάξουν τα αμινοξέα και τις πρωτεΐνες τους, συστατικά απαραίτητα για τα φύλλα και το βλαστό τους. Μετά τον άνθρακα το υδρογόνο και το οξυγόνο, το άζωτο είναι εκείνο το στοιχείο το οποίο χρειάζεται σε μεγάλες ποσότητες.

Φώσφορος, P

- Τα φυτά χρειάζονται το P (με τη μορφή φωσφορικών), για τη σύνθεση DNA και RNA και για τη σύνθεση ATP και ADP, τα οποία είναι συστατικά εμπλεκόμενα στη μεταφορά ενέργειας σε πολλές διαδικασίες μεταξύ των οποίων και της φωτοσύνθεσης.

Κάλιο, K

- Το κάλιο, το τρίτο πρωτογενές θρεπτικό που λαμβάνεται από τις ρίζες των φυτών με τη μορφή K^+ , συμμετέχει στο σχηματισμό του αμύλου και της κυτταρίνης από πιο απλά σάκχαρα, αλλά είναι και σημαντικό για την φυσιολογική λειτουργία αρκετών ενζύμων των φυτών.



Εικόνα από: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ

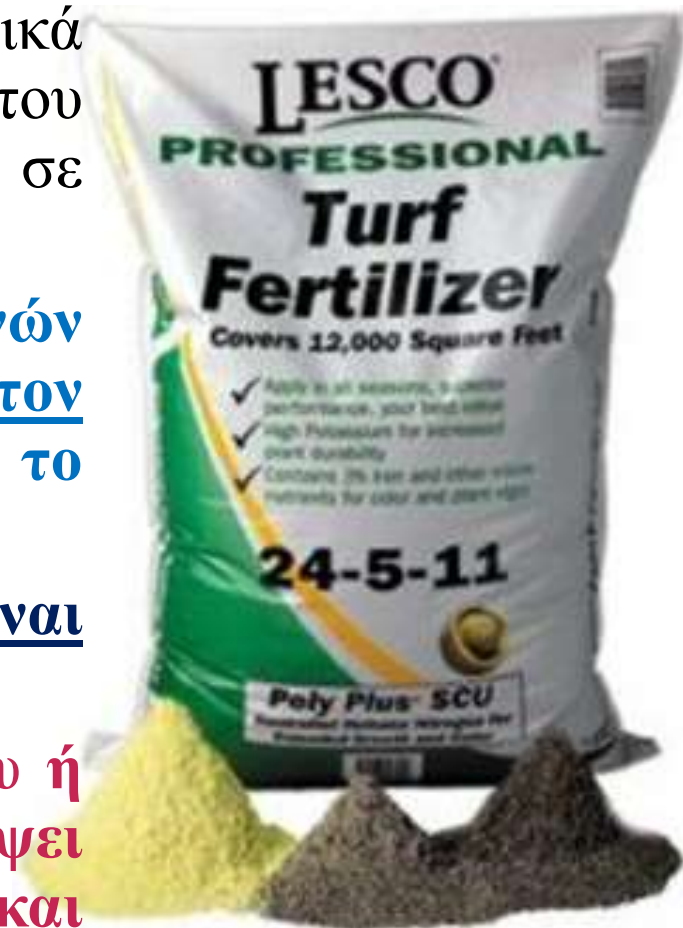
Ευτροφισμός

- Στα περισσότερα φυσικά υδάτινα συστήματα, σπανίζουν τα θρεπτικά συστατικά του αζώτου και του φωσφόρου κι έτσι δεν παρατηρείται σε αυτά εξάπλωση της βλάστησης.

- Η ανάπτυξη των πρωτογενών παραγωγών ελέγχεται με τον περιοριστικό παράγοντα, που είναι το λιγότερο διαθέσιμο στοιχείο.

Το περιοριστικό θρεπτικό είναι συνήθως το άζωτο ή ο φώσφορος.

- Σε περίπτωση που τα ποσά αζώτου ή φωσφόρου αυξηθούν, θα προκύψει υπερβολική φυτική ανάπτυξη και ιδιαίτερα φυκιών.



Ακριβώς αυτό το φαινόμενο της εκρηκτικής αύξησης των αλγών ονομάζεται ευτροφισμός.

- Σχηματίζονται πυκνά στρώματα ριζωμένων φυτών αλλά και φυτών που επιπλέουν.
- Τα υδάτινα κανάλια αποφράσσονται και τα στρώματα ή τα άνθη από τα πράσινα φύκια και τα κυανοβακτηρίδια τα οποία εμφανίζονται στην επιφάνεια του νερού, απελευθερώνουν ουσίες που μυρίζουν άσχημα.
- Το νερό γίνεται θολό και οι περιοχές αναψυχής καταστρέφονται.
- Οι συνέπειες του ευτροφισμού είναι σοβαρότερες οπουδήποτε υπάρχει μικρή ή και καθόλου ροή νερού, (δεξαμενές, λίμνες, εκβολές ποταμών).

Αιτίες ευτροφισμού

- **Οικιακά λύματα που δημιουργούνται κυρίως από ανθρώπινα απόβλητα τα οποία περιέχουν άζωτο και απορρυπαντικά φωσφόρου.** Τα απορρυπαντικά φωσφόρου έχουν απαγορευθεί με νομοθεσία σε κάποιες χώρες. Στην Αμερική 20 χώρες απαγορεύουν ή και περιορίζουν τα απορρυπαντικά πλυντηρίου που περιέχουν φώσφορο.
- **Ζωικά απόβλητα από μονάδες εκτροφής.**
- **Εκροές από αγροτικές περιοχές στις οποίες εφαρμόστηκαν νιτρικά και φωσφορικά λιπάσματα.**
- **Απόβλητα από βιομηχανίες και εξορύξεις φωσφορικών.**

Ευτροφισμός σε ωκεανούς

- Εάν παραπάνω θρεπτικά σε χείμαρρους και λίμνες αναμιχθούν με ιζήματα, όταν αυτά φθάσουν στον ωκεανό προκαλούν ευτροφισμό.

