



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικόν και Καποδιστριακόν  
Πανεπιστήμιον Αθηνών

# Διαχείριση και Τεχνολογία Περιβάλλοντος

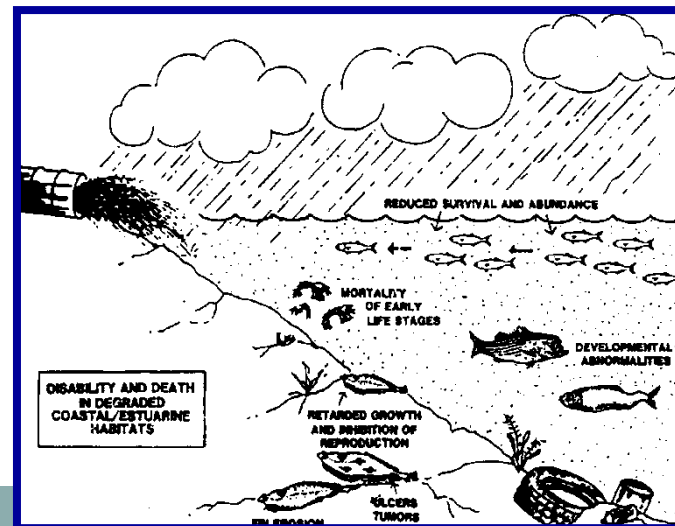


## ΕΝΟΤΗΤΑ 4: ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ

ΜΙΧΑΗΛ ΣΚΟΥΛΛΟΣ,  
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΔΑΣΕΝΑΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

# ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ – ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ (BOD-COD)

Το διαλυμένο οξυγόνο, DO (Dissolved Oxygen), είναι πιθανότατα η πιο σημαντική παράμετρος για τον χαρακτηρισμό της περιβαλλοντικής ποιότητας των υδάτων, αφού η έλλειψη οξυγόνου συνεπάγεται την κατάρρευση των υδάτινων οικοσυστημάτων και τον θάνατο των υδρόβιων οργανισμών από ασφυξία. Συχνά, η εμφάνιση μεγάλων αριθμών νεκρών ψαριών ή άλλων οργανισμών οφείλεται στην μείωση του διαλυμένου οξυγόνου σε μια περιοχή. Η περιορισμένη ανανέωση των νερών μέσω των θαλάσσιων ρευμάτων, η ύπαρξη μεγάλου οργανικού φορτίου από απόβλητα, η εμφάνιση ευτροφικών φαινομένων είναι οι συνηθέστερες αιτίες για την μείωση των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.



# ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (BOD)



Όταν βιοαποικοδομήσιμη οργανική ύλη απορρίπτεται σε έναν υδάτινο αποδέκτη (π.χ. ποτάμι, θάλασσα), οι μικροοργανισμοί (βακτήρια) τρέφονται από την οργανική ύλη, διασπώντας την σε απλούστερες οργανικές και ανόργανες ενώσεις.



1. οργανική ύλη +  $O_2$  ----μ/ο ----→  $CO_2 + H_2O$  + νέα κύτταρα + σταθερά προϊόντα ( $NO_3, PO_4, SO_4$ )
2. οργανική ύλη -----μ/ο-----→  $CO_2 + CH_4$  + νέα κύτταρα + ασταθή προϊόντα ( $H_2S, NH_4$ )

Η ποσότητα του οξυγόνου που χρειάζονται τα βακτήρια για να οξειδώσουν, υπό αερόβιες συνθήκες, τα οργανικά απόβλητα ονομάζεται **βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand – BOD)**.

Το BOD είναι η παράμετρος που μας επιτρέπει να υπολογίσουμε το φορτίο των βιοδιασπώμενων οργανικών ουσιών, δηλαδή τη ρυπαντική ισχύ των οικιακών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων.

Κατ' επέκταση, μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε τις επιπτώσεις που θα έχει η απόρριψη λυμάτων και αποβλήτων στον τελικό υδάτινο απόδεκτη (π.χ. εμφάνιση ανοξίας).

Το BOD εκφράζεται σε mg O<sub>2</sub> ανά λίτρο (mg/L).

