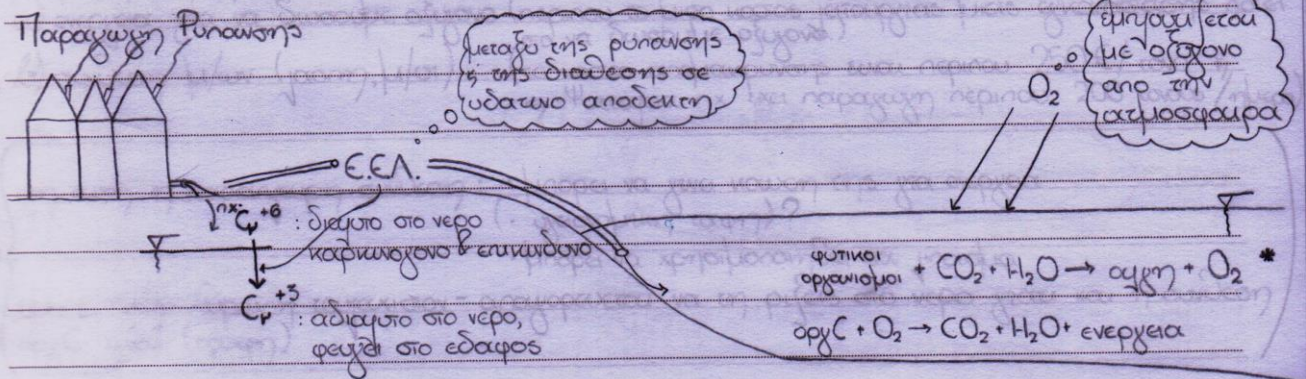


# Περιβαλλοντική Τεχνολογία = Ρύπανση:

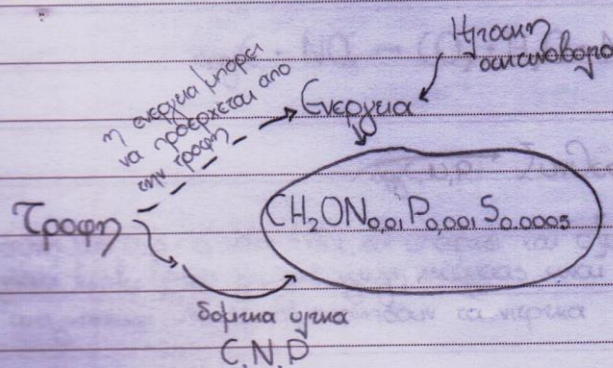
- Κεφ. 2: Ανάπτυξη μ/ων
- Κεφ. 3: Υποχρεώσεις ρύπανσης υδατικών αποδεκτών
  - Αποξυγονωση: το νερό δεν έχει τη δυνατότητα να διαλύσει πολύ οξυγόνο μέσα του, όσο έχει είναι απαραίτητο για τους οργανισμούς & το οργανικό φορτίο το καταναλώνει αυτό το οξυγόνο
  - Ευτροφισμός: από διάλυση N,P όχι τόσο από οργανικό φορτίο
  - Έργα διαχείρισης μ/ματων
- Κεφ. 4: Εγκατάσταση Ενεργειακής Ποσότητας Νερού
- Κεφ. 5: Εγκατάσταση Ενεργειακής Λύματων
- Κεφ. 6: Επικρατησιμότητα
- Εδαφούς {
  - Κεφ. 7: Διαχείριση στερεών απορριμάτων
  - Κεφ. 8: ΧΥΤΑ

## Αέρα { Κεφ. 9: Ατμοσφαιρική ρύπανση, Ηχητική ρύπανση

### Παραγωγή Ρύπανσης



\* οι φυτικοί οργανισμοί δέχονται στην επιφάνεια την ηλιακή ακτινοβολία, δέχονται  $CO_2 + H_2O$  & το μετατρέπουν σε αμύλη &  $O_2$ . αφού παράγεται και οξυγόνο γιατί αυτό δημιουργεί πρόβλημα, γιατί με ενοχλεί; γιατί τα αμύλη που δημιουργούνται καίτε πεύδων και γίνεται οργανική ημ...



πράσινη για να αναπαράγει ένας μ/ος ενώ να μπορεί να βρει από το περιβάλλον του "δρόμια υμνα" από τα οποία αποτελείται

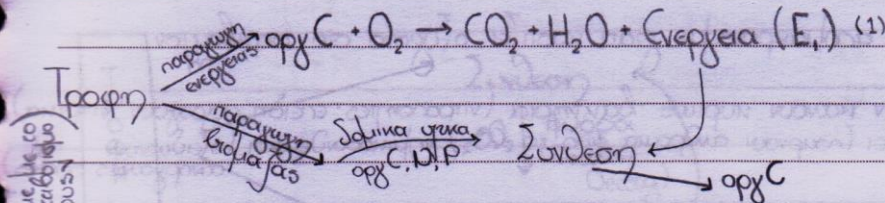
- α) φωτοσυνθετικοί οργανισμοί (ΗΛΙΑΚΗ)
- β) χημικοσυνθετικοί
- Πηγή Ανθρακας
  - α) οργανική τροφή
  - β) ανόργανος C



## Μεταβολισμός μ/ων

θα ασχοληθούμε με το μεταβολισμό των παρακάτω "κατηγοριών" μ/ων:

Αερόβιοι Ετεροτροφικοί Χημικοσυνθετικοί μ/οι  
 ↓ ↓ ↓  
 περιβάλλον τηγν. ανδρακ. τηγν. ενέργειας



η ενέργεια και τα δόμνα υγία προέρχονται από το περιβάλλον ή από την τροφή τους  
 άρα η τροφή θα γίνει είτε παραγωγή ενέργειας είτε παραγωγή βιομάζας  
 ήμεις αυτή τη διαδικασία προσπαθούμε να εκμεταλλευτούμε, θέλουμε να απαλλάξουμε  
 (τα μύατα) από τις οργανικές ουσίες που για εμάς είναι ρύπανση αλλά για τους  
 μ/ους είναι τροφή. οι ίδιοι οι μ/οι σε μια ελεγχόμενη κατάσταση (πχ σε κάποια εγκατάσταση)  
 είναι φθοι μας, στο περιβάλλον όμως είναι εκδροί μας, το πρόβλημα γίνεται όχι με το να τους  
 σκοτώνουμε (αμέσως) αλλά με το να τους στερήσουμε την τροφή.

στην παραπάνω διαδικασία (1) γίνεται στο περιβάλλον το βασικό κόστος είναι η καταναλωση  
 $\text{O}_2$  (η παραγωγή  $\text{CO}_2$  όχι τόσο), όταν γίνεται σε μια εγκατάσταση το αέριο είναι ότι αφο-  
 μακρύνουμε την τροφή από το νερό, το κόστος ποιο είναι;

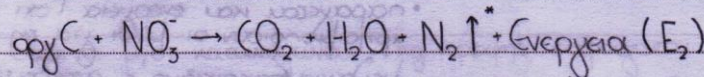
- ενέργεια για να δώσουμε οξυγόνο (περίπου το μισό κόστος μεταφοράς μιας εγκατάστασης πάει  
 στο να δώσουμε οξυγόνο.)
- συνδεση μ/ων (γαστήρ, μ/οι) (το κόστος ανακίνησης είναι περίπου 250 €/τόνο κι  
 η Ψύσταρια πχ έχει παραγωγή περίπου 200 τόνους/ημέρα)

στη αυτή η παραγωγή συνδεση: • μπορεί να γίνει καύση της για ενέργεια  
 • (υπεριονόμηση ταφή)?  
 • μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε βιοαέριο

φύκια - στην ξηρή κατάσταση - αναγορεύεται να τη ρίξεις στο νερό γιατί και η συνδεση  
 αρχ. C είναι (τροφή)

τι γίνεται όμως αν δεν υπάρχει οξυγόνο?

Ανοξικοί Ετεροτροφικοί Χημικοσυνθετικοί μ/οι



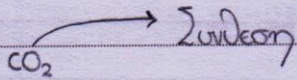
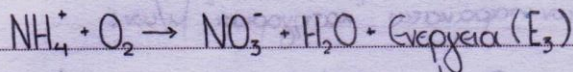
\* φέρει στην αχαιοαίρα

$\text{αρχ. C, N, P} \rightarrow \text{Συνδεση}$

στην ίδια είναι οι ίδιοι μ/οι, αν υπάρχει και οξυγόνο και νερό θα προτιμήσουν το οξυγόνο  
 γιατί  $\text{E}_1 > \text{E}_2$  (γιατί η παραγωγή ενέργειας είναι ο σκοπός τους), αν όμως δεν υπάρχει οξυγόνο  
 "αναγκαστικά" θα χρησιμοποιήσουν τα νιτρικά

γιατί θέλουμε να ανακινώσουμε το αζώτο πριν φτάσει στον αποδέκτη; για τον φυτοαζώτο

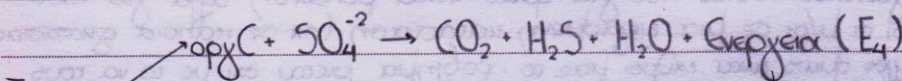




ή την αμμωνία θέλουμε να την απομακρυνάμε γιατί κοστίζει οξυγόνο στο περιβάλλον

στην παραπάνω διαδικασία την κάνουν κυρίως βακτήρια (υπερανοήτες είδη παράγουν νιτρία) ενώ παύ αερόβιοι ετερότροφοι (πάρνουν άνθρακα από το  $\text{CO}_2$ ) χημικοσυνθετικοί (οξειδώνουν ανόργανες ουσίες)

Αναερόβιοι Ετερότροφοι Χημικοσυνθετικοί μ/οι

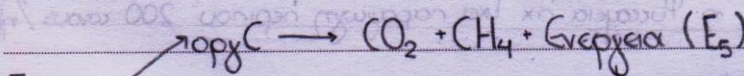


Τροφή

Δομικά υλικά  
ορχC, N, P

Σύνθεση

αν δεν υπάρχει υλικά από τα παραπάνω ( $\text{O}_2, \text{NO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}$ ) οι μ/οι δεν μπορούν να οξειδώσουν τη διαθεσίμη τροφή



Τροφή

ορχC, N, P

Σύνθεση

για μέρος του άνθρακα το οξειδώνουν ( $\text{CO}_2$ : πιο οξειδωμένη μορφή άνθρακα) ή για μέρος το αναγάζουν (μεθάνιο: πιο αναοξειδωμένη μορφή άνθρακα)

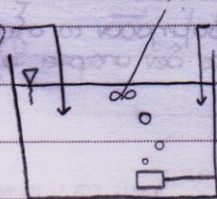
συγκρίση με τις προηγούμενες διαδικασίες:

- πολύ πιο αργή
- πολύ μικρότερη παραγωγή βιομάζας υπό αυτές τις συνθήκες ( $E_5 < E_4 < E_2 < E_1$ ) άρα και πολύ μικρότερο κόστος διαθεσίμης της παραγόμενης βιομάζας
- παράγεται και ενέργεια (αχι μόνο  $E_1$  που χρησιμοποιούν οι μ/οι για τη σύνθεση, αλλά μεθάνιο < ενέργεια στο περιβαλλοντικό αέριο)

Αερόβιοι Ετερότροφοι Χημικοσυνθετικοί μ/οι

μηχανικός αναερόβιος (όταν οι φυσικοί δεν αρκούν για αναερόβια)

Τροφή



Δεξαμενή αερίσμου

παραγει αέρα

Τ σιαμ,  $\text{F}_2\text{O}_3$

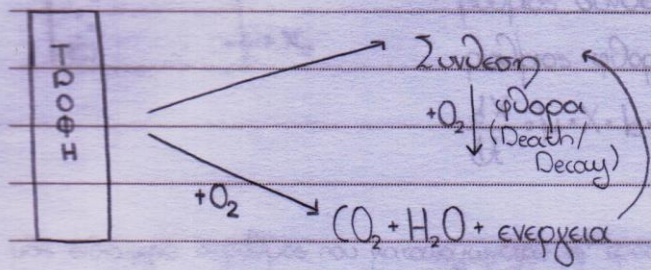
πρέπει να βρούμε μια σχέση που να συνδέει τη συγκέντρωση της τροφής που βέβαιον οι μ/οι με το οξυγόνο



$\Sigma \text{συντηρηση τροφης}$   $F = M_{\text{τροφης}} / V_{\Delta}$   
 $\Sigma \text{συντηρηση } \mu/\omega\omega$   $X = M_{\mu/\omega\omega} / V_{\Delta}$

$V_{\Delta}$ : όγκος δεξαμενής: σταθερός

εξαιτίας της δυνατότητας να διαφοροποιούμε στις μετρήσεις το οργανικό υγρό που υπάρχει στην τροφή από αυτό που υπάρχει στους  $\mu/\omega\omega$ .



μέσα στη δεξαμενή: καταναλωση τροφης για συνδεση  
 για παραγωγή ενεργειας  
 • φθορα

1) Ρυθμος καταναλωσης τροφης  
 ρυθμος μείωσης τροφης

$$\frac{\Delta F}{\Delta t} = q_F \left[ \frac{M_{\alpha} J_{\alpha}}{\text{Όγκος} \cdot \text{Χρονος}} \right]$$

$\Delta F$ : μεταβολή συγκέντρωσης τροφής  
 εξαρτάται και από τα διαδραστικά κύτταρα της δεξαμενής (?)  
 γενικά συμβολίζεται με  $q_F$ , αυτό δε σημαίνει ότι είναι σταθερό

2) Ρυθμος συνδεσης  
 ταχύτητα συνδεσης

$$\left( \frac{\Delta X}{\Delta t} \right)_{\text{συνδ}} = \mu X [\text{χρονος}^{-1}] \quad (\text{ρυθμος διαιρέσεων})$$

$\mu$ : ειδική ταχύτητα συνδεσης των  $\mu/\omega\omega$

3) Ρυθμος φθορας

$$\left( \frac{\Delta X}{\Delta t} \right)_{\text{φθορας}} = -bX [\text{χρονος}^{-1}]$$

$b$ : σταθερά (μηνιαία τη διαφθορά)  
 $X_t = X_0 e^{-bt}$

$\mu X - bX > 0 \Rightarrow$  αύξηση  
 $\mu X - bX = 0 \Rightarrow$  στασιμότητα  
 $\mu X - bX < 0 \Rightarrow$  μείωση

σημειώνω όταν οι  $\mu/\omega\omega$  καταναλώνουν 1kg τροφής παράγονται 500-600 gr  $\mu/\omega\omega$  συνεπώς αν μας δείχνει τη μετατροπή της τροφής σε  $\mu/\omega\omega$ .

4) πώς μετράται αυτό εύκολα?

$$Y = \frac{\text{Kg } \mu/\omega\omega \text{ που παράγονται}}{\text{Kg τροφής που καταναλώνονται}}$$

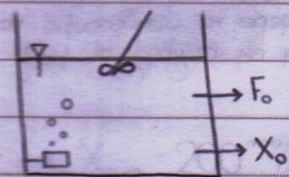
καθάρος αριθμός  
 σημειώνω θα είναι 0.5-0.6

$Y \Delta F = (\Delta X)_{\text{συνδ}}$  γραφ και οι αντίστοιχοι ρυθμοί  
 $Y q_F = \mu X \rightarrow q_F = \frac{\mu}{Y} X$

$$Y \frac{\Delta F}{\Delta t} = \frac{\Delta X}{\Delta t} \rightarrow$$



η τροφή για ένας είναι ρυθμιστής, το οργανικό φορτίο που μεταφέρουν τα ζώα ή που πεφτεί σε μια ζώνη, το οποίο θα χρησιμοποιησούμε μ/ους για να αναμακρύνουμε



ρυθμός καταναγωγής τροφής

$$\frac{dF}{dt} = q_f$$

ρυθμός συνδεσης

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_{\text{συνδ}} = \mu \cdot X$$

ρυθμός φθοράς

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_{\text{φθοράς}} = -bX$$

ή σταθερό για σταθερή T

$$\frac{dX}{dt} = \mu \cdot X - b \cdot X = (\mu - b)X$$

$$\text{για } \mu = 0: \frac{dX}{dt} = -bX \rightarrow X_t = X_0 \cdot e^{-bt}$$

μας ενδιαφέρει ο ρυθμός που καταναλώνεται η τροφή για να ξέρουμε ποσο να αφήσουμε τα υγρά αποβλήτα σε επαφή με τους μ/ους πριν τα (ρίξουμε) στον αποδέκτη, αναμειγμένα με τον αέρα της τροφής. ή η συγκέντρωση των μ/ων σχετίζεται με την καταναγωγή τροφής για αυτό μας ενδιαφέρει ή αυτή.

$$\frac{dX}{dt} = (\mu - b) \cdot X \rightarrow \text{αν αυτό είναι σταθερό τότε } X_t = X_0 \cdot e^{(\mu - b)t}$$

$\mu_{\text{net}} = 5 \text{ η/μ}^{-1}$   
καθαρός ρυθμός ανάπτυξης στη βιβλιογραφία

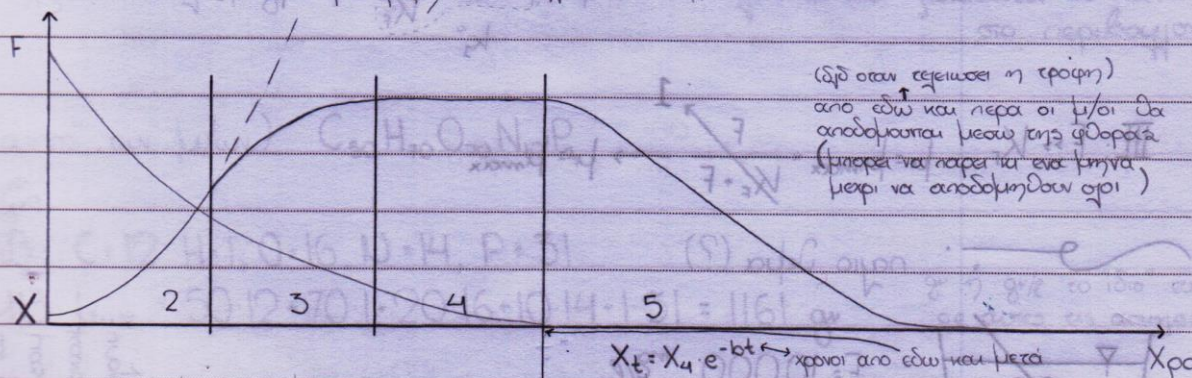
όπως το  $\mu$  δεν είναι και δεν μπορεί να είναι σταθερό

$$X_t = X_0 \cdot e^{5 \text{ η/μ}^{-1} \cdot 1 \text{ η/μ}} = X_0 \cdot e^5$$

η συγκέντρωση των μ/ων στο τέλος της πρώτης μέρας για  $\mu_{\text{net}} = 5 \text{ η/μ}^{-1}$

t [η/μ]	0	0.5	1	2	4	5
X	10	121	148	220	4800	720
[ ]	mg	mg	g/l	g/l	kg/g	tn/g

βέβαια αυτό δε θα συμβεί ποτέ γιατί θα τελειώσει η τροφή  
αλλά παρατηρούμε την ενδεσμένη ανάπτυξη



(από όταν τελειώσει η τροφή)  
από εδώ και μετά οι μ/οι δε αναδύονται μέσω της φθοράς (μπορεί να πάρει τα νέα βήματα μέχρι να αποδομηθούν ορι)

η συγκέντρωση μ/ων είναι βήματα στην αρχή πρέπει όμως να υπάρχουν αρχικά μ/οι για να έχεις ανάπτυξη. αν δε δες κάτι τέτοιο πρέπει να αποσπείρσεις το περιβάλλον

1. Φάση υπερήγησης

(οι μ/οι είναι εφοικισμένοι με το είδος της τροφής που υπάρχει στα ζώα, από θεωρούμε ότι δεν υπάρχει η φάση αυτή)

2. Ενδεσμένη συνδεση

$$\mu - b = \text{σταθ} = \mu_{\text{net}}^{\text{max}}$$

υψηλή ταχύτητα ανάπτυξης & μεγάλη συγκέντρωση τροφής

3. Αυξηση

$$0 < \mu - b < \mu_{\text{net}}^{\text{max}}$$

ελαφρώς παραμυχή καταναγωγής βιομάζας ( $\mu - b > 0$ )  
αλλά με πιο αργό ρυθμό ( $\mu_{\text{net}}$ ) και λιγότερα μειωμένα.

4. Στασιμότητα  $\mu - b = 0$

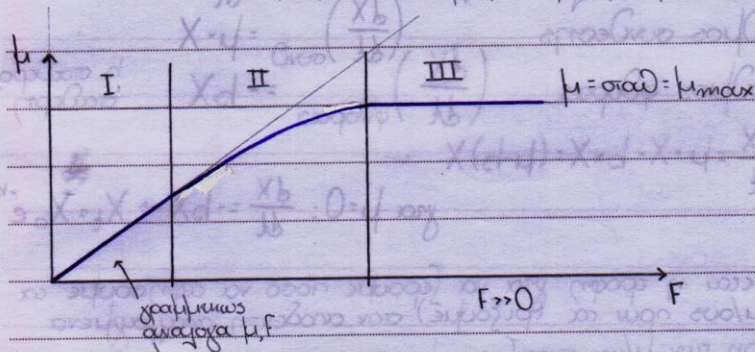
(ρυθμός συνδεσης = ρυθμός φθοράς)

$$5. (?) X_t = X_4 \cdot e^{-bt} \leftarrow \text{από το } t \text{ μετρείται από το τέλος της φάσης 4.}$$



από τι εξαρτάται το  $\mu$ ? • συγκέντρωση τροφής (κανονικά και το είδος της τροφής, αλλά ως μόνον το  $\mu_{max}$ )  
 • οξυγόνο • θερμοκρασία • pH • συγκέντρωση καποιών τοξικών ουσιών  
 • ύπαρξη Ν,Ρ (για την θρεπτική που χρειάζεται οι  $\mu/oi$ )

θεωρούμε για αρχή: • αβίαστα θρεπτικά και οξυγόνο • καθαρού εσθικά  
 • θερμοκρασία και pH σταθερά και κατά για τους συγκεκριμένους  $\mu/oi$   
 άρα το μόνο που μένει είναι η τροφή. μιας ενδιαφέρει να συνδέσουμε το  
 ρυθμό συνδεδασής με την τροφή που έχουμε εκείνη τη στιγμή οι  $\mu/oi$



- I  $\mu = k_1 F$   $F \ll K_F$
- II  $\mu = ?$  ενδιαμέσως κατάσταση
- III  $\mu = \mu_{max}$   $F \gg 0$

αυτά να φανταστείς που βρίσκεσαι για να δούμε ποια σχέση να χρησιμοποιήσουμε,  
 θα εφαρμόζουμε την παρακάτω σχέση:

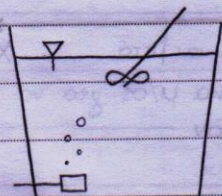
$$\mu = \mu_{max} \times \frac{F}{F + K_F}$$

κινητική μονοδ  
 σταθερά ημικορεσμού

I:  $F \ll K_F$  άρα  $F + K_F \approx K_F$   $\mu = \mu_{max} \times \frac{F}{K_F} \rightarrow \mu = k_1 F$

III:  $F \gg K_F$   $\mu = \mu_{max} \times \frac{F}{K_F + F} \rightarrow \mu = \mu_{max}$

ναίγιο θέμα (?)



$F = 10000 \text{ mg/l}$   
 $X_0 = 100 \text{ mg/l}$   
 $t = 8 \text{ hr}$   
 $X_8 = 200 \text{ mg/l}$ ,  $F_8 = 9850 \text{ mg/l}$   
 $b = 0.05 \text{ h}^{-1}$   
 $K_F = 100 \text{ mg/l}$

$\mu_{max} = ?$   
 $y = ?$

(αυτά τα ημίγιν η ανακίνηση  
 αν μας παρουσιάζει "nette  
 has era η οποία του θα  
 κινείται για να μπορεί να  
 υπολογιστεί το  $\mu_{max}$ ")



$$\frac{\Delta X}{\Delta t} = (\mu - b)X = \left( \mu_{\max} \frac{F}{F + K_F} - b \right) X$$

για τις πρώτες 8 ώρες  $\frac{F}{F + K_F} \approx 1$  άρα  $\frac{dX}{dt} = (\mu_{\max} - b)X \rightarrow X_t = X_0 e^{(\mu_{\max} - b)t}$

$$\rightarrow X_{0.33} = 200 \text{ mg/l} = 100 \text{ mg/l} \cdot e^{0.33(\mu_{\max} - b)} \rightarrow \mu_{\max} - b = 2.10 \text{ ημ}^{-1}$$

$$\rightarrow \mu_{\max} = 2.15 \text{ ημ}^{-1}$$

το γ σχετίζεται με την παραγωγή καινούριας βιομάζας αναλογιστικά λόγω συνδεσης

$$\Delta X_{\text{συνθ}} = X_{0.33} - X_0 = X_0 \cdot e^{(\mu_{\max} - b)t} - X_0 = 100 \cdot e^{2.15 \eta\mu^{-1} \cdot 0.33 \eta\mu} - 100 \approx 205 - 100$$

$$\rightarrow \Delta X_{\text{συνθ}} = 105 \text{ mg/l}$$

$$Y = \frac{\Delta X_{\text{συνθ}}}{\Delta F_{\text{καταν}}}} = \frac{105 \text{ mg/l}}{150 \text{ mg/l}} \approx 0.69$$

μέχρι εδώ υποθέσαμε αβδόνηα N,P όμως, αν όταν βάζουμε την τροφή δεν έχουμε καύδοι N,P η τροφή δε θα καταναλωθείται

Πόσο N,P πρέπει να προσδεσάμε για να παραχθούν οι μ/σι που υπολογισάμε παραπάνω;

Μπαίμε για τη συνδεση των 100 mg/l ή των 105 mg/l μ/ων? των 100, τα 105 δεν υπάρχουν ποτε στα μαζι στη δεξαμενη. ακομη τα 5 διαλυοται και ξαναδωαν N και P στο περιβαλλον

("αυτος" των μ/ων)  $C_{50}H_{70}O_{20}N_{10}P_1$   $\frac{140}{1161} = 12\%$   $\frac{31}{1161} = 2.6\%$

απολυτα  
εαση

$$AB: C=12, H=1, O=16, N=14, P=31$$

$$MB \mu_{\text{ων}} = 50 \cdot 12 + 70 \cdot 1 + 20 \cdot 16 + 10 \cdot 14 + 1 \cdot 31 = 1161 \text{ gr}$$

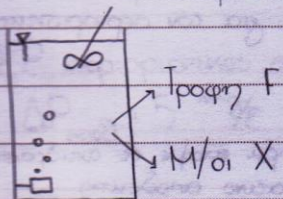
gr η gr/l το "ιδιο" είναι  
σε αυτές τις αναλογίες

$$1161 \text{ gr } \mu_{\text{ων}} \quad N = 14 \cdot 10 \text{ gr} = 140 \text{ gr} \quad P = 1 \cdot 31 = 31 \text{ gr}$$

$$100 \text{ mg/l} : N = \frac{100 \cdot 140}{1161} = 12 \text{ mg/l} \quad P = \frac{100 \cdot 31}{1161} = 2.6 \text{ mg/l}$$



αναθεωρούμε έτσι ώστε να 'ναι ομοιογενές. δηλ όπου κι αν πάρω δείγμα η συγκέντρωση των μ/ων που μας ενδιαφέρουν να είναι η ίδια

 $V_{AA}$ 

U.P.D.O

dissolved oxygen

$$\frac{\Delta X}{\Delta t} = (\mu_{\max} \times \frac{F}{F + K_F} - b) \times X$$

$$\frac{\Delta F}{\Delta t} = q_F = \frac{\mu \cdot X}{Y}$$

$$F = 0$$

$$X_0 = 1000 \text{ mg/l}$$

$$N_0 = 10 \text{ mg/l}$$

$$b = 0.05 \text{ η/η}$$

$$P_0 = 2 \text{ mg/l}$$

(για η συγκέντρωση του οργανικού φορτίου για  $t_0 = 0$ ;  $1000 \text{ mg/l}$  και οι μ/oi οργανικό φορτίο είναι, δηλ το περιεχόμενο της δεξαμενής δεν μπορούμε να το ριζώσουμε σε κάποιον αποδεκτή, ακόμη κι αν η τροφή είναι μηδέν

α)  $t = ?$ ;  $X_t = 50\% X_0$  μετά από ποσο χρόνο η συγκέντρωση των μ/ων θα είναι ίση με το 50% της αρχικής; εδώ δεν έχω τροφή, άρα δεν έχω σύνδεση, άρα καταλήγω σε μια σχέση της μορφής

$$\frac{\Delta X}{\Delta t} = -bX \rightarrow X_t = X_0 e^{-bt} \rightarrow \frac{1}{2} = e^{-bt} \rightarrow t = 14 \text{ η/η}$$

$$b) N_{14} = ?; P_{14} = ?;$$

ποια θα είναι η συγκέντρωση των N,P όταν  $t = 14 \text{ η/η}$ ;

Δίνεται ο τύπος των μ/ων  $C_{50}H_{70}O_{20}N_{10}P_1$

$$AB: C=12, H=1, O=16, N=14, P=31$$

$$MB_{\mu/ων} = 50 \cdot 12 + 70 \cdot 1 + 20 \cdot 16 + 10 \cdot 14 + 1 \cdot 31 = 1161 \text{ gr}$$

Στα  $1161 \text{ gr}$  μ/ων τα  $140 \text{ gr}$  είναι N και τα  $31 \text{ gr}$  είναι P.