Αποτέλεσμα είναι η άνθηση από τα φύκια στους ωκεανούς, να παράγει τοξικά συστατικά που σκοτώνουν την υδρόβια ζωή.

- Πολλές είναι οι παράκτιες περιοχές, που είναι νεκρές ζώνες.
- Τα άνθη των φυκιών του ωκεανού, (γνωστά συχνά σαν κόκκινη παλίρροια γιατί πολλά φύκια που εμπλέκονται είναι κόκκινα), προκύπτουν αφενός μεν φυσικά και από την αρχαιότητα ήταν γνωστά, αφετέρου όμως σήμερα προκύπτουν με αυξανόμενη συχνότητα και σοβαρότητα.



Photo / Reproduced with permission from NIWA; photo by M. Godfrey

<http://news.mit.edu/2007/red-tide-0830>

Μέτρα για τον περιορισμό του ευτροφισμού

- Οι ενέργειες για τον έλεγχο του ευτροφισμού, έχουν επικεντρωθεί στο να περιοριστούν απορρίμματα που περιέχουν φώσφορο και προέρχονται κατά κύριο λόγο από σημειακές πηγές. Συγκεκριμένα από εργοστάσια επεξεργασίας αποβλήτων, βιομηχανίες που χρησιμοποιούν απορρυπαντικά που περιέχουν φώσφορο, και ορυχεία φωσφόρου.
- Τα απόβλητα ωστόσο που περιέχουν άζωτο, απορρίπτονται από μη σημειακές πηγές κυρίως. Αυτές είναι αγροτικές περιοχές που χρησιμοποιείται κοπριά, καθώς και νιτρικά λιπάσματα, σφαγεία αλλά και μάντρες ζώων. Το άζωτο βρίσκεται ως απόβλητο στο νερό με τη μορφή νιτρικών που είναι διαλυτά κι έτσι αφαιρούνται δύσκολα.
- Αντίθετα τα φωσφορικά είναι λιγότερο διαλυτά, άρα είναι δυνατόν να αφαιρεθούν με κατακρήμνιση πριν το νερό απορριφθεί.

Χωρίς επαρκές απόθεμα φωσφόρου, η υπερβολική ανάπτυξη φυτών μειώνεται πολύ ακόμη και αν οι πηγές αζώτου είναι άφθονες.

Αιωρούμενα στερεά και ιζήματα

- Τα υδάτινα οικοσυστήματα περιέχουν αδιάλυτα στερεά, που ονομάζονται ιζήματα και προέρχονται από τη φυσική αποσάθρωση του εδάφους και των διάφορων πετρωμάτων.
- Λεπτά σωματίδια αργίλου, παραμένουν αιωρούμενα στο νερό για μήνες. Πιο χονδρά όπως της άμμου και της ιλύος, καθιζάνουν πιο γρήγορα.

Παραδείγματα από ανθρώπινες δραστηριότητες που αυξάνουν το σχηματισμό ιζημάτων, (αφαιρούν υλικά από τη φυσική επικάλυψη του εδάφους):

Χρήση μπουλντόζας για οικοδόμηση σπιτιού, κοπή ξυλείας, υπεοβόσκηση και όργωμα, επιφανειακή εξόρυξη.

Όπου το έδαφος έχει μεγάλη κλίση, η απώλεια εδάφους είναι μεγαλύτερη.

Προβλήματα λόγω αυξημένων ποσοτήτων ιζημάτων σε λίμνες χείμαρρους και ποτάμια:

- Το νερό γίνεται θολό, η διαπερατότητα του φωτός μειώνεται και άρα επιβραδύνεται ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης.
- Λόγω καθίζησης ιζημάτων είναι δυνατόν να θαφτούν οργανισμοί που διαβιούν στον πυθμένα, ή να καλυφθούν περιοχές αναπαραγωγής των ψαριών και να διακοπεί η λειτουργία των υδάτινων οικοσυστημάτων.
- Ιδιαίτερα βλαβερές θεωρούνται οι επιπτώσεις τους στις περιοχές που τα ποτάμια συναντούν τις θάλασσες σε εκβολές και κόλπους, διότι αυτές είναι σημαντικές για την αναπαραγωγή των ψαριών και των οστρακοειδών, αλλά και για τη σίτιση πτηνών και άγριων ζώων.
- Γεμίζουν τα αυλάκια άρδευσης, εξαιτίας του ότι αποφράζουν λιμάνια και λίμνες.
- Εάν τοξικά συστατικά όπως μέταλλα και εντομοκτόνα απελευθερωθούν σε θολό νερό, οι τοξίνες προσκολλώνται στα αιωρούμενα στερεά και συμπυκνώνονται σε ιζήματα.

Διαλυμένα στερεά

- Ως υφάλμυρο, χαρακτηρίζεται το νερό το οποίο περιέχει υψηλή και μη φυσιολογική συγκέντρωση διαλυμένων ιόντων στερεών.
- Τα άλατα του υφάλμυρου νερού δε χαρακτηρίζονται ως τοξικά, ωστόσο χαρακτηρίζονται ως ρύποι, εάν η συγκέντρωσή τους είναι τόσο μεγάλη ώστε το νερό να κριθεί ακατάλληλο για φυσιολογικούς σκοπούς.

