



# Λιμνοποτάμιο Περιβάλλον και Οργανισμοί

Ενότητα 4: Φύσικο-Χημικές Ιδιότητες του νερού

Καθηγήτρια Λαζαρίδου Μαρία  
Τμήμα Βιολογίας



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

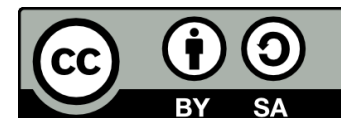


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

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 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.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΧΤΑ  
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΑ  
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



# Φύσικο-χημικές Ιδιότητες του νερού

# Περιεχόμενα ενότητας

1. Ιδιότητες του νερού
2. Οξυγόνο
3. Διοξείδιο του Άνθρακα
4. Εποχικότητα & Μετρήσεις
5. Αλκαλικότητα
6. pH
7. BOD-5
8. Αγωγιμότητα
9. TDS



# Σκοποί ενότητας

- Να γνωρίσει ο φοιτητής τις βασικές ιδιότητες του νερού και να εμβαθύνει σε αβιοτικούς παράγοντες όπως τα διαλυμένα αέρια οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα, την αλκαλικότητα, το pH, τη βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο, την αγωγιμότητα και τα διαλυμένα στερεά, που βρίσκονται σε άμεση αλληλεπίδραση με τα υδάτινα οικοσυστήματα



# Ιδιότητες του νερού

- **Μόριο του νερού:** 1 άτομο οξυγόνου & 2 υδρογόνου, μία **πολύ σταθερή ένωση**
- Λόγω της χημικής του σύστασης, θα έπρεπε να βρίσκεται μόνο σε αέρια μορφή στον πλανήτη. Το ότι δεν είναι, οφείλεται στις **ηλεκτροστατικές έλξεις μεταξύ των μορίων του νερού** (δεσμοί υδρογόνου). Η ικανότητά του να **διαλύει πολλές ουσίες** οφείλεται στις ηλεκτροστατικές έλξεις
- Στους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού οφείλονται πολλές από τις ιδιόρρυθμες φυσικο-χημικές ιδιότητες, καθώς & η **ανάπτυξη της ζωής στον πλανήτη**
- Λόγω αυτών των ιδιοτήτων το νερό **ρυθμίζει το κλίμα της γης & προσφέρει σταθερό & φιλόξενο περιβάλλον** στους υδρόβιους οργανισμούς (οι οποίοι ανέπτυξαν ειδικές προσαρμογές κατά την εξελικτική τους πορεία μέσα σ' αυτό)
- Οι καταπληκτικές αυτές ιδιότητες του νερού επηρεάζονται από ανθρώπινες δραστηριότητες & επηρεάζουν με τη σειρά τους τη βιωσιμότητα των υδρόβιων οργανισμών



# Ιδιότητες του νερού

<b>Θερμοχωρητικότητα</b>	Μεγαλύτερη από όλα τα στερεά & τα υγρά (εκτός $\text{NH}_3$ )	Εμποδίζει μεγάλες διακυμάνσεις θερμοκρασίας
<b>Τα μόρια του νερού είναι πολύ σταθερά</b>	Ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ H & O. λόγω της ασυμμετρίας των μορίων του νερού παρουσιάζουν ηλεκτρικές διπολικές ιδιότητες (δεσμοί υδρογόνου) Βράζει στους $100^\circ\text{C}$ & στερεοποιείται στους $0^\circ\text{C}$ υπό πίεση 1 atm. Θα έπρεπε να βράζει στους $-60^\circ\text{C}$ και να παγώνει στους $90^\circ\text{C}$	Το νερό παραμένει σε υγρή μορφή – λίγα μόρια περνούν στην αέρια κατάσταση Το νερό είναι το μόνο ελεύθερο στη φύση σώμα που παραμένει υγρό σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας & πίεσης (εκτός Hg)
<b>Διαλυτική ικανότητα</b>	Το νερό εισχωρεί σε άτομα άλλων μορίων λόγω της πολικότητας του φορτίου των μορίων του. Τα μόρια των αλάτων αλληλεπιδρούν με τα μόρια του νερού (ιοντικοί δεσμοί)	Παγκόσμιος διαλύτης. Διαβρώνει εύκολα. Κλειδί για τη διατροφή και τη ρύθμιση του μεταβολισμού όλων των ζωντανών.
<b>Επιφανειακή τάση (μεγαλύτερη από όλα τα υγρά)</b>	Τα σταγονίδια έχουν πάντα την τάση να σχηματίζουν σφαιρικές επιφάνειες	Το νερό μορφοποιεί τη σφαιρική επιφάνεια της σταγόνας που συμπεριφέρεται η ελεύθερη επιφάνεια σαν τεντωμένο σεντόνι. Η επιφάνεια του νερού είναι σημαντική για πολλές μορφές ζωής του νερού. Το οξυγόνο διαχέεται μέσω αυτής & προσφέρεται στους οργανισμούς
<b>Υψηλό ιξώδες</b>	50 φορές μεγαλύτερο ιξώδες από τον αέρα λόγω των δεσμών υδρογόνου που ενώνουν τα μόρια του νερού στους $20^\circ\text{C}$	Σχετικά μέτρια η ταχύτητα εκτόπισης των οργανισμών. Το ιξώδες ενός υγρού αυξάνει με τη διάλυση ουσιών σε αυτό (λύματα- απόβλητα)
<b>Πυκνότητα</b>	Το γλυκό νερό έχει 833 φορές μεγαλύτερη πυκνότητα από τον αέρα	Προσφέρει πολύ καλή στήριξη για πολλούς φυσικούς & ζωικούς οργανισμούς
<b>Είναι μέσο πυκνό &amp; λίγο συμπιεστό</b>		Οι οργανισμοί δέχονται περισσότερα μηνύματα μέσα στο νερό απ' ό,τι στον αέρα
<b>Μεταβολή της πυκνότητας σε σχέση με τη θερμοκρασία</b>	Αντίθετα με τον κανόνα που θέλει τα σώματα πυκνότερα & βαρύτερα με την πτώση της θερμοκρασίας	Ο πάγος επιπλέει στο νερό. Όταν ο πάγος καλύπτει την επιφάνεια, συνεχίζει να υπάρχει ζωή από κάτω 7 σταθερή θερμοκρασία



