



Πανεπιστήμιο
Αιγαίου

Ανοικτά
Ακαδημαϊκά
Μαθήματα



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

ΕΞΙΣΩΣΗ Streeter-Phelps

Διδάσκων: Επίκουρος Καθηγητής Αθ. Στασινάκης



Άδειες Χρήσης

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



Χρηματοδότηση

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



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



Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό Επίδραση στο DO

$DO < 4-5$ \longrightarrow μείωση των μορφών ζωής που μπορούν να επιβιώσουν

$DO \sim 0$ \longrightarrow εξαφάνιση περισσότερων ειδών, εμφάνιση οσμών, αφρών

Μηχανισμοί που επιδρούν στη συγκέντρωση DO

- Αποδόμηση οργανικών ενώσεων από μικροοργανισμούς (αποξυγόνωση)
- Επαναερισμός στη διεπιφάνεια ποταμού – ατμόσφαιρας (αναπλήρωση DO)

Παραδοχές

- Συνεχής διάθεση αποβλήτων στη συγκεκριμένη θέση
- Πλήρης μίξη νερού - αποβλήτων

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Αποδόμηση Οργανικών Ενώσεων

$$\text{Ταχύτητα Αποξυγόνωσης} = k_d \times L_t$$

Όπου:

k_d = σταθερά ταχύτητας αποξυγόνωσης (ημέρες⁻¹)

L_t = υπολειμματική συγκέντρωση BOD t ημέρες μετά την εισροή λυμάτων στον ποταμό (mg/l)

L_0 = BOD μίγματος αποβλήτων – νερού στο σημείο διάθεσης των αποβλήτων

$k_d = k$ (σταθερά μεταβολής BOD)

$$L_t = L_0 e^{-k_d \times t}$$

Παράδειγμα 3.3

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

$$\text{Ταχύτητα Επαναερισμού} = k_r \times D$$

Όπου:

k_r = σταθερά επαναερισμού (ημέρες⁻¹)

D = έλλειμμα οξυγόνου = $(DO_{\text{κορεσμού}} - DO)$ (mg/l)

$DO_{\text{κορεσμού}}$ = συγκέντρωση κορεσμού του DO στη δεδομένη θερμοκρασία (mg/l)

DO = συγκέντρωση DO στη δεδομένη θέση του ποταμού (mg/l)

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

$DO_{\text{κορεσμού}}$ εξαρτάται:

- Θερμοκρασία (αύξηση $\theta \Rightarrow$ μείωση $DO_{\text{κορεσμού}}$)
- Ατμοσφαιρική πίεση (αύξηση $P \Rightarrow$ αύξηση $DO_{\text{κορεσμού}}$)
- Αλατότητα (αύξηση αλατότητας \Rightarrow μείωση $DO_{\text{κορεσμού}}$)

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

Διαλυτότητα Οξυγόνου στο Νερό (πίεση 1 atm)

Θερμοκρασία (°C)	DO (mg/l)	DO (mg/l)
	[Cl]=0 mg/l	[Cl] = 5000 mg/l
0	14,62	13,73
5	12,77	12,02
10	11,29	10,66
15	10,08	9,54
20	9,1	8,62
25	8,26	7,85
30	7,56	7,19

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

k_r εξαρτάται:

- μέση ταχύτητα ροής ποταμού, u (m/s)
- μέσο βάθος ποταμού, H (m)

$$k_r = \frac{(3,9 \times u^{1/2})}{H^{3/2}}$$

στους 20 °C

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

	k_r (day ⁻¹)
Λίμνες	0,23-0,35
Ποτάμια με χαμηλή ταχύτητα υγρού	0,35-0,46
Ποτάμια με κανονική ταχύτητα υγρού	0,46-0,69
Ποτάμια με υψηλή ταχύτητα υγρού	0,69-1,15
Καταρράχτες	>1,15

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Επαναερισμός

k_r εξαρτάται:

➤ θερμοκρασία

$$k_{rT} = k_{r20} \theta^{(T-20)}$$

Όπου : $\theta = 1,024$

Παράδειγμα 3.4

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

Ταχύτητα Αύξησης Ελλείμματος O_2 = Ταχύτητα Αποξυγόνωσης - Ταχύτητα Επαναερισμού

$$\frac{dD}{dt} = (k_d \times L_0 e^{-k_d \times t}) - (k_r \times D) \quad \Rightarrow$$

$$D = \frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t} - e^{-k_r \times t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t}$$

Όπου:

L_0 = η αρχική συγκέντρωση του οργανικού φορτίου (στο σημείο ρίψης των λυμάτων)

D_0 = το αρχικό έλλειμμα DO (στο σημείο ρίψης των λυμάτων)

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

$$D = \frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t} - e^{-k_r \times t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t}$$