# Μέτρηση $BOD_5$



- Ο προσδιορισμός της ολικής απαιτούμενης ποσότητας οξυγόνου για την βιοδιάσπαση (οξειδωση) όλης της οργανικής ύλης από τους μ/ο απαιτεί πειράματα μεγάλης διάρκειας (μερικών εβδομάδων).
- Πειραματικά έχει βρεθεί ότι διάρκεια επώασης του δείγματος **5 ημερών** επαρκεί για την βιοαποικοδόμηση του μεγαλύτερου μέρους του οργανικού φορτίου.
- Τυπικά αστικά λύματα:  $BOD_5 \approx 70-90\% BOD_{tot}$

Ο ρυθμός αποικοδόμησης των οργανικών λυμάτων – αποβλήτων θεωρείται πως είναι ανάλογος της ποσότητάς τους.

Εάν ορίσουμε ως  $L_t$  την απαίτηση σε οξυγόνο που έχουν τα απόβλητα σε χρόνο  $t$ , και θεωρώντας την αντίδραση ως 1<sup>ης</sup> τάξης, τότε:

$$\frac{dL_t}{dt} = -k L_t \quad \text{Εξίσωση 1}$$

όπου  $k$ : η σταθερά ταχύτητας της αντίδρασης κατανάλωσης οξυγόνου (χρόνος<sup>-1</sup>)

Η λύση της Εξίσωσης 1 δίνει:  $L_t = L_0 e^{-kt}$  **Εξίσωση 2**

όπου  $L_0$  η συνολική ποσότητα σε διαλυμένο οξυγόνο που απαιτείται για την οξειδωση όλων των ενώσεων οργανικού άνθρακα προς  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$ .

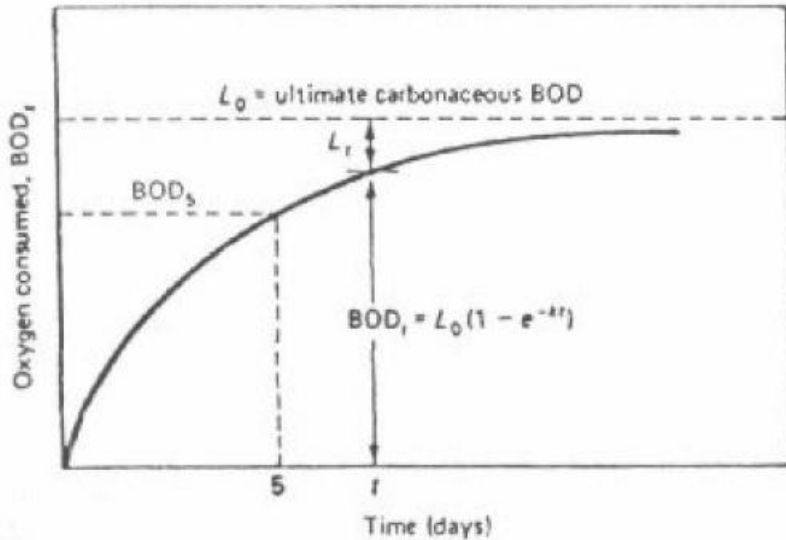
Το  $L_0$  θα ισούται με το άθροισμα της ποσότητας του οξυγόνου που καταναλώθηκε από το απόβλητο τις πρώτες  $t$  ημέρες  $\text{BOD}_t$  και της ποσότητας του οξυγόνου που μένει να καταναλωθεί μετά τις  $t$  ημέρες.

$$L_0 = \text{BOD}_t + L_t \quad \text{Εξίσωση 3}$$

Από τις εξισώσεις 3 και 2 προκύπτει:

$$\text{BOD}_t = L_0 (1 - e^{-kt}) \quad \text{Εξίσωση 4}$$

# Γραφική παράσταση της εξίσωσης $BOD_t = L_0(1 - e^{-kt})$



Η σταθερά  $k$  είναι ενδεικτική του ρυθμού αποικοδόμησης του αποβλήτου.