# Ιδιότητες του νερού

Τα διαλυμένα ανόργανα συστατικά στα φυσικά νερά

Κύρια	Δευτερεύοντα	Ιχνοστοιχεία	Αέρια
$\text{Ca}^{++}$ , $\text{HCO}_3^-$	N (όπως $\text{NO}_3^-$ ή $\text{NH}_4^+$ )	Fe, Cu, Co	$\text{O}_2$
$\text{Mg}^{++}$ , $\text{SO}_4^{--}$	Si (όπως $\text{SiO}_2$ ή $\text{HSiO}_3^-$ )	B, Mn, Mo	$\text{N}_2$
$\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$	P (όπως $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ή $\text{HPO}_4^{--}$ )	Zn, Al, κ.α.	$\text{CO}_2$
$(\text{NH}_4^+)$ , $\text{F}^-$	ή $\text{PO}_4^{---}$ )		
$(\text{Fe}^{++})$			

(από Σίνη, 1999)



# Ιδιότητες του νερού

## Φυσικοχημεία του ύδατος

- Η **παροχή (όγκος νερού /sec)** είναι ο πρώτος παράγοντας που ελέγχει τη **χημεία ύδατος**, κυρίως μέσω της διάλυσης.
- Η παροχή συσχετίζεται επίσης με τη μεταφορά **του αιωρούμενου ιζήματος** στους ποταμούς. Χωρίς συνεχή μέτρηση της παροχής, οι ροές (μεταφορά) του ιζήματος & των χημικών ουσιών στους ποταμούς δεν μπορούν να υπολογιστούν.
- Το διάγραμμα της παροχής στο χρόνο καλείται **υδρόγραμμα**. Η μορφή του **υδρόγραμματος** συνδέεται με το μέγεθος των ποταμών, το καθεστώς των ποταμών, & τις επιδράσεις των λιμνών ή των υπόγειων νερών.
- *Οι μακροπρόθεσμες μηνιαίες παροχές χαρακτηρίζουν το καθεστώς ενός ποταμού.*



---

Γιατί το οξυγόνο & το διοξείδιο του άνθρακα  
είναι ζωτικής σημασίας για τη διαβίωση των  
οργανισμών;

- Και τα δύο συμμετέχουν στην αναπνοή & τη  
φωτοσύνθεση



# Οξυγόνο

- Το **οξυγόνο** συμμετέχει σε πολλές σημαντικές χημικές & βιολογικές αντιδράσεις.
- **Καταναλώνεται** συνεχώς κατά την **αναπνοή** από τα φυτά (αυτότροφοι οργανισμοί) & τα ζώα (ετεροτροφικοί οργανισμοί)
- **Παράγεται** από τη **φωτοσύνθεση** μόνο όταν το φως είναι ικανοποιητικό & οι θρεπτικές ουσίες (P/N) είναι διαθέσιμες



# Οξυγόνο

- Οικολογικά, το οξυγόνο είναι **περιοριστικός παράγοντας** για τη ζωή όταν είναι σε έλλειψη. Αν και άφθονο στον ατμοσφαιρικό αέρα, η συγκέντρωσή του στο νερό (λίμνες & ποταμοί) είναι **περιορισμένη**
- Το πολύ κρύο νερό περιέχει λιγότερο από 5% του οξυγόνου που περιλαμβάνεται σε παρόμοιο όγκο του αέρα. **Το ποσό μειώνεται γρήγορα καθώς η θερμοκρασία ύδατος αυξάνεται**

Γιατί συμβαίνει αυτό;

- Το νερό περιέχει λίγο οξυγόνο λόγω της σχετικά χαμηλής μερικής πίεσης του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα & της χαμηλής διαλυτότητά του



