

Modelarea matematică și simularea interacțiunii nutrient-fitoplancton-zooplancton într-un lac

Petrică D. Toma

S.C. Apa Nova București S.A. Autor corespondent: P. D. Toma,
danielpetre2006@yahoo.com

Abstract. Modelling and simulation nutrient-phytoplankton-zooplankton interaction in a lake. In this paper is presented the mathematical model of nutrient-phytoplankton-zooplankton interaction in the water of a lake. The mathematical model was developed using Scilab-Xcos program and allows the visualization of the temporal evolution of the following parameters: phytoplankton carbon equivalent C_a , carbon equivalent phosphorus C_p , total zooplankton Z and carbon equivalent C_t . Also in this work is presenting an example of simulation parameters mentioned above under varied process parameters influencing raise or lower (water temperature, water depth lake minimum daily solar radiation intensity, and so on).

Key Words: nutrients, phytoplankton, zooplankton, mathematical modeling, simulation, Xcos.

Introducere. Existența, dar și structura, gradul de dezvoltare și populațiile speciilor dintr-un lac, depind de interrelațiile dintre grupurile de faună și floră, precum și de fluxurile energetice și nutritive. Aceste interdependențe sunt mai comod de explicat dacă se au în vedere tipurile de activități desfășurate de fiecare specie pentru a-și asigura hrana.

Nutrienții anorganici constituie suportul chimic pe care se dezvoltă viața în corpurile de apă. Unul dintre nutrienții cei mai importanți în cazul lacurilor îl reprezintă fosforul.

Pentru evaluarea cantitativă a evoluțiilor algale este necesar să se cunoască proporțiile în care diferite substanțe contribuie la crearea biomasei.

În medie, biomasa fitoplanctonului este constituită din circa 90% apă și 10% alte substanțe (reprezentând greutatea uscată) (Popa 1998).

În cadrul acestui articol se prezintă modelarea matematică a interacțiunii nutrient-fitoplancton-zooplancton în apa unui lac cu ajutorul programului elaborat în Scilab-Xcos.

Modelul matematic al interacțiunii-nutrient-fitoplancton-zooplancton într-un lac. Interacțiunea nutrient-fitoplancton-zooplancton într-un lac este redată în schematizarea din Figura 1.

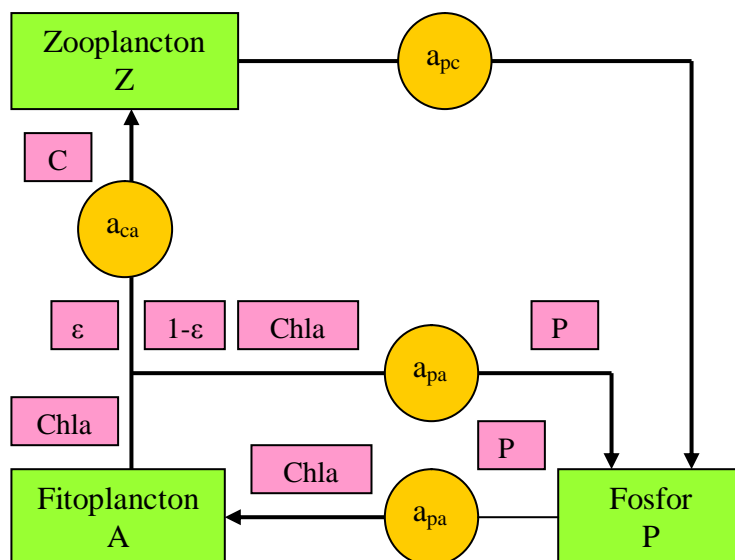


Figura 1. Schematizarea interacțiunilor nutrient-fitoplancton-zooplancton într-un lac (Popa 1998).

Ecuțiile matematice care descriu interacțiunea nutrient-fitoplancton-zooplancton într-un lac sunt (Popa 1998; Vuță & Dumitran 2012):

$$\frac{dA}{dt} = (k_c - k_{ra}) * A - c_{za} * Z * A \quad (1)$$

$$\frac{dZ}{dt} = a_{ca} * \varepsilon * c_{za} * Z * A - k_{dz} * Z \quad (2)$$

$$\frac{dP}{dt} = a_{pa} * (1 - \varepsilon) * c_{za} * Z * A + a_{pc} * k_{dz} * Z - a_{pa} * k_c * A \quad (3)$$