Βασικές αιτίες υψηλής αλατότητας φυσικών νερών:

Άρδευση, (κύριος λόγος): Εφαρμόζεται κυρίως όπου οι βροχές είναι λίγες και το κλίμα ξηρό και ζεστό με αποτέλεσμα:

- Ο ρυθμός εξάτμισης νερού από το έδαφος να είναι μεγάλος, άρα να συσσωρεύονται άλατα στην επιφάνειά του.
- Η απορροή από το έδαφος και η υπόγεια αποχέτευση, να μεταφέρουν μεγάλο φορτίο αδιάλυτων αλάτων με την επιστροφή τους στην παροχή νερού. Το νερό της άρδευσης συχνά ανακυκλώνεται και γίνεται όλο και πιο αλατούχο.

Διαλυμένα στερεά

- Άλλες αιτίες είναι: Τα απόβλητα βιομηχανιών και δημοτικών εργοστασίων επεξεργασίας αποβλήτων, οι εκροές αγροτικών και αστικών περιοχών που χρησιμοποιούν λιπάσματα, το αλάτι που απλώνεται το χειμώνα στους δρόμους για να τους ξεπαγώσει.
- Η φυσική διαδικασία της διάβρωσης, προσθέτει στερεά στα ποτάμια όπως αυτά ρέουν προς τη θάλασσα. Αποτέλεσμα είναι η αυξημένη ποσότητα διαλυμένων στερεών κοντά στις εκβολές των ποταμών, σε σχέση με τις πηγές τους.

Θερμική ρύπανση

- Η βιομηχανία ηλεκτρικού ρεύματος αλλά και άλλες (π.χ. πυρηνικοί αντιδραστήρες), αντλούν τεράστιους όγκους νερού ποταμών και λιμνών για να ψύχουν τις εγκαταστάσεις τους.
- Όταν λειτουργούν τα εργοστάσια ηλεκτρικής ενέργειας, παράγουν τεράστιες ποσότητες πλεονάζουσας θερμότητας που αφαιρείται μέσω του νερού που κυκλοφορεί στις εγκαταστάσεις.
- Ως αποτέλεσμα, η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται κατά 10 με 20 °C και στην περίπτωση που αυτό θα επιστρέψει στο κανάλι αμέσως, η θερμοκρασία στο σημείο απόρριψης θα αυξηθεί.

Συνέπειες της θερμικής ρύπανσης:

- ❖ Αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος οργανισμών που μπορεί να είναι και θανατηφόρα.
- ❖ Ως συνέπεια αυξάνεται ο ρυθμός αναπνοής, άρα και η κατανάλωση οξυγόνου. Η αύξηση της θερμοκρασίας από μόνη της εξάλλου, προκαλεί μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου, **Οι οργανισμοί που διαβιούν στα νερά άρα πεθαίνουν ή από την αύξηση της θερμοκρασίας ή από την ελάττωση του ΔΟ.**
- ❖ Οι κύκλοι ζωής υδάτινων ειδών, ελέγχονται από τη θερμοκρασία. Υπάρχουν ψάρια που μεταναστεύουν για την ωοτοκία τους ανταποκρινόμενα σε μικρές θερμοκρασιακές μεταβολές. Κάθε ασυνήθιστη μεταβολή, είναι δυνατόν να διακόψει τη φυσιολογική τους ανάπτυξη.

Τρόποι αποφυγής θερμικής ρύπανσης

Παραδείγματα

- Να εξαναγκαστεί το θερμαινόμενο νερό να περάσει μέσω ψυχρής τεχνητής λίμνης.
- Να ψεκασθεί το θερμό νερό σε ψυχρό πύργο και να ψυχθεί μέσω εξάτμισης. Είναι ο πιο αποτελεσματικός, αλλά και ταυτόχρονα ο πιο ακριβός τρόπος.

Ρύπανση υπόγειων υδάτων

- Σε φυσιολογικές συνθήκες, τα υπόγεια νερά είναι τέτοιας ποιότητας, ώστε να πληρούνται τα κριτήρια ασφαλούς και πόσιμου νερού χωρίς την ανάγκη καθαρισμού και επεξεργασίας τους. Πολλές φορές όμως καθαρά υπόγεια νερά μολύνονται και φρεάτια πρέπει να κλείσουν.
- Το υπόγειο νερό ρέει αργά, άρα οι προσμίξεις δεν διαλύονται και δεν ξεπλένονται όπως συμβαίνει σε ένα ποταμό που κινείται γρήγορα. Κάποιοι ρύποι φιλτράρονται από το έδαφος και διανύουν μόνο μικρές αποστάσεις, κάποιοι άλλοι είναι διαλυτά συστατικά (π.χ. τα νιτρικά) και διωλίζονται προς το υπόγειο νερό.
- **Πηγές επικίνδυνων για τη μόλυνση των υπόγειων υδάτων υλικών:** περιοχές απορριμμάτων όπου βιομηχανικά χημικά απόβλητα διαρρέουν από διαβρωμένα βαρέλια, χημικά απόβλητα παραγωγής βαφών, μετάλλων, υφασμάτων, λιπασμάτων, πλαστικών. Επίσης τα προϊόντα πετρελαίου που πετάγονταν σε ανοιχτές χωματερές ή σε περιοχές υγειονομικής ταφής ή ακόμη θάβονταν, τα εντομοκτόνα και τα λιπάσματα.