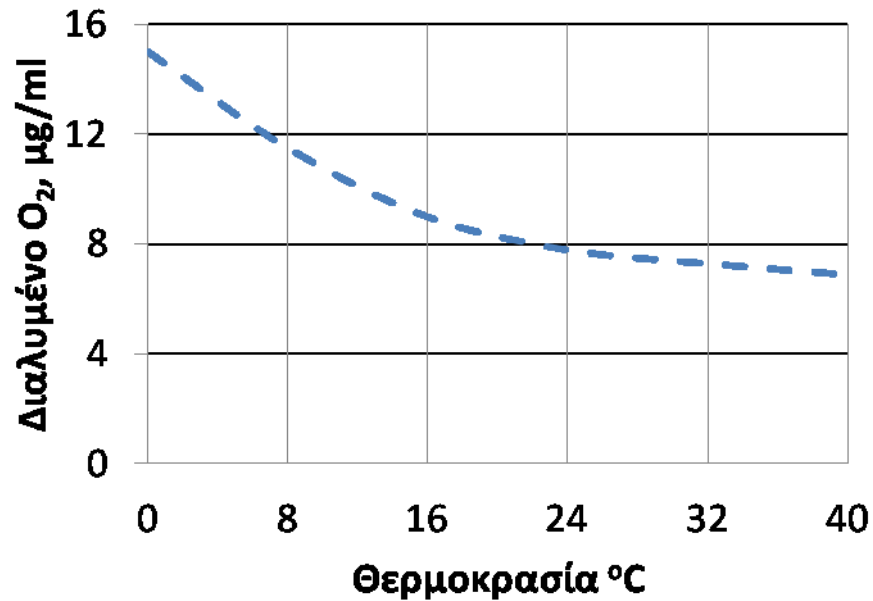
# Οξυγόνο

- Το ποσό διαλυμένου οξυγόνου σε ένα υδάτινο οικοσύστημα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως **η θερμοκρασία, η αλκαλικότητα, η ατμοσφαιρική πίεση**. Η αύξηση των τιμών αυτών των παραμέτρων προκαλεί τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου.
- Η διαλυμένη συγκέντρωση οξυγόνου εξαρτάται επίσης από το **οργανικό φορτίο** του ύδατος & των **φωτοσυνθετικών οργανισμών**. Στα ολιγοτροφικά συστήματα το νερό είναι κορεσμένο σε  $O_2$  ενώ στα εύτροφα υπάρχει μείωση.
- Το οργανικό φορτίο (απ' όπου κι αν προέρχεται) μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρή μείωση του διαλυμένου  $O_2$ . Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της αύξησης του αριθμού μικροοργανισμών που χρησιμοποιούν την οργανική ουσία ως υπόστρωμα για την αποσύνθεση που μειώνει το διαθέσιμο οξυγόνο.
- Όταν αυτό συμβαίνει και διαρκεί αρκετά, οι περισσότεροι υδρόβιοι οργανισμοί χάνονται ή αντικαθίστανται από άλλους εξειδικευμένους οργανισμούς & ανθεκτικούς στο χαμηλό οξυγόνο.
- Η **έλλειψη λοιπόν οξυγόνου** στο νερό (ποταμοί & λίμνες) συγκριτικά με τον αέρα, οφείλεται στο ότι **μειώνεται εύκολα** κατά την αναπνοή & την αποσύνθεση εκτός αν συνεχώς ανανεώνεται από τον αέρα.

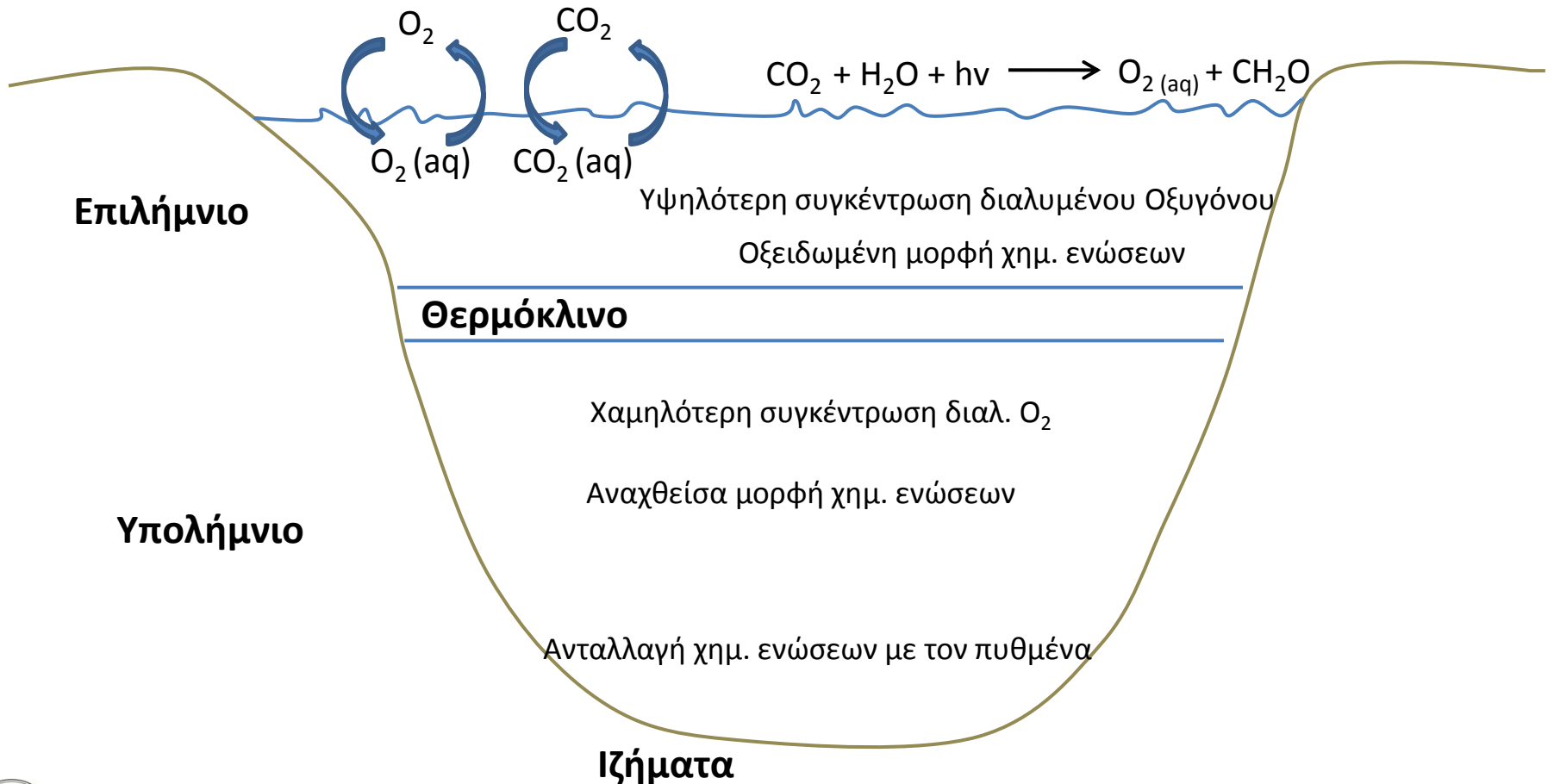


# Οξυγόνο

Σχέση διαλυμένου οξυγόνου στο νερό με τη θερμοκρασία του μέσου  
(διαλυτότητα οξυγόνου στο νερό)