Στα  $100 \text{ gr}$  μ/ων ποσά;

$$\% N_{\text{βιομάζας}} = \frac{140}{1161} = 12\% \quad \% P_{\text{βιομάζας}} = \frac{31}{1161} = 2.6\%$$

μέσω της φόδρας τα N και P που είχαν οι οργανισμοί "απελευθερώνονται"

$$\Delta N_{\text{απορ}} = 500 \text{ mg/l} \cdot 0.12 \rightarrow N_{14} = 10 \text{ mg/l} + 60 \text{ mg/l} = 70 \text{ mg/l}$$

$$\Delta P_{\text{απορ}} = 500 \text{ mg/l} \cdot 0.026 \rightarrow P_{14} = 2 \text{ mg/l} + 13 \text{ mg/l} = 15 \text{ mg/l}$$

υπάρχει πιο σύνθετα μορφή που θα μπορούσαν να σου πουν ότι ένα μέρος των μ/ων που λείπουν γίνεται τροφή την οποία χρησιμοποιούν οι υφιστάμενοι μ/oi για σύνδεση, ωστόσο οι μ/oi εξακολουθούν να κατασπένονται. ο ρυθμός φόδρας με τον οποίο δουλεύουμε σε αυτή την ασκηση, φαίνεται υποψιν ότι υπάρχει και η σύνδεση, είναι η συνιστάμενη των δύο διεργασιών, ο συνολικός ρυθμός φόδρας.

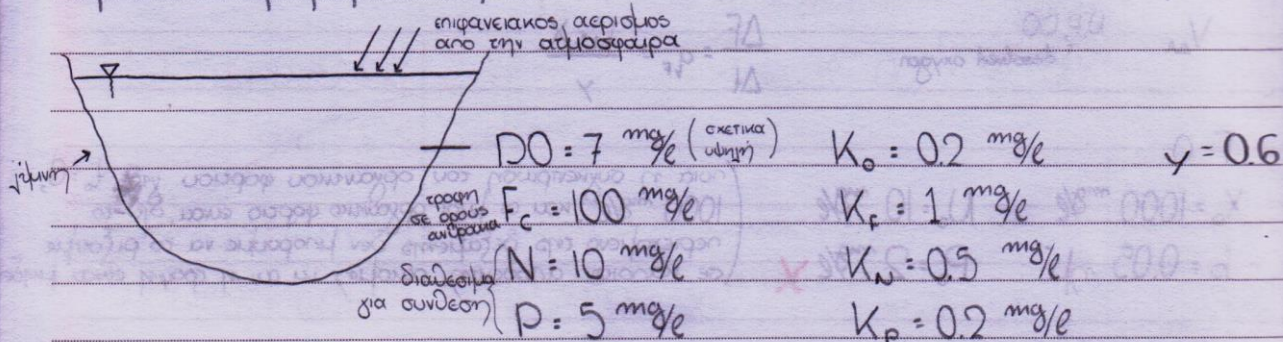
όταν έχουμε ασυμμετρικές N,P προσέχω αν έχω ανάπτυξη των μ/ων ή μόνο φόδρα για να ξεχωρίσω αν οι U,P μειώθηκαν ή αυξήθηκαν αντίστοιχα



μέχρι τώρα εξετάσαμε αν έχουμε  $F=0$  ή  $F \gg 0$  για να απλοποιήσουμε τη σχέση της κίνησης  
 τώρα θα ξεκινήσουμε από πιο περίπλοκη σχέση και θα φανούμε για τον περιοριστικό  
 παράγοντα (θα καταλάβουμε πιο πέρα στην πορεία)

## Αερόβιοι Ετεροτροφικοί Μ/οί

οι ίδιοι μ/οί που πριν είχαμε σε ανιδραστικά  
 τώρα είναι σε υδατικό αποδέκτη



υποθέτουμε θερμοκρασία και pH ευνοϊκά για τους μ/ους. τι χρειαζόμαστε για να αναπτυχθούν  
 οι μ/οί; οξυγόνο, οργανικό C, N και P. Όπως "προσέλαμε" προηγουμένως στην κίνηση  
 έναν όρο για την τροφή, θα κάνουμε το ίδιο και για τα υπολείμματα (DO, N, P). για τα δείγματα  
 της φέδας ισχύει ότι είχαμε πει

"μ

$$\left(\frac{\Delta X}{\Delta t}\right)_{\text{συνθ}} = \mu \cdot X = \left[ \mu_{\text{max}} \cdot \frac{F^{\text{-οργC}}}{F + K_F} \cdot \frac{DO}{DO + K_O} \cdot \frac{N}{N + K_N} \cdot \frac{P}{P + K_P} \right] \cdot X$$

4 πιθανοί περιοριστικοί παράγοντες

ποιος/ποιοι είναι ο/οι περιοριστικός/οι παράγοντας/ες ανάπτυξης των μ/ων?

DO? το θεωρούμε σταθερό περίπου, υπάρχει επιφανειακός αερισμός από την ατμόσφαιρα  
 υπάρχουν και κάποια αγγύ που παράγουν οξυγόνο

$$\frac{DO}{DO + K_O} = \frac{7}{7 + 0.2} = 0.97 \quad \text{εδώ δεχόμαστε ότι σιδηρότερο } > 0.9 \approx 1$$

δουλεύουμε με τέτοιες ακρίβειες

$$\frac{DO}{DO + K_O} \approx 1 \quad \text{αρα βγαίνει εξάρτητα τον παράγοντα οξυγόνο!}$$

για τους υπολοίπους όρους δεν είναι τόσο απλό. το οξυγόνο για τους ποταμούς που είναι  
 (αγγύ, αερισμός) θεωρούμε ότι θα παραμένει σταθερό, τα αγγύ όμως θα ελαττώνονται  
 με την ώρα, οπότε στην τροφή πχ δεν μπορεί να πω  $100/(100+1) \approx 1$  γιατί η συγκεντρωτική  
 της τροφής θα μεταβάλλεται με το χρόνο

$$C_{50}H_{70}O_{20}N_{10}P \quad \frac{50 \cdot 12}{10 \cdot 14} \cdot \frac{1}{31} \xrightarrow{1/31} 19.3/4.5/1 = C/N/P$$

είναι μια αναλογία μέσα στους μ/ους, αλλιώς για το κηλίμο τους ενώ



για να βρούμε ποιος από τους υπογίσιους είναι ο περιοριστικός παράγοντας θα κάνουμε υποθέσεις:

α) P περιοριστικός παράγοντας

$$\Delta P_{\text{συνδ}} = 5 \text{ mg/g}$$

εστω ότι είναι ο φωσφόρος που θα εξαντληθεί πρώτος αφού υποθέσαμε ότι θα εξαλείφει η μεταβολή της συγκέντρωσης του θα ισούται με την αρχική του συγκέντρωση

$$\Delta N_{\text{συνδ}} = 5 \text{ mg/g} \cdot \frac{4.5}{1} = 22.5 \text{ mg/g} \quad \times$$

δεν έχουν όμως 22.5 mg/g N να φανε!

εχουμε ήδη απορρίψει αυτό το σενάριο, αλλα ας δοκιμή κι αυτή με τον άνθρακα

$$\Delta C_{\text{συνδ}} = 5 \text{ mg/g} \cdot \frac{19.3}{1} = 96.5 \text{ mg/g} > 100 \cdot 0.6 \text{ mg/g} \text{ που μπορούν να διατεθούν για σύνδεση!}$$

αρα αυτή την ελπίδα δεν τη συγκρινουμε με το  $100 = F_0$  γιατί δεν είναι και τα 100 mg/g διαθέσιμα για σύνδεση

β) N περιοριστικός παράγοντας

$$\Delta N_{\text{συνδ}} = 10 \text{ mg/g} \rightarrow \Delta P_{\text{συνδ}} = 10 \text{ mg/g} \cdot \frac{1}{4.5} \approx 2.2 \text{ mg/g} \quad \checkmark$$

$$\Delta C_{\text{συνδ}} = 10 \text{ mg/g} \cdot \frac{19.3}{4.5} \approx 42.9 \text{ mg/g}$$

ποια η συγκέντρωση του άνθρακα αφού θα καταναλώσει το N

οταν τρέφει 1 mg/g γραφής τα 0.6 mg/g πάει για σύνδεση ενώ τα 0.4 mg/g πάει (για ενέργεια) τώρα για σύνδεση έχω 42.9 mg/g αρα ποσα αυτή καταναλώνει (για ενέργεια)

$$F_e = 100 \text{ mg/g} - 42.9 \text{ mg/g} - 42.9 \cdot \frac{0.4}{0.6} = 28.5 \text{ mg/g}$$

αρα στο τέλος θα χαν περισσότερη 28.5 mg/g γραφή

$$\hookrightarrow 5 - 2.2 = 2.8 \text{ mg/g P}$$

δυσχερέστερο σενάριο

$$\mu = \mu_{\text{max}} \cdot \frac{28.5}{28.5 + 1} \cdot \frac{N}{N + K_N} \cdot \frac{2.8}{2.8 + 0.2}$$

αυτο ξέρω ότι επηρεάζει

ο τι είναι πάνω από 0.9 είναι μονάδα

αρα η κινητική που θα χρησιμοποιήσω είναι  $\mu = \mu_{\text{max}} \cdot \frac{N}{N + K_N}$

οταν έχω πληροφορία για τη συγκέντρωση των  $\mu$  ή αν δώσω με τον εμπειρικό τύπο και τα ποσοστά

οταν όμως έχω πληροφορία για τη συγκέντρωση των ανόργανων στοιχείων N, P, C δώσω με την αναλογία:  $C/N/P = 19.3/4.5/1$



**Περιβαλλοντική Τεχνολογία**  
**Ακαδημαϊκό έτος 2016-17**

**Άσκηση 1<sup>η</sup>**

Αεριζόμενος βιολογικός αντιδραστήρας διακοπτόμενης λειτουργίας περιέχει αερόβιους ετεροτροφικούς μικροοργανισμούς, τροφή και ανόργανα θρεπτικά με τις ακόλουθες αρχικές συγκεντρώσεις: Μικροοργανισμοί  $X_0 = 100 \text{ mg/L}$

Τροφή =  $10000 \text{ mg/L}$

Ανόργανος φώσφορος =  $6 \text{ mg/L}$

Ανόργανο άζωτο =  $28 \text{ mg/L}$

Μετά από 5 ώρες από την έναρξη του πειράματος μετρήθηκαν ξανά οι συγκεντρώσεις των ετεροτροφικών μικροοργανισμών και της τροφής και βρέθηκαν ίσες με  $165 \text{ mg/L}$  και  $9850 \text{ mg/L}$ . Ζητούνται: α) η μέγιστη ταχύτητα ανάπτυξης των μικροοργανισμών  $\mu_{\max}$ , β) ο συντελεστής παραγωγής βιομάζας  $Y$  και γ) οι συγκεντρώσεις του ανόργανου αζώτου και ανόργανου φωσφόρου μετά από 5 ώρες από την έναρξη των πειράματος. Δίνονται:

Κινητική που περιγράφει την μεταβολή της συγκέντρωσης των μικροοργανισμών  $X$  συναρτήσει της υπάρχουσας τροφής  $F$ :  $\Delta X/\Delta t = (\mu_{\max} \times F / (K_s + F) - b) \times X$

όπου:  $K_s = 60 \text{ mg/L}$

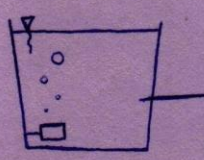
$b = 0,05 \text{ ημέρα}^{-1}$

Εμπειρικός τύπος μικροοργανισμών:  $C_{50}H_{70}O_{20}N_{10}P_1$  (Ατομικά βάρη C, H, O, N και P είναι 12, 1, 16, 14 και 31, αντίστοιχα)

**Ημερομηνία παράδοσης: Δευτέρα, 31.10.2016**



# Ασκηση 1



$$\begin{cases} X_0 = 100 \text{ mg/l} \\ F_0 = 10000 \text{ mg/l} \\ P_0^{\text{ανωργ}} = 6 \text{ mg/l} \\ N_0^{\text{ανωργ}} = 28 \text{ mg/l} \end{cases}$$

Μετά από 5 ώρες:  $X_5 = 165 \text{ mg/l}$   
 $F_5 = 9850 \text{ mg/l}$

$$b = 0.05 \text{ ημ}^{-1} = 0.0021 \text{ hr}^{-1}$$

α)  $\mu_{\max} =$ ; Μετά σε αυτές τις 5 ώρες η δυσμενέστερη περίπτωση στον αφορα την τροφή είναι όταν  $F = 9850 \text{ mg/l}$

$$\frac{F_5}{F_5 + K_F} = \frac{9850}{9850 + 60} \rightarrow 1$$

$$\frac{dX}{dt} = (\mu_{\max} - b)X \rightarrow X_5 = X_0 e^{(\mu_{\max} - b)t} \rightarrow 165 = 100 e^{(\mu_{\max} - 0.0021) \cdot 5}$$

$$\rightarrow \dots \rightarrow \mu_{\max} = 0.1 \text{ hr}^{-1} = 2.45 \text{ ημ}^{-1}$$

β)  $y =$ ; το  $y$  σχετίζεται με την παραγωγή καινούριας βιομάζας απομειωμένα λόγω συνθήκη (αγνοώ τη φύση στον υπολογισμό του!)

$$\left(\frac{dX}{dt}\right)_{\text{συνθ}} = \mu_{\max} \cdot X \rightarrow X_5' = X_0 e^{\mu_{\max} t} = 166.6 \text{ mg/l}$$

$$y = \frac{\Delta X_{\text{συνθ}}}{\Delta F} = \frac{166.6 - 100}{10000 - 9850} = 0.444$$

γ)  $P_5^{\text{ανωργ}} =$ ;  
 $N_5^{\text{ανωργ}} =$ ;

$$C_{50}H_{70}O_{20}N_{10}P_1 \quad MB_{\mu/w} = 50 \cdot 12 + 70 \cdot 1 + 20 \cdot 16 + 10 \cdot 14 + 1 \cdot 31 = 1161 \text{ gr}$$

Στα 1161 gr  $\mu/w$  υπάρχουν 140 gr N και 31 gr P  
 άρα τα 65  $\text{mg/l}$   $\mu/w$  αντιστοιχούν 7.84  $\text{mg/l}$  N και 1.74  $\text{mg/l}$  P

$$P_5^{\text{ανωργ}} = 6 - 1.74 = 4.26 \text{ mg/l}$$

$$N_5^{\text{ανωργ}} = 28 - 7.84 = 20.16 \text{ mg/l}$$



spoiler: ας πούμε ότι θα είναι στο τεγμένο διαγώνισμα



$$F_0 = 300 \text{ mg/l}$$

$$X_0 = 50 \text{ mg/l}$$

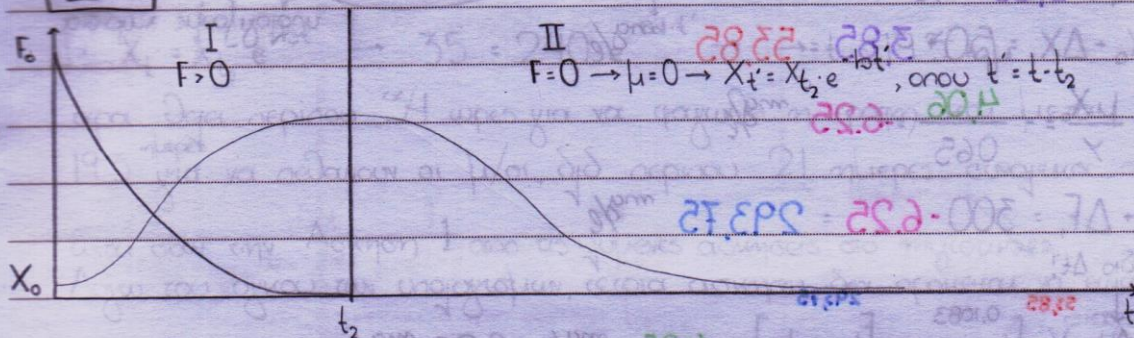
$$\mu_{\max} = 26 \text{ η}^{-1} = 0.1083 \text{ hr}^{-1}$$

$$b = 0.1 \text{ η}^{-1} = 0.0042 \text{ hr}^{-1}$$

$$K_F = 100 \text{ mg/l}$$

$$\gamma = 0.65$$

μεγαλύτερο σε σχέση με προηγουμένα παραδείγματα



η φάση γένεσης που αρχίζει με την μελέτη: μήνισ, ενώ η φάση θα καταναλώνει που πιο γρήγορα - τμήση μελέτης: μερά  
θα δούμε τη διαφορά μεταξύ των δύο ρυθμών σε αυτό το παράδειγμα

α)  $t_1$ ;  $\sim F_1 = 0.1 \cdot F_0$  σε ποια χρονική στιγμή το σύστημα θα έχει απομεινών το 90% της τροφής που βρίσκεται στα αρχικά αποθήκη;  
 $= 30 \text{ mg/l}$

β) Σε ποια χρονική στιγμή το συνολικό οργανικό φορτίο θα είναι το 10% του αρχικού;  
αρχικό:  $300 + 50 = 350 \text{ mg/l}$   
αρχα  $35 \text{ mg/l}$   
συνολικό οργανικό φορτίο =  $F + X$

αυτό που μελετάμε είναι συνιστάμενη δύο διεργασιών: σύνδεση + φθορά

$$\text{α) I: } \frac{\Delta X}{\Delta t} = \left( \mu_{\max} \frac{F}{F + K_F} - b \right) X, \quad \frac{\Delta F}{\Delta t} = -\mu X$$

παρότι ξέρω τις τιμές των  $\mu_{\max}$ ,  $b$ ,  $K_F$  τα  $X$ ,  $F$  συνεχώς μεταβαλλόμενα και δεν μπορώ να απλοποιώ κάτι και να δουλέψω με αναλυτικές μεθόδους όπως στα προηγούμενα. Για αυτό θα δουλέψω με χρονικά βήματα μιας ώρας, κατά τη διάρκεια των οποίων θα θεωρήσω  $X$  και  $F$  σταθερά. Η επιλογή του κατάλληλου χρονικού διαστήματος βασίζεται στην εμπειρία, βέβαια όσο πιο μικρό το  $\Delta t$  τόσο πιο μικρή η απόκλιση από την πραγματικότητα - το γινόμενο εξαρτάται από το χρονικό βήμα! Για αυτό ε, πιο πάνω μετατρέψαμε τα  $\mu_{\max}$  και  $b$  σε  $\text{hr}^{-1}$ , θα χρειαστούν στη συνέχεια. Στη φάση όπως, που είναι πιο αρχή διαδικασία θα δουλέψουμε πάλι με  $\text{η}^{-1}$



Μεθοδος πεπερασµενων διαφορων ( $\Delta t = 1 \text{ hr}$ )

$$\Delta X_1 = \Delta t \cdot X_0 \left[ \mu_{\max} \frac{F_0}{F_0 + K_F} - b \right] = 4.06 \text{ mg/g} - 0.21 \text{ mg/g}$$

100% συνδεσης      100% φθορας

$$\rightarrow \Delta X_1 = 3.85 \text{ mg/g}$$

$$X_1 = X_0 + \Delta X_1 = 50 + 3.85 = 53.85 \text{ mg/g}$$

$$\Delta F_1 = - \frac{\mu X_0}{Y} = - \frac{4.06}{0.65} = -6.25 \text{ mg/g}$$

$$F_1 = F_0 + \Delta F_1 = 300 - 6.25 = 293.75 \text{ mg/g}$$

βολευει να τα υπολογισουμε χωριστα

$$\Delta X_2 = \Delta t \cdot X_1 \left[ \mu_{\max} \frac{F_1}{F_1 + K_F} - b \right] = 4.35 \text{ mg/g} - 0.23 \text{ mg/g}$$

$$\rightarrow \Delta X_2 = 4.12 \text{ mg/g}$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X_2 = 53.85 + 4.12 = 57.97 \text{ mg/g}$$

$$\Delta F_2 = - \frac{\mu X_1}{Y} = - \frac{4.35}{0.65} = -6.69 \text{ mg/g}$$

$$F_2 = F_1 + \Delta F_2 = 293.75 - 6.69 = 287.06 \text{ mg/g}$$

σε excel, για ευκολια φτιαχνουμε τις παρακατω σιτζες

για να δουμε πως μεταβαλλεται με το χρονο

Χρονος	$X_t$	$F_t$	$\mu X$	$-bX$	$\Delta X_t$	$\Delta F_t$	$\mu \cdot b \text{ [hr}^{-1}\text{]}$
0	50	300	4.06	-0.21	3.85	-6.25	0.0771
1	53.85	293.75	4.35	-0.23	4.12	-6.69	0.0768
2	57.97	287.06	4.66	-0.24	4.41	-7.16	0.0761
⋮							
24	~215	~30	~5.5	~-0.89	~5.0	~-8.5	~0.022
⋮							
34	~240	~0					

συνολικο φορτιο

$$\text{αρα χρειαζεται περινου } t=0 \quad 300 + 50 = 350 \text{ mg/g}$$

$$t=24 \quad 30 + 215 = 245 \text{ mg/g}$$

αυτοσυστημα αυτο που εχει ανακαυρωει ειναι αυτο που ηγχε στην αναρτηση - το οποιο βεβαια παει στην αβιοσφαιρα αλλα εδω δε μας περαζει γιατι εγινε περισσοτερο καπο (διαχυση τροφης) παρα κακο!



β) πρέπει πρώτα να βρούμε σε ποια χρονική στιγμή η τροφή θα έχει μείνει συνεχίζοντας τη διαδικασία των πεπταστικών διαφορών → το κάνουμε,  $t_2 = 34$  hr εκείνη τη στιγμή έχω και τη μέγιστη συσπείρωση μ/ων

$$t_2 = 34 \cdot 240 \text{ mg/l}$$

$$\text{II: } X_t' = X_{t_2} \cdot e^{-bt'} \rightarrow 35 = 240 \cdot e^{-0.1 \cdot t'} \rightarrow \dots \rightarrow t = 19.3 \text{ ημ}$$

αρα δεφει περίπου 24 ώρες για να φαχιδει η τροφή και μετά

19.3 <sup>ημέρες</sup> για να πεθανουν οι μ/σι, δηλ περίπου 21 ημερες συνολικα

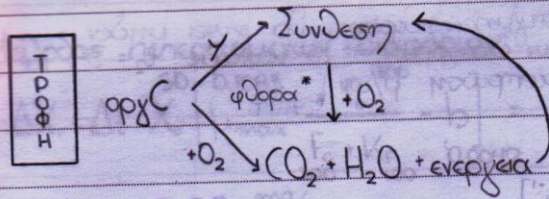
Ειναι σαν την Άσκηση 1 από τις 40μερες ασκήσεις στο μυςκουράες.

Λόγω του όγκου των υπολογισμών, τέτοια άσκηση δεν προκειται να είναι στο διαγώνισμα!

Στο τέλος των 24 ωρών, το οργανικό φορτίο θα έχει πέσει στα 245 <sup>mg/l</sup> από τα 350 <sup>mg/l</sup> που ήταν αρχικά. Αξίζει στη η ενέργεια που καταναλώθηκε για τη διασπορά οξυγόνου, την αναδυσση κτλ; Ναι, γιατί στο τέλος αυτής της διεργασίας θα έχω μύη τροφή και πολλούς μ/ους, οι οποίοι μ/σι αν σταματήσει η αναδυσση πουμε στον αυθμενα· αρα καταφεραμε και μετατρεψαμε το οργανικό φορτίο από κατι που ήταν ένα με το νερο, σε κατι που ξεχωρίζει, κατι που κωδίζανει. Αρα αν σταματήσω τον αερισμο και την αναδυσση, οι μ/σι θα κωδίζανει κ' αν τραβώ με αυχνα το νερο θα 'χει μείνει την τροφή, δηλ 30 <sup>mg/l</sup>.



(σαν αναερόβωση)

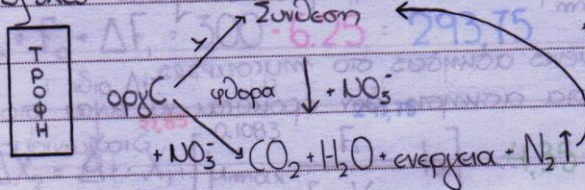


$$\mu = \mu_{\max} \frac{F}{F + K_F} \times \frac{DO}{DO + K_o}$$

\* κατά τη φύδρα οι μ/οί διαλύονται σε  $CO_2 + H_2O$  όχι σε ενέργεια

αν το οξυγόνο είναι πολύ και διασπείρεται πάνω πολύ ο αντίστοιχος προς αναγείρεται τι γίνεται όμως αν το οξυγόνο είναι μηδέν? ανοξικές η αναερόβιες

### Ανοξικές



$$\mu = \mu_{\max} \frac{F}{F + K_F} \times \frac{NO_3^-}{NO_3^- + K_{NO_3^-}} \times \frac{K_{O_2}}{DO + K_{O_2}}$$

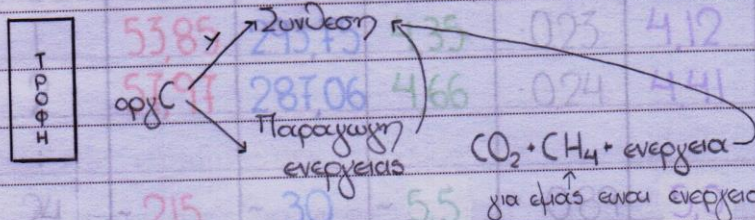
\*\* εκκυμαίνεται στην ατμόσφαιρα και φεύγει από τα υγρά απόβλητα

\*\* η κινητική που περιγράφει τον ανοξικό μεταβολισμό. Υπάρχει προς για τα νιτρώδη εφόσον επηρεάζουν. Ακόμη υπάρχει "διακοπή" που μηδενίζει το  $\mu$  παρουσία οξυγόνου, γιατί αν υπάρχει οξυγόνο οι μ/οί το προτιμούν και δεν πραγματοποιείται ανοξικός μεταβολισμός. Αντίστοιχα όταν το διαλυμένο οξυγόνο είναι μηδέν ο προς αυτός γίνεται μονάδα

Το  $K_{\Delta IAK}^{O_2}$  είναι περίπου  $0,01 \frac{mg}{l}$  επομένως εστω και λίγο οξυγόνο να υπάρχει ο διακοπή μηδενίζεται

φύδρα υπάρχει και με οξυγόνο και με νιτρώδη, αλλά στη δεύτερη περίπτωση το  $b$  είναι μικρότερο

Αναερόβιες  $O_2 = \emptyset$ ,  $NO_3^- = \emptyset$ ,  $SO_4^{2-} = \emptyset$  έχουμε τροφή, μ/ους που θέλουν να τη φάνε, αλλά δεν έχουν οξυγόνο ή τα άλλα!



το  $y$  όμως εδώ είναι  $\approx 0,1$

ένα προϊόν εδώ είναι το  $CH_4$   
ένα άλλο προϊόν είναι ότι παράγεται πολύ νερό βιολογικά (εδώ η παρουσία των μ/ων είναι πολύ μικρότερη, είναι περίπου το  $1/6$  σε σχέση με τις αερόβιες)

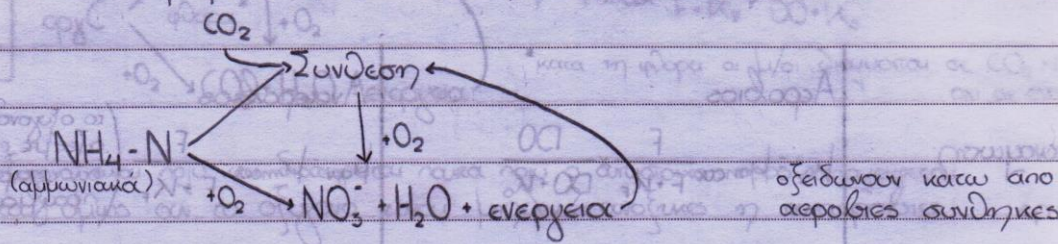


As Σοφίε τους δύο μεταβλητούς:

	Αερόβιος	Αναερόβιος
1) Κατανάλωση τροφής	$\mu_{O_2} = \mu_{max} \frac{F}{F+K_F} \times \frac{DO}{DO+K_O}$	$\mu_{an} = \mu_{max} \frac{F}{F+K_F}$ (το οξυγόνο εδώ εμπο- αεί με την εννοία ότι αν υπάρχει δεν πραγματοποιείται!)
2) Παραγωγή βιομάζας	$Y_{O_2} = 0.6$ (δε φτάνει μόνο να ενεργοποιηθεί τα μύητα, αλλά πρέπει να απομα- κρύνουμε τους μύους που παράγονται)	$Y_{an} = 0.1$
3) Ενέργεια	Κατανάλωση ενέργειας λόγω οξυγόνου (δεν είναι ότι αεριοποιούμε τη δεξαμενή σε ενοχλητική στην ατμόσφαιρα κι αυτό αρκεί.)	Παραγωγή ενέργειας (δίδ του βιοαερίου $(CO_2 + CH_4)$ )
4) Θερμοκρασία	$5^{\circ} - 35^{\circ}C$ δίδ θερμοκρασίες που πρακτικά δεν παύεται το νερό ηλεκτρικών σε κατασκευαστικό κόστος (πολύ μικρότερες δεξαμενές?) ή το αντίθετο? εφαρμόζεται για μεγάλες παροχές οργανικού φορτίου αραιωμένο ή αλκοολούχο	$> 30^{\circ} - 35^{\circ}C$ για να δουλέψει καλώς αποτελεσματικά το σύστημα αυτό μπορεί να αυτοσυντηρηθεί, και μπορεί να μειώσει αρκετά τις δαπάνες του σε ηλεκτρική ενέργεια εφαρμόζεται σε χαμηλές παροχές αποβλήτων (χαμηλές παροχές) συνήθως εκεί που υπάρχουν υψηλές συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου



# Αερόβιοι Αυτοτροφικοί μ/οι (νιτροποιητές)



και σε αυτούς ισχύουν τα ίδια, αλλά σε αυτή την περίπτωση πρέπει να ξεχωρίσουμε τι είναι τροφή για αυτούς και τι δεν είναι

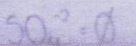
$$\mu = \mu_{\max} \times \frac{\text{NH}_4^+ - \text{N}}{\text{NH}_4^+ - \text{N} + K_N} \times \frac{\text{DO}}{\text{DO} + K_O} \times \frac{\text{CO}_2}{\text{CO}_2 + K_{\text{CO}_2}}$$

1 - υπάρχει  $\text{CO}_2$  στο νερό

έχει σημασία για αυτούς αν βρεθούν οργανικές ουσίες? όχι, το  $F + K_F$  δεν τους ενδιαφέρει, για αυτό δεν το βάζω κατω

κάτω από κάποιες συνθήκες θα τους έχουμε και αυτούς - δεν ανταγωνίζονται τους αβιοτικούς

## Αερόβια



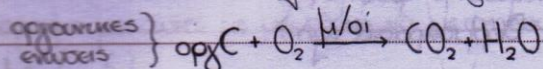
για φάος είναι ενεργειακά

να προσέξουμε εδώ είναι το  $\text{CH}_4$

να είναι προσεκτικοί είναι οι παρατηρήσεις που να βγαίνουν (όχι να μην τους φτασέρη) είναι περίπου το 1/6 σε σχέση με τις αερόβιες



πριν προχωρήσουμε στη διασάφισξη του συστήματος που θα απομακρύνει από τα απόβλητα το οργανικό φορτίο θα δούμε με ποιες μεθόδους μπορούμε να μετρήσουμε τι συμβαίνει μέσα σε ένα βιολογικό φυτό που έχουμε βάλει μ/ος και τροφή. Για να μετρήσεις τη συμπίεση στη τροφή (αν και αυτό θα δούμε ότι δε γίνεται) μια μέθοδος είναι να πάρεις ένα δείγμα από τα υγρά απόβλητα που δεν περιέχει (ή εστω περιέχει πολύ λίγο) μ/ος. Υπάρχουν χίσιες χιλιάδες ενώσεις και το να τις μετρήσω όλες θα ήταν απίστευτα δύσκολο και χρονοβόρο, αρά η λύση αυτή είναι ανεφικτή! Έτσι οι βιολογικοί κατεργάζονται σε μια άλλη λύση, τη διαδικασία κατασάφισξη των οργανικών ενώσεων απαιτεί οξυγόνο.