- Κατανάλωση διαλυμάτων νιτρικών, είναι δυνατόν να προκαλέσει εκτρώσεις σε βοοειδή και μεθαιμοσφαιριναιμία, σε βρέφη ανθρώπων (ασθένεια κυανωτικού βρέφους).
- Οι μικροοργανισμοί στον ανθρώπινο πεπτικό σωλήνα μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε νιτρώδη.
- Στη μεθαιμοσφαιριναιμία, νιτρώδη ιόντα, οξειδώνουν το σίδηρο της αιμοσφαιρίνης από Fe(II) σε Fe(III), σχηματίζοντας ανώμαλη μορφή αιμοσφαιρίνης που ονομάζεται μεθαιμοσφαιρίνη.
- Η μεθαιμοσφαιρίνη δεν μπορεί να συνδυαστεί με το οξυγόνο και έτσι το ανθρώπινο αίμα παρουσιάζει ανεπάρκεια σε οξυγόνο.

Μέγιστα επίπεδα ρύπων (ΜΕΡ), Πηγή: Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, James E. Girard, 3^η Έκδοση

Ρύποι	Πρωταρχικές επιδράσεις στην υγεία	ΜΕΡ(mg/L)
Αρσενικό	Τοξικές επιδράσεις για δέρμα και νευρικό σύστημα.	0,10
Βάριο	Επιδράσεις στο κυκλοφορικό σύστημα.	2,0
Κάδμιο	Επιδράσεις στους νεφρούς	0,005
Χρώμιο	Αλλεργική δερματίτιδα.	0,1
Φθόριο	Βλάβη στο σκελετό.	4,0
Μόλυβδος	Βλάβη στο κεντρικό και περιφερικό νευρικό σύστημα, επιπτώσεις στους νεφρούς πολύ τοξικός για βρέφη και εγκύους.	0,015
Υδράργυρος	Δυσλειτουργίες στο κεντρικό νευρικό σύστημα, επιπτώσεις στους νεφρούς.	0,002
Νιτρικά και νιτρώδη	Μεθαιμοσφαιριναιμία (σύνδρομο κυανωτικού βρέφους).	10,0/1,0
Σελήνιο	Επιδράσεις στο γαστρεντερικό σύστημα.	0,05
Θάλιο	Επιπτώσεις στο συκώτι και στους νεφρούς.	0,002

Αναδυόμενοι ρύποι

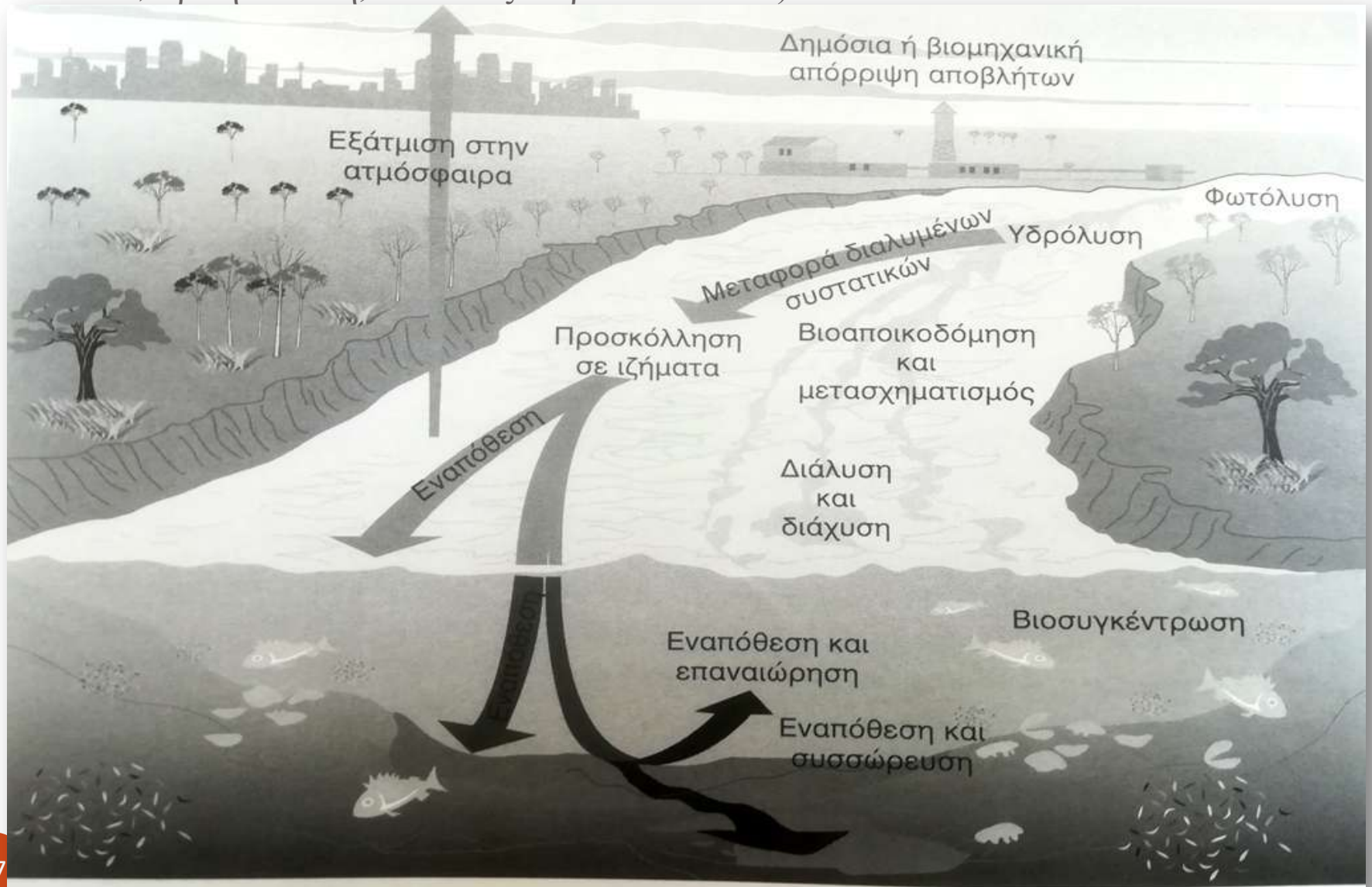
- Η ρύπανση από φαρμακευτικά, (παυσίπονα, ηρεμιστικά, αντιβιοτικά, αντισυλληπτικά, χάπια μείωσης χοληστερόλης και άλλα), **θεωρείται σημαντικό και αναδυόμενο θέμα. Τα συμβατικά εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων δεν είναι σχεδιασμένα ώστε να αφαιρούν φαρμακευτικά συστατικά και αντιβιοτικά.**
- Υπάρχουν αναδυόμενοι ρύποι που εξατμίζονται στην ατμόσφαιρα και εκεί κάποιοι υπόκεινται φωτόλυση και άλλοι μεταφέρονται, εναποτίθενται και τελικά συσσωρεύονται σε ιζήματα.
- **Υπάρχει ανησυχία για την πιθανότητα κάποιοι από τους αναδυόμενους ρύπους τελικά να συγκεντρωθούν στο θαλάσσιο οικοσύστημα.**