În care:

$$k_c = k_c(20) * \theta_c^{(T-20)} * \left[\frac{2.718 * f_z}{k_e * H} * (e^{-\alpha_1} - e^{-\alpha_0}) \right] * \left(\frac{P}{K_{sp} + P} \right) \quad (4)$$

$$\alpha_0 = \frac{I_a}{I_s} * e^{-k_e * z_1} ; \alpha_1 = \frac{I_a}{I_s} * e^{-k_e * z_2} ; I_a \cong 0.64 * I_m ;$$

$$I_m = \frac{\pi}{2 * f_z} * I_0 ; f_z = \frac{t_a - t_r}{24} ; \quad (5)$$

$$c_{za} = c_{za}(20) * \theta_{za}^{(T-20)} \quad (6)$$

$$k_{ra} = k_{ra}(20) * \theta_{ra}^{(T-20)} \quad (7)$$

$$k_{dz} = k_{dz}(20) * \theta_{dz}^{(T-20)} \quad (8)$$

$$\theta_{za} = \theta_{dz} = 1.08, \theta_{ra} = 1.024, \theta_c = 1.066 \quad (9)$$

$$a_{pc} = \frac{a_{pa}}{a_{ca}} \quad (10)$$

$$C_a = A * a_{ca} \quad (11)$$

$$C_p = \frac{P}{a_{pc}} \quad (12)$$

$$C_t = C_a + C_p + Z \quad (13)$$

În care:

A – biomasa de fitoplancton din apă [mg/m^3];

Z – biomasa de zooplancton din apă [mg/m^3];

P – concentrația de fosfor din apă [mg/m^3];

C_a – carbon echivalent pentru fitoplanctonul din apă [mg/m^3];

C_p – carbon echivalent pentru fosforul din apă [mg/m^3];

C_t – carbonul echivalent total din apă [mg/m^3];

k_c – viteza de creștere algală [zi^{-1}];

k_{ra} – pierderile prin respirație și excreție a biomasei de zooplancton [zi^{-1}];

c_{za} – viteza de consum algal de către zooplancton [$\text{m}^3/\text{g C} \cdot \text{zi}$];

k_{dz} – viteza de dispariție a zooplanctonului prin respirație, excreție și deces [zi^{-1}];

a_{pa} – raportul fosfor-clorofilă [$\text{mg P}/\text{mg Chla}$];

a_{ca} – raportul carbon-clorofilă [$\text{mg C}/\text{mg Chla}$];

a_{pc} – raportul fosfor-carbon [$\text{mg P}/\text{mg C}$];

T – temperatura apei [$^{\circ}\text{C}$];

H – adâncimea lacului [m];

z_1 – cota de adâncime a suprafeței lacului [m];

z_2 – cota de adâncime a bazei lacului [m];

I_0 – intensitatea radiației solare zilnice minime [W/m^2];

I_m – intensitatea radiației solare zilnice maxime [W/m^2];

f_z – fracția zilnică de insolație;

I_s – nivelul luminos optim pentru creștere algală cu valori de $48.3 \div 193.2 \text{ W}/\text{m}^2$;

t_a – ora la care apune soarele;

t_r – ora la care răsare soarele;

$k_c(20)$ – viteza de creștere algală la temperatura de 20°C [zi^{-1}];

$k_{ra}(20)$ – pierderile prin respirație și excreție a biomasei de zooplancton la temperatura de 20°C [zi^{-1}];

$c_{za}(20)$ – viteza de consum algal de către zooplancton la temperatura de 20°C [$\text{m}^3/\text{g C} \cdot \text{zi}$];

$k_{dz}(20)$ – viteza de dispariție a zooplanctonului prin respirație, excreție și deces la temperatura de 20°C [zi^{-1}];

$\theta_{za}, \theta_{dz}, \theta_{ra}, \theta_c$ – coeficienți de corecție empirici.

Plecând de la ecuațiile de mai sus, am realizat în Scilab-Xcos schemele din Figurile 2, 3 și 4 cu ajutorul cărora se pot face simulări pentru diverse scenarii.