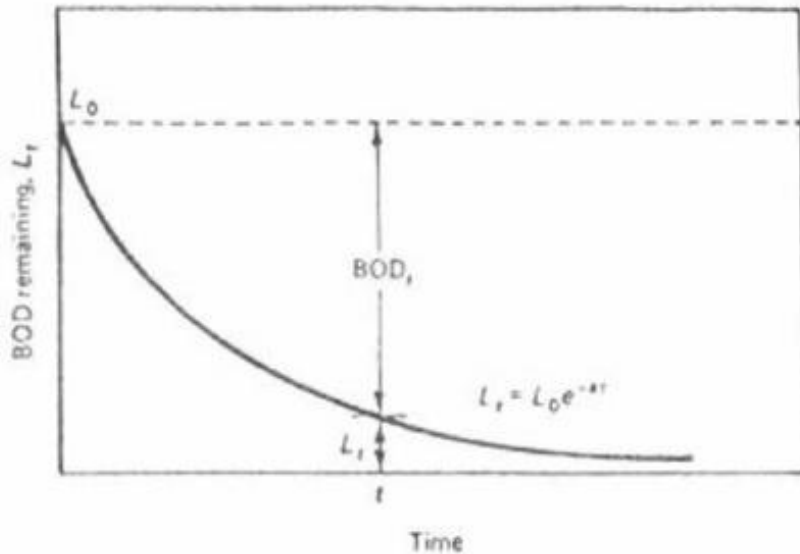
Εξαρτάται από:

- τη φύση των αποβλήτων (σάκχαρα, άμυλο *vs* κυτταρίνη)
- Θερμοκρασία  $k = k_{20}\theta^{(T-20)}$

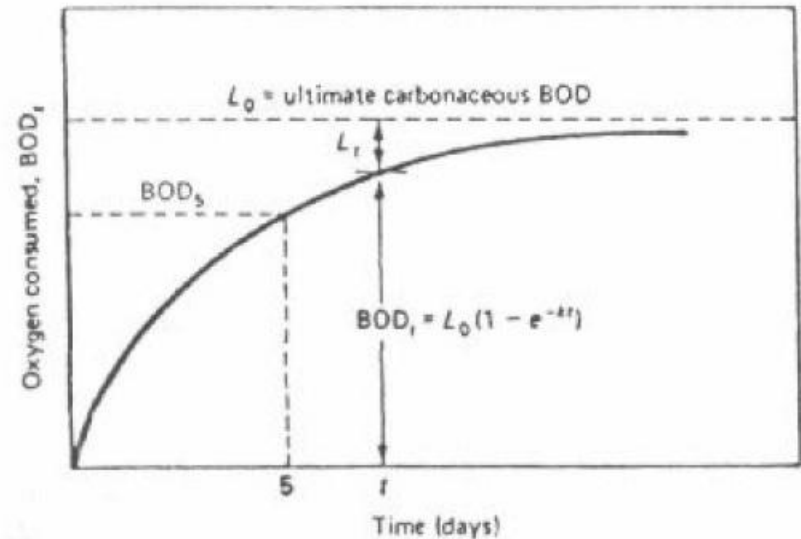
Είδος αποβλήτου	$k$ (ημέρα <sup>-1</sup> ) – 20°C
Ακατέργαστο απόβλητο	0,35–0,70
Επεξεργασμένο απόβλητο	0,10–0,25
Ρυπασμένα νερά ποταμού	0,10–0,25