Απελευθέρωση σε κανάλια του νερού φαρμακευτικών ουσιών

- Από τη στιγμή που οι αναλυτικές μέθοδοι και ο αναλυτικός εξοπλισμός βελτιώθηκαν, αυξήθηκε η ικανότητα ταυτοποίησης ουσιών οι οποίες βρίσκονται σε ίχνη, (ppm, ppb).
- Η πρώτη αναφορά φαρμακευτικού ρύπου σε κανάλια νερού, έγινε στις αρχές της δεκαετίας του 90 στην **Ευρώπη**, όταν το κλοφιμπρικό οξύ, (μεταβολίτης του Clofibrate, φαρμάκου για τη μείωση της χοληστερίνης), βρέθηκε σε υπόγεια νερά.
- Το 1999-2000, η Αμερικανική Γεωλογική Υπηρεσία, έκανε την πρώτη έρευνα για επίπεδα φαρμακευτικών ουσιών, ορμονών καθώς και άλλων οργανικών ρύπων, σε 139 ρέματα 30 πολιτειών των ΗΠΑ.

- 95 από τους ρύπους που ψάχνονταν ήταν αντιβιοτικά, συνταγογραφούμενα αλλά και όχι φάρμακα, στεροειδή και ορμόνες. Στο 80% των ρευμάτων από τα οποία ελήφθησαν δείγματα, βρέθηκαν ένα ή περισσότερα από αυτά. Αυτή ήταν η πρώτη διεθνούς κλίμακας μελέτη αναδυόμενων ρύπων στα κανάλια νερού.
- Τα επίπεδα τέτοιων ουσιών έως σήμερα είναι μικρά για να επηρεάσουν τον άνθρωπο, ωστόσο αρκετοί τέτοιοι ρύποι επηρεάζουν το υδάτινο οικοσύστημα.
 - Συμβατικά αντιβιοτικά διακόπτουν την ορμονική λειτουργία των ψαριών.
 - **Εξαιτίας της έκθεσής του σε χαμηλές συγκεντρώσεις αντιβιοτικών στο περιβάλλον, ένας αριθμός βακτηρίων, έγινε ανθεκτικός στα συμβατικά αντιβιοτικά.** Τα αντιβιοτικά παραμένουν στο περιβάλλον, διότι συνεχίζουν να απελευθερώνονται και διότι μπορεί από τη φύση τους κάποια να είναι ανθεκτικά.

Τα μονοπάτια που οι ρύποι ακολουθούν όταν εισέρχονται σε υδάτινους οδούς (Εικόνα από: «Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας», James E. Gerard, Τρίτη έκδοση, Εκδόσεις Παρισιανού Α.Ε.)



- Γραμμομοριακά κλάσματα
- Έκφραση συγκέντρωσης σε ppm, ppb
- Υπολογισμός εκατοστιαίας περιεκτικότητας από το χημικό τύπο
- Εύρεση εμπειρικού και μοριακού τύπου ένωσης από την εκατοστιαία περιεκτικότητά της και το μοριακό της βάρος

Παραδείγματα

Πηγή:

1. Αρχές Περιβαλλοντικής Γεωχημείας G. NELSON EBY, Μετάφραση Νίκος Λυδάκης Σημαντήρης, Δέσποινα Πεντάρη
2. ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, EBBING D. DARRELL, GAMMON D. STEVEN, Μετάφραση Κλούρας, 2011, Εκδόσεις Τραυλός

• Γραμμομοριακό κλάσμα συστατικού διαλύματος

Ποιό το γραμμομοριακό κλάσμα γλυκόζης και νερού σε ένα διάλυμα που περιέχει 5,67 g γλυκόζης $C_6H_{12}O_6$ διαλυμένα σε 25,2 g νερού;

