



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

**ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΥΔΡΟΓΕΩΧΗΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ &
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΕΛΑΦΩΝ**

<<Μοντελοποίηση φόρτισης από σημειακές πηγές ρύπανσης>>

Παντής Άγγελος – 2018050055



Εισαγωγή

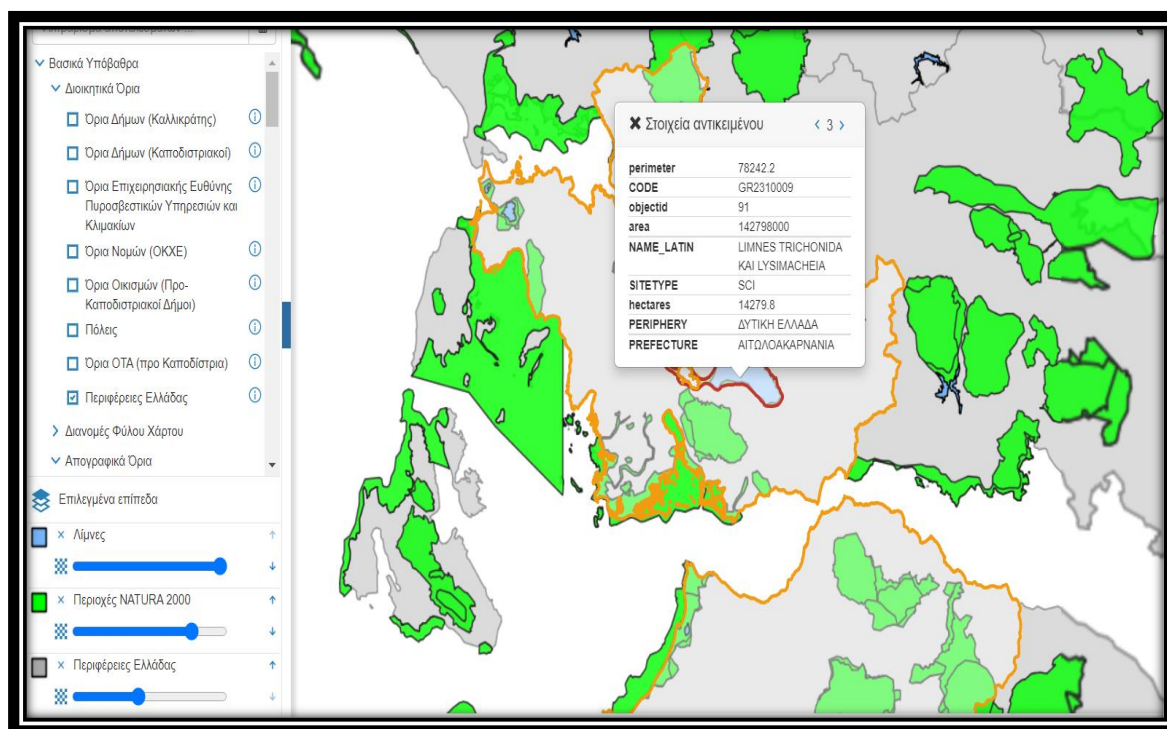
Η λίμνη Λυσιμαχεία ήταν αποδέκτης (μέχρι και το 2000) όλων των εκροών των ανεπεξέργαστων λυμάτων της πόλης του Αγρινίου που συγκεντρώνονταν στα καλυμμένα ρέματα και από εκεί διοχετεύονταν ανεπεξέργαστα στη λίμνη, με δυσμενείς επιπτώσεις όχι μόνο στην ίδια τη λίμνη, αλλά και για ολόκληρη την περιοχή.

Συγκεκριμένα, το ρυάκι Κατουρλής είναι το κυρίως υπεύθυνο για τα υψηλά επίπεδα των θρεπτικών, επειδή – παρά το σχετικά μικρό του μέγεθος – μεταφέρει τα μη επεξεργασμένα απόβλητα της πόλης του Αγρινίου. Μια άλλη πηγή ρύπανσης μπορεί να θεωρηθεί το ρυάκι Ερμίτσα, που μεταφέρει τα αστικά απόβλητα από τα χωριά Παναιτώλιο και Αβορανή, καθώς επίσης, σε μικρότερη έκταση, μερικά άλλα αποστραγγιστικά ή αρδευτικά κανάλια που καταλήγουν στη λίμνη.