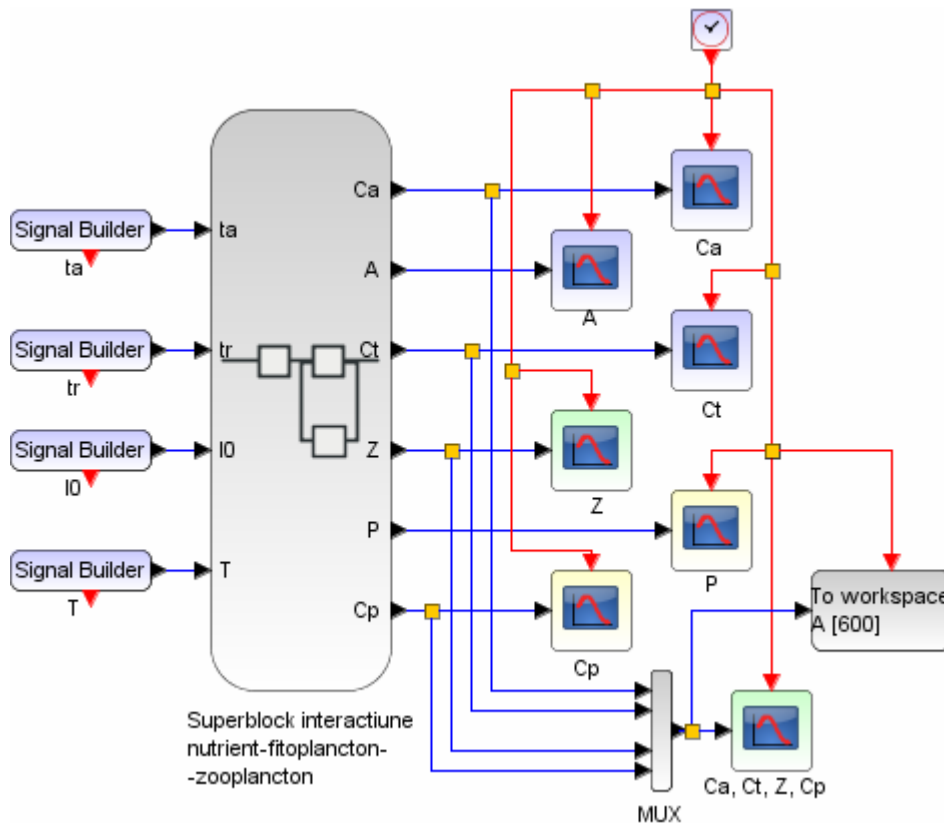


Figura 2. Schema Xcos de simulare a interacțiunii nutrient-fitoplancton-zooplancton într-un lac.

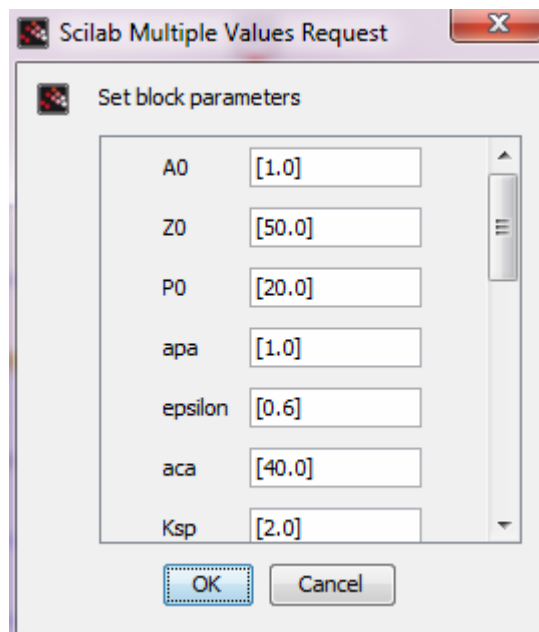


Figura 3. Caseta cu parametrii Superblock interacțiune nutrient-fitoplancton-zooplancton din Figura 2.