M.B. νερού = 18, Μάζα 1 mol H_2O = 18 g/mol

Άρα $25,2 \text{ g} / 18 \text{ g mol}^{-1} = 1,4 \text{ mol}$ νερού

M.B. Γλυκόζης = 180 1mol γλυκόζης = 180g/mol

Άρα $5,67 \text{ g} / 180 \text{ g mol}^{-1} = 0,0315 \text{ mol}$

Γραμμομοριακό κλάσμα Γλυκόζης = $\frac{0,0315 \text{ mol}}{(0,0315+1,4) \text{ mol}}$

Γραμμομοριακό κλάσμα Νερού = $\frac{1,4 \text{ mol}}{(0,0315+1,4) \text{ mol}}$

• Γραμμομοριακό κλάσμα συστατικού διαλύματος

Ποιό το γραμμομοριακό κλάσμα γλυκόζης σε υδατικό της διάλυμα συγκέντρωσης 0,120 m;

Σε 1000 g νερού περιέχονται 0,120 mol γλυκόζης

$$1000 \text{ g} / 18 \text{ g mol}^{-1} = 55,6 \text{ mol νερού}$$

$$\text{Γραμμομοριακό κλάσμα Γλυκόζης} = \frac{0,120 \text{ mol}}{(0,120+55,6) \text{ mol}}$$

$$\text{Γραμμομοριακό κλάσμα Νερού} = \frac{55,6 \text{ mol}}{(0,120 + 55,6) \text{ mol}}$$

Γραμμομοριακό κλάσμα συστατικού διαλύματος

Οι πλαγιόκλαστοι άστριοι είναι σημαντικό ορυκτό σε πολλά πετρώματα. Αυτοί σχηματίζουν μια σειρά στερεών διαλυμάτων με ακραία μέλη της τον καθαρό αλβίτη ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) και τον καθαρό ανορθίτη ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$). Ένα συγκεκριμένο πλαγιόκλαστο περιέχει 5% κ.β. Ca. Να υπολογιστεί το γραμμομοριακό κλάσμα του ανορθίτη στο πλαγιόκλαστο. Τα ατομικά βάρη των Ca, Al, Si και O είναι αντίστοιχα 40, 27, 28 και 16 amu.

- Αρχικά κάνουμε τον υπολογισμό του κβ ποσοστού του ανορθίτη. Πολλαπλασιάζουμε για το λόγο αυτό το M_r του ανορθίτη με 5 (% κ.β του Ca στο πλαγιόκλαστο) και στη συνέχεια διαιρούμε με το A.B. του Ca έτσι ώστε να γνωρίζουμε την αναλογία του ανορθίτη με το Ca

$$\% \kappa \beta \text{ Ca στο } \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8(\text{Av}) =$$

$$\frac{5(40 + 2 \times 27 + 2 \times 28 + 8 \times 16)}{40}$$

$$= 34,8 \%$$

- Στη συνέχεια αφαιρούμε το ποσοστό % κβ του ανορθίτη από το 100% και παίρνουμε το ποσοστό του αλβίτη

$$\% \text{ κβ NaAlSi}_3\text{O}_8(\text{Αλβ}) = 100 - 34,8 = 65,2\%$$

- Σχετικός αριθμός mole Ανορθίτη

$$= 34,8 \text{ g} / 278 \text{ g mol}^{-1} = 0,13 \text{ mol}$$

- Σχετικός αριθμός mole Αλβίτη

$$= 65,2 \text{ g} / 262 \text{ g mol}^{-1} = 0,25 \text{ mol}$$

- Γραμμομοριακό κλάσμα $A_n = \frac{\text{mole ανορθίτη}}{\text{mole } A_n + \text{Αλβ}} =$

$$= \frac{0,13}{0,13 + 0,25} = 0,34$$

- Ένα στερεό διάλυμα CaCO_3 - MgCO_3 περιέχει 3% κβ Mg. Να υπολογίσετε το γραμμομοριακό κλάσμα του MgCO_3 στο στερεό διάλυμα. Τα ατομικά βάρη των Ca, Mg, C και O είναι αντίστοιχα 40, 24, 12 και 16 amu.
- Ένα στερεό διάλυμα $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ - $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ (πυροξένιο εμπλουτισμένο σε Ca), περιέχει 5% κβ Fe. Να υπολογίσετε το γραμμομοριακό κλάσμα του $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ στο στερεό διάλυμα. Τα ατομικά βάρη των Ca, Mg, C, Si, Fe και O είναι αντίστοιχα 40, 24, 12, 28, 56 και 16 amu.

ppm ppb

- ppm: $\mu\text{g/mL}$, mg / L , $\mu\text{g / g}$
- ppb: ng/mL , ng / g , nL / L

- 1) Σε πόσα ppm και πόσα ppb, αντιστοιχεί υδατικό διάλυμα Cu περιεκτικότητας 36 % w/w;
- 2) Τι Μοριακότητα κατά όγκο, Molarity, έχει υδατικό διάλυμα HCl 1200 ppm;

Υπολογισμός εκατοστιαίας περιεκτικότητας από το χημικό τύπο

$$\text{Μάζα \% A} = \frac{\text{μάζα του A στο σύνολο}}{\text{μάζα του συνόλου}} \times 100\%$$

Π.χ υπολογίστε την % σύσταση του KClO_4 αν $\text{AB K} = 39,1 \text{ u}$, $\text{AB Cl} = 35,45 \text{ u}$, $\text{AB O} = 16,0 \text{ u}$

Μοριακή μάζα $\text{KClO}_4 = [(39,1) + (35,45) + 4 \times (16)] \text{amu} = 138,55 \text{ amu}$