Για το λόγο αυτό κατασκευάστηκε βιολογικός σταθμός επεξεργασίας των αστικών λυμάτων, ο οποίος λειτουργεί από το 2000 και δέχεται τα λύματα της πόλης του Αγρινίου.

Ωστόσο, η λίμνη συνεχίζει να ρυπαίνεται με απόβλητα, που προέρχονται από τα γύρω χωριά, καθώς και από τα λύματα των ελαιοτριβείων και των κτηνοτροφικών μονάδων (χοιροτροφεία), που δραστηριοποιούνται κοντά σε αυτή. Ακόμα, στο σύνολο της παραλίμνιας περιοχής της λίμνης εμφανίζονται αγροτικές δραστηριότητες. Οι μικροκαλλιέργητές, που δραστηριοποιούνται στην περιοχή, ασκούν εντατικής μορφής καλλιέργειες, χρησιμοποιώντας μεγάλες ποσότητες ζιζανιοκτόνων και λιπασμάτων. Η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων για τις εντατικές καλλιέργειες, έχει δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα ευτροφισμού, λόγω της απόπλυσης των εδαφών.

Η λίμνη Λυσιμαχεία (μαζί με τη λίμνη Τριχωνίδα) ανήκει στο δίκτυο προστατευόμενων περιοχών NATURA 2000.



Εικόνα 1: Λίμνες Λυσιμαχεία και Τριχωνίδα στο δίκτυο Natura 2000 (Geodata.gov.gr)

Πρόβλημα

Εργοστάσιο βιολογικού καθαρισμού εμπλουτίζει ένα ποτάμι με 6000 kg/year διαλυτό φωσφόρο. Το ποτάμι αυτό εισρέει στη λίμνη Λυσιμαχεία, που βρίσκεται στο νομό Αιτωλοακαρνανίας, με παροχή $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$. Η αρχική συγκέντρωση του διαλυτού φωσφόρου στη λίμνη είναι 8 mg/L . Ο όγκος της λίμνης είναι 10^7 m^3 και ο συντελεστής καθίζησης του φωσφόρου $0,05/\text{day}$.

Λεδομένα και μετατροπές μονάδων

$w = \text{Φορτίο P (kg/year)}$	mg/day
6000	$1,644 \cdot 10^4$

$Q = \text{Παροχή (m}^3/\text{y)}$	L/day
$6 \cdot 10^6$	$1,64 \cdot 10^7$

$C_0 = \text{Αρχική Συγκέντρωση (mg/L)}$	mg/L
8	$8 \cdot 10^{-3}$

$V = \text{Όγκος λίμνης (m}^3\text{)}$	L
10^7	10^{10}

Σταθερά καθίζησης k_s	0,05/day
-------------------------	----------

1) Ισοζύγιο μάζας φωσφόρου στη λίμνη Λυσιμαχεία

Υποθέσεις

- Πλήρης ανάμιξη χημικής ουσίας στη λίμνη.
- Συγκέντρωση εκροής ίση με στη συγκέντρωση εντός της λίμνης ($C = C_{\text{out}}$).
- Σταθερός όγκος και ογκομετρική παροχή λίμνης ($Q_{\text{in}} = Q_{\text{out}} = Q$, $V = \text{σταθ} \rightarrow \frac{dV}{dt} = 0$).
- Ρυθμός αντίδρασης (καθίζησης) φωσφόρου 1^{ης} τάξης ($r = k_s C^1$).

Η μεταβολή της μάζας του ρύπου εντός της λίμνης θα ισούται με την εισροή της μάζας από το ρυπασμένο ποτάμι, μείον την εκροή και μείον τη ποσότητα του ρύπου που καθιζάνει στον πυθμένα. Συγκεκριμένα, η γενική μορφή του ισοζυγίου διαμορφώνεται:

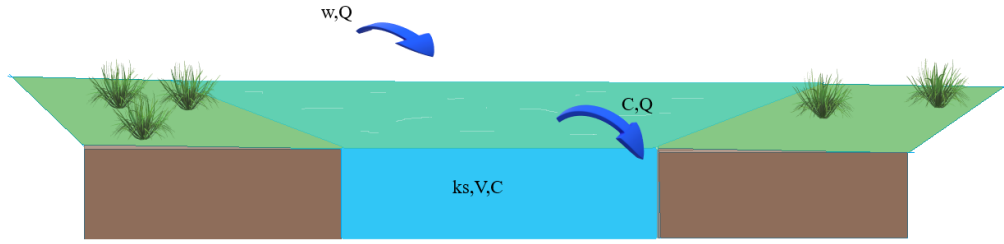
$$\frac{d(VC)}{dt} = Q_{\text{in}}C_{\text{in}} - Q_{\text{out}}C_{\text{out}} - rV \Rightarrow \frac{Vd(C)}{dt} + \frac{Cd(V)}{dt} = QC_{\text{in}} - QC_{\text{out}} - k_s CV$$

Διαιρώντας με τον όγκο που είναι σταθερός, και γνωρίζοντας ότι ο χρόνος παραμονής ισούται με $\tau = V/Q$, προκύπτει:

$$\frac{d(C)}{dt} = \frac{Q}{V}C_{\text{in}} - \frac{Q}{V}C_{\text{out}} - k_s C = \frac{C_{\text{in}}}{\tau} - \frac{C_{\text{out}}}{\tau} - k_s C = \frac{C_{\text{in}}}{\tau} - C\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)$$

Παρατηρείται ότι: $\frac{C_{\text{in}}}{\tau} = \frac{C_{\text{in}} \cdot Q}{\tau \cdot Q} = \frac{w}{V}$ με $w = QC_{\text{in}} \rightarrow [L^{-3}T^{-1}ML^3] \rightarrow [MT^{-1}] \rightarrow$ ρυθμός ροής μάζας

Άρα το ισοζύγιο εκφράζεται: $\frac{dC}{dt} = \frac{C_{\text{in}}}{\tau} - C\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)$ (1) ή $\frac{dC}{dt} = \frac{w}{V} - C\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)$ (1)'



Εικόνα 2: Εισροές και εκροές στον όγκο ελέγχου

2) Αναλυτική λύση εξίσωσης ισοζυγίου

Η (1) είναι 1^{ης} τάξης γραμμική μη ομογενής διαφορική εξίσωση, της μορφής:

$$y' + p(x)y = q(x)$$

$$, \text{ όπου } y' = \frac{dC}{dt}, y = C, p(x) = \left(\frac{1}{\tau} + k_s\right), q(x) = \frac{C_{in}}{\tau} = \frac{w}{V}$$

Σύμφωνα με τη θεωρία, η γενική λύση είναι της μορφής:

$$y = y_0 e^{-P(t)} + e^{-P(t)} \int_0^t e^{P(t)} q(t) dt \quad (2)$$

$$, \text{ με } P(t) = \int p(t) dt = \int \left(\frac{1}{\tau} + k_s\right) dt = \left(\frac{1}{\tau} + k_s\right) t$$

Συνεπώς η (2) γίνεται:

$$C = C_0 e^{-\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} + e^{-\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} \int_0^t e^{\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} \frac{C_{in}}{\tau} dt \quad (2)'$$

Για τον υπολογισμό του ολοκληρώματος θέτουμε:

$$u = \left(\frac{1}{\tau} + k_s\right) t \rightarrow t = \frac{u}{\frac{1}{\tau} + k_s} = \frac{\tau u}{1 + k_s \tau} \rightarrow dt = \frac{\tau}{1 + k_s \tau} du$$

Το ολοκλήρωμα γίνεται:

$$\int_0^t e^{\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} \frac{C_{in}}{\tau} dt = \frac{C_{in}}{\tau} \times \int_0^{\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} e^u du \frac{\tau}{1 + k_s \tau} = \frac{C_{in}}{\tau} \frac{\tau}{1 + k_s \tau} (e^{\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} - e^0) \quad (3)$$

Αντικαθιστώντας τη (3) στη (2)':

$$C = C_0 e^{-\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} + \frac{C_{in}}{1 + k_s \tau} e^{-\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} \left(e^{\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} - 1 \right)$$

Τελικά, καταλήγουμε:

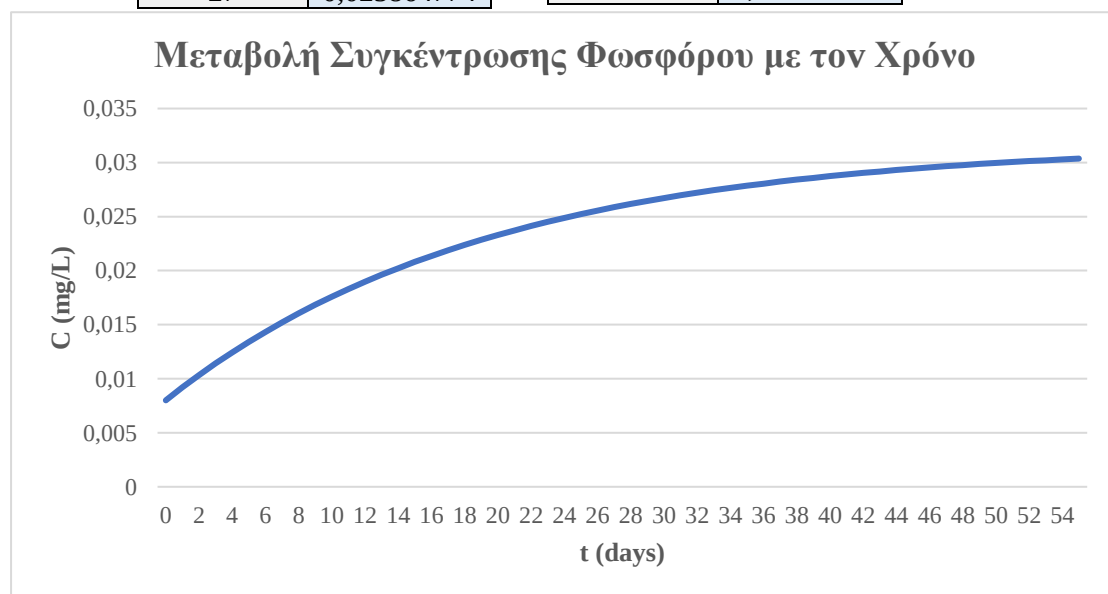
$$C = C_0 e^{-\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} + \frac{C_{in}}{1 + k_s \tau} \left(1 - e^{-\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)t} \right) \quad (4)$$

$$\text{Ο όρος } \frac{C_{in}}{1 + k_s \tau} \text{ μπορεί να αντικατασταθεί με } \frac{\frac{C_{in}}{\tau}}{\frac{1}{\tau} + k_s} = \frac{\frac{w}{V}}{\frac{1}{\tau} + k_s} = \frac{w}{V\left(\frac{1}{\tau} + k_s\right)} = \frac{w}{Q + k_s V}$$

3) Αριθμητική λύση διαφορικής εξίσωσης και γραφική αναπαράσταση

Σε περιβάλλον Excel λαμβάνονται τιμές χρόνου ανά περίοδο μιας μέρας. Έπειτα εκφράζονται οι όροι της εξίσωσης (4) με τις κατάλληλες πράξεις κελιών, με σκοπό να υπολογιστεί για κάθε t (ημέρα) η συγκέντρωση C του ρύπου εντός της λίμνης.

t (days)	C	t (days)	C
0	0,008	28	0,026161291
1	0,009195707	29	0,026442884
2	0,01033123	30	0,026710303
3	0,011409598	31	0,026964262
4	0,012433689	32	0,027205438
5	0,013406235	33	0,027434475
6	0,014329829	34	0,027651984
7	0,015206936	35	0,027858546
8	0,016039895	36	0,02805471
9	0,016830929	37	0,028241001
10	0,017582147	38	0,028417915
11	0,018295555	39	0,028585924
12	0,018973054	40	0,028745477
13	0,019616453	41	0,028897
14	0,020227467	42	0,029040895
15	0,020807728	43	0,029177548
16	0,021358781	44	0,029307323
17	0,021882099	45	0,029430566
18	0,022379077	46	0,029547606
19	0,02285104	47	0,029658754
20	0,023299247	48	0,029764309
21	0,023724895	49	0,02986455
22	0,024129119	50	0,029959746
23	0,024512997	51	0,03005015
24	0,024877553	52	0,030136004
25	0,02522376	53	0,030217537
26	0,025552541	54	0,030294966
27	0,025864774	55	0,030368498



Διάγραμμα 1: Αριθμητική λύση

Τόσο από το διάγραμμα όσο και από τους πίνακες, παρατηρείται ότι η συγκέντρωση αρχίζει να σταθεροποιείται μετά από περίπου 50 ημέρες, κοντά σε μια συγκέντρωση $0,03 \text{ mg/L}$. Δηλαδή, μετά από αυτό το διάστημα στο σύστημα επικρατούν μόνιμες συνθήκες, με $C_{ss} \approx 0,03 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$.