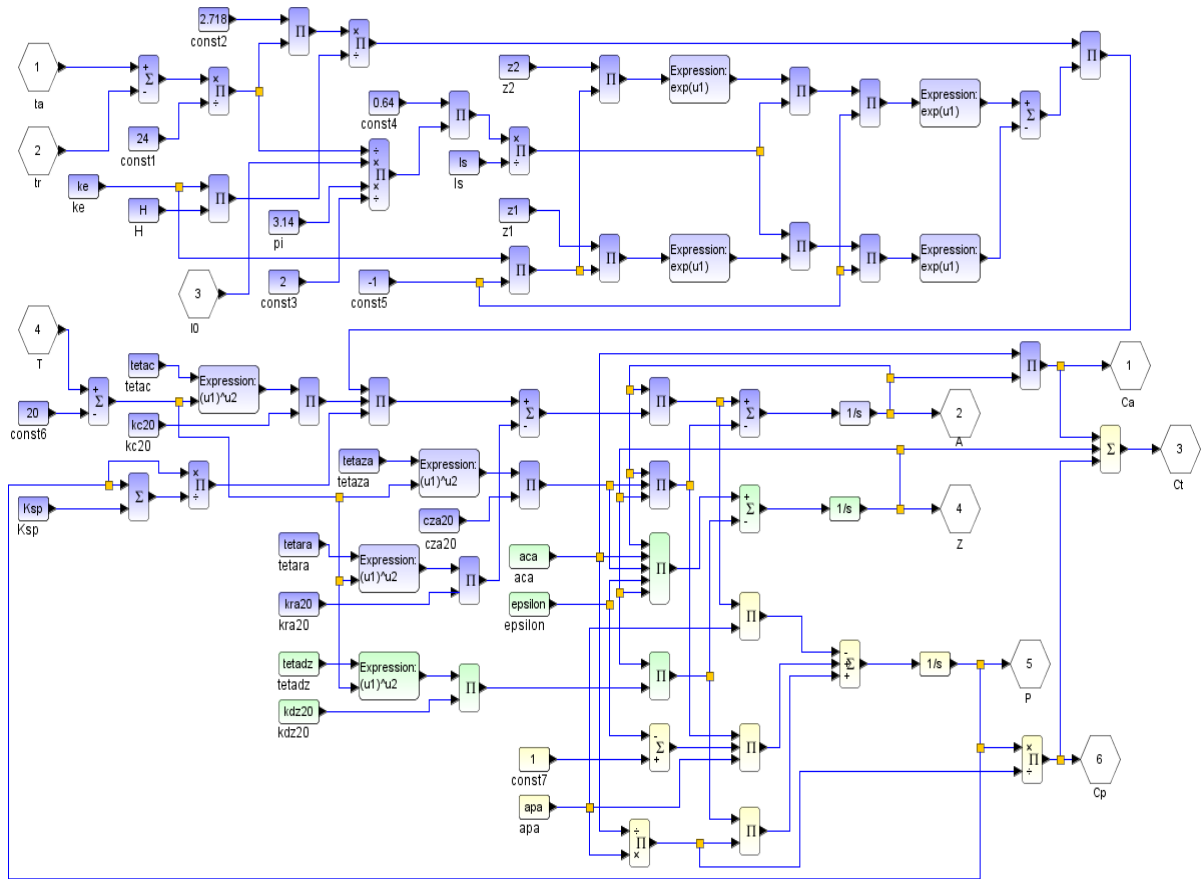


Figura 4. Schema Xcos Superblock interacțiune nutrient-fitoplancton-zooplancton din Figura 2.

Exemplu de simulare. Date inițiale:

- adâncimea apei lacului $H = 30 \text{ m}$;
- $k_c(20) = 2 \text{ zi}^{-1}$; $c_{za}(20) = 0.0018 \text{ m}^3/\text{g C} \cdot \text{zi}^{-1}$; $k_{ra}(20) = 0.025 \text{ zi}^{-1}$; $k_{dz}(20) = 0.1 \text{ zi}^{-1}$; $\theta_c = 1.066$; $\theta_{za} = \theta_{ra} = \theta_{dz} = 1.08$; $I_s = 169 \text{ W}/\text{m}^2$; $z_1 = 0$; $z_2 = 30$; $\epsilon = 0.6$; $a_{pa} = 1 \text{ mg P}/\text{mg Chla}$; $a_{ca} = 40 \text{ mg C}/\text{mg Chla}$; $k_e = 0.2 \text{ m}^{-1}$; $K_{sp} = 2 \text{ mg P}/\text{m}^3$; $A_0 = 1 \text{ mg Chla}/\text{m}^3$; $Z_0 = 50 \text{ mg C}/\text{m}^3$; $P_0 = 20 \text{ mg P}/\text{m}^3$;
- timpul pentru care se face simularea $t = 365$ zile;
- intensitatea radiației solare zilnice minime I_0 [W/m²] are evoluția în perioada simulată conform graficului din Figura 5;