Ένα mol KClO_4 έχει μάζα $138,55 \text{ g mol}^{-1}$ και περιέχει 1 mole K, (39,1 g), 1 mole Cl (35,45 g) και 4 mole O (64g)

$$\% \text{ K} = (39,1 \text{ g} / 138,55 \text{ g}) \times 100 = 28,2\%$$

$$\% \text{ Cl} = (35,45 / 138,55) \times 100 = 25,6\%$$

$$\% \text{ O} = (64 / 138,55) \times 100 = 46,2\%$$

Π.χ υπολογίστε την % σύσταση της φορμαλδεΐδης CH_2O αν $A_B C = 12,0 \text{ u}$, $A_B H = 1,01 \text{ u}$, $A_B O = 16,0 \text{ u}$

Η φορμαλδεΐδη, είναι ένα τοξικό αέριο με οξεία οσμή.
Μεγάλες ποσότητες της καταναλώνονται στη βιομηχανία πλαστικών και τα υδατικά της διαλύματα χρησιμοποιούνται για τη διατήρηση βιολογικών δειγμάτων

Μοριακή μάζα $\text{CH}_2\text{O} = [(12,0) + 2 \times (1,01) + (16,0)] \text{amu} = 30,0 \text{ amu}$

Ένα mol CH_2O έχει μάζα $30,0 \text{ g mol}^{-1}$ και περιέχει

1 mole C, (12,0 g), 2 mole H ($2 \times 1,01 \text{ g}$) και 1 mole O (16,0 g)

$$\% \text{ C} = (12,0 \text{ g} / 30,0 \text{ g}) \times 100\% = 40,0\%$$

$$\% \text{ H} = (2 \times 1,01 / 30,0) \times 100\% = 6,73\%$$

$$\% \text{ O} = 100\% - (40\% + 6,73\%) = 53,3\%$$

Υπολογίστε τα g άνθρακα που υπάρχουν σε 83,5 g φορμαλδεΐδης

Να χρησιμοποιηθεί η εκατοστιαία σύσταση, η οποία βρέθηκε στο προηγούμενο παράδειγμα 40% C, 6,73% H και 53,3% O

Η ένωση CH_2O , περιέχει 40,0% C, άρα η μάζα του C σε 83,5 g CH_2O είναι $83,5 \text{ g} \times 0,400 = 33,4 \text{ g}$

Υπολογίστε την % σύσταση του νιτρικού αμμωνίου NH_4NO_3 αν $\text{ABN} = 14,0 \text{ u}$, $\text{AB H} = 1,01 \text{ u}$, $\text{ABO} = 16,0 \text{ u}$

Το νιτρικό αμμώνιο, παρασκευάζεται από νιτρικό οξύ και αμμωνία και χρησιμοποιείται σαν αζωτούχο λίπασμα

$$\mathbf{M_R \text{NH}_4\text{NO}_3 = 2 \times (14,0) + 4 \times (1,01) + 3 \times (16,0) = 80,0}$$

Ένα mol NH_4NO_3 έχει μάζα $80,0 \text{ g mol}^{-1}$ και περιέχει 2 mole N ($2 \times 14,0 \text{ g}$), 4 mole H ($4 \times 1,01 \text{ g}$) και 3 mole O ($3 \times 16,0 \text{ g}$)

$$\mathbf{\% N = (28,0 \text{ g} / 80,0 \text{ g}) \times 100\% = 35,0\%}$$

$$\mathbf{\% H = (4 \times 1,01 / 80,0) \times 100\% = 5,05\%}$$

$$\mathbf{\% O = 100\% - (35,0\% + 5,05\%) = 59,95\%}$$

Πόσα g αζώτου, N, βρίσκονται σε λίπασμα το οποίο περιέχει 48,5 g νιτρικό αμμώνιο και καμία άλλη αζωτούχο ένωση

Να χρησιμοποιηθούν τα στοιχεία της εκατοστιαίας σύστασης του προηγούμενου παραδείγματος (35% N)

Η ένωση, NH_4NO_3 περιέχει 35% N, άρα η μάζα του N σε 48,5 g νιτρικού αμμωνίου είναι $48,5 \times 0,35 \text{ g} = 16,975 \text{ g}$

Προσδιορισμός του εμπειρικού τύπου μιας ένωσης ακολουθούνται τα πιο κάτω βήματα:

ΒΑΣΙΚΗ ΙΔΕΑ

Η αναλογία των moles των στοιχείων σε μια ένωση, είναι η ίδια με την αναλογία την οποία δίνουν οι δείκτες των στοιχείων στον εμπειρικό τύπο της ένωσης αυτής

- 1. Οι μάζες μετατρέπονται σε moles.**
- 2. Διαιρείται ο κάθε αριθμός moles με τον μικρότερο.**
- 3. Στην περίπτωση που όλα τα πηλίκα είναι ακέραιοι, έχουμε βρει τους δείκτες για τον εμπειρικό τύπο της ένωσης. Στην αντίθετη περίπτωση θα πρέπει να πολλαπλασιάσουμε με κάποιον παράγοντα.**

Σε μια χημική αντίδραση σχηματίζεται ίζημα με την εξής % κβ σύσταση:

- Ca = 39,74**
- P = 18,42**
- O = 38,07**
- F = 3,77**

Προσδιορίστε το χημικό τύπο της ένωσης.