4) Αριθμητική λύση με μέθοδο Euler και γραφική αναπαράσταση

Αντί της εξίσωσης (4), θα υπολογιστεί με ανάλογες πράξεις κελιών η εξίσωση της μεθόδου του Euler:

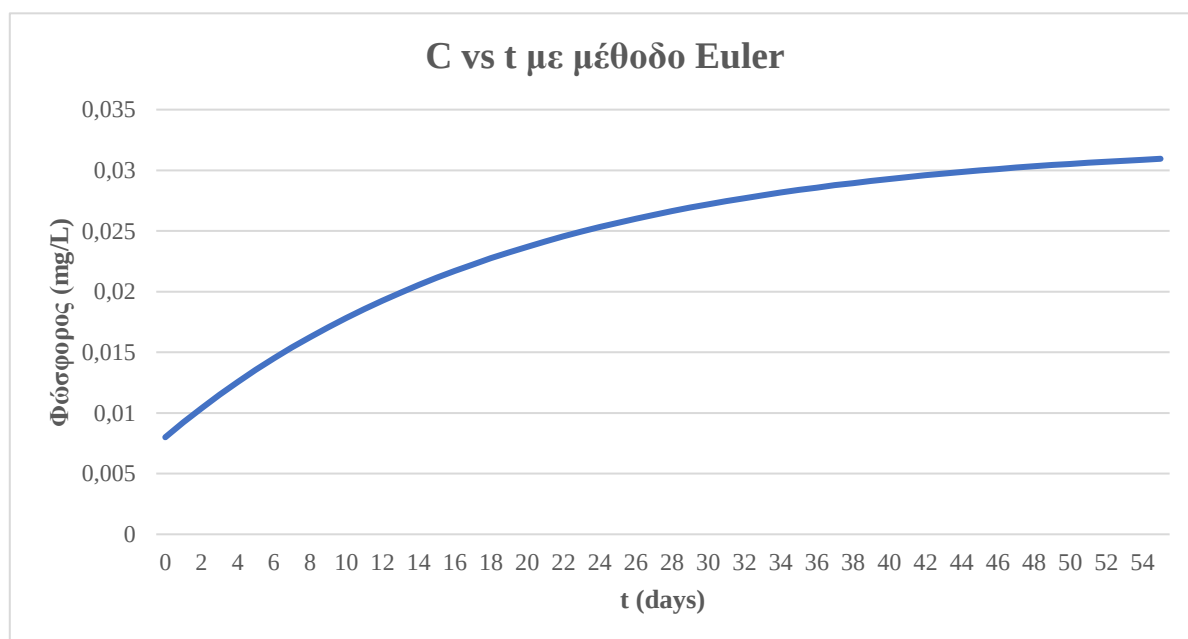
$$C_{i+1} = C_i + \frac{dc}{dt} \Delta t \quad (5)$$

Η (5) δηλώνει ότι κάθε επόμενη συγκέντρωση θα ισούται με το άθροισμα της προηγούμενης και του όρου που αποτελείται από μια μεταβολή της συγκέντρωσης επί ένα χρονικό βήμα. Το χρονικό βήμα είναι $\Delta t = 1$ ημέρα. Το dC/dt μπορεί να υπολογιστεί από την εξίσωση που βρέθηκε νωρίτερα για το ισοζύγιο. Από την (1)':

$$\frac{dC}{dt} = \frac{w}{V} - C \left(\frac{1}{\tau} + k_s \right), \text{ όπου } C \text{ οι συγκεντρώσεις που βρέθηκαν στο 3) για κάθε } t.$$

$$\rightarrow C_{i+1} = C_i + \left(\frac{w}{V} - C \left(\frac{1}{\tau} + k_s \right) \right) \Delta t \quad (5)'$$

Αφού δημιουργηθεί η (5)' σε περιβάλλον Excel με κατάλληλες πράξεις κελιών, βρίσκεται κάθε φορά η συγκέντρωση C_{i+1} και κατασκευάζεται το διάγραμμα της με το χρόνο. Οι αρχικές συνθήκες για $t = 0$ θα είναι $C_{i+1} = C_i = 0,08 \text{ mg/L}$.