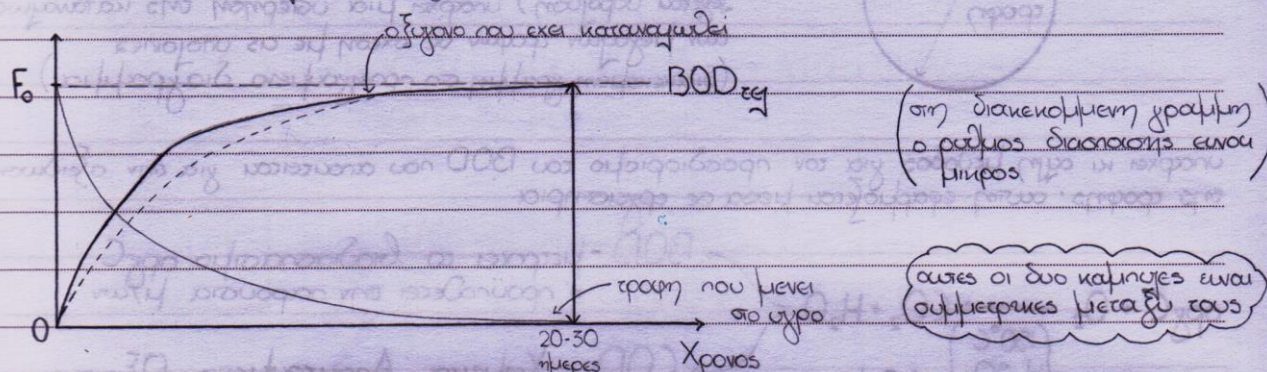


αυτή να μετράει τον οργανικό άνθρακα μέσα στο δείγμα, η μέθοδος αυτή στοχεύει στη μέτρηση του οξυγόνου που χρειάζεται για να κατασάφισξει τη τροφή μέσα στο δείγμα, παρ'ότι μ/ων μ/ων οι οποίοι θα 'χουν όσο χρόνο χρειάζεται για να διασάφισουν αυτή την τροφή. Αυτή η μέθοδος μας δίνει αυτό που μέτρε.

Βιολογικά Απαιτούμενο Οξυγόνο  $\rightarrow$  Biochemical Oxygen Demand  $\rightarrow$  B.O.D.

στην η νόμοθεσία βασίζεται σε αυτή τη μέθοδο (και σε μια άλλη που θα δούμε σε λίγο) ή τα κριτήρια εκπομπών αναφέρονται σε όρους BOD.

ουσιαστικά το BOD μου δείχνει πόσο οξυγόνο έχει κατασάφισξει για τη διάσπαση της τροφής. πρέπει βέβαια να προκειται για τροφή την οποία μπορούν να βιοδιάσπασουν οι μ/οι, ή αν δώσω ένα πλαστικό μπουκαλάκι σε μ/ους, δεν μπορούν να το βιοδιάσπασουν και επομένως δεν προκειται να κατασάφισξει οξυγόνο.



για  $t=0$  το οξυγόνο που έχει κατασάφισξει για τη διάσπαση της τροφής είναι μηδέν. όταν η τροφή γίνει μηδέν, η διαδικασία θα έχει ολοκληρωθεί και θα έχω τη μέτρηση του τελικού BOD.

$\text{BOD}_t = F_0 - F_t$  η τροφή μετρίεται σε όρους οξυγόνου, αρά η μεταβολή της σε κάθε χρονική στιγμή μας δίνει το αμετάσπαστο BOD.

$\frac{dF}{dt} = -k_1 F$  ακολουθούν μια κίνηση πρώτης τάξης ως προς την τροφή.

$$\rightarrow F_t = F_0 \cdot e^{-k_1 t} \quad \text{αρά} \quad \text{BOD}_t = F_0 - F_t = F_0 - F_0 \cdot e^{-k_1 t} = F_0 (1 - e^{-k_1 t})$$

το  $k_1$  είναι ο ρυθμός που κατασάφισζεται το οξυγόνο (πράκτικα που κατασάφισμα η τροφή και το BOD και η τροφή μετρίονται με τον ίδιο τρόπο σε ίδιους όρους οξυγόνου!).

στο τέλος του πειράματος το οξυγόνο που έχει κατασάφισξει πρέπει να είναι ίσο με την τροφή που υπάρχει στην αρχή (αφού κι αυτή είναι σε όρους οξυγόνου!).

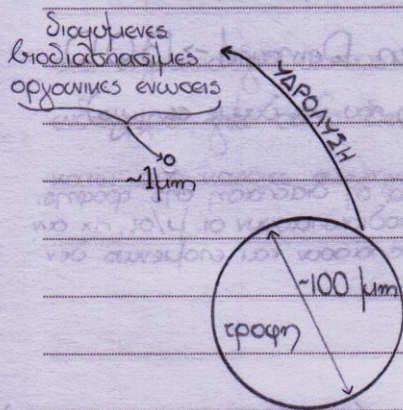


επείγει να σταματάμε το πείραμα στις 5 ημέρες, διότι να βρούμε το  $BOD_5$ , το οποίο θα είναι αρκετά μικρότερο από το τελικό. Το πλεονεκτήμα είναι απλά θέμα χρόνου, θα περιμένουμε μόνο 5 μέρες για τη μέτρηση.

$\frac{BOD_5}{BOD_{\infty}} = 60-70\%$  θεωρούμε ότι στις 5 μέρες έχει καταναλωθεί το 60-70% της συνολικής ζήτησης οξυγόνου (για αστικά λύματα περίπου ισχύει αυτό)

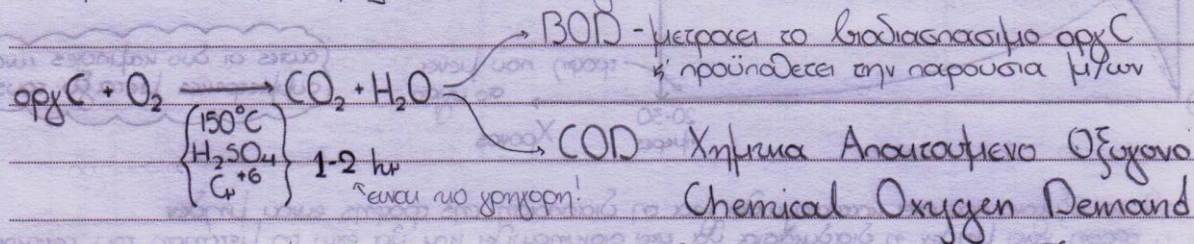
από τι μπορεί να εξαρτάται η διαδικασία καταγωγής τροφής;  
(ίδιες συνθήκες - ίδια συγκέντρωση  $\mu/\omega$ , N, P ίδια θερμοκρασία κλπ)

από το είδος της τροφής  $\rightarrow$  εύκολα βιοδιασπασίμες ουσίες  $\rightarrow$   $k$ , μεγάλο  
 $\rightarrow$  δύσκολα βιοδιασπασίμες ουσίες  $\rightarrow$   $k$ , μικρό



ένα βακτήριο έχει μέγεθος  $\sim 1 \mu m$ , τροφή που είναι πολύ μικρή και μπορεί να περάσει μέσα από την κυτταρική μεμβράνη του βακτηρίου καταναλώνεται αμέσως. Τι γίνεται όμως όταν η τροφή είναι μεγαλύτερη από το  $1 \mu m$ ? Τα βακτήρια δεν έχουν στοματάκια διότι δε θα βρούσαν ποια και τρώει κομματάκι-κομματάκι τη μεγάλη τροφή. Εισέρχονται όμως ενζύμια (εξωκυτταρικά ενζύμια) τα οποία καταλύουν και υδρολύουν τις μεγάλες τροφές ώστε να διαλυθούν και να έχουν μέγεθος που να είναι διαχειρίσιμο από τους  $\mu/\omega$ . Εξαιτίας αυτού του μηχανισμού (ο οποίος λέγεται υδρόλυση) υπάρχει μια υστέρηση της καταγωγής των μεγάλων τροφών σε σχέση με τις υπολείμματα (διακεκομμένη γραμμή στο προηγούμενο διάγραμμα)

υπάρχει κι άλλη μέθοδος για τον προσδιορισμό του  $BOD$  που απαιτείται για την οξείδωση της τροφής· αυτή εφαρμόζεται μέσα σε ερμήςτριο



αν δεν υπάρχουν  $\mu/\omega$  μπορεί να πραγματοποιηθεί αυτή η αντίδραση. Πρω είναι ότι ένα γυαλινό μπουκάλι δε θα δώσει  $BOD$ , θα δώσει όμως  $COD$ , το ίδιο θα κάνει κι ένα ξύλο και αυτό είναι ένα πλεονεκτήμα του  $COD$ : μετράει και το μη βιοδιασπασίμο  $orgC$  και το βιοδιασπασίμο  $orgC$

αναφέρεται και αυτό στη νομοθεσία πχ στην Ελλάδα μιας εγκατάστασης  $25 \frac{mg}{l} BOD$   
 $125 \frac{mg}{l} COD$   
και οι δυο μέθοδοι εφαρμόζονται περίπου το ίδιο



24/10

$$\frac{(BIO\Delta. + MH\ BIO\Delta.)_{оргC}}{BIO\Delta._{оргC}}$$

στην εξοδο εραττωνοται  
σημαστικα και στον αριθμητη  
και στον παρονομαστη

αωνεξερχεται

Maia p/w

Ογκος Δεξαμενης

οι μ/οι είναι ευκολο να ξεπερνάει γιατί μπορούμε  
να τους "πιατούμε" σε κάποιο ψυγείο

→ ETE BOD ETE COD

1-1-1

[illegible]

Q.  $\text{Na}_2\text{A} \text{ can be}$   $\text{Na}_2\text{X}_{aa}$   $\text{Na}_2\text{X}_{aa}$   
 $\text{Na}_2\text{A} \text{ can be/was not digested and it is}$   $\text{Q}_{aa}\text{X}_{aa}$   $\text{Q}\cdot\text{X}_{aa}$

Η ετήσια διατήρηση ο χρόνος παραμονής του νερού είναι ίσος με το χρόνο παραμονής  
 του νερού στο αποχετευτικό σύστημα (αποχέτευση είναι το ίδιο πράγμα με το χρόνο παραμονής  
 του νερού στο αποχετευτικό σύστημα)

$\mu = \mu_{max}$   $F_{an} = 1/2$

[illegible]

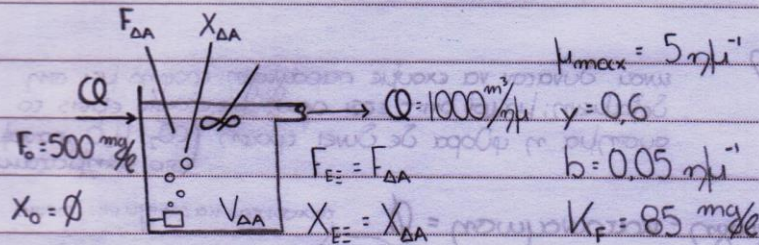
---

$$Q = Q_0 \rightarrow 1 = 0.5 \cdot 0.05 = 0.55 \text{ m}^3$$

$$1.1 \times 10^{-10} \text{ mol/l}$$

a)  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  são íons divalentes e trivalentes, respectivamente. Assim, para que haja uma proporção de cargas elétrica, a proporção de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  deve ser de 3 para 2. Portanto, a fórmula química correta é  $\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{Si}_2\text{O}_7)_2(\text{OH})_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .





Δύο συστήματα μας ενδιαφέρουν: η τροφή που δεν έχει καταναλωθεί & οι μ/οι που φεύγουν στην εξόδο αν δεν τους εμποδίσουμε με κάποιο τρόπο  
δεξαμενή υψηλούς μίσξης: σε όλα τα σημεία της δεξαμενής έχω ίδιες συγκεντρώσεις για όλα τους ρυθμούς (αυτό δε συμβαίνει κατ' ανάγκη σ' όλες τις δεξαμενές)

Χαρακτηριστικός χρόνος παραμονής:  $\theta = V_{da}/Q$  (χρόνος που μένουν τα υγρά σε αυτό το σύστημα)  
Χρόνος παραμονής μ/ων:  $\theta_c \neq \theta, \theta_c \gg \theta$  (συνηθώς)

1) Ισοζύγιο μάζας ως προς τους μ/ους

$$\frac{dM_x}{dt} = 0$$

οτι έχουμε πει μέχρι τώρα για τα μ, b ισχύει και εδώ

εφόσον το σύστημα έχει μείνει σταθερό συνθήκες, θα πρέπει η μεταβολή της μάζας μέσα σε αυτό να παραμένει μηδέν

→ εισροή - εκροή + παραγωγή - φθορά = 0

$$Q \cdot X_{E12} - Q \cdot X_{E2} + \mu \cdot X_{da} V_{da} - b X_{da} V_{da} = 0 \rightarrow \mu - b = Q/V_{da} \rightarrow$$

(για να έχω μάζα)

$$\rightarrow \frac{1}{\theta} = \mu - b$$

1/θ συχνότητα ή ρυθμός που αναπαραγώγονται οι μ/οι  
μ-b καθαρός ρυθμός παραγωγής καινούριας βιομάζας

$$\theta_c = \frac{\text{μάζα των μ/ων}}{\text{μάζα των μ/ων που αφαιρείται ανά ημέρα}} = \frac{V_{da} X_{da}}{Q_{E2} X_{E2}} = \frac{V_{da} X_{da}}{Q \cdot X_{da}}$$

στο συγκεκριμένο σύστημα ο χρόνος παραμονής του νερού είναι ίδιος με το χρόνο παραμονής των μ/ων (αρα και οι αντίστοιχοι ρυθμοί αναπαραγωγής είναι ίσοι) επομένως δεν εμποδίζουμε με κάποιο τρόπο τους μ/ους και φεύγουν μαζί με το νερό

$$\mu = \mu_{max} \frac{F_{da}}{F_{da} + K_f}$$

$$\mu = 1/\theta + b$$

για  $V_{da} = 2000 \text{ m}^3$ :

$$\theta = \theta_c = 2\mu \rightarrow \mu = 0.5 \cdot 0.05 = 0.025 \text{ ημ}^{-1}$$

$$F_{da} = F_{E2} = 10 \text{ mg/l (περίπου)}$$

αυτό που θέλουμε να βρούμε είναι το  $F_{E2}$ , το οποίο είναι ίδιο με το  $F_{da}$ , που είναι η συγκεντρώση που "βγαίνει" οι μ/οι μες στη δεξαμενή, αρα αυτήν πρέπει να βρούμε στην κητένη. ο μόνος αγνώστος είναι το  $F_{da}$ , αφού το μ μπορώ να το βρω από τη σχέση στο κουτί. μπορώ να το έχω σε αυτή τη μορφή και να βρω τι τιμές παίρνει το μ για διάφορα  $V_{da}$ . το μ δεν μπορεί να το δώσω σε δεδομένο γιατί εξαρτάται από τις συνθήκες σε αντίθεση με το b που είναι σταθερό. Τώρα είτε με δοκιμές είτε μικτάς δεξαμενές βρίσκω το  $F_{da} = F_{E2}$ ! Άρα όπως αυτό για τη νομοθεσία, θα με "αφήσει" να τη φτιάξω τη δεξαμενή; ΟΧΙ! πρέπει να βρω και το  $X_{E2}$ .



2) Ισοζύγιο ως προς την τροφή

$$\frac{dM_F}{dt} = 0$$

είναι δυνατόν να έχουμε παραγωγή τροφής μες στη δεξαμενή; μάλλον όχι - έτσι όπως μετράμε είναι το σύστημα η φθώρα δε δίνει τροφή ( $CO_2 + H_2O$  γραφάμε στο σχήμα)

$$\rightarrow \text{είσοδο} - \text{έξοδο} + \text{παραγωγή} - \text{καταστροφή} = 0$$

$$Q \cdot F_o - Q \cdot F_{E\Xi} + 0 - q_F \cdot V_{\Delta\Delta} = 0 \rightarrow Q(F_o - F_{E\Xi}) = \frac{\mu X_{\Delta\Delta}}{Y} V_{\Delta\Delta}$$

$$\rightarrow X_{\Delta\Delta} - X_{E\Xi} = \frac{Q(F_o - F_{E\Xi})}{\mu \cdot V_{\Delta\Delta}} = 0$$

η παροχή είναι σταθερή στο νερό μπαίνει στο βιολογικό

ΛΕΙΠΕΙ ΧΛΙΚΟ



## ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΕΜΠ

### «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ»

#### Επεξεργασία Λυμάτων

Άσκηση 2<sup>η</sup> : Διαστασιολόγηση εναλλακτικών συστημάτων επεξεργασίας αποβλήτων χωρίς και με επανακυκλοφορία ιλύος

Ημερομηνία παράδοσης: Δευτέρα, 7/11/2016

Σύστημα επεξεργασίας αποβλήτων δέχεται απόβλητα που περιέχουν αποκλειστικά διαλυτό οργανικό βιοδιασπάσιμο φορτίο και θρεπτικά με παροχή Qεισόδου = 10000 m<sup>3</sup>/ημέρα και συγκέντρωση οργανικού φορτίου = 450 mg/L. Να υπολογισθεί ο απαιτούμενος όγκος του βιολογικού αντιδραστήρα και της δεξαμενής καθίζησης, ώστε τα επεξεργασμένα απόβλητα να περιέχουν συγκέντρωση ολικού οργανικού φορτίου = 25 mg/L, στις ακόλουθες δύο περιπτώσεις:

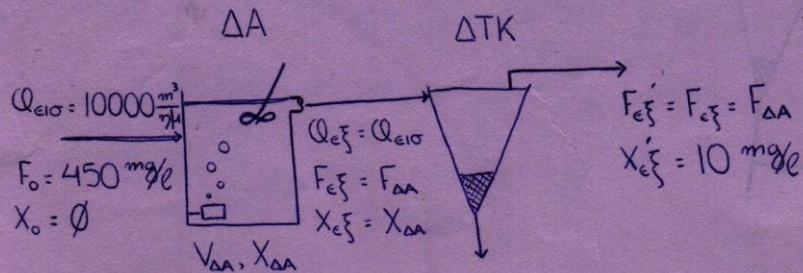
- 1) Το σύστημα επεξεργασίας διαθέτει δεξαμενή καθίζησης χωρίς επανακυκλοφορία για την απομάκρυνση της παραγόμενης βιομάζας με αποτέλεσμα η συγκέντρωση του οργανικού φορτίου που οφείλεται στους μικροοργανισμούς στην έξοδο να ισούται με 10 mg/L
- 2) Το σύστημα επεξεργασίας διαθέτει δεξαμενή καθίζησης με επανακυκλοφορία για την απομάκρυνση της παραγόμενης βιομάζας με αποτέλεσμα η συγκέντρωση οργανικού φορτίου που οφείλεται στους μικροοργανισμούς στην έξοδο να ισούται με 10 mg/L και η συγκέντρωση των μικροοργανισμών στη δεξαμενή αερισμού με 3000 mg/L

Δίνονται :

- Κινητική παραγωγής μικροοργανισμών  $\Delta X/\Delta t = (\mu_{\max} \times F / (K_s + F) - b) \times X$   
όπου:  $\mu_{\max} = 5 \text{ ημέρες}^{-1}$   
 $K_s = 120 \text{ mg/l}$   
 $b = 0,05 \text{ ημέρα}^{-1}$   
 $Y = 0,6 \text{ gr(μικροοργανισμοί) / gr (οργανικού φορτίου που απομακρύνεται)}$
- Παροχή επανακυκλοφορίας Qεπανακ. = Qεισόδου = 10000 m<sup>3</sup>/ημέρα
- Κριτήρια σχεδιασμού για την δεξαμενή καθίζησης
  - 1) Βάθος δεξαμενής = 4 m
  - 2) Μέγιστη επιτρεπτή φόρτιση μικροοργανισμών της δεξαμενής καθίζησης = (Qεισόδου + Qεπανακυκλοφορίας) x (συγκέντρωση μικροοργανισμών) / επιφάνεια δεξαμενής καθίζησης = 80 kg μικροοργανισμών / (m<sup>2</sup>-ημέρα)
  - 3) Μέγιστη επιτρεπτή υδραυλική φόρτιση της δεξαμενής καθίζησης = (Qεισόδου) / επιφάνεια δεξαμενής καθίζησης = 15 m<sup>3</sup> / (m<sup>2</sup>-ημέρα)



1)



Ασκηση 2η

Πρέπει η συγκέντρωση του στερεού φορτίου στην έξοδο να είναι 25 mg/ℓ, δηλ

$$F'_{\epsilon\xi} + X'_{\epsilon\xi} = 25 \text{ mg/}\ell \quad \frac{F'_{\epsilon\xi} = F_{\epsilon\xi}}{X'_{\epsilon\xi} = 10 \text{ mg/}\ell} \rightarrow F_{\epsilon\xi} = 15 \text{ mg/}\ell$$

$$\mu = \mu_{\max} \frac{F_{\Delta\Lambda}}{F_{\Delta\Lambda} + K_s} \quad \frac{F_{\Delta\Lambda} = F_{\epsilon\xi} = 15 \text{ mg/}\ell}{\mu_{\max} = 5 \text{ ημ}^{-1}, K_s = 120 \text{ mg/}\ell} \rightarrow \mu = 0.56 \text{ ημ}^{-1} \left(\frac{5}{9}\right)$$

Το σύστημα δεν έχει επανακυκλοφορία  $\rightarrow \theta = \theta_c$

α) από ισοζύγιο μάζας ως προς τους μ/αυα  $\frac{1}{\theta} = \mu - b \xrightarrow{b=0.05 \text{ ημ}^{-1}} \theta \approx 1.98 \text{ ημ}$

όπως είναι  $\theta = \frac{V_{\Delta\Lambda}}{Q_{\epsilon\text{ισ}}} \rightarrow V_{\Delta\Lambda} = 19780.22 \text{ m}^3 \rightarrow \boxed{V_{\Delta\Lambda} \approx 19800 \text{ m}^3} \checkmark$

β) από ισοζύγιο μάζας ως προς την τροφή  $Q(F_0 - F_{\epsilon\xi}) = \frac{\mu X_{\Delta\Lambda}}{Y} V_{\Delta\Lambda}$

(εδώ απαλείφονται τα  $\text{m}^3$  των  $Q, V_{\Delta\Lambda}$  οπότε το αποτέλεσμα βγαίνει σε ότι μονάδα είναι το  $F_0 - F_{\epsilon\xi}$ , πάλι όπως πρέπει να 'χουν  $Q, F_0 - F_{\epsilon\xi}, X_{\Delta\Lambda}$  στα  $\text{m}^3$  ή στα λίτρα)

$$\rightarrow X_{\Delta\Lambda} = X_{\epsilon\xi} = \frac{Y Q (F_0 - F_{\epsilon\xi})}{\mu V_{\Delta\Lambda}}$$

$V_{\Delta\Lambda} = 19800 \text{ m}^3 \rightarrow X_{\epsilon\xi} = 0.237 \text{ kg/}\ell \text{ m}^3 \checkmark$  (μετατροπή από mg/ℓ για χρήση στη ΔΤΚ)

Σχεδιασμός ΔΤΚ

1. Κριτήριο Υδραυλικής Φορτίσης

$$\frac{Q_{\epsilon\text{ισ}}}{A_{\Delta\text{ΤΚ1}}} < 15 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{ημ}} \rightarrow A_{\Delta\text{ΤΚ1}} \approx 670 \text{ m}^2$$

2. Κριτήριο Φορτίσης Στερεών

$$\frac{Q_{\epsilon\text{ισ}} \cdot X_{\Delta\Lambda}}{A_{\Delta\text{ΤΚ2}}} < 80 \frac{\text{kg μ/}\ell\text{ m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{ημ}} \rightarrow A_{\Delta\text{ΤΚ2}} \approx 30 \text{ m}^2$$

(παιρνω το μεγαλύτερο)

Άρα  $A_{\Delta\text{ΤΚ}} = 670 \text{ m}^2$

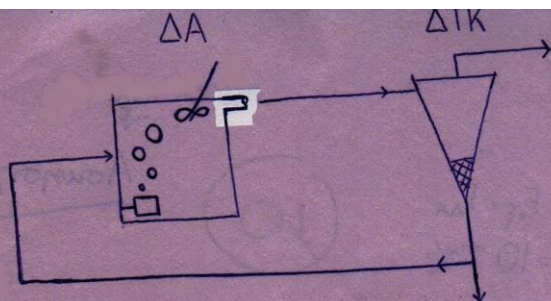
βάθος 4m

$$\boxed{V_{\Delta\text{ΤΚ}} = 2680 \text{ m}^3} \checkmark$$

Άρα: όγκος βιολογικού αντιδραστήρα  $19800 \text{ m}^3$  (19780.22 χωρίς στρογγυλοποίηση)  
 όγκος δεξαμενής καθίζησης  $2680 \text{ m}^3$  (2666.67 χωρίς στρογγυλοποίηση)  
 ή με  $V_{\Delta\Lambda} = 19780.22$  στον υπολογισμό του  $X_{\Delta\Lambda}$



2)



Πρέπει η συγκέντρωση του αμικου φορτίου στην εξοδο να είναι  $25 \text{ mg/l}$ ,  $\delta \gamma \delta$

$$F_{ceq} + X_{ceq} = 25 \text{ mg/l} \quad \begin{array}{l} F_{ceq} = F_{ex} = F_{\Delta A} \\ X_{ceq} = 10 \text{ mg/l} \end{array} \rightarrow F_{\Delta A} = 15 \text{ mg/l}$$

$$\mu = \mu_{\max} \frac{F_{\Delta A}}{F_{\Delta A} + K_s} \quad \begin{array}{l} \mu_{\max} = 5 \text{ ημ}^{-1} \\ K_s = 120 \text{ mg/l} \end{array} \rightarrow \mu = 0.56 \text{ ημ}^{-1}$$

α) από 100% υπο μάζας ως προς την τροφή  $QF_0 - QF_{ex} + wF_{ex} - wF_{ex} = \frac{\mu X_{\Delta A}}{Y} V_{\Delta A}$

$$\begin{aligned} F_0 - F_{ex} &= \frac{450 - 15}{1000} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ X_{\Delta A} &= 3000 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = 3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned} \quad \boxed{V_{\Delta A} = \frac{Y(Q(F_0 - F_{ex}))}{\mu X_{\Delta A}} = 1566 \text{ m}^3} \quad \checkmark$$

Σχεδιασμός ΔΤΚ

1. Κριτήριο Υδραυλική Φορτίση  $\frac{Q_{ε10}}{A_{\Delta ΤΚ1}} < 15 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ ημ}} \rightarrow A_{\Delta ΤΚ1} = 670 \text{ m}^2$

2. Κριτήριο Φορτίσης Στερεών  $\frac{(Q_{ε10} + Q_{ε1}) \cdot X_{\Delta A}}{A_{\Delta ΤΚ2}} < 80 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ ημ}} \rightarrow A_{\Delta ΤΚ2} = 750 \text{ m}^2$

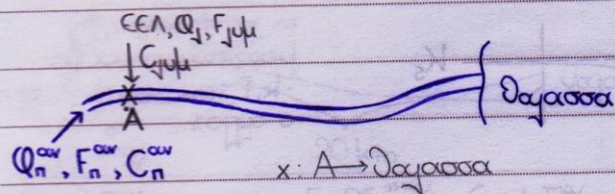
αρα

$$A_{\Delta ΤΚ} = 750 \text{ m}^2$$

βάθος 4m

$$\boxed{V_{\Delta ΤΚ} = 3000 \text{ m}^3} \quad \checkmark$$





Εστω ένα σημείο Α στο ποτάμι το οποίο δέχεται συνεχώς κάποια ποσότητα αποβλήτων. Ξεραφίμε αυτή την παροχή του ποταμίου, τη συσσώρευση του οξυγόνου, του οργανικού φορτίου ή φαινόμενα κατά μήκος του ποταμίου τη συσσώρευση του διαλυμένου οξυγόνου (και του οργανικού φορτίου;)

Ξεραφίμε ότι στη χρονική περίοδο που μελετάμε οι συνθήκες είναι σταθερές. βέβαια όλες συνθήκες επικρατούν το χειμώνα και όλες το καλοκαίρι. το νερό στο ποτάμι είναι πολύ περισσότερο, η αφομοιωτική ικανότητα του ποταμίου αυξάνεται ενώ το καλοκαίρι το πρόβλημα είναι πιο εύκολο.

### ΣΥΣΚΕΤΡΩΣΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

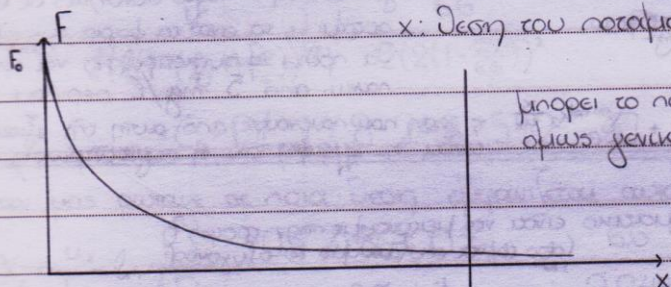
$$F \rightarrow \frac{dF}{dx} = -k_1 F$$

ο ρυθμός κατασάθρωσης τροφής μέσα στο ποτάμι απορροφεί μια κινητική πρώτης τάξης (ως προς την τροφή?)

$$\rightarrow F_x = F_0 \cdot e^{-k_1 \frac{x}{u_x}}, \text{ όπου } F_0: \text{ συσσώρευση στην αρχική θέση που μελετάμε το πρόβλημα ή } x \text{ εδώ στο σημείο Α}$$

$k_1$ : σταθερά αποξυγόνωσης

$x$ : θέση του ποταμίου,  $u_x$ : ταχύτητα του ποταμίου



Μπορεί το ποτάμι να τρέφεται εδώ, ή, όμως γενικά είναι μια εκθετική σχέση που τείνει στο μηδέν

μεταβολή της συσσώρευσης του οργανικού φορτίου κατά μήκος του ποταμίου

γιατί επιβεβαιώσαμε αυτή τη σχέση ( $-k_1 F$ ) κι όχι την κινητική μορφή; περιγράφει καλύτερα τι συμβαίνει στο ποτάμι

$$- \frac{\mu_{max}}{Y} \frac{F}{F + K_F} X = - \frac{\mu_{max}}{Y} \frac{F(X)}{F(X) + K_F} = -k_1 F$$

$F \ll K_F \rightarrow F + K_F \approx K_F$

η συσσώρευση των βιόων δεν είναι μεγάλη και κάτω από σταθερές συνθήκες τη θεωρούμε σταθερή

(!) το  $-k_1 F$  το υπολογίσαμε, δεν ξεκινήσαμε από την κινητική μορφή ή καταγγέλλουμε εκεί αργά αν παρούμε καταγγέλλους αποτελέσματα στη μορφή μπορούμε να φτάσουμε σε αυτό.

ουσιαστικά όμως είναι το ίδιο.

η εφόδμη παράμετρος που θα πρέπει να δοθεί είναι η συσσώρευση του διαλυμένου οξυγόνου.

### ΣΥΣΚΕΤΡΩΣΗ ΤΟΥ ΔΙΑΛΥΜΕΝΟΥ ΟΞΥΓΟΝΟΥ

ο ρυθμός κατασάθρωσης τροφής ισοδυναμεί με το ρυθμό κατασάθρωσης οξυγόνου

$$\text{ρυθμός μεταβολής του διαλυμένου οξυγόνου: } -k_1 F + k_2 (C_s - C_{O_2})$$

$-k_1 F$ : έχει να κάνει με την αποξυγόνωση

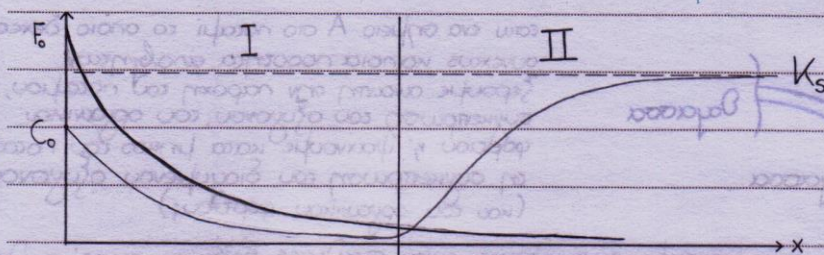
$k_2 (C_s - C_{O_2})$ : εκφράζει τον επαναερισμό

$k_2$ : σταθερά επαναερισμού,  $C$ : συσσώρευση διαλυμένου οξυγόνου

$C_s$ : συσσώρευση κορεσμού οξυγόνου ( $C_s^{20^\circ C} = 9 \text{ mg/l}$  (μέγιστη που μπορούμε να έχουμε στον γλυττή))







το λογικό είναι να μειώνεται ο ρυθμός  $-k_1 F$  και να αυξάνεται ο αερισμός.

μεταβολή της συγκέντρωσης  $k_1$  του διαλυμένου οξυγόνου κατά μήκος του ποταμού

II αρχίζει να κυριαρχεί το φαινόμενο του επαναερισμού  $k_2$  η  $C_0$  αρχίζει να αυξάνεται.

εμάς μας νοιάζει αυτό που δημιουργεί πρόβλημα στους υδροβίους οργανισμούς.

$D = C_s - C_0$ : ελλείψη διαλυμένου οξυγόνου

για να έχουμε καλές συνθήκες σε ένα ποτάμι (ή να είναι τα ψάρια ευχαριστημένα) θα πρέπει η συγκέντρωση να είναι πάνω από 5 mg/l περίπου

$$C_s - C_0 = D_x = \frac{k_1 \cdot F_0}{k_2 - k_1} \left[ e^{-k_1 \frac{x}{u_x}} - e^{-k_2 \frac{x}{u_x}} \right] + D_0 e^{-k_2 \frac{x}{u_x}}$$

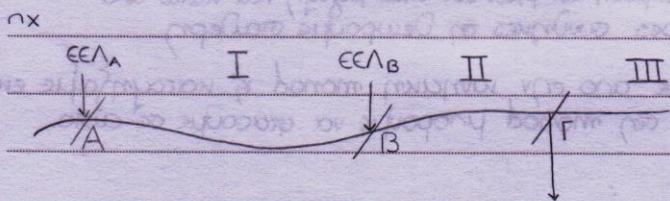
η ποσότητα που παίρνουμε από αυτή την εξίσωση είναι η ελλείψη όχι η συγκέντρωση

{ στις διαφανείς βλέπουμε πόσο πιο αποτελεσματικό είναι να μειώνουμε την τροφή (από το να αυξάνουμε το οξυγόνο) }

$$Q_n^{av} \cdot F_n^{av} + Q_{eel} F_{eel} = (Q_n^{av} + Q_{eel}) F_0$$

για το κομμάτι στην Ελλάδα σε ποτάμι που δεν έχει παροχή:  $Q_n^{av} F_n^{av} + Q_{eel} F_{eel} = (Q_n^{av} + Q_{eel}) F_0$   
 άρα  $F_{eel} = F_0$  δηλ τα ψάρια στην ουσία προκαλούν το "ποτάμι"

εφαρμόζεται στο διαστήμα ποταμού που δεν έχει κανονικές αλλαγές

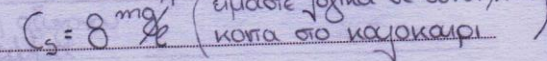


"κόβω" σε φέτες το ποτάμι και το μετράω σε κομμάτια, παρόλο που δεν είναι ίδιες οι συνθήκες σε όλο το ποτάμι

το να πει κάποιος να δει τι συμβαίνει με το Γ με αρχικές συνθήκες αυτές στο Α προφανώς είναι ΛΑΘΟΣ!

το κρίσιμο σημείο δηλώνει και φανερώνει η ελαστικότητα




$$D_x = \frac{0.3 \cdot 66}{0.6 - 0.3} \left[ e^{-0.3 \cdot \frac{20000}{0.3 \cdot 86400}} - e^{-0.6 \cdot \frac{20000}{0.3 \cdot 86400}} \right] + 2.2 \cdot e^{-0.6 \eta \mu^{-1} \frac{20000}{0.3 \cdot 86400 \cdot \eta \mu}}$$

$$\rightarrow D_{x=20000} = 2.46 \text{ mg} \rightarrow C_{\min} = 8 \cdot 2.46 = 5.54 \text{ mg} \quad \text{--- περιεχόμενα να είναι ίσα με κατώτερο όριο το } 5.52 \text{ mg}$$



## Συνοψισιο

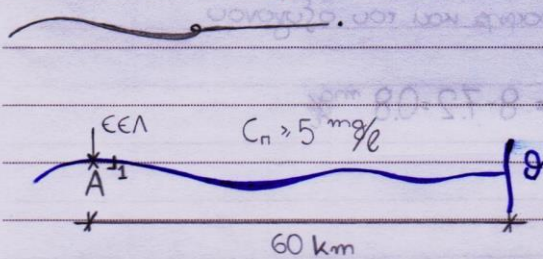
$$F_x = F_0 \cdot e^{-k_1 \frac{x}{u_x}} \quad \text{για οικονομία χρόνου ίσως συμφέρει να υπολογίσω τα } e^{-k_1 \frac{x}{u_x}}$$

$$D_x = \frac{k_1 F_0}{k_2 - k_1} \left[ e^{-k_1 \frac{x}{u_x}} - e^{-k_2 \frac{x}{u_x}} \right] + D_0 e^{-k_2 \frac{x}{u_x}} \quad \text{για να μην μπερδεύω, εκεί που αλλαζει η παροχη ή η διατομη αλλαζει η } u_x$$

$$D_x = C_s - C_x \quad \text{όσο μειωνεται η συγκεντρωση οξυγονου τόσο μεγαλωνει το εφεδρικο}$$

$$D_c = \frac{F_0}{f \left[ f \{ 1 - (f-1) \frac{D_0}{F_0} \} \right]^{1/(f-1)}}, \quad f = \frac{k_2}{k_1}$$

$$X_c = \frac{u_x}{k_1} \ln \left( \frac{F_0}{f D_c} \right) \quad \text{εμφαν να είναι συμβατες οι μοναδες (} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{ημ}} \sim \frac{\text{m}}{\text{ημ}} \text{ που έχει } k_1 \text{ & } u_x \text{!)}$$



σε ένα υδατοορμη διατίθεται μήματα από μια ΕΕΛ με τα στοιχεία που δίνονται. Μας ενδιαφέρει να διατηρούμε τη συγκεντρωση του οξυγονου κατά μήκος του ποταμου  $> 5 \text{ mg/l}$  (δε μας ενδιαφέρει να ξερούμε τη  $C_0$  σε κάθε σημείο). Με βάση αυτό θα ψάξουμε να βρούμε το  $F_{\text{απλ}}$ , το οποίο μπορεί να είναι πάνω από  $25 \text{ mg/l}$  αλλα για αυτή την ασκηση θα κανουμε yes και δεν υπάρχει νομοδεσία.

$$\text{ΕΕΛ} \quad Q_{\text{απλ}} = 1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, F_{\text{απλ}}, F_{\text{απλ}}^{\text{απλ}} = 350 \frac{\text{mg}}{\text{l}}, C_{\text{απλ}} = 1 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \quad \text{είτε είναι απλ, είτε είναι επεξεργασμενα}$$

$$\text{Ποταμι αναρτη} \quad A: Q_n = 3 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, F_n^{\text{απλ}} = 0, C_n^{\text{απλ}} = C_0 = 8 \frac{\text{mg}}{\text{l}}, A_n = 16 \text{ m}^2$$

$$k_1 = 0.3 \text{ ημ}^{-1}, k_2 = 0.6 \text{ ημ}^{-1}$$

$$u_x = \frac{Q_n^k}{A} = \frac{4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{16 \text{ m}^2} = 0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$D_c = C_s - C_{\text{min}} = 8 - 5 = 3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \quad \text{Ξερούμε το κρισιμο εφεδρικο ή ψαχνουμε το } F_0$$

## Κόμβος Α

1: σημείο αβρως καταρτη του Α

$$(100 \text{ } \mu\text{g/lιο } \mu\text{αζας ως προς την } C_0) (Q_n^{\text{απλ}} \cdot C_n^{\text{απλ}} + Q_{\text{ΕΕΛ}} \cdot C_{\text{απλ}}) = (Q_n^{\text{απλ}} + Q_{\text{ΕΕΛ}}) \cdot C_1 \rightarrow C_1 = \frac{3 \cdot 8 + 1 \cdot 1}{3 + 1} \rightarrow C_1 = 6.25 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \quad \text{Είναι το } D_0 \text{ για την } D_c \dots$$

$$\rightarrow D_1 = 8 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 6.25 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \rightarrow D_1 = 1.75 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$f = 2 \quad D_c = 3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} = \frac{F_1}{2 \left( 2 \left( 1 - \frac{1.75}{F_1} \right) \right)^1} \quad \text{είτε με δοκιμες είτε λυστας τη 2βαθμια} \rightarrow F_1 = 10 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$F_1$ : αυτή είναι η τιμή που πρέπει να ικανοποιείται αβρως μετά το Α αλλα και μετά στο ποταμι για να εμιασσε τυπικοί βρίσκουμε που υπάρχει αυτό το  $D_c$  ή ελεγχουμε να είναι κάτω στο ποταμι, όχι πές στη θαλάσσια

$$X_c = \frac{0.25 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\text{ημ}} \cdot \ln \frac{10}{2.3}}{0.3 \text{ ημ}^{-1}} = 36800 \text{ m} \quad \text{Είναι υπαρκτο σημείο πές στο ποταμι}$$

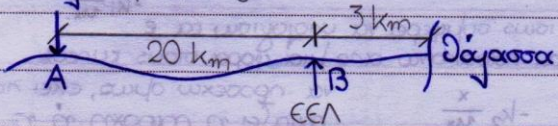
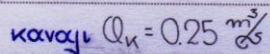
Πρέπει να βρούμε την τιμή του οργανικού φορτου στα επεξεργασμενα (100  $\mu\text{g/lιο } \mu\text{αζας για το οργανικο φορτιο})$  ή το βαθμο αποδοσης που πρέπει να έχει η εγκατάσταση ως προς την απομάκρυνση του BOD (για να είναι κάτω το ποταμι)

$$Q_n^{\text{απλ}} \cdot F_n^{\text{απλ}} + Q_{\text{ΕΕΛ}} \cdot F_{\text{απλ}} = (Q_n^{\text{απλ}} + Q_{\text{ΕΕΛ}}) \cdot F_1 \rightarrow F_{\text{απλ}} = 40 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$f_{\text{BOD}} = \frac{350 \frac{\text{mg}}{\text{l}} - 40 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{350 \frac{\text{mg}}{\text{l}}} = 88\%$$

Θαν  $f \neq 2$  τότε στον παρανομαστη θα έχω δύναμη ή ίσως βγουν οι δοκιμες





A vacuum A  $Q_n = 1 \frac{m^3}{s}$

$$F_k = 10 \text{ mg/e}$$

$$Q_{in} = 0.2 \frac{m^3}{s}$$

$$C_{\text{aw}} = 8 \text{ mg/l} = C_{\text{a}}$$

$$C_k = 4 \text{ mg/l}$$

$$F_{\text{edu}} = 25 \text{ mg/l}$$

$$k_1 = 0.3 \text{ } \mu\text{H}^{-1}, k_2 = 0.6 \text{ } \mu\text{H}^{-1}$$

$$C_{\text{yup}} = 1 \text{ mg/l}$$

$$A_n = 16 \text{ m}^2$$

Σε αυτή την ερώτηση συγκεντρώνει ο ζυγανός  $B \rightarrow \text{Δαμάσκη}$  και σε ποιο σημείο επιφανείας αν ήσρα εις αρχικές συνθήκες στο  $B$  θα τηγάνει καταδεικνύει να εφαρμόσω τις σχέσεις πρέπει να ξέρω στο  $B$  αν αυτή η συγκεντρώνει της ερώτησης και του οζυγανού.

$$\text{Kubus A} \quad C_A^K = \frac{1.8 + 0.25 \cdot 4}{1.25} = 7.2 \text{ mg\%} \rightarrow D_A^K = 8 \cdot 7.2 = 0.8 \text{ mg\%}$$

$$F_A^k = \frac{1.0 + 0.25 \cdot 10}{1.25} = 2 \text{ mg/l}$$

$$u_x^{AB} = \frac{Q_{AB}}{A_{\Pi}} = \frac{1.25 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{16 \text{ m}^2} = 0.078 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{ответ B} \quad F_B^A = 2 \text{ мг} \cdot e^{-0.3 \eta \mu} \cdot \frac{0.078 \text{ мг} \cdot 86400 \text{ с/ч} \cdot \mu}{60000} = 0.82 \text{ мг}$$

$$D_B^A = \frac{0.3 \cdot 2}{0.6 \cdot 0.3} \left[ e^{-0.3 \frac{20000}{0.078 \cdot 86400}} - 0.6 \frac{20000}{0.078 \cdot 86400} - e^{-0.6 \frac{20000}{0.078 \cdot 86400}} + 0.8 e^{-0.6 \frac{20000}{0.078 \cdot 86400}} \right]$$

$\rightarrow D_B^A = 0.62 \text{ mg\%} \rightarrow C_B^A = 8 \cdot 0.62 = 7.38 \text{ mg\%}$

Kouba B  $\rightarrow$  B-Δαααα

Δουλεύαμε τώρα στο 2ο τμήμα του νοσάριου

$$C_B^K = \frac{1.25 \cdot 7.38 + 0.2 \cdot 1}{1.45} = 6.5 \text{ mg/l} \quad F_B^K = \frac{1.25 \cdot 0.82 + 0.2 \cdot 25}{1.45} = 4.16 \text{ mg/l}$$

$$\rightarrow D_B^K = 86.5 - 1.5 \text{ mg/l}$$

Εχω τώρα τις αρχικές συνθήκες στο φηψμα μου με ενδιαφέρει  
(B-2αγασα)

КРИЗИНО СЛАБИММА В → Ҷағалода →  $\max X = 3 \text{ km}$

$$D_c = \frac{4.16}{2[2(1 - \frac{1.5}{4.16})]^{1/(2-1)}} = 1.63 \text{ mg/l} \rightarrow C_{\min} = C_s - D_c = 6.37 \text{ mg/l}$$

$$X_c = \frac{u_x \cdot 86400}{0.3} \ln \frac{4.16}{2.163} = 6362 \text{ m} > 3000 \text{ m} \text{ άρα το } 1.63 \text{ δεν υπάρχει, άρα θα πάρω}$$

$u_x = \frac{1.45 \frac{m^3}{s}}{16 m^2}$  στο σημείο σταθμού 100m από την είσοδο της σχέσης  $1/2 x$  για  $x = 3000 m$   
η ταχύτητα του ποταμού έχει αμείνει έχουμε κι άλλα μολύβια (παράρτη) από δια

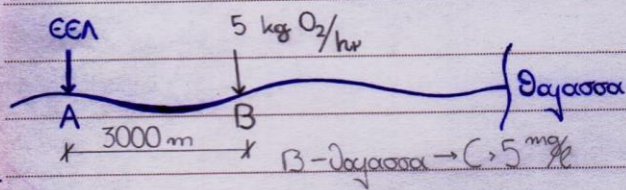
η ταχύτητα του ποταμού έχει αυξηθεί έχουμε κι άλλα μίλια (ποταμιά) ακόμα ίδια  
(επειδή την ποίω με 86400 το ποταμιά δεκάδια κρατάει) διαφορ  
στηρίζεται το αποτέλεσμα βέβαια και παύ. βγαίνει  $> 3 \text{ km}$

$D_{x=5000\text{nm}} = 1.59\%$  ← περιμένουμε να είναι λίγο μικρότερο από το 1.63

$$\rightarrow C_{\min} = 8.159 = 6.41 \text{ mg/l}$$



$$1 \text{ mg/l} = 1 \text{ g/m}^3$$



αυτή η άσκηση έχει μια ιδιαιτερότητα, αυτή να χειρίζονται οι συνθήκες κατεύθυνση, βελτιώνονται. μια έσχαρεια θέλει να κάνει για ιχθυοτροφείο ή χρειάζεται στο έμβλημα Β-Βαγασσα να είναι  $C_2 > 5 \text{ mg/l}$ . Με έναν αεριστή βαλβή οξυγόνου στο σημείο Β. Για να μην ανησυχούμε για τη θέση του κρίσιμου σημείου από την εκφόρτιση έχουμε ότι από το Β ως τη Βαγασσα είναι περί τα χιλιόμετρα  $n \times 100 \text{ km}$

$$Q_n^{av} = 2 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, F_n^{av} = 2 \frac{\text{mg}}{\text{l}}, C_n^{av} = C_s = 8 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$Q_{\text{εεα}} = 0.8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}, F_{\text{εεα}} = 30 \frac{\text{mg}}{\text{l}}, C_{\text{εεα}} = 0$$

$$A_n = 28 \text{ m}^2, k_1 = 0.4 \text{ ημ}^{-1}, k_2 = 0.6 \text{ ημ}^{-1}$$

Καμβός Α  $Q_n^{av} \cdot C_n^{av} + Q_{\text{εεα}} \cdot C_{\text{εεα}} = (Q_n^{av} + Q_{\text{εεα}}) \cdot C_A \rightarrow C_A = 5.71 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$

$$Q_n^{av} \cdot F_n^{av} + Q_{\text{εεα}} \cdot F_{\text{εεα}} = (Q_n^{av} + Q_{\text{εεα}}) \cdot F_A \rightarrow F_A = 10 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$u_x = \frac{Q_n^{av} + Q_{\text{εεα}}}{A_n} = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

αυτάρι Β  $F_B^{av} = 10 \cdot e^{-0.4 \frac{3000}{0.1 \cdot 86400}} = 8.70 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$

$$D_B^{av} = \frac{0.4 \cdot 10}{0.6 - 0.4} \left[ e^{-0.4 \frac{3000}{0.1 \cdot 86400}} - e^{-0.6 \frac{3000}{0.1 \cdot 86400}} \right] + e^{-0.6 \frac{3000}{0.1 \cdot 86400}} = 3.02 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$\rightarrow C_B^{av} = 4.98 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

αυτό φτάνει με το νερό

δεν αλλάζει η παροχή του ποταμού στο Β, ο αεριστής αργά προσδίδει οξυγόνο σημειώνεται

Καμβός Β  $Q_n^{AB} \cdot C_B^{av} + 5 \text{ kg O}_2/\text{hr} = Q_n^{AB} \cdot C_B^k$

$$\rightarrow 28 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 4.98 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{hr}} + 5000 \frac{\text{g}}{\text{hr}} = 28 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{hr}} \cdot C_B^k$$

$$\rightarrow C_B^k = 5.47 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \text{ ή } 5.47 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \leftarrow \text{αν κανει που έχει } C > C_s \text{ θα βγει το } C_s$$

$$F_B^k = F_A = 8.7 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

ΚΡΙΣΙΜΟ ΕΛΕΙΜΜΑ Β-Βαγασσα  $F_o = 8.7 \frac{\text{mg}}{\text{l}}, D_o = 2.53 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$

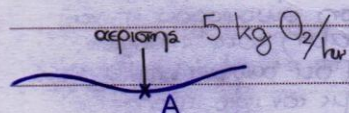
$$D_c = \frac{F_o}{f \left[ 1 - (f-1) \frac{D_o}{F_o} \right]^{1/f-1}} = 3.53$$

$$X_c = \frac{u_x}{k_1} \ln \left( \frac{F_o}{f D_c} \right) = 10.738$$

αρα θα παρουσιασει πρόβλημα!



προσδετοπας οξυγονο δεν αμμζει η παροχη του ποταμου!



Κόμβος Α

$$Q_n^{aw} \cdot C_n^{aw} + 5 \text{ kg O}_2/\text{hr} = Q_n \cdot C_A^k$$

$$40000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \cdot 3 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} + 5 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \cdot 24 \frac{\text{hr}}{\text{hr}} \cdot 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 120000 \frac{\text{g}}{\text{hr}} + 120000 \frac{\text{g}}{\text{hr}} = 40000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \cdot C_A^k$$

$$\rightarrow C_A^k = 6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 6 \frac{\text{mg}}{\ell}$$

$$Q_n^a = 40000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$C_n^a = 3 \frac{\text{mg}}{\ell} (= 3 \frac{\text{g}}{\text{m}^3})$$

$C_A^k$  :: το σημείο που μας ενδιαφέρει είναι εκεί που βάζουμε τον αερίσμα

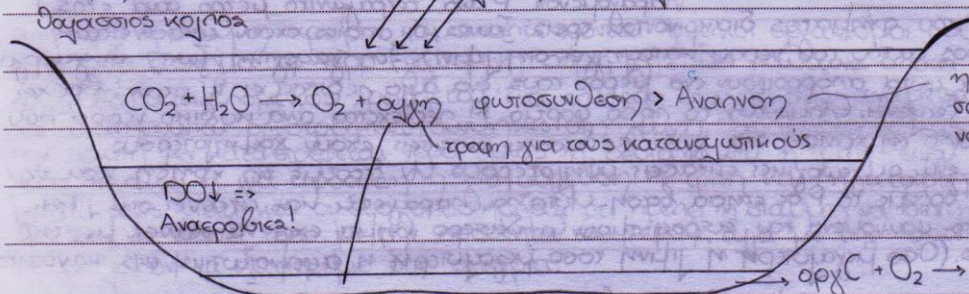
## Ευτροφισμός

παίμε σε ένα άλλο πρόβλημα που έχει να κάνει με τη διαθεση φορτίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες αυτό όμως προκαλεί υπερμετρη αύξηση της αναπληρω των φυτικών οργανισμών.

Κανονικά υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ της αναπληρω των φυτικών οργανισμών που παραχονται σε μια λίμνη (φυκή, αμμή) & της αναπληρω των οργανισμών που τρέφονται με τους παραπάνω οργανισμούς. Για την αναπληρω των φυτικών οργανισμών περιοριστικοί παραγοντες είναι οι Ρ & Ν - δέσμευση ηλιακή ακτινοβολία και CO<sub>2</sub> (και νερό) τα οποία βρίσκουν σχετικά εύκολα αν βρίσκονται σε μια λίμνη. Τι γίνεται όταν ο περιοριστικός παραγοντας αρθεί? (είτε με σημειακές είτε με μη σημειακές πηγές ο άνθρωπος ρίχνει Ρ, Ν στο νερό) Έχουμε μεγάλες ταχύτητες αναπληρω διδ μεγάλη παραγωγή βιομάζας που αποσπείται κυρίως από φυτικούς οργανισμούς. Οι αμμο καταναλωτικοί οργανισμοί έχουν πιο αργούς ρυθμούς αναπληρω (έχουμε οργανισμούς που διπλασιάζονται σε μερικές ώρες, όμως μια κοίταρα πχ δεν μπορεί να ακριβολογεί αυτούς τους ρυθμούς αναπληρω) έτσι δεν υπάρχουν αρκετοί καταναλωτικοί οργανισμοί για να φάει όλους τους φυτικούς. Τα αμμο που δεν προλαβαίνουν να καταναλωθούν πεδαιών & καταλήγουν να είναι νεκρή βιομάζα στον πυθμένα μιας λίμνης ή στις ακτές. Αυτό αποτελεί μια φορτίο οργανικών ανδρακ (το οργανικό φορτίο εδώ παράγεται μέσα στη λίμνη), η διάσπαση του οποίου καταναλώνει οξυγόνο. Στον πυθμένα το πρόβλημα είναι πιο έντονο (στην επιφάνεια έχει πιο πολύ οξυγόνο) & μπορεί να δημιουργηθούν αναερόβιες συνθήκες.

λίμνη ή θαλάσσιος κόλπος

Ηλιακή ακτινοβολία



η συγκεντρωση οξυγονου σε αυτή την περιοχή μπορεί να είναι πολύ υψηλή

φωτοσύνθεση < αναπληρω

επιφανειακό στρώμα: παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας έχουμε παραγωγή οξυγονου & καινούργια αμμοι αυτά τα αμμο που παραχονται έχουν δυο τρόπους να φύγουν από το στρώμα αυτό, είτε γίνονται τροφή για τους καταναλωτικούς είτε πεδαιών και πάνε στον πυθμένα, όπου τα νεκρά αμμοι είναι αρχC διδ τροφή για τους αποικοδομητές. Όμως η παραγωγή νεκρών αμμοι είναι πιο χρονοβόρα από τη μετατροπή τους σε CO<sub>2</sub> και νερό για αυτό η λίμνη αρχίζει και "μυαίνεται" από νεκρή βιομάζα που δεν μπορεί να αποδομηθεί & σιγα σιγα χύνεται βυθός & μετά δάσος & τη χασάμε τη λίμνη.