# Γραφικές παραστάσεις των Εξισώσεων 3 και 4

$$L_0 = BOD_t + L_t$$



$$BOD_t = L_0(1 - e^{-kt})$$



## Είδος αποβλήτου

## k (ημέρα<sup>-1</sup>)

Ακατέργαστο απόβλητο

0,35–0,70

Επεξεργασμένο απόβλητο

0,10–0,25

Ρυπασμένα νερά ποταμού

0,10–0,25

Η σταθερά k είναι ενδεικτική του ρυθμού αποικοδόμησης του αποβλήτου

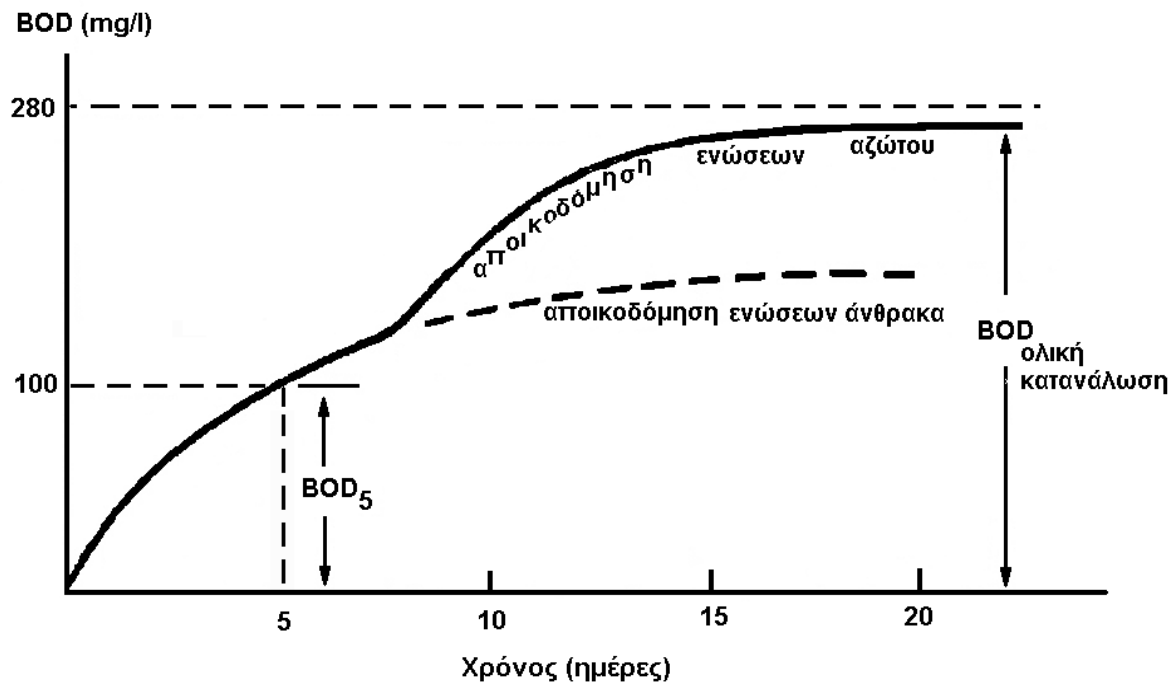
Εξαρτάται από:

- τη φύση των αποβλήτων (σάκχαρα, άμυλο vs κυτταρίνης)

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



# Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο για την αποικοδόμηση ενώσεων αζώτου



Το BOD είναι από τους συνηθέστερα χρησιμοποιούμενους δείκτες ποιότητας των αποβλήτων αλλά επηρεάζεται από μια σειρά παραμέτρων:

- είδος και πληθυσμός μικροοργανισμών,
- φύση οργανικών ουσιών,
- συνυπάρχουσες ουσίες,
- ποσότητα και είδος θρεπτικών συστατικών,
- αρχική συγκέντρωση οξυγόνου,
- σταθερότητα ή τυχόν διακυμάνσεις θερμοκρασίας κλπ)

που κάνουν τον δείκτη ευαίσθητο σε σφάλματα για την αποφυγή των οποίων χρειάζεται προσοχή, εξάσκηση και πιστή τήρηση της ίδιας διαδικασίας για όλα τα δείγματα, τυφλά κλπ.

Η παρουσία τοξικών ουσιών (π.χ. βαρέων μετάλλων) παρακωλύει τον προσδιορισμό γιατί καταστρέφεται η μικροβιακή πανίδα.



# Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο



- Πολλές οργανικές ενώσεις, όπως η κυτταρίνη, οι φαινόλες, το ταννικό οξύ, κτλ., είναι ανθεκτικές στην βιοαποικοδόμηση.
- Άλλες οργανικές ενώσεις (π.χ. παρασιτοκτόνα) δεν βιοαποικοδομούνται διότι είναι τοξικές για τους μ/ο.
- Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο είναι μια παράμετρος που δεν εξαρτάται ούτε από την ικανότητα των μ/ο να αποικοδομούν την οργανική ύλη, ούτε από φύση των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στα λύματα-απόβλητα.