Διάγραμμα 2: Λύση με μέθοδο Euler

Τα αποτελέσματα της μεθόδου Euler επαληθεύουν αυτά που προέκυψαν νωρίτερα. Συγκεκριμένα, στη Διάγραμμα 2 φαίνεται η συγκέντρωση του φωσφόρου να αποκτά μια μέγιστη σταθερή τιμή στις 50 περίπου ημέρες, με $C_{ss} \approx 0,03 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$. Τα παραπάνω μπορούν να παρατηρηθούν και από τις τιμές των δεδομένων C-t στον παρακάτω πίνακα.

t (days)	C _{i+1}
0	0,008
1	0,009226848
2	0,010391945
3	0,011498399
4	0,012549162
5	0,013547036
6	0,014494685
7	0,015394635
8	0,016249288
9	0,017060924
10	0,017831707
11	0,018563695
12	0,019258839
13	0,019918995
14	0,020545923
15	0,021141295
16	0,021706701
17	0,022243648
18	0,022753569
19	0,023237824
20	0,023697705
21	0,024134438
22	0,02454919
23	0,024943066
24	0,025317116
25	0,02567234
26	0,026009684
27	0,026330049

t (days)	C _{i+1}
28	0,026634288
29	0,026923215
30	0,027197598
31	0,027458172
32	0,027705629
33	0,027940632
34	0,028163806
35	0,028375746
36	0,02857702
37	0,028768162
38	0,028949684
39	0,029122069
40	0,029285778
41	0,029441246
42	0,02958889
43	0,029729102
44	0,029862256
45	0,029988709
46	0,030108797
47	0,03022284
48	0,030331144
49	0,030433996
50	0,030531671
51	0,03062443
52	0,03071252
53	0,030796176
54	0,030875621
55	0,030951068

5) Υπολογισμός C_{ss} και κατάταξη λίμνης ανάλογα με τη τροφική της κατάσταση

Σε σταθερές συνθήκες (steady state) η συγκέντρωση του φωσφόρου θα παραμένει σταθερή. Θέτοντας στην εξίσωση του ισοζυγίου (1) $dC/dt = 0$, προκύπτει:

$$\frac{C_{in}}{\tau} = C \left(\frac{1}{\tau} + k_s \right) = \frac{w}{V} \Rightarrow C_{ss} = \frac{w}{V \left(\frac{1}{\tau} + k_s \right)} = \frac{1,64 \times 10^7 \text{ mg/day}}{10^{10} \frac{L}{\text{day}} \left(\frac{1}{608} + 0,05 \right)} = \frac{0,0317 \text{ mg}}{L} = \mathbf{31,7 \frac{\mu g}{L}}$$

Η εφαρμογή σταθερών συνθηκών στο ισοζύγιο μάζας του ρύπου επιβεβαιώνει και πάλι ότι η συγκέντρωσή του σε σταθερές συνθήκες είναι της τάξεως των $0,03 \text{ mg/L} = \mathbf{30 \mu g/L}$.

Ποιοτική παράμετρος	Ολιγοτροφική	Μεσοτροφική	Ευτροφική
Ολικός φώσφορος (μg/l)	<10	10-20	>20
Χλωροφύλλη (μg/l)	<4	4-10	>10
Βάθος Secchi (m)	>4	2-4	<2
DO (% κορεσμού)	>80	10-80	<10

Εικόνα 3: Τροφική κατάσταση βάσει συγκέντρωσης φωσφόρου

Λαμβάνοντας μια μέση τιμή συγκέντρωσης από την ανάλυση που έγινε παραπάνω ίση με 30μg/L, καταλήγουμε στο ότι η λίμνη παρουσιάζει σαφώς ευτροφικές συνθήκες. Αυτό το συμπέρασμα συμφωνεί και με τη πραγματικότητα, για τους λόγους που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή.

6) Χρόνος υποδιπλασιασμού συγκέντρωσης φωσφόρου αν μηδενιστεί το φορτίο που εισέρχεται και η επαναφορά του υπάρχοντος στο ίζημα θεωρηθεί αμελητέα.