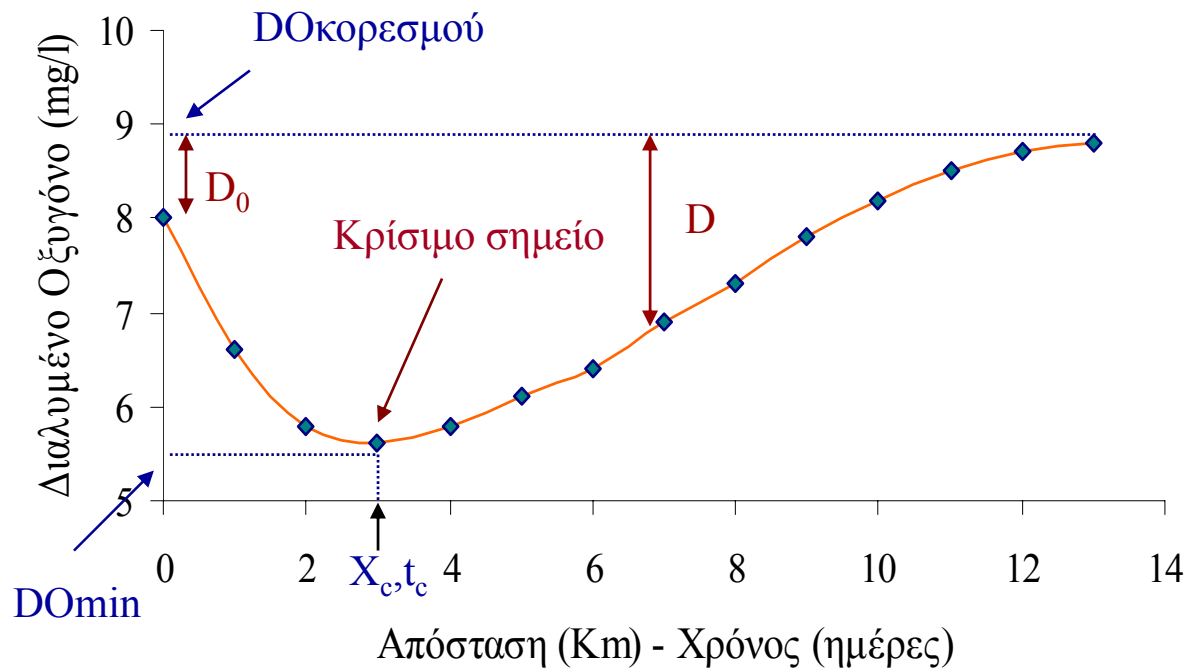
$$D = DO_{\text{κορεσμού}} - DO$$

$$DO = DO_{\text{κορεσμού}} - \left[\frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t} - e^{-k_r \times t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t} \right]$$