# Οξυγόνο

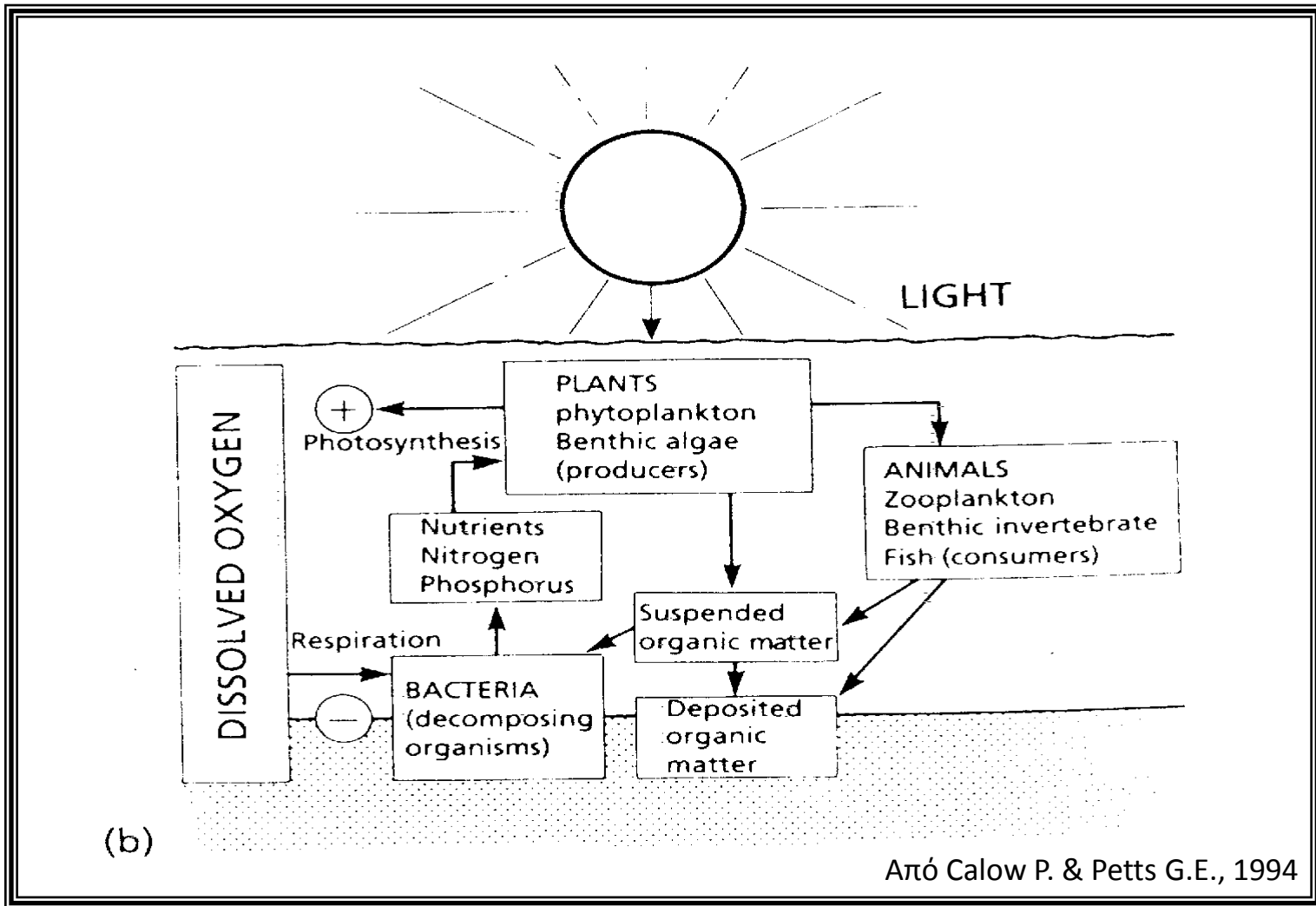


Βασισμένο σε Βασιλικώτης, 1981





# Οξυγόνο

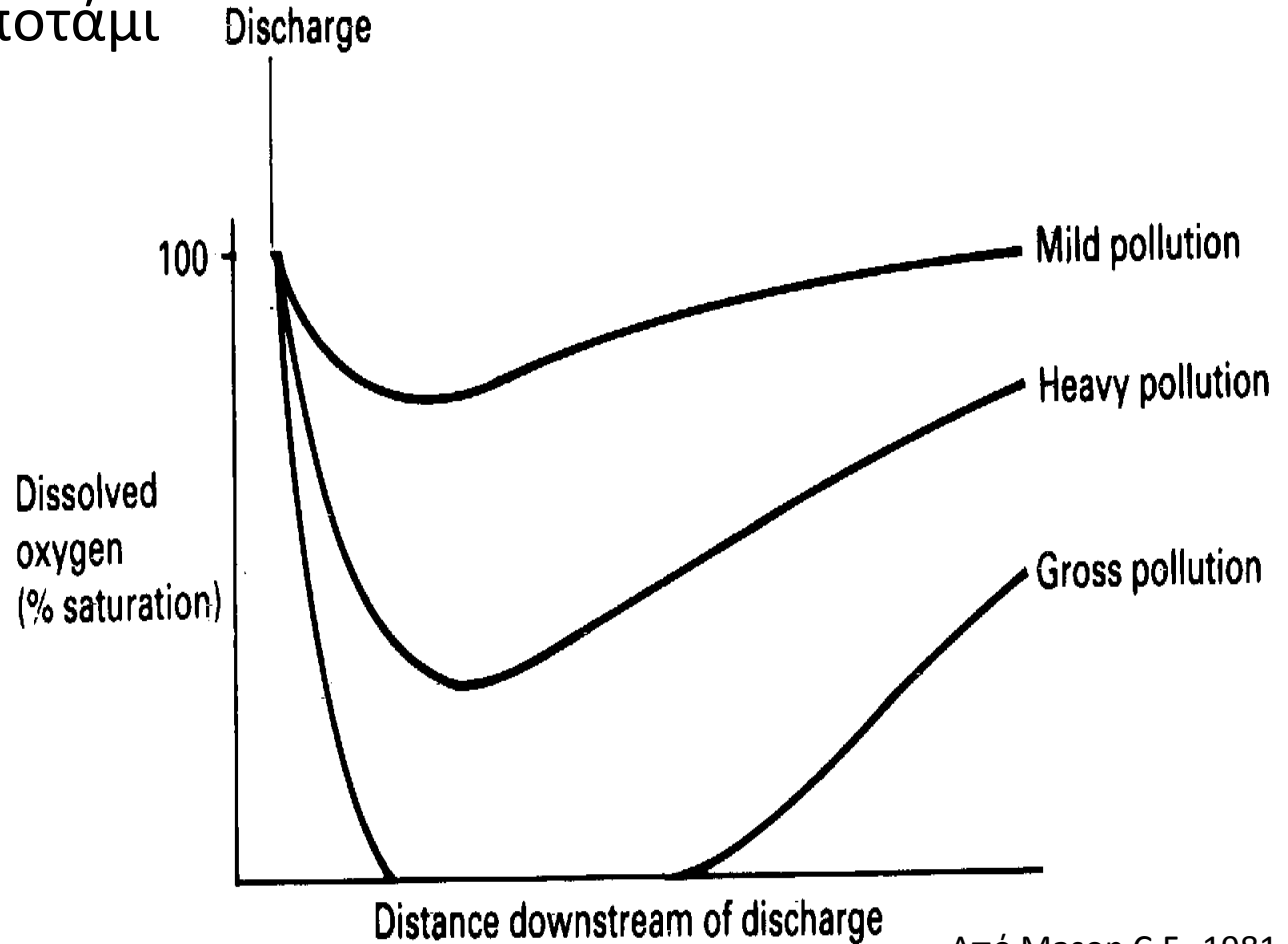


Από Calow P. & Petts G.E., 1994



# Οξυγόνο

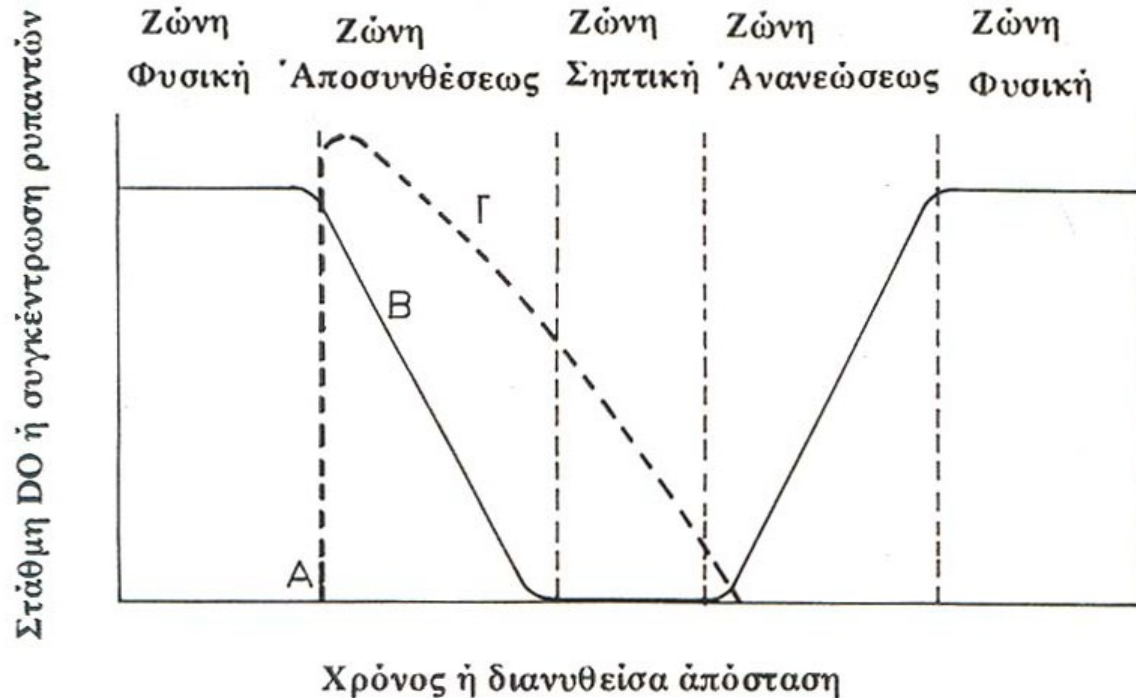
Επίδραση της παροχής ανόργανου υλικού στον κορεσμό του νερού με οξυγόνο σε ένα ποτάμι



Από Mason C.F., 1981



# Οξυγόνο



ΣΧΗΜΑ 6: Σχηματική παράσταση προσθήκης οργανικών ρυπαντών στο φυσικό ύδωρ. (Α) σημείο προσθήκης ρυπαντών, (Β) στάθμη διαλυμένου οξυγόνου DO, (Γ) στάθμη συγκεντρώσεως ρυπαντού.