Οι δύο παραπάνω υποθέσεις μεταφράζονται στην εξίσωση του ισοζυγίου ως ο μηδενισμός των όρων w/V ($w=0$) και $k_s C = 0$ ($r=0$).

$$\frac{dC}{dt} = \frac{w}{V} + k_s C - \frac{C}{\tau} \Rightarrow \frac{dC}{C} = -\frac{dt}{\tau} \Rightarrow \int_{C_0}^C \frac{dC}{C} = -\frac{1}{\tau} \int_0^t dt \Rightarrow \ln\left(\frac{C}{C_0}\right) = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow C = C_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\text{Για } C = C_0/2 : \frac{1}{2} = e^{-\frac{t}{\tau}} \Rightarrow \ln(1) - \ln(2) = -\frac{t}{\tau} \Rightarrow t = \ln(2) \tau = \ln 2 \times 608 \text{ days} = \mathbf{422 \text{ days}}$$

Στη παραπάνω ανάλυση έγινε η παραδοχή ότι δεν υπάρχει μεταβολή στη παροχή πριν και μετά την απόρριψη του φορτίου, ώστε ο χρόνος παραμονής τ να είναι ο ίδιος.

Στη πραγματικότητα ο χρόνος που βρέθηκε θα είναι μεγαλύτερος, καθώς η παραδοχή απουσίας αντίδρασης (επαναφορά από τα ιζήματα $+k_s C$) δεν ήταν πολύ ασφαλής.

Βιβλιογραφία

1. Jerald L. , Περιβαλλοντικά Μοντέλα, 2^η Έκδοση. Εκδόσεις Τζιόλα, 2017.
2. Γεροδημητρίου Δ. Παρμάκης Β. Ζαλώνης Ι. ,(2005). Ανθρωπογενής δραστηριότητες και οικολογικός χάρτης της λίμνης Λυσιμάχειας του νομού Αιτ/νίας.

Παράρτημα Ι : Δεδομένα Excel ερωτήματος 3)

t(days)	Q (L/day)	w(mg/day)	$e^{-(1/\tau+k)t}$	w/(Q+kV)	C
0	16440000	16400000	1	0,031755867	0,008
1	16440000	16400000	0,949666888	0,031755867	0,009195707
2	16440000	16400000	0,901867198	0,031755867	0,01033123
3	16440000	16400000	0,856473416	0,031755867	0,011409598
4	16440000	16400000	0,813364443	0,031755867	0,012433689
5	16440000	16400000	0,77242528	0,031755867	0,013406235
6	16440000	16400000	0,733546712	0,031755867	0,014329829
7	16440000	16400000	0,696625023	0,031755867	0,015206936
8	16440000	16400000	0,661561718	0,031755867	0,016039895
9	16440000	16400000	0,628263258	0,031755867	0,016830929
10	16440000	16400000	0,596640813	0,031755867	0,017582147
11	16440000	16400000	0,566610024	0,031755867	0,018295555
12	16440000	16400000	0,538090778	0,031755867	0,018973054
13	16440000	16400000	0,511006995	0,031755867	0,019616453
14	16440000	16400000	0,485286423	0,031755867	0,020227467
15	16440000	16400000	0,460860447	0,031755867	0,020807728
16	16440000	16400000	0,437663906	0,031755867	0,021358781
17	16440000	16400000	0,41563492	0,031755867	0,021882099
18	16440000	16400000	0,394714721	0,031755867	0,022379077
19	16440000	16400000	0,374847501	0,031755867	0,02285104
20	16440000	16400000	0,35598026	0,031755867	0,023299247
21	16440000	16400000	0,338062665	0,031755867	0,023724895
22	16440000	16400000	0,321046919	0,031755867	0,024129119
23	16440000	16400000	0,304887629	0,031755867	0,024512997
24	16440000	16400000	0,289541686	0,031755867	0,024877553
25	16440000	16400000	0,274968152	0,031755867	0,02522376
26	16440000	16400000	0,261128149	0,031755867	0,025552541
27	16440000	16400000	0,247984757	0,031755867	0,025864774
28	16440000	16400000	0,235502912	0,031755867	0,026161291
29	16440000	16400000	0,223649318	0,031755867	0,026442884
30	16440000	16400000	0,212392352	0,031755867	0,026710303
31	16440000	16400000	0,201701984	0,031755867	0,026964262
32	16440000	16400000	0,191549695	0,031755867	0,027205438
33	16440000	16400000	0,181908403	0,031755867	0,027434475
34	16440000	16400000	0,172752387	0,031755867	0,027651984
35	16440000	16400000	0,164057222	0,031755867	0,027858546
36	16440000	16400000	0,155799711	0,031755867	0,02805471
37	16440000	16400000	0,147957827	0,031755867	0,028241001
38	16440000	16400000	0,140510649	0,031755867	0,028417915
39	16440000	16400000	0,133438311	0,031755867	0,028585924
40	16440000	16400000	0,126721945	0,031755867	0,028745477
41	16440000	16400000	0,120343635	0,031755867	0,028897
42	16440000	16400000	0,114286366	0,031755867	0,029040895
43	16440000	16400000	0,108533977	0,031755867	0,029177548
44	16440000	16400000	0,103071124	0,031755867	0,029307323
45	16440000	16400000	0,097883234	0,031755867	0,029430566
46	16440000	16400000	0,092956466	0,031755867	0,029547606
47	16440000	16400000	0,088277678	0,031755867	0,029658754
48	16440000	16400000	0,083834388	0,031755867	0,029764309