	%κβ	Μάζα (g)	ΑΒ amu	Μετατροπή μάζας σε moles	Διαιρώ όλα με το μικρότερο
Ca	39,74	39,74	40,08	0,992	0,992 = 5 0,198
P	18,42	18,42	30,97	0,595	0,595 = 3 0,198
O	38,07	38,07	16,00	2,379	2,379 = 12 0,198
F	3,77	3,77	19,00	0,198	0,198 = 1 0,198

Μια ένωση αζώτου και οξυγόνου αναλύεται και βρίσκεται ότι ένα δείγμα της ένωσης με μάζα 1,587 g περιέχει 0,483 g αζώτου και 1,104 g οξυγόνου. Ποιος είναι ο εμπειρικός τύπος της ένωσης;

	Μάζα (g)	ΑΒ amu	Moles	Διαιρώ όλα με το μικρότερο
N	0,483	14,0	$0,483 \text{ g N} \times \frac{1 \text{ mol N}}{14,0 \text{ g N}} = 0,0345$	$\frac{0,0345}{0,0345} = 1$
O	1,104	16,0	$1,104 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16,0 \text{ g O}} = 0,0690$	$\frac{0,0690}{0,0345} = 2$

Άρα ο ζητούμενος εμπειρικός
τύπος είναι NO_2

Ο μοριακός τύπος μιας ένωσης είναι πολλαπλάσιο του εμπειρικού της τύπου. Βρίσκεται αν πολλαπλασιάσουμε τους δείκτες του εμπειρικού τύπου επί έναν αριθμό n

$$n = \frac{\text{μοριακή μάζα}}{\text{μάζα εμπειρικού τύπου}}$$

- Να βρείτε τον μοριακό τύπο της ακεταλδεΐδης, εάν η μοριακή της μάζα είναι 44 amu και η εκατοστιαία σύσταση της είναι 54,5% C, 9,2% H και 36,3% O

Λύση

$$54,5 \text{ g C} \times \frac{1 \text{ mol C}}{12,01} = 4,54$$

$$9,2 \text{ g H} \times \frac{1 \text{ mol H}}{1,01} = 9,11$$

$$36,3 \text{ g O} \times \frac{1 \text{ mol O}}{16,00} = 2,27$$

Διαιρούμε με το μικρότερο Για τον C: $4,54/2,27=2$,

για το H: $9,11/2,27=4$, Για το O: $2,27/2,27=1$

Άρα $n = \frac{\text{μοριακή μάζα}}{\text{μάζα εμπειρικού τύπου}} = \frac{44 \text{ amu}}{44 \text{ amu}} = 1$ Άρα ο ΜΤ είναι $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$

Η εκατοστιαία σύσταση μιας ένωσης είναι 39,9% C, 6,7% H και 53,4% O. Αν το μοριακό βάρος της βρέθηκε πειραματικά και είναι 60,0 amu, ποιος ο εμπειρικός τύπος της ένωσης και ποιος ο μοριακός της τύπος;

	%κβ	Μάζα/ 100 g (g)	ΑΒ amu	Moles	Διαιρώ όλα με το μικρότερο
C	39,7	39,7	12,01	3,3	$\frac{3,3}{3,3} = 1$
H	6,7	6,7	1,01	6,6	$\frac{6,6}{3,3} = 2$
O	53,4	53,4	16,00	3,3	$\frac{3,3}{3,3} = 1$

Άρα ο εμπειρικός τύπος είναι
 $(\text{CH}_2\text{O})_n$

Το βάρος του εμπειρικού τύπου είναι:

$$\text{AB C} + 2 \times (\text{AB H}) + \text{AB O} = 12,01 + 2 \times 1,02 + 16,00 = 30,05$$

$$n = \frac{\text{μοριακή μάζα}}{\text{μάζα εμπειρικού τύπου}} = \frac{60,0 \text{ amu}}{30,05 \text{ amu}} = 2$$

**Άρα ο μοριακός τύπος είναι $(\text{CH}_2\text{O})_2 = \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$
και είναι το οξικό οξύ**

Εάν έχετε διαβάσει το βιβλίο Civil Action γνωρίζετε ότι η οργανική χημική ουσία TCE έπαιξε σημαντικό ρόλο σε αυτή την περιβαλλοντική υπόθεση. Ανάλυση του TCE δίνει ότι αποτελείται από 18,283% κβ C, 0,767 % κβ H και 80,95% κβ Cl. Το μοριακό βάρος του TCE είναι 131,389.

α. Να υπολογίσετε τον εμπειρικό τύπο του TCE.

β. Να υπολογίσετε το μοριακό τύπο του TCE.

Βιβλιογραφία

- ΧΗΜΕΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, 1997, Θεμιστοκλή Αθ. Κουϊμτζή, Καθηγητή Α.Π.Θ., Εκδόσεις ΖΗΤΗ
- Αρχές Περιβαλλοντικής Χημείας, Έκδοση 3^η /2015, James Girard, ISBN: 9789605830618 Τύπος: Εκδότης: ΠΑΡΙΣΙΑΝΟΥ ΑΝΩΝΥΜΗ ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΕΜΠΟΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΒΙΒΛΙΩΝ
- Αρχές Περιβαλλοντικής Γεωχημείας, Έκδοση 1^η /2011, G. NELSON ΕΒΥ, Εκδόσεις Σπυρίδων Κωσταράκης, ISBN: 978-960-99858-6-4
- Περιβαλλοντική Χημεία, Έκδοση 1^Η/2016, IBANEZ G. JORGE, HERNANDEZ-ESPARZA MARGARITA, DORIA-SERRANO CARMEN, FREGOSO-INFANTE ARTURO, SINGH MONO MOHAN, ISBN: 978-960-524-448-4, ΙΔΡΥΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ & ΕΡΕΥΝΑΣ-ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ
- ΓΕΝΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ, EBBING D. DARRELL, GAMMON D. STEVEN, Μετάφραση Κλούρας, 2011, Εκδόσεις Τραυλός