Βασιλικιώτης, 1981

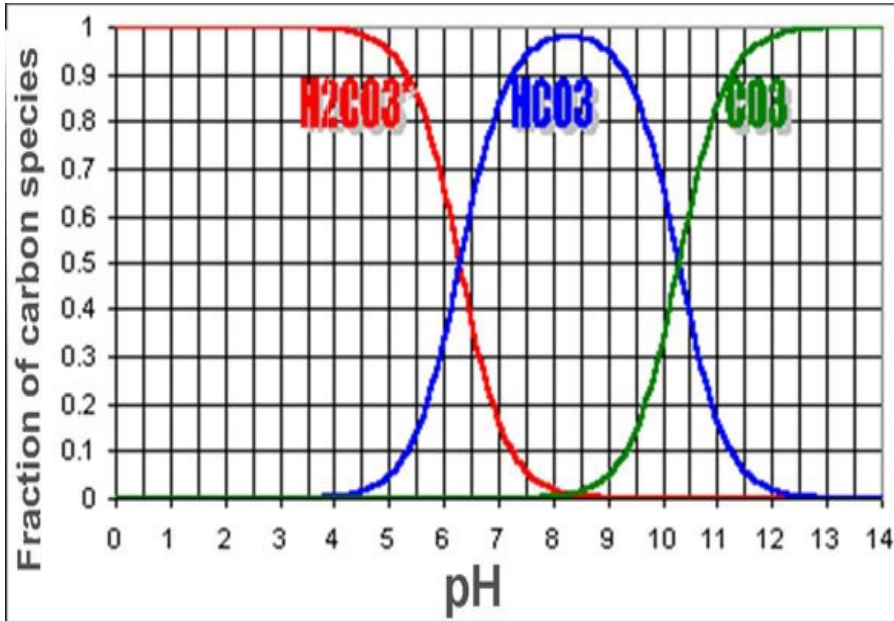


# Διοξείδιο του Άνθρακα

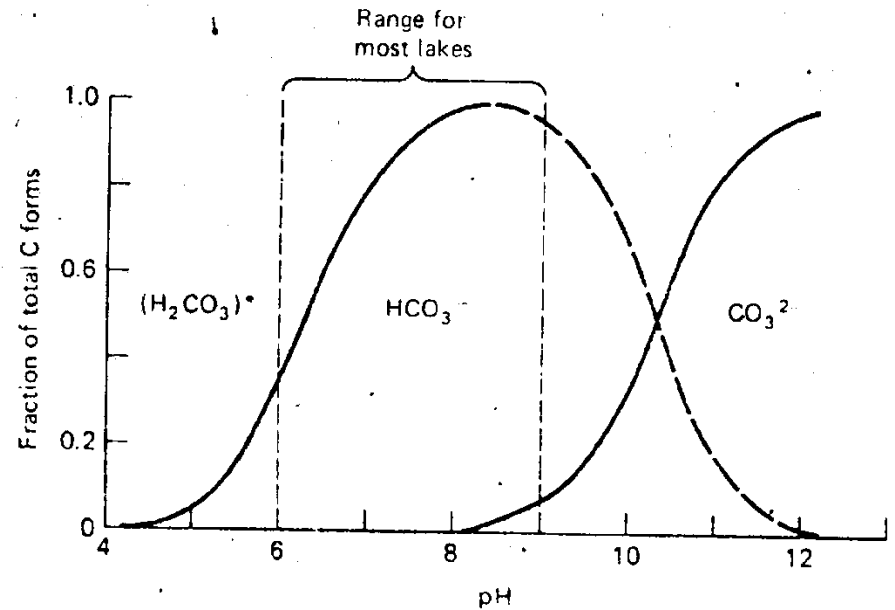
- Το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) είναι προϊόν της αναπνοής (φυτών & ζώων)
- Παρέχει τη σημαντικότερη πηγή άνθρακα για τη φωτοσύνθεση & στις περισσότερες περιπτώσεις παρουσιάζει **αντίστροφη σχέση με το οξυγόνο**
- Εισέρχεται στο γλυκό νερό είτε με τη διάχυση από τον αέρα είτε σχηματίζεται κατά την αναπνοή, είτε από αντιδράσεις όλων των ενώσεων ανθρακικών ή διττανθρακικών αλάτων, οι οποίες προέρχονται από τη διάλυση των ιζηματογενών πετρωμάτων.
- Η διαλυτότητά του στο νερό είναι 200 φορές αυτής του οξυγόνου. Όταν διαλύεται, παράγει το ανθρακικό οξύ ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), το οποίο διασπάται σε διάφορα κλάσματα ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{--}$ ) ανάλογα με τη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (**pH**).



# Διοξείδιο του Άνθρακα



$H_2CO_3$  speciation with pH variation (ARMS K. 1994 .)



Carbon fractions according to lake pH. (Alan 1992)



# Διοξείδιο του Άνθρακα

- Τα ακριβή επίπεδα  $\text{CO}_2$  ποικίλλουν με τη θερμοκρασία & με την ιοντική δύναμη του ποταμού ή της λίμνης.
- Το ελεύθερο  $\text{CO}_2$  απαραίτητα διατηρεί  $\text{HCO}_3^-$  σε διάλυμα & καλείται  $\text{CO}_2$  ισορροπία.
- Στα κατάντη από ιδιαίτερα παραγωγικούς ποταμούς ή λίμνες, η αύξηση των μακροφύτων & των μικροβενθικών φυκών μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στις συγκεντρώσεις του  $\text{CO}_2$  & παρεκκλίσεις από την ατμοσφαιρική ισορροπία



# Διοξείδιο του Άνθρακα

- Τα περισσότερα φυτά μπορούν να χρησιμοποιήσουν για τη φωτοσύνθεση μόνο το  $\text{CO}_2$  που προέρχεται από διάχυση μέσω του αέρα κοντά στην επιφάνεια ή από  $\text{HCO}_3^-$  σε μεγάλα βάθη.

## ➤ Έλλειψη $\text{CO}_2$

**Το περιοριστικό στάδιο στη λύση του διοξειδίου του άνθρακα είναι η υδάτωση-αφυδάτωση του διοξειδίου του άνθρακα σε ανθρακικό οξύ.** Αυτή η αντίδραση μπορεί να περιορίσει τη φωτοσύνθεση κατά τη διάρκεια των ήρεμων ημερών στα πολύ παραγωγικά ύδατα, όπου οι απαιτήσεις των φυτών είναι πιο μεγάλες από τα ελεύθερα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα.



# Διοξείδιο του Άνθρακα

## ➤ Περίσσεια CO<sub>2</sub>

Στην περίπτωση που υπάρχει σημαντικό οργανικό φορτίο σε έναν μεγάλο ποταμό, η διάχυση του CO<sub>2</sub> από τον ποταμό ή η απορρόφηση κατά τη φωτοσύνθεση μπορεί να είναι μικρότερη από το ποσό που παράγεται μέσω της αναπνοής των μικροοργανισμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πολύ μεγάλη σχετική πίεση του CO<sub>2</sub>, η οποία μπορεί να είναι 20 φορές μεγαλύτερη αυτής της ατμοσφαιρικής





# Εποχικότητα & Μετρήσεις

- Σε ιδιαίτερα παραγωγικά ύδατα (αργά κινούμενοι ποταμοί με άφθονα μακρόφυτα) **το οξυγόνο είναι αυξημένο & το διοξείδιο του άνθρακα μειωμένο κατά τη διάρκεια της ημέρας, ενώ αντιστροφή εμφανίζεται τη νύχτα**
  - ✓ Τέτοιες αλλαγές δείχνουν τον ισχυρό βιολογικό έλεγχο των συγκεντρώσεων αυτών των αερίων.
  - ✓ Σε περίπτωση απουσίας τέτοιου βιολογικού ελέγχου, το οξυγόνο θα ακολουθήσει το αντίθετο σχέδιο.