# **ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (COD)**

**Με τον όρο χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (CHEMICAL OXYGEN DEMAND, C.O.D) ορίζεται η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση του συνόλου των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στο δείγμα που μπορούν να οξειδωθούν με ισχυρό χημικό οξειδωτικό μέσο.**

**Ο προσδιορισμός του COD έχει ιδιαίτερη αξία για νερό και απόβλητα που περιέχουν τοξικές ουσίες, οι οποίες σκοτώνουν τους μικροοργανισμούς και εμποδίζουν τον προσδιορισμό του BOD. Έτσι μόνο με το COD ή τον προσδιορισμό του ολικού οργανικού άνθρακα, μπορεί να προσδιοριστεί ολική φόρτιση ενός αποβλήτου σε οργανικές ενώσεις.**



# COD vs BOD



- Η μέτρηση του COD είναι πιο γρήγορη από τη μέτρηση του BOD.
- Μας δίνει πληροφορίες για τη συνολική ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων, χωρίς να γίνεται διάκριση μεταξύ των βιοαποικοδομήσιμων και μη ενώσεων.
- Δεν μας δίνει πληροφορίες για τη ταχύτητα αποικοδόμησης των ενώσεων.
- $COD > BOD$
- Όταν στο λύμα-απόβλητο περιέχονται μόνο ευκόλως βιοδιασπώμενες ενώσεις, τότε  $COD \approx BOD$ .

## Τιμές BOD και COD σε διάφορα νερά και απόβλητα

Προέλευση	COD με K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>6</sub> (O <sub>2</sub> mg/l)	BOD (O <sub>2</sub> mg/l)
Νερά ποταμών χωρίς ρύπανση	—	< 1
Νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί	—	> 10
Νερά αποβλήτων μετά την κατεργασία	—	10–20
Νερά οικιακών ή βιομηχ. αποβλήτων	—	300–5000
Επιτρεπτά όρια στη Β. Ελλάδα (1978)	90	30
» » » » (1983)	250	80
Ακατέργαστα λύματα (οικιακά)	420	360
Βιομηχανία γάλακτος	700–5 600	500–4 200
Βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου	2 400	780
Βιομηχανία κελλουλόζης	800	300
Βιομηχανία ζάχαρης	2 000	1 800
Βιομηχανία κονσερβ. λαχανικών	—	100–300
Βαφεία	—	300–600
Σφαγεία (αίμα μόσχου)	234 000	167 000
Οινοπνευματοποιΐα	90 000	50 000



Παράμετρος ρύπανσης	Ακατέργαστα λύματα	Πρωτοβάθμια κατεργασία		Δευτεροβάθμια κατεργασία		Τριτοβάθμια κατεργασία	
	<i>ppm (mg/l)</i>	<i>ppm</i>	<b>I.K.*</b>	<i>ppm</i>	<b>I.K.</b>	<i>ppm</i>	<b>I.K.</b>
<b>BOD</b>	<b>300</b>	<b>195</b>	<b>35%</b>	<b>30</b>	<b>90%</b>	<b>2,5</b>	<b>&gt;95%</b>
<b>COD</b>	<b>400</b>	<b>280</b>	<b>30%</b>	<b>80</b>	<b>80%</b>	<b>2-10</b>	<b>&gt;95%</b>
<b>Αιωρούμενα</b>	<b>300</b>	<b>120</b>	<b>60%</b>	<b>30</b>	<b>90%</b>	<b>&lt;0,5</b>	<b>&gt;90%</b>
<b>Ολικό N</b>	<b>60</b>	<b>48</b>	<b>20%</b>	<b>30</b>	<b>50%</b>	<b>&lt;6</b>	<b>&gt;90%</b>
<b>Ολικός P</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>12%</b>	<b>10</b>	<b>30%</b>	<b>&lt;0,15</b>	<b>&gt;95%</b>
<b>Κολοβακτηρίδια/ml</b>	<b>15x10<sup>4</sup></b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1000</b>	<b>-</b>	<b>&lt;0,02</b>	<b>-</b>