σε ποταμια & ανοικτές θαλάσσιες επειδή αναπληνεται το νερό δεν "προλαβαίνει" να εμφανιστεί πρόβλημα ευτροφισμού κυρίως "κινδυνεύουν" κλειστές θαλάσσιες μάζες το πρόβλημα που θα δούμε στη συνέχεια αφορά κυρίως λίμνες. Στις λίμνες ο κυρίως περιοριστικός παραγοντας είναι ο φωσφορος!

βεβαια περα από τα προβλήματα αποξυγονωση & το ότι η λίμνη σιγα-σιγα αρχίζει να χερνίζει υπάρχουν κι άλλα προβλήματα που σχετίζονται με τον ευτροφισμό (διαφοικεία)



Άσκηση 3<sup>η</sup> λυόμενα 11, 12, 13 <sup>1<sup>ο</sup> στην αρχή</sup>

Αρδευτικό κανάλι Α και ποταμός Β ενώνονται στη θέση Σ1 και συνεχίζουν με τη μορφή ενιαίου ποταμού μέχρι τη θέση Σ2 που βρίσκεται σε απόσταση 20 km από τη θέση συμβολής Σ1. Στη θέση Σ2 διατίθενται λύματα από εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων με παροχή  $Q_L = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ο ποταμός εκβάλλει στη θάλασσα ύστερα από διαδρομή 50 km από το σημείο διάθεσης των λυμάτων (θέση Σ2). Να υπολογισθεί ο ελάχιστος βαθμός απομάκρυνσης BOD που θα πρέπει να επιτυγχάνει η ΕΕΛ ώστε η ελάχιστη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο τελευταίο τμήμα του ποταμού (θέση Σ2 μέχρι τη θάλασσα) να μην είναι μικρότερη των  $5,0 \text{ mg/l}$ .

Δίνονται:

	Αρδευτικό κανάλι Α	Ποταμός Β ανάντη του Σ1
Παροχή ( $\text{m}^3/\text{sec}$ )	0,6	2,4
Συγκέντρωση BOD ( $\text{mg/L}$ )	20	5
Έλλειμμα οξυγόνου ( $\text{mg/L}$ )	4	2

Διατομή ποταμού κατάντη της θέσης Σ1 =  $10 \text{ m}^2$ , διατομή του ποταμού κατάντη της θέσης Σ2 =  $12 \text{ m}^2$ . Σταθερά διάσπασης BOD  $k_1 = 0,25 \text{ day}^{-1}$ , συντελεστής φυσικού επαναερισμού  $k_2 = 0,50 \text{ day}^{-1}$ , συγκέντρωση κορεσμού οξυγόνου  $C_s = 8,0 \text{ mg/L}$ . Συγκέντρωση BOD στα ανεπεξέργαστα λύματα ίση με  $200 \text{ mg/L}$ , συγκέντρωση οξυγόνου στα επεξεργασμένα λύματα  $C_L$  ίση με  $5 \text{ mg/L}$  (σταθερή, ανεξάρτητη από τον βαθμό απομάκρυνσης του BOD)

Ημερομηνία παράδοσης: Δευτέρα 28/11/2016

Τυπολόγιο

$$F_x = F_0 e^{-\frac{k_1 x}{u_x}}$$

$$D_x = \frac{k_1 F_0}{k_2 - k_1} \left[ e^{-\frac{k_1 x}{u_x}} - e^{-\frac{k_2 x}{u_x}} \right] + D_0 e^{-\frac{k_2 x}{u_x}}$$

$$D_x = C_s - C_x \text{ στο } \downarrow \eta \text{ C το DI}$$

$$D_c = \frac{F_0}{f \left[ f \left\{ 1 - (f-1) \frac{D_0}{F_0} \right\} \right]^{1/(f-1)}}, f = \frac{k_2}{k_1}$$

$$X_c = \frac{u_x}{k_1} \ln \left( \frac{F_0}{f D_c} \right)$$

Δείκτης 0: συνθήκες κατάληξη του κομβίου στην αρχή του τμήματος που μελετάται.

Δείκτης x: απόσταση (m) από κομβίο (να μην παρεμβάγεται αγγός κομβίου)

Δείκτης c: κρίσιμο έμφεσμα.  
( $X_c$  - θέση που φτάνει το  $D_c$ )

οταν βρω το  $D_c$ , γράφω αν η θέση του είναι μέσα στη διαγράμμιση· αν είναι βρίσκω  $D_x$  με  $x = x_{\text{max}}$  (αμέσως πριν τη διαγράμμιση)

όπου έχει  $k_1$  &  $u_x$  προσέχω να είναι συμβατές οι μονάδες

συμφέρει να υπολογίσω τα  $e^{-\frac{k_1 x}{u_x}}$

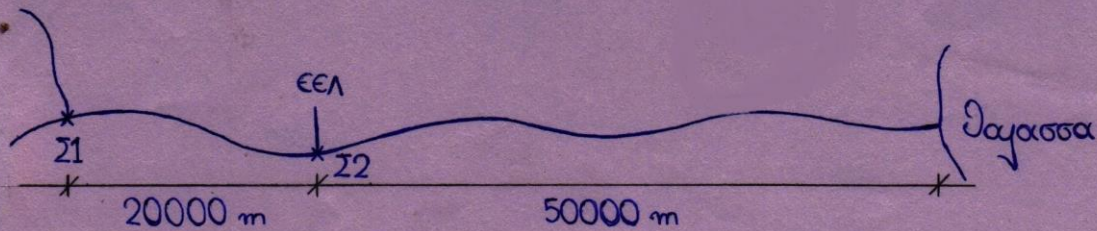
Εκεί που αγγίζει η παροχή ή η διατομή αγγίζει η  $u_x$  ή τα  $e$ !

$$\text{mg/l} = \text{g/m}^3$$

$$f = 2 : \frac{k_1}{k_2 - k_1} = 1$$

$$e^{-\frac{k_1 x}{u_x}} = \sqrt{e^{-\frac{k_2 x}{u_x}}}$$





Ποταμός B:  $Q_B^{av} = 2.4 \frac{m^3}{s}$   $F_B^{av} = 5 \frac{mg}{l}$   $C_B^{av} = 8 - 2 = 6 \frac{mg}{l}$

Καναύι A:  $Q_A^{av} = 0.6 \frac{m^3}{s}$   $F_A^{av} = 20 \frac{mg}{l}$   $C_A^{av} = 8 - 4 = 4 \frac{mg}{l}$

ΕΕΛ:  $Q_J = 1.5 \frac{m^3}{s}$   $F_{J\mu}^{av} = 200 \frac{mg}{l}$   $C_{J\mu} = 5 \frac{mg}{l}$

$C_s = 8 \frac{mg}{l}$   $k_1 = 0.25 \eta\mu^{-1}$   $k_2 = 0.5 \eta\mu^{-1} \rightarrow f = \frac{k_2}{k_1} = 2$

Κομβός 21:  $Q_B^{av} \cdot F_B^{av} + Q_A^{av} \cdot F_A^{av} = (Q_B^{av} + Q_A^{av}) F_1 \rightarrow F_1 = 8 \frac{mg}{l}$

$Q_B^{av} \cdot C_B^{av} + Q_A^{av} \cdot C_A^{av} = (Q_B^{av} + Q_A^{av}) C_1 \rightarrow C_1 = 5.6 \frac{mg}{l} \rightarrow D_1 = C_s - C_1 = 2.4 \frac{mg}{l}$

$u_x^{21-22} = \frac{Q_B^{av} + Q_A^{av}}{A^{21-22}} = 0.3 \frac{m}{s}$ ,  $A^{21-22} = 10 \text{ m}^2$

Ανταρ 22:  $F_{22}^{av} = 8 \frac{mg}{l} \cdot e^{-0.25 \eta\mu^{-1} \cdot \frac{20000 \text{ m}}{0.3 \frac{m}{s} \cdot 86400 \frac{s}{\eta\mu}}} = 6.6 \frac{mg}{l}$

$D_{22}^{av} = \frac{0.25 \cdot 8}{0.5 - 0.25} \left[ e^{-0.25 \frac{20000}{0.3 \cdot 86400}} - e^{-0.5 \frac{20000}{0.3 \cdot 86400}} \right] + 2.4 \cdot e^{-0.5 \frac{20000}{0.3 \cdot 86400}}$

$\rightarrow D_{22}^{av} = 2.79 \frac{mg}{l} \rightarrow C_{22}^{av} = C_s - D_{22}^{av} = 5.21 \frac{mg}{l}$

Κομβός 22:  $Q_{22}^{av} \cdot C_{22}^{av} + Q_J \cdot C_{J\mu} = (Q_{22}^{av} + Q_J) C_2 \rightarrow C_2 = 5.14 \frac{mg}{l} \rightarrow D_2 = C_s - C_2 = 2.86 \frac{mg}{l}$

Στο σημείο 22 - Δαλασσα βγαίνει  $C > 5 \frac{mg}{l} \rightarrow D_c = 3 \frac{mg}{l}$

$D_c = \frac{F_2}{2[2(1 - 2.86/F_2)]} \rightarrow F_2 = 7.3 \frac{mg}{l}$

$u_x^{22-0} = \frac{Q_{22}^{av} + Q_J}{A^{22-0}} = 0.375 \frac{m}{s}$ ,  $A^{22-0} = 12 \text{ m}^2$

$X_c = \frac{0.375 \frac{m}{s} \cdot 86400 \frac{s}{\eta\mu} \cdot \ln \frac{7.3}{2.3}}{0.25 \eta\mu^{-1}} = 25416 \text{ m}$  ✓

$Q_{22}^{av} \cdot F_{22}^{av} + Q_J \cdot F_{J\mu} = (Q_{22}^{av} + Q_J) \cdot F_2 \rightarrow F_{J\mu} = 8.7 \frac{mg}{l}$

$E_{BOD} = \frac{200 \frac{mg}{l} - 8.7 \frac{mg}{l}}{200 \frac{mg}{l}} = 95.6\%$  ✓



### 2015-16 Επαναληπτική 3<sup>ο</sup>

Στη θέση Α υδατορεύματος συμβάλλει αρδευτικό κανάλι παροχής  $0,10 \text{ m}^3/\text{s}$  με συγκέντρωση BOD ίση με  $10 \text{ mg/l}$  και συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $5 \text{ mg/l}$ . Κατάντη του σημείου Α και σε απόσταση  $15 \text{ km}$  (σημείο Β) συμβάλλει αγωγός διάθεσης επεξεργασμένων λυμάτων παροχής  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$  με συγκέντρωση BOD ίση με  $25 \text{ mg/l}$  και συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $1 \text{ mg/l}$ . Το υδατόρευμα εκβάλλει στη θάλασσα ύστερα από διαδρομή  $8 \text{ km}$  από το σημείο συμβολής των λυμάτων (θέση Β). Ζητείται να υπολογισθεί σε πόση απόσταση κατάντη του σημείου Β εμφανίζεται η ελάχιστη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο υδατόρευμα και να υπολογισθεί η ελάχιστη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στη θέση αυτή.

#### Δίνονται:

- Ανάντη του σημείου Α η παροχή του υδατορεύματος είναι ίση με  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , η συγκέντρωση του BOD είναι μηδενική, ενώ η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι ίση με τη συγκέντρωση κορεσμού
- Η μέση διατομή του ποταμού είναι σταθερή σε όλο το μήκος του και ίση με  $12 \text{ m}^2$
- Η συγκέντρωση κορεσμού  $C_s$  ισούται με  $8 \text{ mg/l}$
- Οι συντελεστές αποξυγόνωσης και οξυγόνωσης ισούνται με  $K_1 = 0,30 \text{ ημ}^{-1}$  και  $K_2 = 0,60 \text{ ημ}^{-1}$  αντίστοιχα



### 2015-16 Κανονική 3<sup>ο</sup>

Στη θέση Α ενός ποταμού διατίθενται λύματα από εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) με παροχή  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ , συγκέντρωση  $\text{BOD}_5$  ίση με  $25 \text{ mg/L}$  και συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $1 \text{ mg/L}$ . Προκειμένου να αυξηθεί η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα επεξεργασμένα λύματα προγραμματίζεται η εγκατάσταση ενός μηχανικού αεριστή δυναμικότητας  $6 \text{ kgO}_2/\text{h}$  στην έξοδο της ΕΕΛ και πριν τη συμβολή των λυμάτων με τον ποταμό στο σημείο Α. Ανάντη της θέσης Α η παροχή του ποταμού είναι μηδενική κατά την ξηρή περίοδο. Ο ποταμός εκβάλλει στη θάλασσα ύστερα από διαδρομή  $16 \text{ km}$  από το σημείο Α. Ζητείται να ελεγχθεί εάν ο βαθμός επεξεργασίας των λυμάτων και η προσθήκη του μηχανικού αεριστή εξασφαλίζει συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου μεγαλύτερες από  $5 \text{ mg/L}$  σε όλο το μήκος του ποταμού κατάντη του σημείου Α και μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα κατά την ξηρή περίοδο. Στην περίπτωση που δεν επαρκούν προτείνετε λύσεις και αιτιολογήστε αριθμητικά τις προτάσεις σας.

Δίνονται: Συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $9 \text{ mg/L}$ , διατομή ποταμού σταθερή σε όλο το μήκος του και μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα ίση με  $6 \text{ m}^2$ , συντελεστές αποξυγόνωσης και οξυγόνωσης  $K_1 = 0,30 \text{ d}^{-1}$  και  $K_2 = 0,60 \text{ d}^{-1}$  αντίστοιχα.

### 2014-15 Κανονική 3<sup>ο</sup>

Στη θέση Α ενός ποταμού διατίθενται λύματα από εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) με παροχή  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , συγκέντρωση  $\text{BOD}_5$  ίση με  $25 \text{ mg/L}$  και συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $1 \text{ mg/L}$ . Προκειμένου να αυξηθεί η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα επεξεργασμένα λύματα προγραμματίζεται η εγκατάσταση ενός μηχανικού αεριστή δυναμικότητας  $6 \text{ kgO}_2/\text{h}$  στην έξοδο της ΕΕΛ και πριν τη συμβολή των λυμάτων με τον ποταμό στο σημείο Α. Ανάντη της θέσης Α η παροχή του ποταμού είναι ίση με  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , η συγκέντρωση του  $\text{BOD}$  είναι ίση με  $1 \text{ mg/L}$  και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι ίση με τη συγκέντρωση κορεσμού. Κατάντη του σημείου Α και σε απόσταση  $30 \text{ km}$  από αυτό (σημείο Β) συμβάλλει αποστραγγιστική τάφρος παροχής  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  με συγκέντρωση  $\text{BOD}$  ίση με  $20 \text{ mg/L}$  και διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $5 \text{ mg/L}$ . Ο ποταμός εκβάλλει στη θάλασσα ύστερα από διαδρομή  $20 \text{ km}$  από το σημείο Β. Ζητείται να ελεγχθεί εάν η προσθήκη του μηχανικού αεριστή εξασφαλίζει συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου μεγαλύτερες από  $5 \text{ mg/L}$  σε όλο το μήκος του ποταμού κατάντη του σημείου Α και μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα.

Δίνονται: Συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $8 \text{ mg/L}$ , διατομή ποταμού σταθερή σε όλο το μήκος του και μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα ίση με  $8 \text{ m}^2$ , συντελεστές αποξυγόνωσης και οξυγόνωσης  $K_1 = 0,30 \text{ d}^{-1}$  και  $K_2 = 0,60 \text{ d}^{-1}$  αντίστοιχα.



### 2013-14 Επαναληπτική 3<sup>ο</sup>

Στη θέση Α ποταμού συμβάλλει αποστραγγιστική τάφρος παροχής  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$  με συγκέντρωση BOD ίση με  $18 \text{ mg/L}$  και συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $1 \text{ mg/L}$ . Ο ποταμός εκβάλλει στη θάλασσα ύστερα από διαδρομή  $30 \text{ km}$  από το σημείο συμβολής της τάφρου (θέση Α). Με δεδομένο ότι ανάντη της θέσης Α η παροχή του ποταμού είναι ίση με  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ , η συγκέντρωση BOD είναι ίση με  $3 \text{ mg/L}$  και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι ίση με το 80% της συγκέντρωσης κορεσμού, ζητείται να βρεθεί ποιο τμήμα του ποταμού είναι κατάλληλο για άντληση νερού με τα εξής χαρακτηριστικά (ταυτόχρονα):

α) συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου  $\geq 5 \text{ mg/L}$

β) συγκέντρωση BOD  $\leq 3 \text{ mg/L}$

Δίνονται: Συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $8 \text{ mg/L}$ , διατομή ποταμού σταθερή σε όλο το μήκος του και μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα ίση με  $10 \text{ m}^2$ , συντελεστές αποξυγόνωσης και οξυγόνωσης  $K_1=1 \text{ d}^{-1}$  και  $K_2=2 \text{ d}^{-1}$  αντίστοιχα.

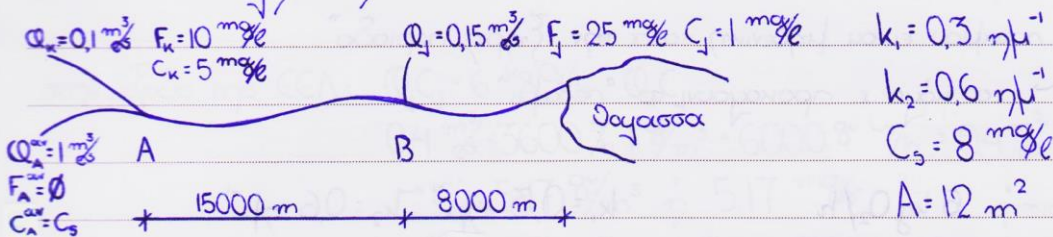
### 2013-14 Κανονική 3<sup>ο</sup>

Στη θέση Α ενός ποταμού συμβάλλει αποστραγγιστική τάφρος παροχής  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  με συγκέντρωση BOD ίση με  $4 \text{ mg/l}$  και διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $6 \text{ mg/l}$ . Ανάντη της θέσης Α η παροχή του ποταμού είναι ίση με  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , η συγκέντρωση του BOD είναι ίση με  $1 \text{ mg/l}$  και η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι ίση με τη συγκέντρωση κορεσμού. Κατάντη του σημείου Α και σε απόσταση  $4 \text{ km}$  από αυτό (σημείο Β) διατίθενται λύματα απο εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ) με παροχή  $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ , συγκέντρωση BOD<sub>5</sub> ίση με  $22,5 \text{ mg/l}$  και συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $1 \text{ mg/l}$ . Προκειμένου να αυξηθεί η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στα επεξεργασμένα λύματα προγραμματίζεται η εγκατάσταση ενός μηχανικού αεριστή δυναμικότητας  $5 \text{ kgO}_2/\text{h}$  στην έξοδο της ΕΕΛ και πριν τη συμβολή των λυμάτων με τον ποταμό στο σημείο Β. Ο ποταμός εκβάλλει στη θάλασσα ύστερα από διαδρομή  $30 \text{ km}$  από το σημείο Β. Ζητείται να ελεγχθεί εάν η προσθήκη του μηχανικού αεριστή εξασφαλίζει συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου μεγαλύτερες από  $5 \text{ mg/l}$  σε όλο το μήκος του ποταμού κατάντη του σημείου Β.

Δίνονται: Συγκέντρωση κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου ίση με  $8 \text{ mg/l}$ , διατομή ποταμού σταθερή σε όλο το μήκος του και μέχρι την εκβολή του στη θάλασσα ίση με  $8 \text{ m}^2$ , συντελεστές αποξυγόνωσης και οξυγόνωσης  $K_1 = 0,30 \text{ d}^{-1}$  και  $K_2 = 0,60 \text{ d}^{-1}$  αντίστοιχα.



2015-16 Εναερίοτητα 3°



Κομβός Α:  $Q_{A,A}^{av} + Q_K F_K = (Q_A^{av} + Q_K) F_A \rightarrow F_A = 0.91 \frac{mg}{l}$   
 $Q_{A,C}^{av} + Q_K C_K = (Q_A^{av} + Q_K) C_A \rightarrow C_A = 7.73 \frac{mg}{l}$   
 $D_A = C_S - C_A = 0.27 \frac{mg}{l}$

ισοζύγιο μάζας ως προς την τροφή  
 -11- ως προς το διαλυμένο οξυγόνο  
 εφέυγμα οξυγόνου

αναρροή Β:  $u_x = \frac{Q_{AB}}{A} = 0.092 \frac{m}{s} \cdot 86400 \frac{s}{h} = 7920 \frac{m}{h}$   
 $(x = 15000 m) (e^{-k_1 \frac{x}{u_x}} = 0.56655, e^{-k_2 \frac{x}{u_x}} = 0.32098)$   
 από  $F_0^{av} = 0.52$  ή  $D_B^{av} = 0.31 \frac{mg}{l} \rightarrow C_B^{av} = 7.69 \frac{mg}{l}$

Κομβός Β:  $Q_{AB} F_B^{av} + Q_J F_J = (Q_{AB} + Q_J) F_B \rightarrow F_B = 3.46 \frac{mg}{l}$   
 $Q_{AB} C_B^{av} + Q_J C_J = (Q_{AB} + Q_J) C_B \rightarrow C_B = 6.89 \frac{mg}{l}$  από  $D_B = 1.11 \frac{mg}{l}$

Κριτήριο εφέυγμα Β → Θαλάσσια ( $\max X = 8 km$ )

$f = \frac{k_2}{k_1} = 2 \frac{F_0 = F_0}{D_0 = D_0} \rightarrow D_c = 1.273 \frac{mg}{l}$

$u_x = \frac{Q_{AB} + Q_J}{A} = 0.1 \frac{m^3}{s} \cdot 9000 \frac{m}{h} \rightarrow X_c = 9273 m > 8 km$  από το  $1.273 \frac{mg}{l}$  δεν υπάρχει!

η ελάχιστη συγκέντρωση οξυγόνου εμφανίζεται σε απόσταση 8 km από το Β

$(x = 8000 m) (e^{-k_1 \frac{x}{u_x}} = 0.76593, e^{-k_2 \frac{x}{u_x}} = 0.58665)$

όχι  $D_c = D_{x=8000} = 1.271 \frac{mg}{l}$  από  $C_{min} = 6.73 \frac{mg}{l}$

Προβλεπόμενα να είναι μικρότερο από πριν



2015-16 Κανονική 3°

"η παροχή του ποταμού είναι μηδενική κατά την ξηρή περίοδο"

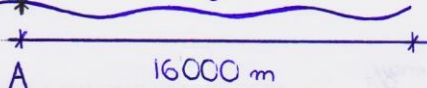
→ τα γυμνάσια προκαλούν το "ποταμί"

$$Q_1 = 0.2 \frac{m^3}{s}$$

$$F = 25 \frac{mg}{l}$$

$$C_1 = 1 \frac{mg}{l}$$

αεριστής  $6 \text{ kg O}_2/h$



$$k_1 = 0.3 \text{ ημ}^{-1} \quad k_2 = 0.6 \text{ ημ}^{-1}$$

$$C_3 = 9 \frac{mg}{l}$$

$$A = 6 \text{ m}^2$$

Κόμβος A:  $Q_1 C_1 + 6 \text{ kg O}_2/h = Q_2 C_2$

$$0.2 \frac{m^3}{s} \cdot 3600 \frac{s}{h} \cdot 1 \frac{g}{m^3} + 6 \frac{\text{kg O}_2}{h} \cdot 1000 \frac{g}{\text{kg}} = 0.2 \frac{m^3}{s} \cdot 3600 \frac{s}{h} \cdot C_2$$

$$\rightarrow C_2 = 9.3 \frac{g}{m^3} = 9.3 \frac{mg}{l} \quad C_3 = 9 \frac{mg}{l} \rightarrow C_2 = 9 \frac{mg}{l} = C_3$$

$$u_x = \frac{Q_1}{A} = 0.33 \frac{m}{s} \text{ ή } 2880 \frac{m}{\eta\mu} \quad f = 2$$

$$D_e = 6.25 \frac{m^2}{s}, \quad X_c = 6650 \text{ m} < 16 \text{ km}$$

αρα δεν εξασφαλίζεται  $C \geq 5 \frac{mg}{l}$  στο ρέμα A-Παγασσα

\* αλλαγή του  $F_{\text{αερίσθ.}}$  πρέπει  $D_e = 4 \frac{m^2}{s} \rightarrow F_{\text{αερίσθ.}} = 16 \frac{mg}{l}$   
(αύξηση του βαθμού επεξεργασίας των γυμνασίων)

\* τοποθέτηση μηχανικών αεριστών στα σημεία όπου  $C = 5 \frac{mg}{l}$  (?)

εύρεση πρώτου σημείου:  $F_0 = 25 \frac{mg}{l}, D_0 = \emptyset$

$$D_x = 4 \frac{mg}{l} \rightarrow 25(\alpha - \alpha^2) = 4 \rightarrow \alpha^2 - \alpha + 0.16 = 0 \rightarrow \alpha = 0.8 \rightarrow x = 2140 \text{ m}$$

αρα σε απόσταση 2140 m από το A τοποθετούμε μηχανικό αεριστή  
δυναμικότητας  $3 \frac{\text{kg O}_2}{h}$

εύρεση δεύτερου σημείου:  $F_0 = 20 \frac{mg}{l}, D_0 = \emptyset \dots \rightarrow x = 3015 \text{ m}$

αρα σε απόσταση 5155 m από το A τοποθετούμε μηχανικό αεριστή  
δυναμικότητας  $3 \frac{\text{kg O}_2}{h}$  και πάει γροπας...

σχόλιο: επιβεβαιώνεται αυτό που είχαμε δει στις διαφάνειες του μαθητή,  
ποσο πιο αποτελεσματικό είναι να μειώσεις την τροπή από το να αυξάνεις το οξυγόνο.

→ ερώτηση είναι η συκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο σημείο τοποθέτησης του μηχανικού αεριστή

\* γιατί 3?  $Q_1 \cdot 5 \cdot 3600 + 3 \cdot 1000 = 0.2 \cdot 3600 C_i \rightarrow C_i = 9.17 \frac{mg}{l} \rightarrow C_i = 9 \frac{mg}{l} = C_3$   
είναι το μικρότερο ακέραιο που μου εξασφαλίζει συκέντρωση τόσο κοντά στην κορεστική



2014-15 Κανονική 3°

στην είσοδο της ΕΕΛ:  $Q_j C_j + 6 \text{ kg O}_2/\text{h} = Q_j C_j'$   
 $0.4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot 1 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} + 6000 \frac{\text{g}}{\text{h}} = 0.4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} \cdot C_j'$   
 $\rightarrow C_j' = 5.17 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \text{ ή } 5.17 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}} \cdot \frac{31}{6}$   
 $\underbrace{Q_n + Q_j}_{Q_{AB}}$

Κομβός Α:  $Q_n F_n + Q_j F_j = (Q_n + Q_j) F_A \rightarrow F_A = 10.6 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}}$   
 $Q_n C_n + Q_j C_j' = (Q_n + Q_j) C_A \rightarrow C_A = 6.87 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}} \rightarrow D_A = 1.13 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}}$

αυαίρεση Β:  $u_x = \frac{Q_n + Q_j}{A} = 0.125 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ ή } 10800 \frac{\text{m}}{\text{h}}$   
( $x = 30000 \text{ m}$ ) ( $e^{-k_1 \frac{x}{u_x}} = 0.43460$ ,  $e^{-k_2 \frac{x}{u_x}} = 0.18888$ )  
αρα  $F_B^{\text{av}} = 4.61 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}}$  ή  $D_B^{\text{av}} = 2.82 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}} \rightarrow C_B^{\text{av}} = 5.18 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}}$

Κομβός Β:  $Q_{AB} F_B^{\text{av}} + Q_T F_T = (Q_{AB} + Q_T) F_B \rightarrow F_B = 9 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}}$   
 $Q_{AB} C_B^{\text{av}} + Q_T C_T = (Q_{AB} + Q_T) C_B \rightarrow C_B = 5.13 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}} \rightarrow D_B = 2.87 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}}$

κρίσιμο σημείο Β → Ταράσσα ( $\max X = 20 \text{ km}$ )  
 $l=2$ ,  $F_0 = F_B$ ,  $D_0 = D_B \rightarrow D_c = 3.3 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}} \rightarrow C_{\min} = 4.7 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}}$   
 $u_x = \frac{Q_{AB} + Q_T}{A} = 0.175 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ ή } 15120 \frac{\text{m}}{\text{h}} \rightarrow X_c = 15600 \text{ m} < 20 \text{ km}$   
αρα στο σημείο Β → Ταράσσα έχουμε  $C_{\min} < 5 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}}$

κρίσιμο σημείο Α → Β ( $\max X = 30 \text{ km}$ )  
 $F_0 = F_A$ ,  $D_0 = D_A \rightarrow D_c = 2.97 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}} \rightarrow C_{\min} = 5.03 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}} > 5 \frac{\text{mg}}{\text{ℓ}} \checkmark$   
ακόμη κι αν αυτό το  $D_c$  δεν εμφανίζεται μεταξύ Α και Β, θα εμφανίζεται κάποιο μικρότερο, οπότε και πάλι θα είμαστε καλυμμένοι.