# Εποχικότητα & Μετρήσεις

## Μέτρηση του $O_2$

- Το ποσό του οξυγόνου & διοξειδίου του άνθρακα παρέχει ένα κατάλληλο μέτρο της οργανικής παραγωγής προϊόντων, της αποσύνθεσης & του οργανικού εμπλουτισμού του νερού
- Οι συγκεντρώσεις οξυγόνου μπορούν να μετρηθούν είτε με τη μέθοδο Winkler, η οποία είναι μια απλή οξυγονοαναγωγική μέθοδος, ή με έναν ευαίσθητο αισθητήρα με μεμβράνη.
- Σύμφωνα με την οδηγία της ΕΕ σχετικά με τα επίπεδα οξυγόνου στο πόσιμο νερό, ο κορεσμός πρέπει να είναι τουλάχιστον 75%.



# Εποχικότητα & Μετρήσεις

- Ετεροβαθμική αρνητική διανομή του οξυγόνου στη λίμνη Sakrowersee (Γερμανία, 25 Αυγ.1929) (Dussart 1966)



# Εποχικότητα & Μετρήσεις

## Μέτρηση του CO<sub>2</sub>

- Το CO<sub>2</sub> δεν προσδιορίζεται συχνά
- Ο συνολικός ανόργανος άνθρακας μετριέται με τιτλοδότηση, μέθοδος βασισμένη στην αντίδρασή με Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ή NaOH & το σχηματισμό NaHCO<sub>3</sub>
- Το CO<sub>2</sub> στο νερό συνήθως δεν υπερβαίνει 10 ml/l
- Οι υψηλές συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> μπορούν να φανούν στην αλκαλικότητα & είναι συνήθως ενδεικτικές των παραγωγικών νερών (βασική πηγή του CO<sub>2</sub> στα γλυκά νερά είναι οι ενώσεις ανθρακικών & διττανθρακικών αλάτων)



# Αλκαλικότητα

- **Αλκαλικότητα:** η ποσότητα & τα είδη ενώσεων που μετατοπίζουν συλλογικά το pH σε αλκαλικό. Εκφράζεται (συνήθως) σε mg/l CaCO<sub>3</sub> μετριέται με τιτλοδότηση
- **Συσχετίζεται πολύ με τα είδη υδρόβιας ζωής που θα επιζήσουν στο νερό**
  - ✓ **Προσοχή:** για τη σκληρότητα μετριοούνται άλατα ασβεστίου & μαγνήσιου που δεν είναι μόνο ανθρακικά ή διττανθρακικά άλατα.



# BOD-5

- Η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου (Biochemical Oxygen Demand 5) μετριέται προκειμένου να αξιολογηθεί το οργανικό φορτίο
- Είναι εμπειρική μέτρηση & εστιάζει στο οξυγόνο που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς για να αποσυνθέσει το οργανικό φορτίο. Εάν το οργανικό φορτίο αυξάνεται, κατόπιν το καταναλωμένο οξυγόνο για την αποσύνθεσή του θα αυξηθεί επίσης.
- ✓ Στους ποταμούς,  $BOD > 2,5 \text{ mg/l}$  δείχνει το οργανικό φορτίο



# BOD

Άντιστοιχία ρυπαντών ανθρώπινης και ζωϊκής δραστηριότητας σε BOD.

Τιμές BOD σε αντιστοιχία ρυπαντών & σε όρια εκτίμησης ρύπανσης (Βασιλικιώτης, 1981)

Πηγή	Ίσοδυναμία σε τιμές BOD
Άνθρωπος	1.0
Πουλερικό	0.1
Χοίρος	1.9
Πρόβατο	2.5
Άλογο	11.3
Άγελάδα	16.4

Τιμές BOD ύδάτων

Υδατα ποταμών χωρίς ρύπανση	<1	mg.l <sup>-1</sup>
Υδατα ποταμών που έχουν ρυπανθεί	>10	"
Υδατα αποβλήτων μετά την κατεργασία	10-20	"
Υδατα οικιακών κ' βιομηχ. αποβλήτων	300-5000	"
Επιτρεπτά όρια στην Β. Ελλάδα	30	"



# Αγωγιμότητα

- **Μέτρο της δυνατότητάς του να φέρει ηλεκτρικό φορτίο:** Όσες περισσότερες είναι οι «ακαθαρσίες» (τα ολικά αιωρούμενα στερεά) στο νερό, τόσο μεγαλύτερη είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητά του
- Με μέτρηση της αγωγιμότητας, μπορεί να καθοριστεί το ποσό των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS): Για την μετατροπή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (microSiemens/cm) μιας δειγματοληψίας ύδατος στη συγκέντρωση των συνολικών διαλυμένων στερεών (PPM) στο δείγμα, πολλαπλασιάζεται με έναν παράγοντα (0,54 - 0,96 για φυσικά νερά). Η αξία του παράγοντα εξαρτάται από τον τύπο διαλυμένων στερεών.
  - ✓  $TDS (PPM) = \text{αγωγιμότητα (microSiemens/cm.)} \times 0,67$





# TDS

- **TDS:** το σύνολο αιρούμενων ιόντων (συν το πυρίτιο -  $\text{SiO}_2$ ) στο νερό. Μεταβάλλεται στα επιφανειακά νερά & δεν υπάρχει επιτρεπτό όριο για την εκτίμηση του επιπέδου ρύπανσης.
- Τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) & το ιοντικό περιεχόμενο συνδέεται με τους τύπους των πετρωμάτων. Το περιεχόμενο των διαλυμένων αλάτων ρυθμίζεται από τη διάβρωση μερικών βασικών ορυκτών (φυσικού άλατος, γύψος, ανθρακικά άλατα & πυριτικά άλατα, κατά φθίνουσα σειρά ως προς τη διαλυτότητα).
  - ✓ Τα TDS είναι χαμηλά στα φυσικά νερά αλλά μπορούν να είναι αυξημένα όπου εισάγονται υδροθερμικά υπόγεια νερά



# TDS

- Οι συγκεντρώσεις των TDS είναι γενικά αντιστρόφως ανάλογες προς την παροχή των ποταμών (Q). (Λόγω της μίξης περισσότερων μεταλλοποιημένων υπόγειων νερών κατά τη διάρκεια της χαμηλής ροής, με τα πιο αραιά επιφανειακά ύδατα). Αυτή η αντίστροφη σχέση γίνεται φανερή όταν το εποχιακό TDS συνδυαστεί με τις αντίστοιχες παροχές.
- Οι σχετικές διακυμάνσεις μπορούν να είναι αρκετά υψηλές: από 30% για τους ποταμούς με τα χαμηλά επίπεδα TDS (Sagami, Tennessee) σε 200% ή ακόμα & 400% για τους πιο αλατούχους ποταμούς (Έβρος, Murray).
- Το TDS μπορεί να αυξηθεί αναλογικά με την παροχή (Q) στις ξηρές περιοχές όπου η διάλυση των αλατισμένων καταθέσεων μπορεί να εμφανιστεί κατά τη διάρκεια του σταδίου της πλημμύρας