# Μέτρηση $BOD_5$



- Μέτρηση  $DO_{in}(t=0)$  και  $DO_f(t=5)$  (μέθοδος Winkler).
- Συνθήκες: 20 °C, σκοτάδι (περιορισμός φωτοσύνθεσης), αεροστεγής πωματισμός (περιορισμός της διάχυσης  $O_2$  από την ατμόσφαιρα).
- Επειδή οι τιμές του BOD στα οικιακά λύματα είναι μερικές εκατοντάδες mg/L και ο κορεσμός DO στο νερό στους 20 °C είναι 9,1 mg/L, απαιτείται **αραίωση** του δείγματος.



$$BOD_5 = \frac{(DO_{in} - DO_f)}{A}$$

$$A = \frac{V_{αποβλήτου}}{V_{αποβλ.} + V_{νερού\ αραίωσης}}$$



# Μέτρηση $BOD_5$



Πολλές φορές είναι αναγκαίος ο εμβολιασμός του νερού αραίωσης με μ/ο ώστε να διασφαλίσουμε ότι ο βακτηριακός πληθυσμός επαρκεί για την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης.

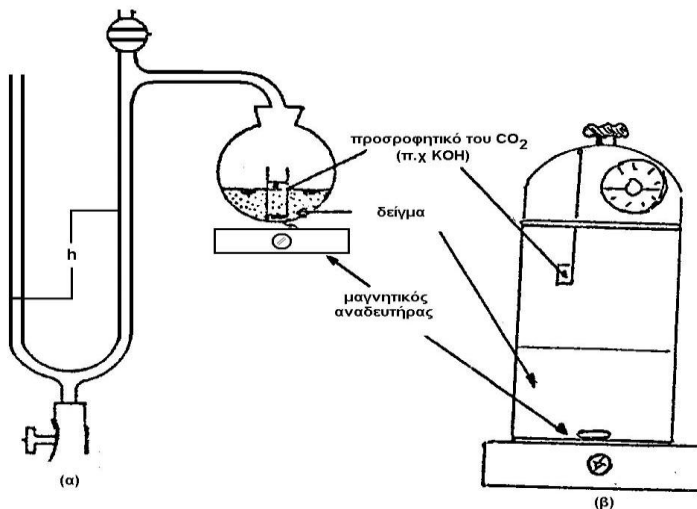
$$BOD_5 = \frac{(DO_{in} - DO_f)_{αποβλήτου} - ((DO_{in} - DO_f)_{ζύμης} \times (1 - A))}{A}$$

# ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ BOD



Η κατανάλωση του οξυγόνου μετράται μέσω της μείωσης της μερικής πίεσης του οξυγόνου στο εσωτερικό της σφραγισμένης φιάλης.

Το  $\text{CO}_2$  που παράγεται κατά την οξείδωση της οργανικής ύλης προσροφάται από ένα προσροφητικό (π.χ.  $\text{KOH}$ ).



# ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ COD

## Αρχή της μεθόδου:

Μια οργανική ένωση του τύπου  $C_xH_{2y}O_z$  θα οξειδωθεί με οξυγόνο προς  $CO_2$  και  $H_2O$  κατά την αντίδραση:



Το  $K_2Cr_2O_7$  δρα ως οξειδωτικό σύμφωνα με την αντίδραση:



Το δείγμα ζέεται με μείγμα γνωστής ποσότητας διχρωμικού καλίου και θειϊκού οξέος. Η περίσσεια του διχρωμικού καλίου προσδιορίζεται ογκομετρικά με πρότυπο διάλυμα  $Fe(II)$ :



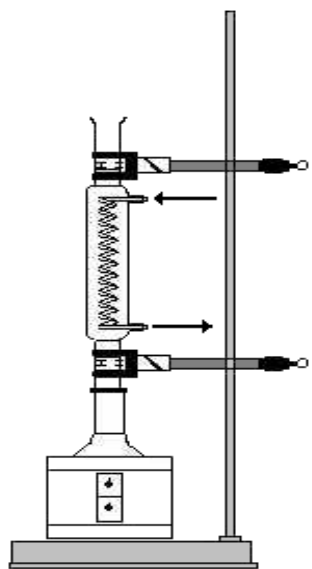
Η ποσότητα του διχρωμικού καλίου που καταναλώνεται είναι ανάλογη με την ποσότητα των οργανικών ενώσεων.