Παράρτημα II : Δεδομένα Excel ερωτήματος 4)

t(days)	Δt (day)	w/v	C (mg/L)	w/v- C(1/τ+k) = dC/dt	C _{i+1} (mg/L)
0	0	0,00164	0,008	0,001226848	0,008
1	1	0,00164	0,009195707	0,001165097	0,009226848
2	1	0,00164	0,01033123	0,001106454	0,010391945
3	1	0,00164	0,011409598	0,001050763	0,011498399
4	1	0,00164	0,012433689	0,000997875	0,012549162
5	1	0,00164	0,013406235	0,000947648	0,013547036
6	1	0,00164	0,014329829	0,00089995	0,014494685
7	1	0,00164	0,015206936	0,000854653	0,015394635
8	1	0,00164	0,016039895	0,000811636	0,016249288
9	1	0,00164	0,016830929	0,000770784	0,017060924
10	1	0,00164	0,017582147	0,000731988	0,017831707
11	1	0,00164	0,018295555	0,000695144	0,018563695
12	1	0,00164	0,018973054	0,000660156	0,019258839
13	1	0,00164	0,019616453	0,000626928	0,019918995
14	1	0,00164	0,020227467	0,000595373	0,020545923
15	1	0,00164	0,020807728	0,000565406	0,021141295
16	1	0,00164	0,021358781	0,000536947	0,021706701
17	1	0,00164	0,021882099	0,000509921	0,022243648
18	1	0,00164	0,022379077	0,000484255	0,022753569
19	1	0,00164	0,02285104	0,000459881	0,023237824
20	1	0,00164	0,023299247	0,000436734	0,023697705
21	1	0,00164	0,023724895	0,000414752	0,024134438
22	1	0,00164	0,024129119	0,000393876	0,02454919
23	1	0,00164	0,024512997	0,000374051	0,024943066
24	1	0,00164	0,024877553	0,000355224	0,025317116
25	1	0,00164	0,02522376	0,000337344	0,02567234
26	1	0,00164	0,025552541	0,000320365	0,026009684
27	1	0,00164	0,025864774	0,00030424	0,026330049
28	1	0,00164	0,026161291	0,000288926	0,026634288
29	1	0,00164	0,026442884	0,000274384	0,026923215
30	1	0,00164	0,026710303	0,000260573	0,027197598
31	1	0,00164	0,026964262	0,000247458	0,027458172
32	1	0,00164	0,027205438	0,000235002	0,027705629
33	1	0,00164	0,027434475	0,000223174	0,027940632
34	1	0,00164	0,027651984	0,000211941	0,028163806
35	1	0,00164	0,027858546	0,000201273	0,028375746
36	1	0,00164	0,02805471	0,000191143	0,02857702
37	1	0,00164	0,028241001	0,000181522	0,028768162
38	1	0,00164	0,028417915	0,000172385	0,028949684
39	1	0,00164	0,028585924	0,000163709	0,029122069
40	1	0,00164	0,028745477	0,000155469	0,029285778
41	1	0,00164	0,028897	0,000147643	0,029441246
42	1	0,00164	0,029040895	0,000140212	0,02958889
43	1	0,00164	0,029177548	0,000133155	0,029729102
44	1	0,00164	0,029307323	0,000126453	0,029862256