2013-14 Ενωμένης 3°

Κόμβος A:  $Q_n F_n + Q_T F_T = (Q_n + Q_T) F_A \rightarrow F_A = 8 \text{ mg/l}$

$Q_n C_n + Q_T C_T = (Q_n + Q_T) C_A \rightarrow C_A = 4.6 \text{ mg/l} ? \quad D_A = 3.4 \text{ mg/l}$

$u_x = \frac{Q_n + Q_T}{A} = 0.12 \text{ m/s} \approx 10368 \text{ m/ημ}$

α)  $D_x = 3 \text{ mg/l} \rightarrow 4.6x^2 - 8x + 3 = 0 \rightarrow x \approx 6255 \text{ m} \quad (\alpha = e^{-\frac{x}{10368}})$

αρα με ενδιαφέρει το μήκος του ποταμού που ανηχεί ταχυσίτον  
6255 m από το A (προς τα κατάντη)

β)  $F_x \leq 3 \text{ mg/l} \rightarrow F_A e^{-k_1 \frac{x}{u_x}} \leq 3 \text{ mg/l} \rightarrow x > 10170 \text{ m}$

αρα με ενδιαφέρει το μήκος 10170 m - 30000 m κατάντη του A

ή  $D_c = 3.47 \text{ mg/l}, X_c = 1450 \text{ m}$  αρα από το  $X_c$  και μετά το εφέλεγμα  
όσο μειώνεται

$F_x \leq 3 \text{ mg/l} \rightarrow \dots \rightarrow x > 10170 \text{ m}$

$D_{10170} = 2.35 \text{ mg/l} \rightarrow C_{10170} = 5.65 \text{ mg/l} > 5 \text{ mg/l}$  ή η συγκεντρώση  
διαλυμένου οξυγόνου συνεχώς θα αυξάνει αφού  $10170 > X_c$

αρα με ενδιαφέρει το μήκος 10170 m κατάντη του A μέχρι την  
εμβόλη στη θάλασσα



2013-14 Κανονική 3<sup>ο</sup>

$$\begin{aligned}\text{Κόμβος A: } Q_n F_n + Q_T F_T &= \overbrace{(Q_n + Q_T)}^{Q_{AB}} F_A \rightarrow F_A = 1.75 \text{ mg/l} \\ Q_n C_n + Q_T C_T &= (Q_n + Q_T) C_A \rightarrow C_A = 7.5 \text{ mg/l} \rightarrow D_A = 0.5 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{συνοχή B: } u_x &= \frac{Q_n + Q_T}{A} = 0.1 \text{ m/s} \approx 8640 \text{ m/ημ} \\ (x=4000 \text{ m}) (e^{-k_1 \frac{x}{u_x}} &= 0.87032, e^{-k_2 \frac{x}{u_x}} = 0.75747)\end{aligned}$$

$$\text{αρα } F_B^{\text{av}} = 1.52 \text{ mg/l} \text{ ή } D_B^{\text{av}} = 0.58 \text{ mg/l} \rightarrow C_B^{\text{av}} = 7.42 \text{ mg/l}$$

$$\begin{aligned}\text{στην έξοδο της ΕΕΛ: } Q_J C_J + 5 \text{ kg O}_2/\text{h} &= Q_J C'_J \\ 0.4 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 1.8 \text{ g/m}^3 + 5000 \text{ g O}_2/\text{h} &= 0.4 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot C'_J \\ C'_J &= 4.47 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Κόμβος B: } Q_{AB} F_B^{\text{av}} + Q_J F_J &= (Q_{AB} + Q_J) F_B \rightarrow F_B = 8.51 \text{ mg/l} \\ Q_{AB} C_B^{\text{av}} + Q_J C'_J &= (Q_{AB} + Q_J) C_B \rightarrow C_B = 6.44 \text{ mg/l} \rightarrow D_B = 1.56 \text{ mg/l}\end{aligned}$$

κρίσιμο ελλείμμα B → Παγασσα (max X = 30 km)

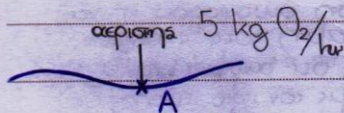
$$f=2, F_0 = F_B, D_0 = D_B \rightarrow \underline{D_c = 2.61 \text{ mg/l} \rightarrow C_{\min} > 5 \text{ mg/l}}$$

Δε χρειάζεται ελεγχος αν αυξηθεί στο δέλτα B - Παγασσα· ή να μην αυξηθεί, το κρίσιμο ελλείμμα στο δέλτα που μας ενδιαφέρει να είναι μικρότερο ή να μη καλυφθεί να είμαστε.

αρα όπως εξασφαλιζόταν συγκριτικές διαγλυφένου οξυγόνου μεγαλύτερες από 5 mg/l σε όλο το μήκος του ποταμού κατωίτη του B.



προσδετοπας οξυγονο δεν αμμζει η παροχη του ποταμου!



Κόμβος Α

$$Q_n^{aw} \cdot C_n^{aw} + 5 \text{ kg O}_2/\text{hr} = Q_n \cdot C_A^k$$

$$40000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \cdot 3 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} + 5 \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \cdot 24 \frac{\text{hr}}{\text{hr}} \cdot 1000 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 120000 \frac{\text{g}}{\text{hr}} + 120000 \frac{\text{g}}{\text{hr}} = 40000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \cdot C_A^k$$

$$\rightarrow C_A^k = 6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 6 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$Q_n^a = 40000 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$C_n^a = 3 \frac{\text{mg}}{\text{l}} (= 3 \frac{\text{g}}{\text{m}^3})$$

$C_A^k$  :: το σημείο που μας ενδιαφέρει είναι εκεί που βάζουμε τον αερίσμα

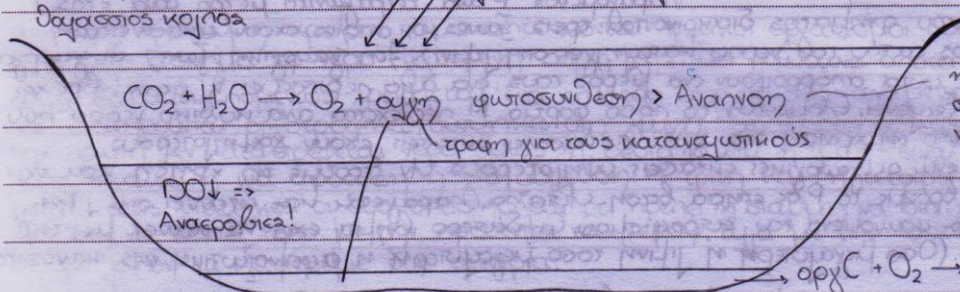
## Ευτροφισμός

παίμε σε ένα άλλο πρόβλημα που έχει να κάνει με τη διαδότη φορτίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες στο φως προκαλεί υπερμετρή αύξηση της ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών.

Κανονικά υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ της ανάπτυξης των φυτικών οργανισμών που παραχονται σε μια λίμνη (φυκή, αμμή) & της ανάπτυξης των οργανισμών που τρέφονται με τους παραπάνω οργανισμούς. Για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών περιοριστικοί παράγοντες είναι οι Ρ & Ν - δέσμευση ηλιακή ακτινοβολία και CO<sub>2</sub> (και νερό) τα οποία βρίσκουν σχετικά εύκολα αν βρίσκονται σε μια λίμνη. Τι γίνεται όταν ο περιοριστικός παράγοντας αρθεί; (είτε με σημειακές είτε με μη σημειακές πηγές ο άνθρωπος ρίχνει Ρ, Ν στο νερό) Έχουμε μεγάλες ταχύτητες ανάπτυξης διδ μεγάλη παραγωγή βιομάζας που αποτελείται κυρίως από φυτικούς οργανισμούς. Οι αμμο καταναλωτικοί οργανισμοί έχουν πιο αργούς ρυθμούς ανάπτυξης (έχουμε οργανισμούς που διασπούνται σε μερικές ώρες, όμως μια κοίταρα πχ δεν μπορεί να ακρωληθεί αυτούς τους ρυθμούς ανάπτυξης) έτσι δεν υπάρχουν αρκετοί καταναλωτικοί οργανισμοί για να φάει όλους τους φυτικούς. Τα αμμο που δεν προλαβαίνουν να καταναλωθούν πεθαίνουν & καταλήγουν να είναι νεκρή βιομάζα στον πυθμένα μιας λίμνης ή στις ακτές. Αυτό αποτελεί μια φορτίο οργανικών ανδρακ (το οργανικό φορτίο εδώ παράγεται μέσα στη λίμνη), η διάσπαση του οποίου καταναλώνει οξυγόνο. Στον πυθμένα το πρόβλημα είναι πιο έντονο (στην επιφάνεια έχει πιο πολύ οξυγόνο) & μπορεί να δημιουργηθούν αναερόβικες συνθήκες.

λίμνη ή θαλάσσιος κόλπος

Ηλιακή ακτινοβολία



η συσπείρωση οξυγονου σε αυτή την περιοχή μπορεί να είναι πολύ υψηλή

επιφανειακό στρώμα: παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας έχουμε παραγωγή οξυγονου & καινούρια αμμοι αυτά τα αμμο που παραχονται έχουν δυο τρόπους να φύγουν από το στρώμα αυτό, είτε γίνονται τροφή για τους καταναλωτικούς είτε πεθαίνουν και πάνε στον πυθμένα, όπου τα νεκρά αμμοι είναι αργC διδ τροφή για τους αποικοδομητές. Όμως η παραγωγή νεκρών αμμοι είναι πιο χρονοβόρα από τη μετατροπή τους σε CO<sub>2</sub> και νερό για αυτό η λίμνη αρχίζει και "μυαίνεται" από νεκρή βιομάζα που δεν μπορεί να αποδομηθεί & σιγά σιγά γίνεται βάλτος & μετά δάσος & τη χάσαμε τη λίμνη.

σε ποταμια & ανοικτές θαλάσσιες επειδή ανακυκλώνεται το νερό δεν "προλαβαίνει" να εμφανιστεί πρόβλημα ευτροφισμού κυρίως "κινδυνεύουν" κλειστές θαλάσσιες μάζες το πρόβλημα που θα δούμε στη συνέχεια αφορά κυρίως λίμνες. Στις λίμνες ο κυρίως περιοριστικός παράγοντας είναι ο φωσφόρος.

βεβαια περα από τα προβλήματα αποξυγονωσης & το ότι η λίμνη σιγά-σιγά αρχίζει να χερνίζει υπάρχουν κι άλλα προβλήματα που σχετίζονται με τον ευτροφισμό (διαφοικεία)



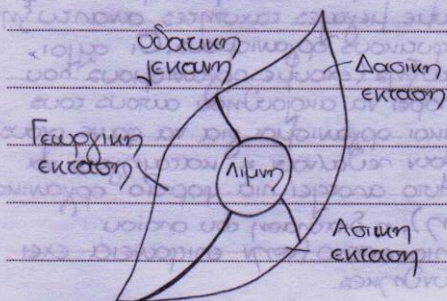
πως μπορω λοιπον να ελεγκσω αν μια γηινη αντιμετωπιζει προβλημα εστραφισμου; μια ιυση ειναι να παρνω δειγματα & να μετροω τη συγκεντρωση φωσφορου & να ρωω αν η συγκεντρωση  $P(A, N)$  αντιστοιχα ειναι πανω απο μια τιμη τοτε εχουμε προβλημα εστραφισμου. Το μειονεκτημα αυτης της μεθοδου ειναι οτι αντιμετωπιζει στες

$C_u, C_p = A, B$	
	σχημα γηινης
	επιφανειας
	βαθια

εις γηινες με τον ιδιο τροπο, δε δαυτευσαν ομως στες οι γηινες με τον ιδιο τροπο. Αν βγαλω καποια συμπερασματα για την αριστερη γηινη, και μετρωω στη δεξια γηινη τις συγκεντρωσεις  $U, P$ , τα συμπερασματα της αμης μπορω μονο να τα χρησιμοποιησω για να εχω καποια κατασκευη, ηχ αν ο φωσφορος ξεπερασει καποια τιμη αρχισω κι εχω καποιες υποψιες.

Μια αλλη ιυση ειναι να

προσμοιωσω με μαθηματικα στη αυτη τη διαδικασια. Μια αλλη προσεγγιση αρκετα ακριβης ειναι ενα εμπειρικο μοτερο ενός ερευνητη, του Voltenweiden. Με στατιστικη αναλυση των στοιχειων που μαζεψε για πολλες γηινες, καταφερε να συσχεισει τα γεωμετρικα χαρακτηριστικα μιας γηινης με τις συγκεντρωσεις των  $U, P$ . ερχομαστε να δοουμε πως λειτουργει το μοτερο που ανεπτυξε ο Voltenweiden.



Αν θα εμφανισει η γηινη προβλημα η οχι εφαρταται απο τα φορτια  $P$  που λεφτουν σε αυτη & απο τα γεωμετρικα χαρακτηριστικα της. Η πρωτη παραμετρος που πρεπει να εχει καποιος υποψη ειναι οι σημειωσεις και μη σημειωσεις της  $P$  ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΣΗΜΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗ - ΠΗΓΩΝ  $P$  (αυτην δεν κοιταμε γηινη (ρηχη-βαθια, κη))

- $EEL \rightarrow Q_{EEL}, C_p^{EEL}$  (χρεαζεται να ξερωμε τη συγκεντρωση  $P$  στα ενεργειασμενα μνηματα)
- η μια βιομηχανια.

ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ

ΜΗ ΣΗΜΕΙΑΚΕΣ: Για αυτες υπαρχουν αντερεστες εβαλυνες -  $P/m^2/ετο2$  (παραμετρος  $P$  ανα τετραγωνικο μετρο ανα ετος)

στην οδασκη εκκαση του σχηματος διακρινονται τρεις ζωνες, οι οποιες εχουν ελιφωεισμη απορροη & ειναι μερος αυτου του νερου κατανηγει στη γηινη. 2η γεωχημη ζωνη οι γεωχοι ριχνων μνηματα, τα φτια απορροφουν ενα μερος τουα, ενα αλλο περισσευει & οταν βρεχει ερχεται το νερο & το ξελενει. Επομενως το ποσο φορτιο  $P$  περιεχεται ανα κυβικο νερο που απορρεει εφαρταται απο τη χρηση της γης. Οι δασικες επιτασεις εχουν χαμηλοτερους συτελεστες εβαλυνης εκω οι γεωχημες επιτασεις υψηλοτερους. Αν ξερωμε τη χρηση και την εκκαση μποουμε να βρωμε το  $P$  σε ετησια βαση. Αυτο που παραγεται και φτανει στη γηινη μας ενδιαφερε για το φαινόμενο του εστραφισμου. Το δευτερο βημα εχει να κανει με τη γεωμετρια της γηινης. (Οσο μεγαλυτερη η γηινη τοσο μεγαλυτερη η αφομοιωσιμη της ικανοτητα)

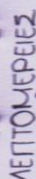
Το διαγραμμα μας δειχνει αν αναμενομε προβληματα εστραφισμου η οχι.

Οι αξονες του εχουν λογαριθμικες κηλινες. 2ον οριζοντιο αξονα το  $H$  ειναι το μεσο βαθος (το ημιο του μεσου οχιου προς τη μεση επιφανεια. Δευρωμε προσεγγιστικα τη γηινη σαν ενα ορθογωνιο παραλληλεπipedo) και το  $T$  ειναι ο μεσος υδραυλικος χρονος,  $V/Q$ , οπου τον οχιο παμε και τον μετρωμε και το  $Q$  μας το δωει η υδραυλια. 3ον κατακορυφο αξονα εχουμε μια η γραμμικια φωσφορου ανα ετος διαπεριενα με την επιφανεια της γηινης γεων, οχι της οδασκης γεωνας!

αν βρισκομαστε κατω απο την κατω γραμμη εχουμε σμηγογραφικες συνθηκες στη γηινη και δεν αντιμετωπιζει προβληματα εστραφισμου, ενω πανω απο την πανω γραμμη αντιμετωπιζει. στο ενδιαμεσο διαστημα οι συνθηκες που αναλυσονται γεωνται μεθογραφικες & ειναι λιγο οριακες συνθηκες. Χρησιμοποιημε αυτο σαν εργαλειο αν βρωμε να εφυρνωμε το φορτιο μιας  $EEL$ , μπορωμε να υπολογισουμε ποσο φορτιο  $P$  μπορει να δεχτει μια συγκεντρωμενη γηινη, αν η προσλητη  $P$  μας κραταει κατω απο την κατω γραμμη (ο οχιος ειναι σταθερος, αρα εχω σταθερο σημειο στον οριζοντιο αξονα και παω προς τα πανω παραλληλα στον κατακορυφο)

(Για αυτα που ξερε τωρα αναφερομαι στα μεσα ελυσια μεχλη, αρα το ιασηοιρι ειναι σε χειροτερες συνθηκες. καγω ειναι να μη σχεδιασω στην χριση ζωνη ~ και τετοιο?)





Xρησεις (του νεπου)

- Παραγωγή Υ. Ενέργειας - ΔΕΗ  $\rightarrow$  αιχμή ζήτηση
- Αρδευση  $\rightarrow$  βερμική ζήτηση (η άρδευση βέβαια σώζει τα νερά το καλοκαίρι)
- Πίσση
- Αισθητική ζήτηση ( $\rightarrow$  τουρισμός!)

αν περσει η σταθμη αρχισαν και αναπτυσσονται φυσικοι οργανισμοι που παραγουν ουσιας  
η μυριει ασχημα το νερο (χλωρομυκη - οσμη γη) δεν παιδαιει ανοτα αυ το ριει κανεισ,  
αλλα βρωμιαει. Επομενως χρειαζεται ενα ελκνεδο διαχειρισησ αναμεσα σιις χρησεισ για  
να διατηρησνται σιιγοκρατικες συνθηκεσ στη γηνη. Παρατηρωμεσ ος χρησεισ γινοντ, κατω  
στη πρωτη δεν καταφερρεται νερο, ολως η δευτερη και η τριτη ειναι αυτιδετεσ για το  
νερο μηχανει η για αρδευση η για υδρευση. Η τριτη και η τεταρτη ειναι επιβατεσ  
μεταξυ τουσ για και οι δυο υποσθριβαν οτι πρεπει η σταθμη να διατηρηται ψηλα.  
Δεν εχει να κανει τοσο με την ποστητα του νερου, αλλα με την ποιτητα.  
Εχομε γινον να εφετασουμε δυο σεναρια:

Σενάριο 1: 100% ικανοποίηση της αέρεισης + 100% ικανοποίηση της υδρευσης

licm stavlm vepou + 780 m

$$V_u = 32 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$E_{\text{Linsen}} = 42 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

φυσικά οι κάτοικοι  
πρέπει να έχουν νερό

Σενάριο 2:  $50\%$  ικανοποίηση της αρίστευσης +  $100\%$  ικανοποίηση της υδρεύσης

Leon stadion vreau + 787 m

$$V_L = 134 \cdot 10^6 \text{ m}$$

$$E_{\text{illum}} = 11,1 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

(αυτά αυξάνονται καθώς στη ποσότητα νερού δεν είναι ισοστά για το φως που φτάνει)

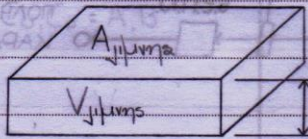
(το 1ο σενάριο προφανώς αντιστοιχεί σε μίσηψη κατά μέσο όρο ετήσια ποσοτήτων νερού)



$$Q_n = 2.5 \frac{m^3}{s}, C_p = 23 \frac{mg}{m^3}$$

για να απλοποιήσουμε το πρόβλημα δεχόμαστε ότι η λίμνη  
δέχεται φορτίο φωσφορού μόνο από τον ταχυρίωπο

1<sup>η</sup> περίπτωση - 1<sup>ο</sup> Σενάριο



εμείς θεωρούμε ότι η λίμνη έχει τέτοιο σχήμα, άρα το  
βάθος που δίνεται από την εκφώνηση δε θα το  
χρησιμοποιήσουμε!

$$H_{\mu}^1 = \frac{V_{\mu}^1}{A_{\mu}^1} = \frac{32 \cdot 10^6 m^3}{4.2 \cdot 10^6 m^2} = 7.62 m$$

$$T_{\mu}^1 = \frac{V_{\mu}^1}{Q_n^*} = \frac{32 \cdot 10^6 m^3}{2.5 \frac{m^3}{s} \cdot 86400 \frac{s}{\eta\mu} \cdot 365 \frac{\eta\mu}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}} = 0.4 \epsilon\tau\omicron\varsigma$$

παράγω  
!! ογκός νερού που περνάει  
στη λίμνη, εδώ έχουμε  
μόνο το ποτάμι

$$\frac{H_{\mu}^1}{T_{\mu}^1} = \frac{7.62 m}{0.4 \epsilon\tau\omicron\varsigma} = 19.05 \frac{m}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

το x στον άξονα, πρέπει τώρα να βρούμε την αλλαγή στον άξονα  
των y, δηλ τα φορτία

$$\text{Φορτίο } P = Q_n \cdot C_p = 23 \frac{mg}{m^3} \cdot 10^{-3} \frac{g}{mg} \cdot 788 \cdot 10^6 \frac{m^3}{\epsilon\tau\omicron\varsigma} = 1.81 \cdot 10^6 \frac{g}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

$$\frac{\text{Φορτίο } P}{A^1} = \frac{1.81 \cdot 10^6}{4.2 \cdot 10^6} = 0.42 \frac{g}{m^2 \epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

↑ τώρα το διασπαρμε με  
την επιφάνεια της λίμνης

? ελάστε λίγο πιο κάτω από την κόκκινη γραμμή → δεν είναι κακή επιλογή

2<sup>η</sup> περίπτωση - 2<sup>ο</sup> Σενάριο

$$H_{\mu}^2 = \frac{V_{\mu}^2}{A_{\mu}^2} = \frac{134 \cdot 10^6 m^3}{11.1 \cdot 10^6 m^2} = 12.1 m$$

$$T_{\mu}^2 = \frac{V_{\mu}^2}{Q_n} = \frac{134 \cdot 10^6 m^3}{788 \cdot 10^6 \frac{m^3}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}} = 1.7 \epsilon\tau\omicron\varsigma$$

$$\frac{H_{\mu}^2}{T_{\mu}^2} = \frac{12.1 m}{1.7 \epsilon\tau\omicron\varsigma} = 7.1 \frac{m}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

δεν είναι τετραγωνό

Φορτίο P ίδιο

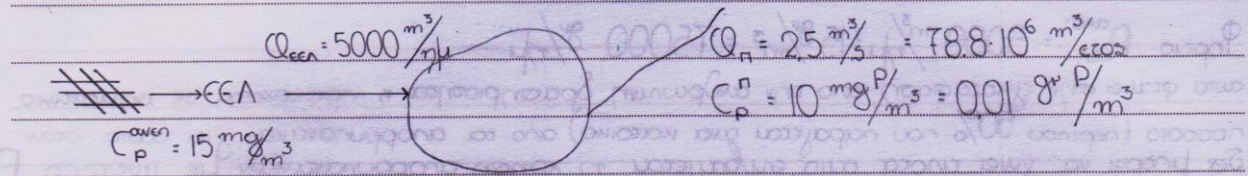
$$\frac{\text{Φορτίο } P}{A^2} = \frac{1.81 \cdot 10^6}{11.1 \cdot 10^6} = 0.164 \frac{g}{m^2 \epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

παρατηρούμε περίπου στην ίδια γραμμή, "φαινόταν" να μην υπάρχει πρόβλημα

τώρα θα δούμε ένα θέμα από την εισαγωγή της 2009, "ίδιο πρόβλημα" στο οποίο δε  
θα αμείψουμε τις χρήσεις του νερού, αλλά θα "παίξουμε" με τα φορτία  
ελαφισίτητά λίμνη που είναι αποδέκτης των υφιστάμενων εγκαταστάσεων επεξεργασίας υφιστάμενων  
ή στην οποία απορρέει ποτάμι. Θέλουμε να αναζητήσουμε σενάρια απελευθέρωσης στη λίμνη  
και να εξετάσουμε αν χρειάζεται να επεξεργαστούμε τα υφιστάμενα. Υπάρχουν 3 περιπτώσεις:

(δεχόμαστε ότι στα τα μνη σημαντικά φορτία φωσφορού έρχονται με το ποτάμι)





$$V_{\text{πλημης}} = 200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$A_{\text{πλημης}} = 20 \cdot 10^6 \text{ m}^2$$

- 1° Σενάριο: Δε χρειάζεται επεξεργασία των υδάτων ως προς την απομάκρυνση του φωσφορού· είναι νόμιμο αν δεν αυξάνει κίνδυνο επιρροής η ύλη
- 2° Σενάριο: Χρειάζεται απομάκρυνση κι ο απαιτούμενος βαθμός απομάκρυνσης είναι εφικτός (κάνουμε προσέγγιση επεξεργασία...)
- 3° Σενάριο: Χρειάζεται απομάκρυνση κι ο απαιτούμενος βαθμός ξενέρνα ως τεχνολογικές δυνατότητες που έχουμε, τότε
- α) αυξάνω τον όγκο (?) της ύλης, περιορίζω τις εκροές (εδώ δεν μπορώ)
  - β) αυξάνω την ύλη για αποδεκτή
  - γ) προσπαθούμε να μειώσουμε το φορτίο φωσφορού· συνήθως προσπαθούμε τις σημειακές πηγές· θα ήταν πολύ πιο δύσκολο να μειώσουμε τους γεωργούς κι να ρίχνουν λιγότερα λιπάσματα

$$H_{\mu} = \frac{V_{\text{πλημης}}}{A_{\text{πλημης}}} = \frac{200 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{20 \cdot 10^6 \text{ m}^2} = 10 \text{ m}$$

$$Q_{\mu} = Q_{\pi} + Q_{\epsilon\epsilon\lambda} = 806 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\epsilon\tau\omicron\varsigma \leftarrow \text{άρα εκροή έχει εδώ}$$

$$T_{\mu} = \frac{V_{\text{πλημης}}}{Q_{\mu}} = \frac{20 \cdot 10^6}{806 \cdot 10^6} = 2,48 \text{ ετη}$$

$$\frac{H_{\mu}}{T_{\mu}} = 4,03 \text{ m}/\epsilon\tau\omicron\varsigma \xrightarrow{\text{Vollenweider}} \text{το μέγιστο αποδεκτό είναι } 0,15 \text{ g P}/\text{m}^2 \epsilon\tau\omicron\varsigma$$

$$A_{\text{πλημης}} = 20 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \rightarrow \text{Φορτίο P } \text{g}/\epsilon\tau\omicron\varsigma = 20 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 0,15 \text{ g}/\text{m}^2 \epsilon\tau\omicron\varsigma = 3 \cdot 10^6 \text{ g}/\epsilon\tau\omicron\varsigma$$

$$\rightarrow \text{ημερήσιο αποδεκτό φορτίο P} = \frac{3 \cdot 10^6 \text{ g}/\epsilon\tau\omicron\varsigma}{365 \text{ η}/\epsilon\tau\omicron\varsigma} = 8219 \text{ g}/\eta\mu$$

από τα στοιχεία που έχουμε για το ποτάμι

$$\text{Φορτίο P}_{\pi} = 25 \text{ m}^3/\eta\mu \cdot 86400 \text{ s}/\eta\mu \cdot 10 \text{ mg}/\text{m}^3 \cdot 10^{-3} \text{ g}/\text{mg} = 2160 \text{ g}/\eta\mu$$

το ποτάμι είναι δύσκολο να το περάσω, την εγκατάσταση θα κοιτάζω, άρα

$$\text{Επιτρεπόμενο Φορτίο P}_{\epsilon\epsilon\lambda} = 8219 - 2160 = 6059 \text{ g}/\eta\mu$$

αυτό είναι το μέγιστο που μπορεί να ρίχνει η εγκατάσταση, με βάση αυτό κι το φορτίο που είναι σ'αυτή επεξεργασία θα βγαλουμε το βαθμό απόδοσης



$$\text{Φορτίο } P_{\text{ΕΕΛ}}^{\text{αυθεν}} = 5000 \frac{\text{m}^3}{\text{ημ}} \cdot 15 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} = 75000 \frac{\text{g}}{\text{ημ}}$$

αυτό φτάνει στην εγκατάσταση από την ανθρώπινη δραστηριότητα & προέρχεται σε σημαντικό ποσοστό (περίπου 50% που παράγεται ανά κατοίκo) από τα απορρυπαντικά. γι αυτό όταν δεν μπορεί να γίνει τίποτα άλλο, επιβάλλεται η χρήση απορρυπαντικών με μικρότερο  $P$  βαθμός απόδοσης της εγκατάστασης ως προς το φωσφόρο

$$\xi_{\text{ΕΕΛ}}^P = \frac{\text{αυτό που μπαίνει} - \text{αυτό που επιτρέπεται να βγαίνει}}{\text{αυτό που μπαίνει}} = \frac{75000 - 6059}{75000} = 92\%$$

είναι εφικτό!

Αν ελγαντε 99% ή και 95% θα ήταν πολύ υψηλός βαθμός απόδοσης  
 Τι θα κάναμε τότε;

- περιορισμός του φορτίου  $P$  που καταγγέλει στη μύτη από τη γεωργία (μπαζιάρια)
- περιορισμός του φορτίου  $P$  που καταγγέλει στην ΕΕΛ, το οποίο αφέμεται σε
  - i) ανθρώπινες εκκρίσεις (δεν μπορούμε να τις περιορίσουμε)
  - ii) χρήση απορρυπαντικών (γίνεται!)
- να μειώσουμε τον όγκο νερού(?)