## Παρεμποδίσεις

- Δεν οξειδώνονται πλήρως οι αλειφατικοί υδρογονάνθρακες, οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες και η πυριδίνη.
- Με την προσθήκη καταλύτη ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ) έχουμε πιο αποτελεσματική οξείδωση των ευθύγραμμων αλειφατικών υδρογονανθράκων. Η προσθήκη όμως αυτή δημιουργεί ιζήματα, εάν υπάρχουν ιόντα χλωρίου, βρωμίου ή ιωδίου.
- Οι ευθύγραμμες αλκοόλες και τα οξέα επίσης οξειδώνονται αποτελεσματικά με την παρουσία του καταλύτη αυτού αλλά οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες εξακολουθούν να μην προσβάλλονται (βενζόλιο, τολουόλιο).
- Τα χλωριόντα παρεμποδίζουν τον προσδιορισμό σύμφωνα με την αντίδραση:  
$$6\text{Cl}^- + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ \rightarrow 3\text{Cl}_2 + 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}.$$
Δεσμεύονται με την προσθήκη  $\text{HgSO}_4$  σύμφωνα με την αντίδραση:  
$$\text{Hg}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{HgCl}_2$$
- Τα  $\text{NO}_2^-$  αντιδρούν με το  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  και δίνουν τιμή C.O.D. ίση προς 1,4 mg για κάθε 1 mg των νιτρωδών. Για την αποφυγή της επίδρασης αυτής γίνεται προσθήκη σουλφαμικού οξέος ( $\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$ ).

Όγκος δείγματος (ml)	Πρότυπο διάλυμα διχρωμικών (ml)	Πυκνό $H_2SO_4$ με $Ag_2SO_4$ (ml)	Βάρος $HgSO_4$ (g)	Κανονικότητα Fe (II) (N)
10	5	15	0,2	0,05
20	10	30	0,4	0,10
30	15	45	0,6	0,15
40	20	60	0,8	0,20
50	25	75	1,0	0,25

### Πορεία προσδιορισμού :



1. Μεταφέρονται σε σφαιρική φιάλη βρασμού 20 mL δείγματος.
2. Στη συνέχεια προστίθενται 0,4 g  $HgSO_4$ , 1-2 τεμάχια ελαφρόπετρας ή πορώδους πορσελάνης. Η παρουσία τους ομαλοποιεί τον βρασμό.
3. Προστίθενται ακόμη 10 ml προτύπου διαλύματος 0,25 N διχρωμικού καλίου και 30 ml πυκνού  $H_2SO_4$ , με συνεχή ανακίνηση της φιάλης.

4. Το μείγμα ζέεται 2 ώρες με κάθετο ψυκτήρα και αφήνεται να ψυχθεί.
5. Εκπλένεται ο ψυκτήρας με 20 mL απιονισμένο νερό χωρίς να απομακρυνθεί από τη συσκευή.
6. Αφού ψυχθεί η σφαιρική φιάλη, προστίθενται 10 σταγόνες δείκτη φερροΐνης και ογκομετρείται η περίσσεια του  $K_2Cr_2O_7$  με πρότυπο διάλυμα Fe(II) μέχρις ότου το χρώμα του δείκτη από κυανοπράσινο γίνει καστανέρυθρο.
7. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για τον τυφλό προσδιορισμό, όπου αντί δείγματος χρησιμοποιούνται 20ml απεσταγμένου νερού.

**Ο τελικός υπολογισμός γίνεται βάσει του τύπου**  
 **$mg/l \text{ COD} = (V_1 - V_2) N \times 8000/V_3$**

**όπου:**

**$V_1$  ο όγκος (ml) του διαλύματος Fe (II) που έχει καταναλωθεί για τον τυφλό προσδιορισμό,**

**$V_2$  ο όγκος του ίδιου διαλύματος που έχει καταναλωθεί για τον προσδιορισμό του δείγματος,**

**$N$  η κανονικότητά του Fe (II) και  $V_3$  ο όγκος του δείγματος.**

**Ο αριθμός 8000 παριστά τα meq του οξυγόνου.**

**Για τον έλεγχο του προσδιορισμού μπορεί να παρασκευασθεί δείγμα με γνωστό COD. Συνιστάται το όξινο φθαλικό κάλιο (KHP). Θεωρητικά η τιμή του COD του είναι 1,1769 g ανά g KHP.**