# Ιχνοστοιχεία στα νερά

	Electrical conductivity ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	pH	Sum of cations ( $\mu\text{eq l}^{-1}$ )	SiO <sub>2</sub> (mg l <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	Mg <sup>2+</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	Na <sup>+</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	Cl <sup>-</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg l <sup>-1</sup> )	Notes
<b>A. Pristine streams draining most common rock types (corrected for oceanic aerosols)</b>												
Granite	35	6.6	166	9.0	0.78	0.38	2.0	0.3	0	1.5	7.8	1
Gneiss	35	6.6	207	7.8	1.2	0.69	1.8	0.4	0	2.7	8.3	1
Volcanic	50	7.2	435	12.0	3.1	2.0	2.4	0.55	0	0.5	25.9	1
Sandstone	60	6.8	223	9.0	1.8	0.75	1.2	0.82	0	4.5	7.6	1
Shale			770	9.0	8.1	2.9	2.4	0.78	0.7	6.9	35.4	1
Carbonate	400	7.9	3,247	6.0	51	7.8	0.8	0.51	0	4.1	195	1
<b>B. Pristine streams draining rare rock types or in a rare geological formation</b>												
Amazonian clear waters	5.7	5.1	111	1.9	tr	0.13	1.2	1.4	0.7			2
Amazonian black waters	29.1	3.7	212	0.6	tr	0.02			1.2			2
Coal shale			40,700	7.0	87	121	600	10.2	14.8	1,400	652	2
Salt rock		8.0	312,000	1.2	607	68	6,300	7.7	9,400	1,330	183	2
<b>C. Rivers influenced by evapotranspiration</b>												
Horocallo R., Ethiopia	2,230	9.2	21,800	79	2.2	1.45	480	2.5	195	65	975	2
<b>D. Rivers influenced by oceanic aerosols</b>												
Clisson R., France	227	6.2		14.6	6.4	4.8	22.0	2.6	40.0	5.8	32.9	3

UNESCO,  
WHO, UNEP,  
1992, 1996



# Ιχνοστοιχεία στα νερά

	Streams (1-100 km <sup>2</sup> )				Rivers (100,000 km <sup>2</sup> )				Global average MCNC	
	Minimum		Maximum		Minimum		Maximum			
	(μeq l <sup>-1</sup> )	(mg l <sup>-1</sup> )	(μeq l <sup>-1</sup> )	(mg l <sup>-1</sup> )	(μeq l <sup>-1</sup> )	(mg l <sup>-1</sup> )	(μeq l <sup>-1</sup> )	(mg l <sup>-1</sup> )	(neq l <sup>-1</sup> )	(mg l <sup>-1</sup> )
SiO <sub>2</sub> <sup>2</sup> (μmole l <sup>-1</sup> )	10	0.6	830	50	40	2.4	330	20	180	10.8
Ca <sup>2+</sup>	3	0.06	10,500	210	100	2.0	2,500	50	400	8.0
Mg <sup>2+</sup>	4	0.05	6,600	80	70	0.85	1,000	12.1	200	2.4
Na <sup>+</sup>	2.6	0.06	15,000	350	55	8	1,100	25.3	160	3.7
K <sup>+</sup>	3	0.1	160	6.3	13	0.5	100	4.0	27	1.0
Cl <sup>-</sup>	2.5	0.09	15,000	530	17	0.6	700	25	110	3.9
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.9	0.14	15,000	720	45	2.2	1,200	58	100	4.8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	5,750	350	165	10	2,800	170	500	30.5
Sum of cations	45		20,000		340		4,000		800	
PH	4.7		8.5		6.2		8.2			
TSS		3		15,000		10		1,700		150
DOC		0.5		40		2.5		8.5		4.2
POC		0.5		75						3.0
POC %	0.5			20						2.0
TOC		1.5		25						
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>						0.005		0.04		0.015
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>						0.05		0.2		0.10
N organic						0.05		1.0		0.26
P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>						0.002		0.025		0.010

Κατανομή βασισμένη σε 75 μη ρυπασμένες μονολιθικές λεκάνες από όλες τις χώρες στις οποίες η κατανομή του τύπου πετρώματος είναι κοντά στην εκτιμώμενη παγκόσμια κατανομή Meybeck (1987) (UNESCO, WHO, UNEP, 1992, 1996)



# Βιβλιογραφία

- Alan J.D., 1995, Stream Ecology, Structure and function of running waters. Chapman Hall, London
- Arms K. 1994: H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> speciation with pH variation. "Environmental Science"
- Dussart, B. 1966: Limnologie. L'étude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Paris: 667pp.
- Haslam S.M., 1995, River Pollution : An Ecological Perspective, John Wiley & Sons, N.Y.
- Mason, C. F., 1981, Biology of Freshwater Pollution. British Library Cataloguing in Publication Data.
- Calow P., & Petts G.E. 1994, The Rivers Handbook, Vol. 2. Blackwell Scientific Publicationw, Oxford.
- M. Meybeck, G. Friedrich, R. Thomas and D. Chapman 1996,  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/wqachapter6.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqachapter6.pdf)
- Saunders, Clege Publishing Calow P. & Petts G.E., 1994, The Rivers Handbook- Hydrological and Ecological principles. Blackwell Science, G.B.
- UNESCO/WHO/UNEP, 1992, 1996, Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition Edited by Deborah Chapman
- Βασιλικιώτης Γ.Σ., 1981, Χημεία Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη.
- Κουϊμτζής, Θ. , 1994, Χημεία Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.





# Τέλος Ενότητας 4

Επεξεργασία: Λατινόπουλος Διονύσης  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό Εξάμηνο 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