κατά την επιφανειακή απορροή το νερό μεταφέρει φωσφόρο, δεν καταγγέλει όμως στην αυτή η ποσότητα φωσφόρου σε κανέναν (δάσμο αποδέκτη, δεσμεύεται από τα σωματίδια του εδάφους· για αυτό & στα υπογεία νερά σπάνια αντιμετωπίζουμε προβλήματα με φωσφόρο, αφού για να φτάσει ο φωσφόρος στο υπογείο νερό πρέπει να περάσει από ένα στρώμα εδάφους (ενώ στα νιτρικά δε συμβαίνει αυτό, έχουν μεγαλύτερη κινητικότητα στο έδαφος & γενικά τα υπογεία νερά αντιμετωπίζουν προβλήματα με τα νιτρικά)



## ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΕΜΠ

### «ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ»

#### Άσκηση 4<sup>η</sup> : Προσδιορισμός φαινομένων ευτροφισμού σε λίμνη

Ημερομηνία παράδοσης: Δευτέρα, 5/12/2016

Λίμνη μέσου όγκου  $50 \times 10^6 \text{ m}^3$  και μέσης επιφάνειας  $5 \text{ Km}^2$  αποτελεί τον αποδέκτη των επιφανειακών απορροών μιας υδρολογικής λεκάνης απορροής στην οποία η κύρια δραστηριότητα είναι η γεωργία. Στην λεκάνη απορροής υπάρχουν 9700 στρέμματα καλλιεργήσιμης γης με την ακόλουθη κατανομή:

- 4200 στρέμματα καλλιέργειας σιτηρών
- 3800 στρέμματα καλλιέργειας βαμβακιού
- 1700 στρέμματα καλλιέργειας κηπευτικών

Το σύνολο των απορροών των ανωτέρω δραστηριοτήτων οδηγούνται στην λίμνη μέσω μίας σειράς αποστραγγιστικών τάφρων συνολικής μέσης ετήσιας παροχής ίσης με  $0,7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Η λίμνη δέχεται επίσης επεξεργασμένα λύματα από παρακείμενη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Η μέση παροχή των λυμάτων είναι  $450 \text{ m}^3/\text{d}$  και η μέση συγκέντρωση φωσφόρου στα ανεπεξέργαστα λύματα ανέρχεται σε  $10 \text{ mgP/L}$ . Ο μέσος βαθμός απομάκρυνσης του φωσφόρου στην εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων είναι της τάξης του 60%. Με την υπόθεση ότι η λίμνη δεν δέχεται άλλα φορτία φωσφόρου πλην αυτών των αποστραγγιστικών τάφρων και της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων, εκτιμήστε με χρήση του εμπειρικού μοντέλου Vollenweider εάν η επεξεργασία των λυμάτων επαρκεί για την αποφυγή προβλημάτων ευτροφισμού λόγω αυξημένων φορτίων φωσφόρου (χρησιμοποιήστε ως οριακή συνθήκη την γραμμή που αντιστοιχεί στις oligotrophic συνθήκες στο μοντέλο του Vollenweider). Σε περίπτωση που δεν επαρκεί προτείνετε τρόπους αποφυγής τέτοιων προβλημάτων και αιτιολογείστε αριθμητικά τις προτάσεις σας (θεωρήστε μέγιστο επιτεύξιμο βαθμό απομάκρυνσης του φωσφόρου στην ΕΕΛ ίσο με 80%).

#### Πρόσθετα δεδομένα

Οι ετήσιες απαιτήσεις λίπανσης των ανωτέρω καλλιεργειών έχουν ως εξής:

Σιτηρά:  $4 \text{ kgP}/\text{στρέμμα}$

Βαμβάκι:  $7 \text{ kgP}/\text{στρέμμα}$

Κηπευτικά:  $10 \text{ kgP}/\text{στρέμμα}$

Ο συντελεστής απορρόφησης των λιπασμάτων από τα φυτά είναι ίσος με 85% για όλες τις καλλιεργείες.

Θεωρήστε ότι από το σύνολο του φωσφόρου, μόνο το 3% οδηγείται μέσω των επιφανειακών απορροών στην λίμνη.



Υπολογισμός φορτίου P που μπορεί να δέχεται η γήινη χωρίς να υπάρχει κίνδυνος ευστροφισμού

$$H_{\mu} = \frac{V_{\mu\text{μνης}}}{A_{\mu\text{μνης}}} = \frac{50 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{5 \cdot 10^6 \text{ m}^2} = 10 \text{ m}$$

$$Q_{\alpha} = 0.7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 86400 \frac{\text{s}}{\eta\mu} \cdot 365 \frac{\eta\mu}{\epsilon\tau\omicron\varsigma} = 22,075 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

$$Q_{\epsilon\epsilon\lambda} = 450 \frac{\text{m}^3}{\eta\mu} \cdot 365 \frac{\eta\mu}{\epsilon\tau\omicron\varsigma} = 0.164 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

$$T_{\mu} = \frac{V_{\mu\text{μνης}}}{Q_{\alpha} + Q_{\epsilon\epsilon\lambda}} = 2.25 \epsilon\tau\eta$$

$$\frac{H_{\mu}}{T_{\mu}} = 4.45 \frac{\text{m}}{\epsilon\tau\omicron\varsigma} \xrightarrow[\text{A}_{\mu\text{μνης}} = 5 \cdot 10^6 \text{ m}^2]{\text{Vollenweider}} \text{μεγιστο αποδεκτο } 0.125 \frac{\text{g}^{\text{P}}}{\text{m}^2 \epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

$$\xrightarrow{\text{A}_{\mu\text{μνης}} = 5 \cdot 10^6 \text{ m}^2} \text{Φορτιο } P (\frac{\text{g}^{\text{P}}}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}) = 625000 \frac{\text{g}^{\text{P}}}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

Ασκηση 4η

Υπολογισμός φορτίου P για καλλιέργειες

καλλιέργεια	στρέμματα	$\frac{\text{g}^{\text{P}}}{\text{στρέμμα}}$	$\text{g}^{\text{P}}$
σίτηρα	4200	4000	16800000
βαμβάκι	3800	7000	26600000
κηπευτικά	1700	10000	17000000

$$\Sigma \text{συνολο: } 60.4 \cdot 10^6 \frac{\text{g}^{\text{P}}}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

από αυτά ΔΕΝ απορροφάται από τα φυτά τα

$$9.06 \cdot 10^6 \frac{\text{g}^{\text{P}}}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

από αυτά καταγράφουν στη γήινη

$$271800 \frac{\text{g}^{\text{P}}}{\epsilon\tau\omicron\varsigma}$$

Υπολογισμός απαιτούμενου βαθμού αποβακρύυνσης P στην ΕΕΛ

$$\text{Επιτρεπόμενο Φορτιο } P_{\epsilon\epsilon\lambda} = 625000 - 271800 = 353200 \frac{\text{g}^{\text{P}}}{\epsilon\tau\omicron\varsigma} \approx 970 \frac{\text{g}^{\text{P}}}{\eta\mu}$$

$$\text{Η εγκατάσταση κάθε μερα δέχεται } 10 \frac{\text{mg}^{\text{P}}}{\text{L}} \cdot 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{mg}} \cdot 10^3 \frac{\text{L}}{\text{m}^3} \cdot 450 \frac{\text{m}^3}{\eta\mu} = 4500 \frac{\text{g}^{\text{P}}}{\eta\mu}$$

$$\epsilon_{\epsilon\epsilon\lambda}^{\text{P}} = \frac{\text{αυτο που μπαίνει} - \text{αυτο που επιτρεπεται να βγαίνει} (\frac{\text{mg}}{\text{L}})}{\text{αυτο που μπαίνει}} = 78 \%$$

αρα ο βαθμός αποβακρύυνσης είναι επιτεύξιμος, και ο παρων βαθμός της τράβη του 60% δεν επαρκεί.



## Άσκηση 4<sup>η</sup>

$$H_{\mu} = \frac{V_{\mu}}{A_{\mu}} = \frac{50 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{5 \cdot 10^6 \text{ m}^2} = 10 \text{ m}$$

$$Q_{\mu} = Q_r + Q_j = 0.7 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \frac{\text{s}}{\text{έτος}} + 450 \frac{\text{m}^3}{\text{ημ}} \cdot 365 \frac{\text{ημ}}{\text{έτος}}$$

$$\rightarrow Q_{\mu} = 22239450 \frac{\text{m}^3}{\text{έτος}}$$

$$T_{\mu} = \frac{V_{\mu}}{Q_{\mu}} = 2.25 \text{ έτη}$$

$$\frac{H_{\mu}}{T_{\mu}} = 4.45 \frac{\text{m}}{\text{έτος}} \xrightarrow{\text{Vollenweider}} \text{το μέγιστο αποδεκτό φορτίο } P \text{ είναι } 0.125 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ έτος}}$$

$$A_{\mu} = 5 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \rightarrow \text{φορτίο } P = 625000 \frac{\text{g}}{\text{έτος}}$$

Φορτίο  $P$  από καπνερχίες:

- σιτηρών  $4200 \text{ στρ.} \cdot 4 \frac{\text{kg}}{\text{στρ}} = 16800 \text{ kg } P$
- βαμβάκια  $3800 \text{ στρ.} \cdot 7 \frac{\text{kg}}{\text{στρ}} = 26600 \text{ kg } P$
- κηπευτικών  $1700 \text{ στρ.} \cdot 10 \frac{\text{kg}}{\text{στρ}} = 17000 \text{ kg } P (+)$

$60400 \text{ kg } P$ , από τα οποία τα

$$0.15 \cdot 60400 = 9060 \text{ kg} \text{ δεν απορροφούνται, και από αυτά τα}$$

$$0.05 \cdot 9060 = 271,8 \text{ kg} \text{ καταλήγουν στη γη (ετησίως)}$$

Επομένως η γη μπορεί να δέχεται ακόμη  $625000 - 271800 = 353200 \frac{\text{g}}{\text{έτος}}$  ή  $96 \frac{\text{g}}{\text{ημ}}$ .

Για τη συγκέντρωση  $P$  στα ελεγχόμενα πρέπει να ισχύει

$$C_p^{\text{en}} \cdot 450 \frac{\text{m}^3}{\text{ημ}} \leq 96 \frac{\text{g}}{\text{ημ}} \rightarrow C_p^{\text{en}} \leq 2.15 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \text{ ή } 2.15 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

Ο επιθυμητός βαθμός ανθρακένωση φωσφόρου στην εγκατάσταση είναι

$$\text{τουλάχιστον } E_p = \frac{C_p^{\text{aven}} - C_p^{\text{en}}}{C_p^{\text{aven}}} = 78.5\%, \text{ ο οποίος είναι επιτεύξιμος. Άρα το } 60\% \text{ δεν επαρκεί.}$$



## Προσδιορισμός φαινομένων ευτροφισμού σε λίμνη

### 2015-16 Κανονική 6°

Δίνεται λίμνη η οποία αποτελεί τον αποδέκτη των απορροών μίας υδρολογικής λεκάνης απορροής. Οι απορροές οδηγούνται στη λίμνη αποκλειστικά μέσω ενός ποταμού με ετήσια παροχή  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  και μέση ετήσια συγκέντρωση φωσφόρου  $4 \text{ mg P/m}^3$ . Από την ανάλυση των γεωμετρικών και υδρολογικών δεδομένων της λίμνης προέκυψαν τα ακόλουθα:

Ο μέσος όγκος του νερού στη λίμνη είναι  $32 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Η μέση επιφάνεια της λίμνης ανέρχεται σε  $4 \times 10^6 \text{ m}^2$ .

Η λίμνη δέχεται επεξεργασμένα λύματα από παρακείμενη εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων. Η μέση παροχή των λυμάτων είναι  $4320 \text{ m}^3/\text{d}$  και η συγκέντρωση φωσφόρου στα ανεπεξέργαστα λύματα ανέρχεται σε  $6 \text{ g/m}^3$ . Προσδιορίστε με χρήση του εμπειρικού μοντέλου Vollenweider τον απαιτούμενο βαθμό απομάκρυνσης της εγκατάστασης ως προς το φώσφορο, ώστε η λίμνη να μην αντιμετωπίζει προβλήματα ευτροφισμού λόγω αυξημένων φορτίων φωσφόρου (χρησιμοποιήστε ως οριακή συνθήκη τη γραμμή που αντιστοιχεί στις oligοτροφικές συνθήκες στο μοντέλο του Vollenweider). Θεωρείστε ότι η λίμνη δε δέχεται άλλα φορτία φωσφόρου πλην του ποταμού και της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων.

### 2010-11 Κανονική 6°

Λίμνη μέσου όγκου  $20 \times 10^6 \text{ m}^3$  και μέσης επιφάνειας  $2 \text{ km}^2$  αποτελεί τον αποδέκτη των επεξεργασμένων λυμάτων δύο οικισμών (Οικισμός Α & Οικισμός Β). Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) του Οικισμού Β διαθέτει τα επεξεργασμένα λύματά της απ' ευθείας στη λίμνη, ενώ τα λύματα του Οικισμού Α μετά από επεξεργασία διατίθενται στο σημείο Α υδατορεύματος το οποίο εκβάλλει μετά από διαδρομή  $2 \text{ km}$  (κατάντη του σημείου Α) στη λίμνη. Το υδατόρευμα ανάντη του σημείου Α έχει παροχή ίση με  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  και συγκέντρωση φωσφόρου ίση με  $5 \text{ mg/m}^3$ . Με την υπόθεση ότι η λίμνη δε δέχεται άλλα φορτία φωσφόρου πλην αυτών των δύο ΕΕΛ και του υδατορεύματος, υπολογίστε τον απαιτούμενο βαθμό απομάκρυνσης φωσφόρου ο οποίος θα πρέπει να επιτυγχάνεται στην ΕΕΛ του Οικισμού Α προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα ευτροφισμού στη λίμνη λόγω αυξημένων φορτίων φωσφόρου (θεωρείστε ότι η μείωση της συγκέντρωσης του φωσφόρου κατάντη του σημείου Α και μέχρι την εκβολή του υδατορεύματος στη λίμνη είναι της τάξης του 20%).

Δίνονται:

#### Οικισμός Α

Μέση παροχή λυμάτων:  $1000 \text{ m}^3/\text{d}$

Μέση συγκέντρωση φωσφόρου στα ανεπεξέργαστα λύματα:  $12 \text{ mgP/l}$ .

#### Οικισμός Β

Μέση παροχή λυμάτων:  $300 \text{ m}^3/\text{d}$

Μέση συγκέντρωση φωσφόρου στα ανεπεξέργαστα λύματα:  $10 \text{ mgP/l}$

Μέσος βαθμός απομάκρυνσης του φωσφόρου στην ΕΕΛ του Οικισμού Β: 90%.



2015-16 Καλονοικη 6°

$$H_{\mu} = \frac{V_{\mu}}{A_{\mu}} = \frac{32 \cdot 10^6 \text{ m}^3}{4 \cdot 10^6 \text{ m}^2} = 8 \text{ m}$$

$$Q_{\mu} = Q_{\pi} + Q_{\text{εελ}} = 25 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \frac{\text{s}}{\text{ετος}} + 4320 \frac{\text{m}^3}{\eta\mu} \cdot 365 \frac{\eta\mu}{\text{ετος}}$$
$$\rightarrow Q_{\mu} = 80416800 \frac{\text{m}^3}{\text{ετος}}$$

$$T_{\mu} = \frac{V_{\mu}}{Q_{\mu}} = 0.4 \text{ ετη}$$

$$\frac{H_{\mu}}{T_{\mu}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{ετος}} \xrightarrow{\text{Vollenweider}} \text{το μεγιστο αποδεκτο φορτιο } P \text{ ειναι } 0.22 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ ετος}}$$

$$A_{\mu} = 4 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \rightarrow \text{φορτιο } P \frac{\text{g}}{\text{ετος}} = 4 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 0.22 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ ετος}} = 880000 \frac{\text{g}}{\text{ετος}}$$

$$\text{Προσφι: φορτιο } P \frac{\text{g}}{\text{ετος}} = 4 \cdot 10^{-5} \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot 25 \cdot 86400 \cdot 365 \frac{\text{m}^3}{\text{ετος}} = 315360 \frac{\text{g}}{\text{ετος}} (-)$$

αρα ο φωσφορος που μπορεί να διαδετει η ΕΕΛ ειναι  $564640 \frac{\text{g}}{\text{ετος}}$   
 $\eta \sim 1545 \frac{\text{g}}{\eta\mu}$

$$\text{πρεπει } C_p^{\text{ενεξ}} \cdot Q_{\text{εελ}} \leq 1545 \frac{\text{g}}{\eta\mu} \rightarrow C_p^{\text{ενεξ}} \leq 0.35 \frac{\text{g}}{\text{m}^3}$$

$$E_{\text{εελ}}^{\circ} = \frac{6 - 0.35}{6} = 0.94$$

αρα ο απαιτουμενος βαθμος αναμεικνυσης της εγκαταστασης ως προς το φωσφορο ειναι 94%

2010-11 Καλονοικη 6°

$$H_{\mu} = \frac{V_{\mu}}{A_{\mu}} = \frac{20 \cdot 10^6}{2 \cdot 10^6} = 10 \text{ m}$$

$$Q_{\mu} = Q_A + Q_B + Q_v = 1300 \frac{\text{m}^3}{\eta\mu} \cdot 365 \frac{\eta\mu}{\text{ετος}} + 1 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365 \frac{\text{s}}{\text{ετος}} = 32 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{ετος}}$$

$$T_{\mu} = \frac{V_{\mu}}{Q_{\mu}} = 0.625 \text{ ετη}$$

32010500

$$\frac{H_{\mu}}{T_{\mu}} = 16 \frac{\text{m}}{\text{ετος}} \xrightarrow{\text{Vollenweider}} \text{το μεγιστο αποδεκτο φορτιο } P \text{ για να εχει ολιγοτροφικες}$$

$$\text{συνθηκες ειναι } 0.2 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ ετος}} \xrightarrow{A_{\mu} = 2 \cdot 10^6 \text{ m}^2} \text{φορτιο } P \frac{\text{g}}{\text{ετος}} = 2 \cdot 10^6 \text{ m}^2 \cdot 0.2 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \text{ ετος}} = 4 \cdot 10^5 \frac{\text{g}}{\text{ετος}}$$

$$\eta = \frac{400000 \frac{\text{g}}{\text{ετος}}}{365 \frac{\eta\mu}{\text{ετος}}} = 1095 \frac{\text{g}}{\eta\mu} P$$



Οικισμός Β:  $E_B^p = \frac{C_p^{ανελ,Β} - C_p^{εν,Β}}{C_p^{ανελ,Β}} \rightarrow C_p^{εν,Β} = 1 \text{ mg/l ή } 1 \text{ g/m}^3$

αρα η ΕΕΑ του Οικισμού Β δαδίνει  $1 \text{ g/m}^3 \cdot 300 \text{ m}^3/\eta\mu = 300 \text{ g}/\eta\mu$  στη γημνη.  
Επομένως η γημνη μπορεί να δαχει ακόμη  $1095 - 300 = 795 \text{ g}/\eta\mu$ . \*

τα οποία προερχονται από το υδατορεύμα που από το σημείο Α μεχρι την  
εκβολή του έχει παροχή  $1 \text{ m}^3/s \cdot 86400 \text{ s}/\eta\mu + 1000 \text{ m}^3/\eta\mu = 87400 \text{ m}^3/\eta\mu$ .

Όταν εκβαλλεί στη γημνη βερούμε  $C_p \cdot 87400 \text{ m}^3/\eta\mu < 795 \text{ g}/\eta\mu$

αρα βερούμε  $C_p = 0.009 \text{ g/m}^3$  το πομ.

Αρα καούρη του Α έχουμε  $0.009/0.8 = 0.011 \text{ g/m}^3$  ή  $11,37 \text{ mg/m}^3$

Για το Α ισούει:  $Q_u \cdot C_p^u + Q_{εελ,Α} \cdot C_p^{εν,Α} = Q_A^{κατ} \cdot C_p^{κατ}$

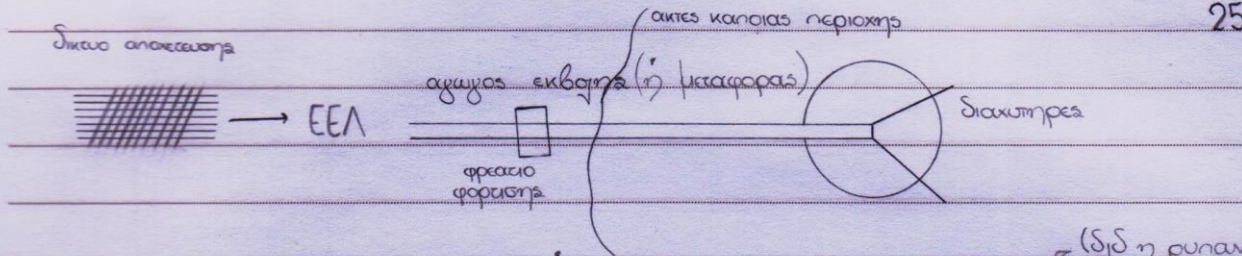
$$\rightarrow 1 \text{ m}^3/s \cdot 86400 \text{ s}/\eta\mu \cdot 5 \text{ mg/m}^3 + 1000 \text{ m}^3/\eta\mu \cdot C_p^{εν,Α} = 87400 \text{ m}^3/\eta\mu \cdot 11,37 \text{ mg/m}^3$$

$$\rightarrow C_p^{εν,Α} = 561,75 \text{ mg/m}^3 \text{ ή } 0,56 \text{ mg/l}$$

Επομένως πρέπει  $E_A^p = \frac{C_p^{ανελ,Α} - C_p^{εν,Α}}{C_p^{ανελ,Α}} = \underline{95,3\%}$

\* από εδώ μπορούσα να πω κατεύδω ότι καούρη του Α πρέπει να έχω  
 $795/0.8 = 993,75 \text{ g}/\eta\mu$  ή να κάνω ισογύιο μαζών για το Α.



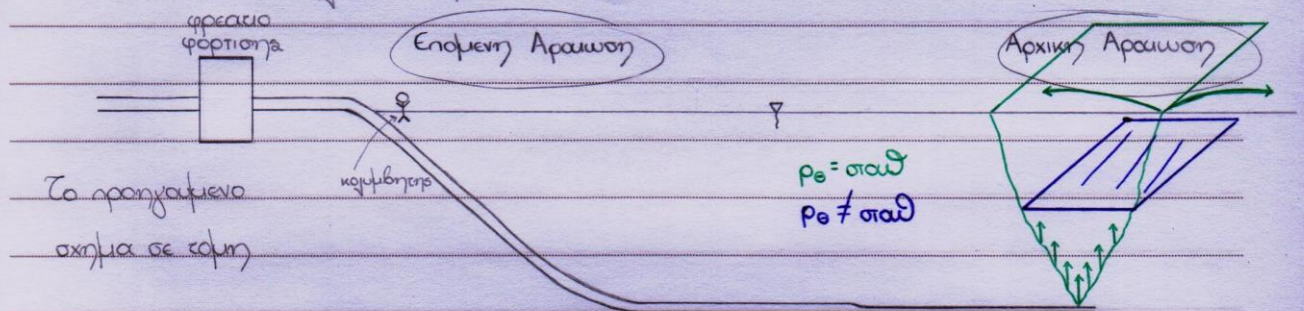


Εδώ δε μας απασχολεί πλεον ο εγγραμμός ή το οργανικό φορτίο που προκαλεί αποχέτευση, αλλά η μόνωση, η ύπαρξη παυδοχονών μ/ων και ιδιαίτερα στις ακτές κομβιότητα. Για αυτό δε διαλέξαμε τα ελεγχόμενα υφάσματα στις ακτές, αλλά σε κάποια απόσταση από αυτές. Ο αγωγός ενδογής έχει ένα κερασιαό φινιρί και ένα θαλάσσιο για αυτόν ακριβώς το λόγο, για να διατίθενται τα ελεγχόμενα υφάσματα μακριά από τις ακτές. Δεν είναι αλλά ένα έργο μεταφοράς υφάσματος, έχει και περιβαλλοντικό χαρακτήρα.

Φρέσιο φορτιστής: Δεχόμαστε ο αγωγός να διαλέξει υφάσματα στη θαλάσσια, όχι να υπάρχει μέσα του ροή θαλάσσιου νερού, καθορίζει τη στάθμη των υφάστων λαμβάνοντας υπόψη γραμμικές αντιστάσεις κλπ.

Αγωγός μεταφοράς: έχει αρκετά μεγάλο μήκος

Διακλώπτες: μικροτέρου μήκους αγωγοί, οι οποίοι έχουν ερπύες (με κάποια απόσταση μεταξύ τους) από τις οποίες βγαίνουν τα υφάσματα, για να πετυχαίνεται αραίωση με το θαλάσσιο νερό.



$\rho_{\text{υφ}} = \rho_{\text{νερού}} = 1 \text{ g/cm}^3 < \rho_{\text{αε}} \text{ αρα κατά την έξοδο τους από τους διακλώπτες τα υφάσματα "ανεβαίνουν" και λόγω της επαφής τους με το θαλάσσιο νερό αραίνονται. (αρα λόγω της πυκνότητας ανεβαίνουν) (αν υπάρχει ερπύση στο διακλώπτη, ΔΕΝ πεταχονται από τις ερπύες των διακλωπών θα σπντρίβουν)}$

Όσο πιο κοντά στην έξοδο είναι τα υφάσματα, τόσο πιο κοντά στη μονάδα είναι η πυκνότητά τους, ενώ όσο πάνε προς τα πάνω η πυκνότητά θα αυξάνεται.

αν είναι σταθερή η πυκνότητα της θαλάσσιας, τα υφάσματα θα φτάσουν ως την επιφάνεια. Διαφορετικά τα υφάσματα μπορεί να "παγιδευτούν" σε κάποιο σημείο. (στον πυθμένα θα έχει την πιο μεγάλη πυκνότητα, το νερό και προς την επιφάνεια θα μειώνεται, έτσι τα υφάσματα των οποίων η πυκνότητα θα αυξάνει μπορεί να βρεθούν σε κάποιο σημείο και να έχουν ίδια πυκνότητα με το θαλάσσιο νερό, οπότε να σταματήσουν να ανεβαίνουν.

Έχουμε μια νοιάζει αν υπάρχουν κορβακτιρίδια και παυδοχονοί μ/οι κοντά στις ακτές. Μέχρι να ταξιδέψουν από το σημείο διάθεσης ως τις ακτές, αραίνονται κι αλλο. Έτσι, όλοι αυτοί οι μ/οι έχουν συνήθειες να είναι στο αμμά μας, στους 37°C, κι όχι στην παγωμένη θαλάσσια, εκτεθειμένοι στο αέρα και την ηλιακή ακτινοβολία να τους ψήνουν (προκαλείται φθορά). Τους κορβακτιρίδες μπορεί να βρουν οι ζυττανοί μ/οι, αρα αυτοί μας ενδιαφέρουν.

Πρα πρέπει να υπολογίσουμε την αρχική αραίωση και την εμφανή αραίωση, στην οποία λαμβάνουμε υπόψη και κατά πόσο εξουδετερώνθηκαν οι παυδοχονοί.

Εμφανώς ένα σπο είναι η εγκατάσταση, για αλλο ο αγωγός ή πώς θα τον σχεδιάσουμε και ένα τρίτο σπο είναι η φύση. Μερικές φορές προτιμάμε αλλο για απομύκνωση να κάνουμε μεγαλύτερους αγωγούς, γιατί η απομύκνωση έχει παραπροϊόντα πχ χυμίο, το οποίο δεν αρεσει στους υδρόβιους οργανισμούς.

κορβακτιρίδια: το 99% δεν είναι παυδοχονοί, η ύπαρξη τους σε ακτές μας δείχνει ότι έχουν φτάσει τα υφάσματα ως εκεί.

τους αγωγούς μας δεν τους ακουμπάμε αλλά στο βυθό εκτεθειμένους στην κυματική ενέργεια, κάνουμε έργα για να τους καλύψουμε και να τους προστατέψουμε.

(1) η εμφανή αραίωση έχει μέχρι ένα βαθμό να κάνει με την απόσταση που επιλεγούμε να τα διαλέσουμε



σχετίζονται με τη διάδοση των μολύνσεων σε ένα θαλασσίνο/υδατικό σώμα, είχαμε δε 2 συνιστώσες τώρα (μείνει η τρίτη)



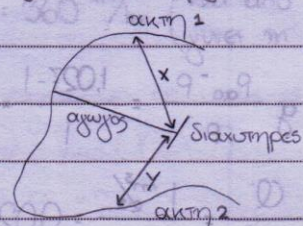
πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι θα υπάρχει μια μείωση των μύλων γιατί το περιβάλλον είναι εχθρικό για αυτούς· έχουν συνηθίσει να είναι στο γαστρεντερικό σύστημα του ανθρώπου, η ηλιακή ακτινοβολία τους σκοτώνει. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε μια κινητική πρώτη τάξης για τα κοροβακτηρίδια

$$\frac{dN}{dt} = -kN \rightarrow N_t = N_0 \cdot e^{-kt} \leftarrow \frac{x}{u_x}$$

αν τα μολύσματα τηγανιστούν προς την ακτινή θαλάσσια είναι  $t=0$ , δε θα έρθουν ποτέ τα μολύσματα (και τα κοροβακτηρίδια) στην ακτή. Όπως είναι δύσκολο να την τηγανιστούν καθαρού μολύσματα, να μην φυσάει ποτέ προς τη στεριά. Μας ενδιαφέρει η ταχύτητα του ρευστού που αγγίζει τα μολύσματα στη στεριά, με την ταχύτητα αυτή και την απόσταση  $x$  βρίσκουμε το χρόνο  $t$ . Βέβαια η ταχύτητα αυτή δεν είναι σταθερή, όπως επίσης μη σταθερή είναι και η ηλιακή ακτινοβολία\* (η οποία επηρεάζει το  $k$ ). Αυτό που δεν αλλάζει είναι το  $x$ , από τη στιγμή που επιλέγουμε το μήκος του αγωγού για δεδομένη ακτή. Όπως φαίνεται και στο σχήμα το  $x$  διαφέρει. Βέβαια μπορεί  $x < y$  αλλιώς να μην φυσάει ποτέ προς την ακτή 1, είναι λόγια που πρέπει να γράβει κανείς υποψύ.

\* διαφέρουμε με πιθανότητες

Γενικά δε συμφέρει η τοποθέτηση αγωγού μέσα σε κόρνο, αλλιώς μπορεί κάποια φορά να μην υπάρχει αλλη επιλογή.