# Ερωτήσεις

1. Πώς θα διαμορφωθούν οι τιμές του COD αν κατά τον προσδιορισμό:
  - i. Δεν προστεθεί  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$
  - ii. Δεν προστεθεί  $\text{HgSO}_4$
2. 10 mL από δείγμα αποβλήτου X με αρχική τιμή διαλυμένου οξυγόνου ( $\text{DO}_{\text{in}}$ ) ίση με 9,0 mg/L, αραιώνονται με νερό σε τελικό όγκο 250 mL. Μετά από πέντε ημέρες η τιμή του διαλυμένου οξυγόνου είναι 1,0 mg/L.
  - i. Να υπολογίσετε το  $\text{BOD}_5$  του αποβλήτου X.
  - ii. Εάν η συνολική ποσότητα του απαιτούμενου οξυγόνου είναι 300 mg/L, ποια θα είναι η σταθερά  $k$  της ταχύτητας αντίδρασης;  
Για τον υπολογισμό να χρησιμοποιήσετε την εξίσωση  $\text{BOD}_t = L_0(1 - e^{-kt})$
  - iii. Ένα απόβλητο Ψ έχει σταθερά  $k$  ίση με  $0,7^{-\text{ημέρα}}$ . Το απόβλητο X ή το απόβλητο Ψ περιέχει περισσότερες βιοαποικοδομήσιμες οργανικές ενώσεις;
3. Τα απόβλητα ενός βυρσοδεψείου έχουν μεγάλες συγκεντρώσεις τανινών, ενώσεις με μικρή ταχύτητα βιοαποικοδόμησης. Ποια θα είναι η αναμενόμενη σχέση COD και BOD και γιατί;

# Βιβλιογραφία



- Masters G.M. Introduction to environmental engineering and science, 1991, Prentice-Hall, Inc
- AWWA (1985). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 16<sup>th</sup> ed.





# Τέλος Ενότητας



# Χρηματοδότηση



- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» 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.



# Σημειώματα



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου



Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.

# Σημείωμα Αναφοράς



Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης 2015. Μιχαήλ Σκούλλος, Εμμανουήλ Δασενάκης. «Διαχείριση και Τεχνολογία Περιβάλλοντος. Εργαστηριακές μεθοδολογίες». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/CHEM1>.

# Σημείωμα Αδειοδότησης



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. 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».



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

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

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



# 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.



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)



Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

## **Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες**

Εικόνα 1: [Διαφάνεια 2 αριστερά] Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.epa.gov/nutrientpollution/effects-economy>. Πηγή: [www.epa.gov](http://www.epa.gov).

Εικόνα 2: [Διαφάνεια 2 δεξιά] Copyrighted.

Εικόνα 3: [Διαφάνεια 3] Copyrighted.

Εικόνα 4: [Διαφάνεια 10] Copyrighted.

Εικόνα 5: [Διαφάνεια 12] Copyrighted.

Εικόνα 6: [Διαφάνεια 16] Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.naugraexport.com/bod-bottle-with-interchangeable-stopper-for-science-lab>. Πηγή: [www.naugraexport.com](http://www.naugraexport.com).

Εικόνα 7: [Διαφάνεια 16 κάτω] Copyrighted.

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)



Εικόνα 8: [Διαφάνεια 18] BOD Trak. Copyrighted. Σύνδεσμος: <http://www.camlab.co.uk/bod-trak-apparatus-110240v-p15393.aspx>. Πηγή: [www.camlab.co.uk](http://www.camlab.co.uk).

Εικόνα 9: [Διαφάνεια 18 δεξιά] BOD Analysis. Copyrighted. Σύνδεσμος: [http://www.velp.com/en/products/lines/2/family/31/bod\\_analysis/24/bod\\_analysis\\_bms\\_6](http://www.velp.com/en/products/lines/2/family/31/bod_analysis/24/bod_analysis_bms_6). Πηγή: [www.velp.com](http://www.velp.com).