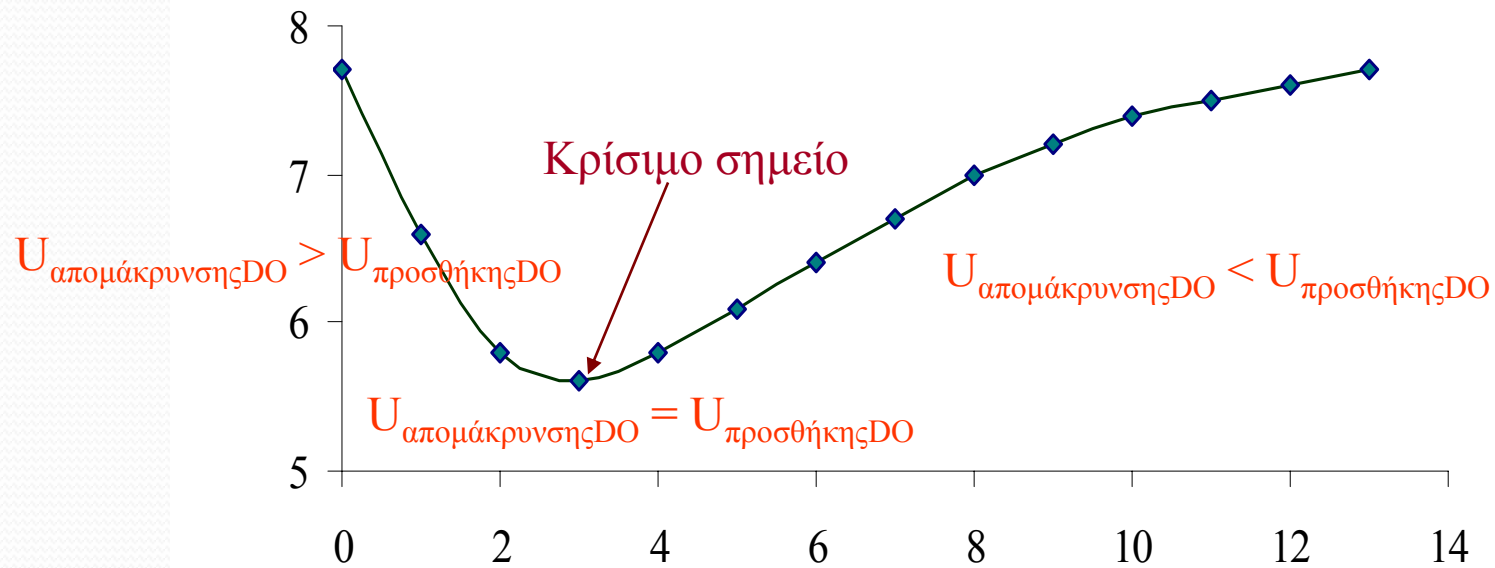
Εξίσωση Streeter-Phelps

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

$$DO = DO_{\text{κορεσμού}} - \left[\frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t} - e^{-k_r \times t})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t} \right] \quad (1)$$



Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps



Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

$$t_c = \frac{1}{k_r - k_d} \ln \left\{ \frac{k_r}{k_d} \left[1 - \frac{D_0(k_r - k_d)}{k_d \times L_0} \right] \right\} \quad (2)$$

Όπου:

t_c = κρίσιμος χρόνος (απαιτούμενος χρόνος ώστε $DO = DO_{\min}$)

Από (1), (2)

$$DO_{\min} = DO_{\text{κορεσμού}} - \left[\frac{(k_d \times L_0) \times (e^{-k_d \times t_c} - e^{-k_r \times t_c})}{(k_r - k_d)} + D_0 e^{-k_r \times t_c} \right]$$

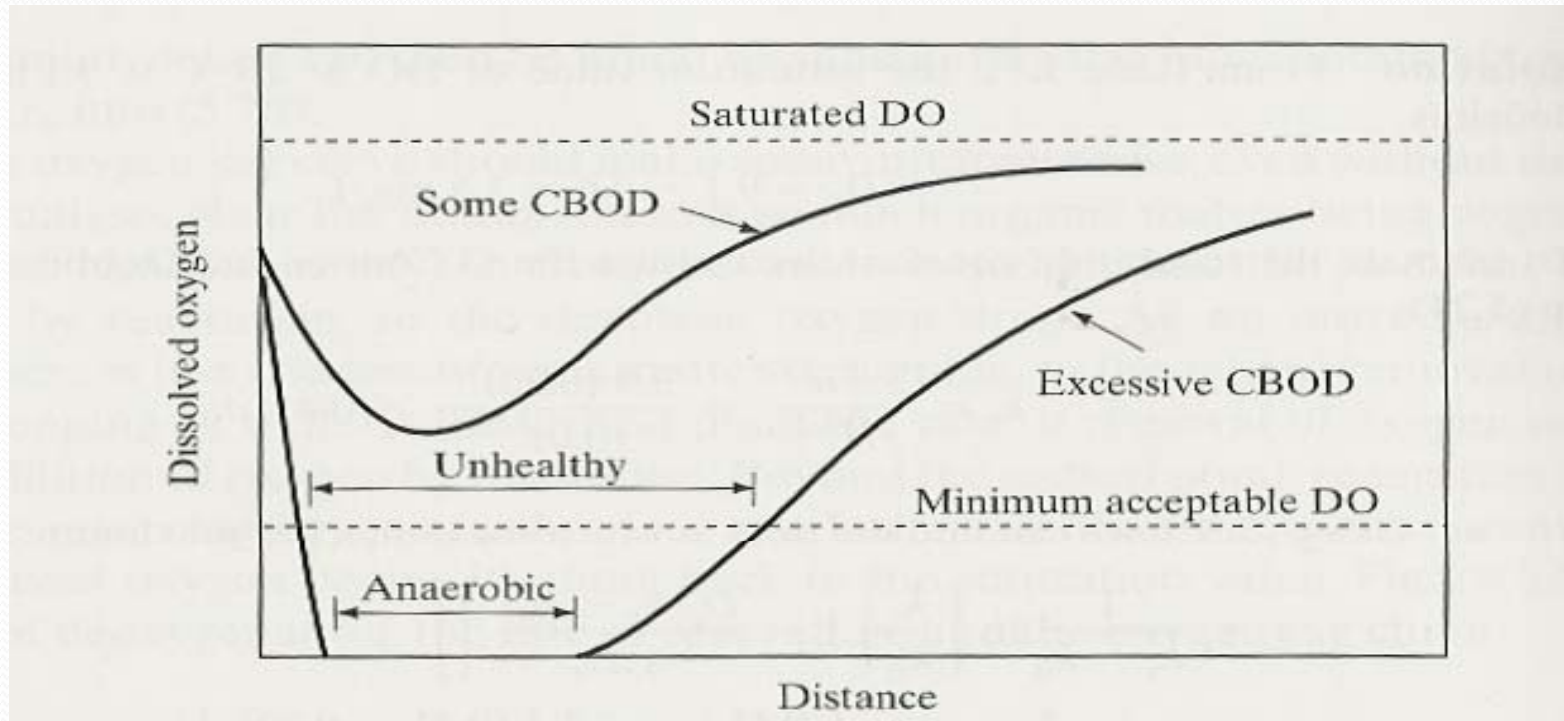
Όπου:

DO_{\min} = η συγκέντρωση του DO στο κρίσιμο σημείο

Παράδειγμα 3.5

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Phelps

Επίδραση αρχικού BOD στη μεταβολή DO



Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Philips

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη DO

➤ Θερμοκρασία

Αύξηση θ \Rightarrow Αύξηση μικροβιακής δραστηριότητας \Rightarrow Αύξηση ταχύτητας αποξυγόνωσης

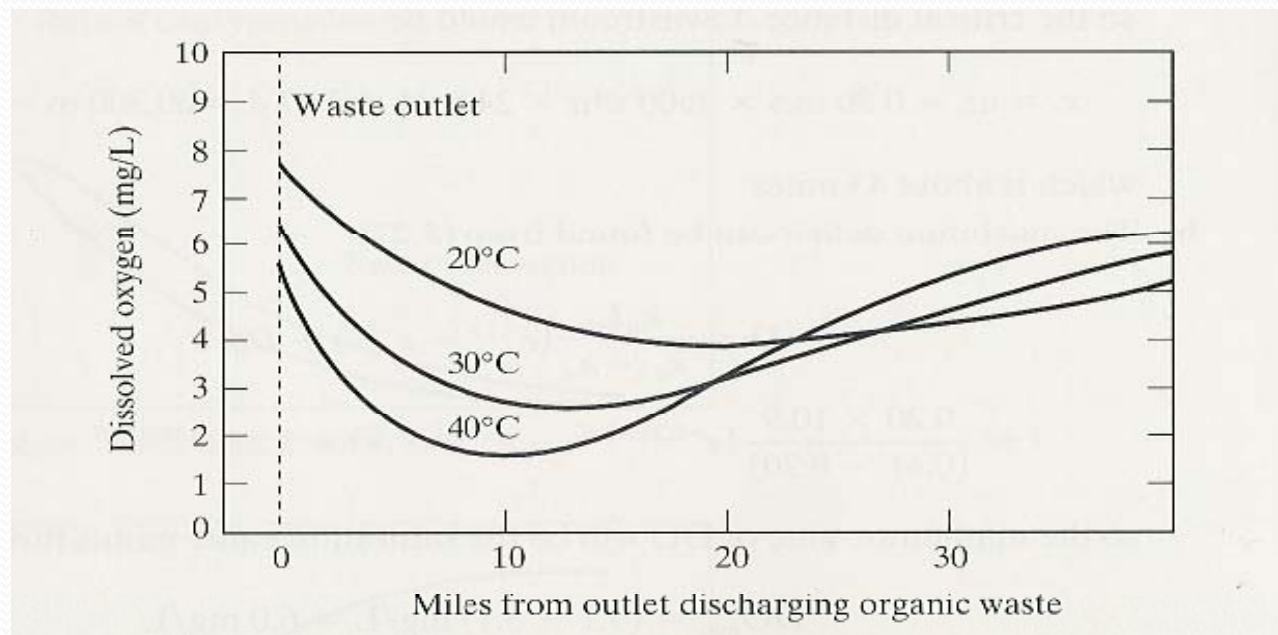
Αύξηση θ \Rightarrow Μείωση $DO_{\text{κορεσμού}}$ \Rightarrow Μείωση ταχύτητας επαναερισμού

Άρα κρίσιμο σημείο πιο κοντά και DO_{min} χαμηλότερη

Διάθεση Λυμάτων σε Ποτάμι - Εξίσωση Streeter-Phelps

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη DO

➤ Θερμοκρασία



* Διαφοροποίηση καλοκαιριού - χειμώνα

**Κατασκευή ατμοηλεκτρικού σταθμού κοντά σε ποτάμι

Διάθεση Λυμάτων σε Ποταμό - Εξίσωση Streeter-Philips

Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη DO

➤ Ώρα ημέρας

Ημέρα => Αύξηση DO λόγω φωτοσύνθεσης

Νύχτα => Μείωση DO λόγω αναπνοής

Σε περιπτώσεις υπερανάπτυξης αλγών => πολύ χαμηλή DO_{\min} κατά τη διάρκεια της νύχτας