\*\* δεν είναι μόνο η ηλιακή ακτινοβολία που επηρεάζει το  $k$ , είναι και η θερμοκρασία, το θαλασσίνο νερό, αλλά η ηλιακή ακτινοβολία είναι η πιο σημαντική συνιστώσα

Το πρόβλημα έχει πολλές παραμέτρους, πχ θα μπορούσε κάποιος με αποψήμανση να πετύχει  $C_{μλ} = C_{ακτ}$ , ή να διαδίδει τα μολύσματα στην ακτή. Αλλά δείχνει να έχουμε πολλούς συντελεστές ασταθείας, για αυτό δεν τα διαδίδουμε ποτέ στην ακτή! Η χωρική των μολύσεων πχ έχει κάποια παραγωγή που επηρεάζουν τους υδροβίους μ/ους. Το θέμα της αραιώσης δεν αφορά μόνο τα κοροβακτηρίδια που είναι κυρίως για τους ανθρώπους, αλλά επίσης το εξετάζουμε από αυτή τη σκοπιά. Για παράδειγμα, τα διαφόρα φάρμακα δεν απορροφούνται πλήρως από τον οργανισμό του ανθρώπου, ή δημάρ τους αποβάλλεται με τις ανθρώπινες εκκρίσεις. Μερικά από αυτά είναι επικίνδυνα για τους υδροβίους οργανισμούς, πχ μερικά μπορεί να προκαλέσουν θυμωκοποίηση των ψαριών.

Τελικά

$C_{ακτ}$	$C_{μλ}$	$e^{-k \cdot \frac{x}{u_x}}$	< 250 / 100 ml	→ Εξαιρετική ποιότητα
	$S_{αρχ} \cdot S_{ακτ}$		< 500 / 100 ml	→ Καλή ποιότητα
			> 500 / 100 ml	→ Δεν επιτρέπεται η κοφίτιση

φίλοι μπορούμε να "πείραζουμε" τα  $x, C_{μλ}$  ή την  $S_{αρχ}$ , αν διαλέσουμε τα μολύσματα πιο βαθιά πχ

αλλιώς το "κωτσάροφ" δίπλα στα αποτελέσματα, δε χρειάζεται κάποια πράξη ή μετατροπή πχ



2010-11 Κανονική 30

## ΣΤΡΩΜΑΤΩΜΕΝΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

Εξεργασμένα υψάκια καταλήγουν σε στρωματωμένη θάλασσα, η οποία στο σημείο της διαίσεως έχει βάθος 20 m. Η αρχική συγκέντρωση των κοροβακτηριδίων στα υψάκια είναι  $N_0 = 500000 \text{ FC}/100 \text{ ml}$ , και η παροχή των υψάκων είναι  $3600 \text{ m}^3/\text{hr}$ . Η πυκνότητα της θάλασσας στον πυθμένα είναι  $1,027 \text{ g/cm}^3$  ή μεταβάλλεται γραμμικά ως την επιφάνεια όπου είναι  $1,025 \text{ g/cm}^3$ . Υπάρχει θαλασσίο ρεύμα προς την ακτή, ταχύτητας  $10 \text{ cm/s}$ . Η ενομένη αραιωση είναι 10 φορές και ο ρυθμός φθοράς είναι  $1 \text{ hr}^{-1}$ . Ο αγωγός έχει μήκος 1000 m και ο διαχύτης 40 m.

$$Q_{\text{υψ}} = 3600 \text{ m}^3/\text{hr} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$u_x = 10 \text{ cm/s}$$

$$\rho_{\text{βθ}} = 1,025 \text{ g/cm}^3$$

$$H = 20 \text{ m}$$

$$\rho_{\text{α}} = 1,027 \text{ g/cm}^3$$

$$k = 1 \text{ hr}^{-1}$$

$$S_{\text{ενομ}} = 10$$

είναι και η λιμνοτερή αλληδία

$$1000 \text{ m}$$

$$40 \text{ m}$$

α)  $y_m$ :  $\left( \frac{m}{\text{κορβ}} \right)$  το βάθος παλινδυσή ή η συγκέντρωση κοροβακτηριδίων στο βάθος αυτό αν  $y_m > 20$  τα υψάκια φτάνουν στην επιφάνεια και προφανώς δεν είναι πιο πάνω

$$g' = g \frac{\rho_{\text{α}} - \rho}{\rho} = \frac{1,027 - 1}{1} \times 9,81 = 0,265 \text{ m/s}^2$$

$\rho$ : πυκνότητα υψάκων = πυκνότητα γλυκού νερού  
 $\rho_{\text{α}}$ : πυκνότητα της θάλασσας στη θέση των στρωμάτων

$$q = \frac{Q}{L_{\text{διαχ}}} = \frac{1 \text{ m}^3/\text{s}}{40 \text{ m}} = 0,025 \frac{\text{m}^3}{\text{m}}$$

$q$ : παροχή ανά μέτρο μήκους διαχύτηρα  
 $Q$ : παροχή υψάκων

η μεταβολή της πυκνότητας με το βάθος είναι γραμμική, άρα:

$$\lambda = \frac{\rho_{\text{α}} - \rho_{\text{βθ}}}{H} = \frac{1,027 - 1,025}{20} = 10^{-4} \text{ g/cm}^3/\text{m}$$

που χρησιμοποιείται το  $\lambda$ ?

$$y_m = 6,25 (g' q)^{2/3} \frac{\rho}{g \Delta \rho_{\text{α}}} \quad \text{γενική σχέση που δίνει το } y_m \text{ συναρτήσει της } \Delta \rho_{\text{α}}$$

για γραμμική μεταβολή:  $\Delta \rho_{\text{α}} = \lambda \cdot y_m$

$$y_m = 6,25 (g' q)^{2/3} \frac{\rho}{g \lambda y_m} \rightarrow y_m = 2,5 (g' q)^{1/3} \left( \frac{\rho}{g \lambda} \right)^{1/2} \rightarrow y_m = 15 \text{ m}$$

(δε χρειάζεται να το αποδεικνύω κάθε φορά) έτσι το υπολογίζω αμέσως, χωρίς δοκιμές

στρωματωμένη θάλασσα  $\rightarrow \alpha = 0,36$ , άρα  $S_{\text{αρχ}} = 40,6$

συγκέντρωση κοροβακτηριδίων στη θέση που παλινδυστά τα υψάκια

$$C_{\text{κορβ}}^m = \frac{500000}{40,6} = 12325 \frac{\text{FC}}{100 \text{ ml}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{λεαααα} \\ \text{coliforms} \end{array} \right) \quad \left( \begin{array}{l} \text{αρχική συγκέντρωση} \\ \text{αρχική αραιωση} \end{array} \right)$$



αν μας ζητάμε να ανεβάσουμε τα κορβακτηρίδια στην επιφάνεια για να τα σκοτώσει κι ο ήλιος ή είναι ότι είναι οριζόντιος ο πυθμένας → ξέρω να αυξηθεί το  $y_m$  → για να γίνει αυτό πρέπει να αυξηθεί το  $q$  → για να γίνει αυτό πρέπει να αλλάξω το μήκος διαχύτρω, πρέπει να το μειώσω. Φαίνεται επιθυμητή η παγίδευση, επιπλέον όμως δυο κινδύνους:

- κάποια στιγμή αυτά τα ψάρια φτάνουν στην ακτή
- μπορεί να γίνει θερμοκρασιακή αναστροφή μέσα στο διάστημα της κομμβητικής περιόδου (Απρίλιος έως Οκτώβριος) και να βγουν όλα τα ψάρια στην επιφάνεια, χωρίς να έχουν προλάβει να πεθάνουν στα κορβακτηρίδια

Πόσο πρέπει να είναι το μήκος του διαχύτρω για να ανεβάσω τα ψάρια στο μέγιστο μήκος που μπορούν να ανεβούν (δίδει τα 20 m, πιο πάνω δεν υπάρχει διατάραξη)

$$y_m = 2.5(g'q)^{1/3} \sqrt{P/g'q} \leftarrow \text{γύρω αυτή τη σχέση ως προς } q \text{ για } y_m = 20 \text{ m ή προκύπτει}$$

$$q = 0.059 \frac{m^3}{m} \rightarrow L_{\text{διαχ}} = 16.8 \text{ m} \quad \text{αυτό αντιστοιχεί σε } y_m = 20 \text{ m} \text{ άρα δεν υπάρχει γρον υψος παγίδευσης!}$$

ή πριν ήταν 0.025

είναι διαφορετική, αλλάξω τα  $y_m$  ή  $q$  (και τα δυο αυξηθούν, αλλά το  $q$ ) (είναι στον παρόντα)

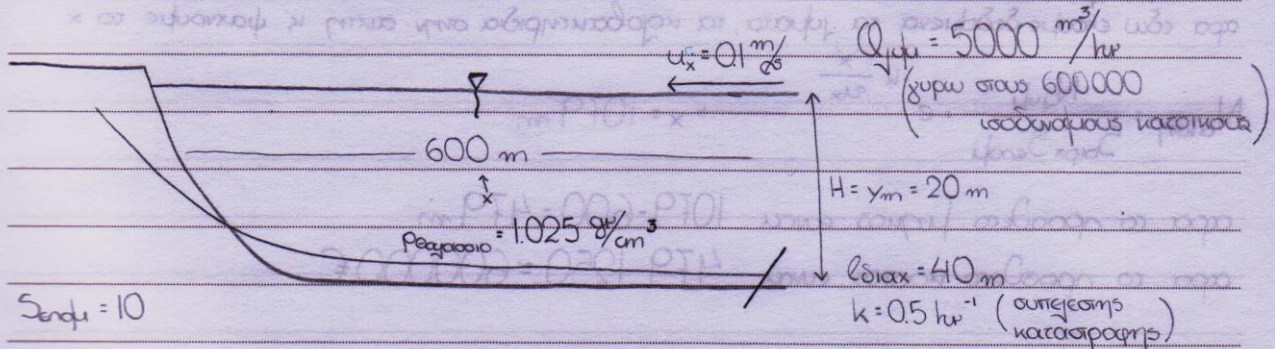
$$S_{\text{αρχ}} = 30.4 \rightarrow C_{\text{κορβ}} = \frac{500000/100 \text{ ml}}{30.4} = 30.345$$

αυτό που θα φτάσει στην ακτή, μειώνεται επίσης 10 φορές λόγω της επόμενης αραιώσης ή λόγω του ήλιου

$$C_{\text{ακτ}} = \frac{500000/100 \text{ ml}}{30.4 \cdot 10} e^{-1 \frac{1000}{360}} = 102 \text{ FC}/100 \text{ ml} < 250 \text{ FC}/100 \text{ ml}$$

\* επειδή το  $k$  είναι σε  $hr^{-1}$  πρέπει να μετατρέψω το  $u_x = 0.1 \frac{m}{s} = 360 \frac{m}{hr}$  (και από cm να γίνει m λόγω x)

## ΜΗ ΣΤΡΟΜΑΤΟΜΕΝΗ ΘΑΛΑΣΣΑ



είναι αυτές να μην μας δώσει στην εκτίμηση ότι στην ακτή πρέπει η συχνητευσμένη κορβακτηρίδιων να είναι μικρότερη των 250 ή 500  $\text{FC}/100 \text{ ml}$ , πρέπει να τα ξέρουμε και να ελεγχουμε ανάλογα με τα τι θέλουμε να πετύχουμε στην ακτή, όχι στην βλάδα οπότε θέλουμε αργά ή γρήγορα.

$$a) C_{\text{ακτ}} = 250 \text{ FC}/100 \text{ ml} = \frac{C_{\psi\phi}}{S_{\alpha\alpha\chi} S_{\alpha\kappa\tau}} e^{-k \frac{x}{u_x}}$$

$$S_{\alpha\alpha\chi} = 0.38(g')^{1/3} y_m q \quad \text{(απλή διαφάνεια)}$$



$$g = \frac{1.025 \cdot 1}{1} \cdot 9.81 = 0.245 \frac{m}{s^2}$$

$$q = \frac{Q}{\rho_{\text{air}}} = 0.035 \frac{m^3}{m}$$

$S_{\text{apx}} = 45$  αρα καθως ανεβαινουν τα μηλα  
η συγκριση τους εχει αραιωσει  
ηδη 45 φορες

αν δεν ειχε τον ηλιο θα ηταν σε θεση να υπολογισω το  $\zeta_{\text{μλ}}$   $e^{-0.5 \frac{600}{360}} = 0.43$   
ομως τον εχει, και πρεπει να υπολογισω το  $e^{-kx/x_0}$   
πριν τα συμβολισαμε με C

$$N_{\text{ακμ}} = \frac{N_{\text{μλ}}}{45 \cdot 10} \cdot 0.43 \rightarrow N_{\text{μλ}} = 257000 \text{ FC} / 100 \text{ ml}$$

αυτο ειναι για το συγκεκριμενο  
εργο το μεγιστο για να  
εχουμε αληθ ελαιοεικτης  
ποιησητας

(για ελεγχουμενα μηλα που δεν εχουν περασει απο αποφυμανση, τα περιεχωματα)  
κορβακτηριδια ειναι της ταξης του ενός εκατομμυριου

Στην περιπτωση που δεν μποραμε να μετρησουμε τα 257000, αν η ελαχιστη  
εμφ κορβακτηριδιων που μποραμε να μετρησουμε ειναι 500000 FC/100 ml  $\times$   
(χωρις αποφυμανση) εχουμε 2 επιλογες: α) βαλω αποφυμανση  
β) αυξανω το μηκος του αγωγου

Ποσο θα ειναι το προσδετο κοστος αν δεν μποραμε να μετρησουμε κατω απο τα  
500000 FC/100 ml? Ενδεικτικα το μετρο μηκους αγωγου κοστιζει ~ 1250€  
(μια αλλη γυση θα ηταν να αυξησουμε το μηκος του διαχυτηρα)  
αρα εδω εχουμε δεδομενα τα μηλα, τα κορβακτηριδια στην αυτη κ' φανουμε το x

$$N_{\text{ακμ}} = \frac{N_{\text{μλ}}}{S_{\text{apx}} S_{\text{εμφ}}} \cdot e^{-k \frac{x}{x_0}} \rightarrow x = 1079 \text{ m}$$

αρα το προσδετο μηκος ειναι  $1079 - 600 = 479 \text{ m}$

αρα το προσδετο κοστος ειναι  $479 \cdot 1250 \approx 600000 \text{ €}$

Εδω θεωρησαμε οριζοντιο αυημενα, αρα δεν αλλαζε η  $S_{\text{apx}}$  οσο  
μηχανωμε πιο μεσα. Αν αυξανονταν και το βαθος θα ειχαμε περισσοτερος  
παραγωγες



"... μειώνεται γραμμικά..."  $\rightarrow \alpha = \frac{P_{ao} - P_{aenif}}{H_{\gamma}} = \frac{1,026 - 1,024}{11} = 1,82 \cdot 10^{-4} \frac{g/cm^3}{m}$   
 $\Delta p_{\alpha} = \alpha \cdot \gamma_m$  ①  $\gamma_m = 6,25 (\alpha q')^{2/3} \frac{\rho}{\alpha \Delta p_{\alpha}} \xrightarrow{①} \gamma_m = 25 (\alpha q')^{1/3} \left( \frac{\rho}{\alpha \Delta p_{\alpha}} \right)^{1/2}$   
 $q' = \frac{Q}{L_{\max}} = \frac{2500 \frac{m^3}{h} / 3600 \frac{s}{h}}{25 m} = 0,0278 \frac{m^3}{m \cdot s}$   
 $S_{apx} = \alpha (\alpha q')^{1/3} \gamma_m q'^{-2/3} = 27,4$   
 $C_{aktm} = \frac{C_{idm}}{S_{apx} S_{endm}} \cdot e^{-k \cdot \frac{x}{u_x}}$  ②  
 $\Pi_{penel} C_{aktm} < 250 \text{ FC} / 100 \text{ mL} \rightarrow \frac{5 \cdot 10^5 \text{ FC} / 100 \text{ mL}}{27,38 \cdot 4} e^{-\frac{600}{u_x}} < 250 \text{ FC} / 100 \text{ mL}$   
 $\rightarrow u_x < 206,56 \frac{m}{h} \text{ ή } u_x < 0,06 \frac{m}{s}$



Υπολογισμός  $\gamma_m$

$$g' = \frac{1,026 - 1}{1} \cdot 9,81 = 0,255 \frac{m}{s^2}$$

$$q = \frac{0,69 \frac{m^3}{s}}{25 m} = 0,028 \frac{m^3}{m}$$

γραμμική μεταβολή πυκνότητας  $\rightarrow \Delta \rho_a = \Delta \cdot \gamma_m$ ,  $\Delta = \frac{1,026 - 1,024}{11} = 1,8 \cdot 10^{-4} \frac{g}{cm^3}$  ✓

$$\gamma_m = 6,25 (g' q)^{2/3} \frac{\rho}{g \Delta \rho_a} \rightarrow \gamma_m = 2,5 (0,255 \cdot 0,028)^{1/3} \left( \frac{1}{9,81 \cdot 1,8 \cdot 10^{-4}} \right)^{1/2} = 11,37 m > 11 m$$
 ✓

αρα  $\gamma_m = 11 m$  ✓

Υπολογισμός  $S_{apx}$

$$S = 0,36 \cdot 0,255^{1/3} \cdot 11 \cdot 0,028^{-2/3} = 27,4$$
 ✓

Υπολογισμός  $u_x$

Θετούμε  $C_{αληθ} \leq 250 FC/100 ml$

$$\rightarrow \frac{500000}{27,4 \cdot 4} \cdot e^{-1 \frac{600}{u_x}} \leq 250 \rightarrow e^{-\frac{600}{u_x}} \leq 0,0548 \rightarrow -\frac{600}{u_x} \leq -2,90$$

$$\rightarrow u_x \leq 206,6 \frac{m}{hr} \rightarrow u_x \leq 0,06 \frac{m}{s}$$
 ✓

αρα όταν οι ταχύτητες του θαλασσιού ρεύματος κατέτα στην αυτή δεν ξεπερνούν τα  $0,06 \frac{m}{s}$  η αυτή θεωρείται εξαιρετική ποιότητα. ✓



## Έργα διάθεσης λυμάτων στη θάλασσα

2015-16 Επαναληπτική 5° (~2014-15 Κανονική 5°) = Άσκηση 5<sup>η</sup> (στρωματομένη)

2013-14 Κανονική 5° (~17° μάθημα)

Επεξεργασμένα λύματα παροχής  $4320 \text{ m}^3/\text{h}$  με συγκέντρωση περιττωματικών κολοβακτηριδίων ίση με  $460\,000 \text{ FC}/100 \text{ mL}$  εκβάλλουν σε **μη στρωματομένη** θάλασσα σε βάθος  $25 \text{ m}$  μέσω υποβρύχιου αγωγού μήκους  $700 \text{ m}$ . Η ταχύτητα του κυρίαρχου θαλάσσιου ρεύματος προς την ακτή θεωρείται σταθερή και ίση με  $10 \text{ cm/sec}$  και ο μέσος συντελεστής καταστροφής κολοβακτηριδίων ισούται με  $0,5 \text{ h}^{-1}$ . Ζητούνται:

- α) Ποιο είναι το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος του διαχυτήρα ώστε να ικανοποιούνται τα όρια της Ελληνικής Νομοθεσίας περί ακτών κολύμβησης αποδεκτής ποιότητας;
- β) Εάν το κόστος κατασκευής του υποβρύχιου αγωγού είναι της τάξης των  $1500 \text{ ευρώ}$  ανά τρέχον μέτρο, ποιο το πρόσθετο κόστος που απαιτείται προκειμένου να ικανοποιούνται τα όρια της Ελληνικής Νομοθεσίας περί ακτών κολύμβησης εξαιρετικής ποιότητας; (Θεωρήστε ότι ο πυθμένας της θάλασσας είναι επίπεδος και το μήκος του διαχυτήρα ίσο με αυτό του ερωτήματος α).

Δίνονται:

$g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ , πυκνότητα λυμάτων  $1,0 \text{ gr/cm}^3$ , πυκνότητα θάλασσας  $1,025 \text{ gr/cm}^3$ .

Η αραιώση λόγω επιφανειακής διασποράς του πεδίου των λυμάτων θα θεωρηθεί για όλα τα ερωτήματα σταθερή και ίση με  $5$ .

2010-11 Κανονική 3° (17° μάθημα)

Επεξεργασμένα λύματα παροχής  $3600 \text{ m}^3/\text{h}$  και αρχικής συγκέντρωσης  $\text{No}=500.000 \text{ FC}/100 \text{ mL}$  εκβάλλουν σε **στρωματομένη** θάλασσα σε βάθος  $20 \text{ m}$  μέσω υποβρύχιου αγωγού μήκους  $1000 \text{ m}$  και διαχυτήρα μήκους  $40 \text{ m}$ . Η πυκνότητα της θάλασσας είναι  $1,027 \text{ gr/cm}^3$  στον πυθμένα και μειώνεται γραμμικά μέχρι την επιφάνεια, όπου η πυκνότητα γίνεται  $1,025 \text{ gr/cm}^3$ . Η ταχύτητα του κυρίαρχου θαλάσσιου ρεύματος προς την ακτή θεωρείται σταθερή και ίση με  $10 \text{ cm/sec}$  και ο μέσος συντελεστής καταστροφής κολοβακτηριδίων ισούται με  $1 \text{ h}^{-1}$ . Η αραιώση λόγω επιφανειακής διασποράς του πεδίου των λυμάτων είναι ίση με  $10$ . Ζητούνται:

- α) Το βάθος παγίδευσης και η συγκέντρωση των κολοβακτηριδίων στο παγιδευμένο πεδίο λυμάτων.
- β) Ποιο το μήκος του διαχυτήρα για το οποίο καθίσταται δυνατή η άνοδος του πεδίου των λυμάτων στην επιφάνεια; Στην περίπτωση αυτή ποια είναι η επιτυγχανόμενη συγκέντρωση κολοβακτηριδίων στην ακτή;

2009-10 Κανονική 3° (~2013-14 Κανονική 3° α)

Επεξεργασμένα λύματα παροχής  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$  και συγκέντρωσης κολοβακτηριδίων  $5 \cdot 10^6 \text{ FC}/100 \text{ mL}$ , εκβάλλουν σε **μη στρωματομένη** θάλασσα σε βάθος  $25 \text{ m}$  μέσω υποβρύχιου αγωγού μήκους  $1000 \text{ m}$  και διαχυτήρα μήκους  $L$ , ο οποίος είναι τοποθετημένος παράλληλα προς την ακτή. Ζητείται να βρεθεί το ελάχιστο μήκος διαχυτήρα για το οποίο ικανοποιούνται τα όρια της Ελληνικής Νομοθεσίας περί ακτών κολύμβησης εξαιρετικής ποιότητας (αποκλείεται η περίπτωση παγίδευσης των λυμάτων).

Δίνονται:

Ταχύτητα ρεύματος κάθετα προς την ακτή, η οποία για το 95% του χρόνου δεν υπερβαίνει τα  $10 \text{ cm/sec}$

Σταθερός συντελεστής φθοράς κολοβακτηριδίων  $k = 1 \text{ h}^{-1}$

Πυκνότητα λυμάτων  $= 1 \text{ gr/cm}^3$

Πυκνότητα θάλασσας  $= 1,025 \text{ gr/cm}^3$

Επόμενη αραιώση λόγω επιφανειακής διασποράς του πεδίου λυμάτων:  $5$ .



## Εργα διαλέξεως γυφάτων στη θαλάσσια

2013-14 Κανονική 5°

α) "αποδεκτή ποιότητα"  $\rightarrow C_{\text{ακτής}} < 500 \text{ FC}/100 \text{ mL}$ , όπου

$$C_{\text{ακτής}} = \frac{C_{\text{βυθ}}}{S_{\text{αpx}} S_{\text{ενδυ}}} \cdot e^{-k \frac{x}{u_x}}, u_x = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 360 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

αρα πρέπει  $\frac{460000 \text{ FC}/100 \text{ mL}}{5 \cdot S_{\text{αpx}}} \cdot e^{-0.5 \frac{700}{360}} < 500 \text{ FC}/100 \text{ mL}$

$\rightarrow S_{\text{αpx}} > 69.6$

Είναι  $S_{\text{αpx}} = \alpha (g')^{1/3} \gamma_m q^{-2/3}$ ,  $\alpha = 0.38$ ,  $\gamma_m = 25 \text{ m}$ ,  $g' = 9.81 \frac{1.025-1}{1} = 0.24525 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

αρα πρέπει  $q^{-2/3} > 11.7 \rightarrow \frac{Q}{L_{\text{διαx}}} < 11.7 \rightarrow L_{\text{διαx}} > \frac{4320 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h}}{0.025}$

$\rightarrow L_{\text{διαx}} > 48.1 \text{ m}$

β)  $L_{\text{διαx}} = 48.1 \text{ m}$ , "ο πυθμενας της θαλάσσιας είναι ενιμεδος"  $\rightarrow$  ίδια  $\gamma_m \rightarrow$  ίδια  $S_{\text{αpx}}$

"εξαιρετική ποιότητα"  $\rightarrow C_{\text{ακτής}} < 250 \text{ FC}/100 \text{ mL}$

$\rightarrow \frac{460000 \text{ FC}/100 \text{ mL}}{5 \cdot 69.6} \cdot e^{-0.5 \frac{700}{360}} < 250 \text{ FC}/100 \text{ mL}$

$\rightarrow x' > 1199$  αρα θα χρειασταν ενιμερον νερίνου  $1200 - 700 = 500 \text{ m}$

$\text{Σφδ } 500 \text{ m} \cdot 1500 \text{ €/m} = \underline{750000 \text{ €}}$

2009-10 Κανονική 3°

"εξαιρετική ποιότητα"  $\rightarrow C_{\text{ακτής}} < 250 \text{ FC}/100 \text{ mL}$

$$C_{\text{ακτής}} = \frac{C_{\text{βυθ}}}{S_{\text{αpx}} S_{\text{ενδυ}}} \cdot e^{-k \frac{x}{u_x}}, u_x = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}} = 360 \frac{\text{m}}{\text{h}}$$

αρα πρέπει  $\frac{5 \cdot 10^6 \text{ FC}/100 \text{ mL}}{5 \cdot S_{\text{αpx}}} \cdot e^{-\frac{1000}{360}} < 250 \text{ FC}/100 \text{ mL} \rightarrow S_{\text{αpx}} > 248.7$

Είναι  $S_{\text{αpx}} = \alpha (g')^{1/3} \gamma_m q^{-2/3}$ ,  $\alpha = 0.38$ ,  $\gamma_m = 25 \text{ m}$ ,  $g' = 9.81 \frac{1.025-1}{1} = 0.24525 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

αρα πρέπει  $q^{-2/3} > 41.8 \rightarrow \frac{1000 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h}}{L_{\text{διαx}}} < 41.8 \rightarrow \underline{L_{\text{διαx}} > 75.1 \text{ m}}$



2010-11 Κανονική 3°

α)  $\gamma_m = 6.25 (g'q)^{2/3} (\rho / (g \Delta \rho \alpha))^{1/3}$  ①

$g' = g \frac{\rho_{ao} - \rho}{\rho} = 9.81 \frac{1.027 - 1}{1} = 0.26487 \frac{m}{s^2}$

$q = \frac{Q}{L_{\delta iax}} = \frac{3600 \frac{m^3}{h} / 3600 \frac{s}{h}}{40 m} = 0.025 \frac{m^3}{s \cdot m}$

"μειώνεται γραφικώς"  $\rightarrow \lambda = \frac{\rho_{ao} - \rho_{aenig}}{H} = \frac{1.027 - 1.025}{20} = 10^{-4} \frac{g/cm^3}{m}$   
 $\Delta \rho \alpha = \lambda \gamma_m$  ②

①  $\xrightarrow{②} \gamma_m = 2.5 (g'q)^{1/3} \left(\frac{\rho}{g \lambda}\right)^{1/2} \rightarrow \underline{\gamma_m \approx 15 m}$  ( $< 20 m$  άρα όπως παγιδεύονται)

$S_{apx} = \alpha (g')^{1/3} \gamma_m q^{-2/3} \xrightarrow{\alpha = 0.36} S_{apx} = 40.6$

$C_{\kappa\alpha\pi\theta}^m = \frac{C_o}{S_{apx}} = \frac{500000 \text{ FC}/100 \text{ mL}}{40.6} = \underline{12325 \text{ FC}/100 \text{ mL}}$

β) "ακρόατος του πεδίου των γημάτων στην επιφάνεια"  $\rightarrow \gamma_m = 20 m$

(αλλαγή  $L_{\delta iax} \rightarrow$  αλλαγή  $q$ )  $2.5 (g'q)^{1/3} \left(\frac{\rho}{g \lambda}\right)^{1/2} = 20 \rightarrow q = 0.059 \frac{m^3}{s \cdot m}$

$\rightarrow \frac{3600 \frac{m^3}{h} / 3600 \frac{s}{h}}{L'_{\delta iax}} = 0.059 \rightarrow \underline{L'_{\delta iax} = 16.8 m}$

$S_{apx} = 0.36 (0.26487)^{1/3} \cdot 20 \cdot (0.059)^{-2/3} = 30.5$

$C_{\alpha\kappa\eta\eta} = \frac{C_{\mu\eta}}{S_{apx} S_{enoi\mu}} \cdot e^{-k \frac{x}{u_x}} = \frac{500000 \text{ FC}/100 \text{ mL}}{30.5 \cdot 10} \cdot e^{-1h \cdot \frac{1000 m}{0.1 \frac{m}{s} \cdot 3600 \frac{s}{h}}}$

$\rightarrow \underline{C_{\alpha\kappa\eta\eta} = 102 \text{ FC}/100 \text{ mL}}$  ( $< 250 \text{ FC}/100 \text{ mL}$ )

Άσκηση 57 στην εκφώνηση