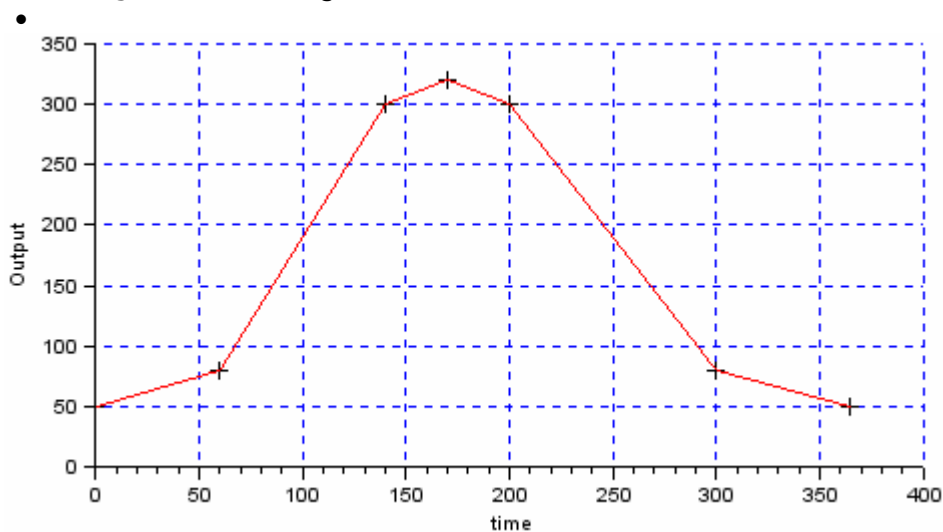


Figura 5. Evoluția intensității radiației solare minime zilnice (I_0) pe perioada de timp simulată.

- ora la care apune soarele t_a respectiv la care răsare soarele t_r au evoluția în perioada simulată conform graficelor din Figurile 6 și 7;

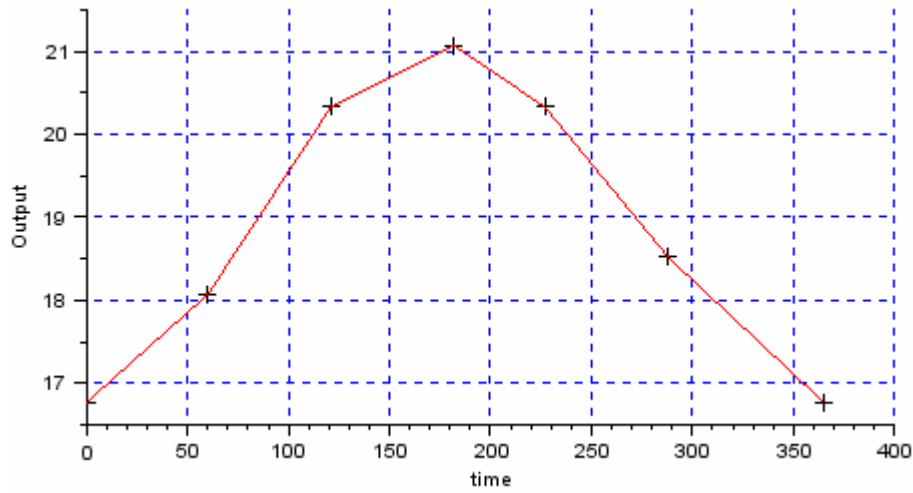


Figura 6. Evoluția orei la care apune soarele (t_a) în perioada de timp simulată.

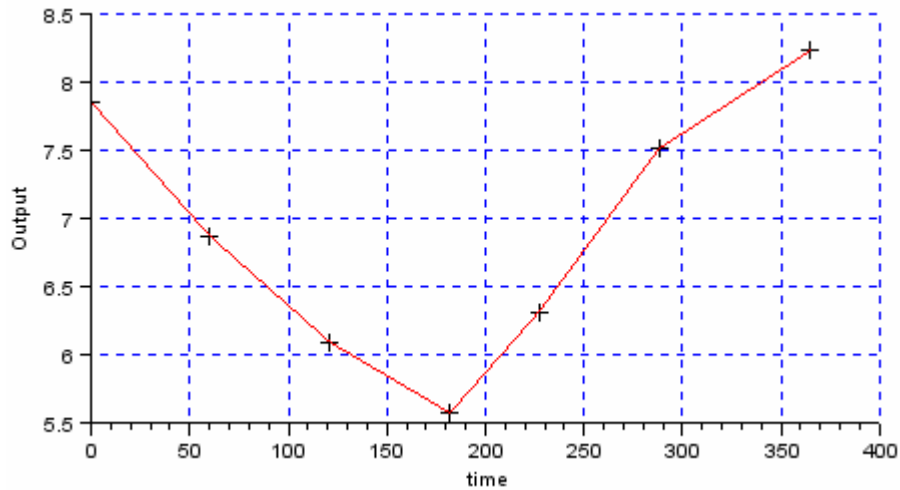


Figura 7. Evoluția orei la care răsare soarele (t_r) în perioada de timp simulată.

- temperatura apei lacului T [$^{\circ}\text{C}$] are evoluția în perioada simulată conform graficului din Figura 8.

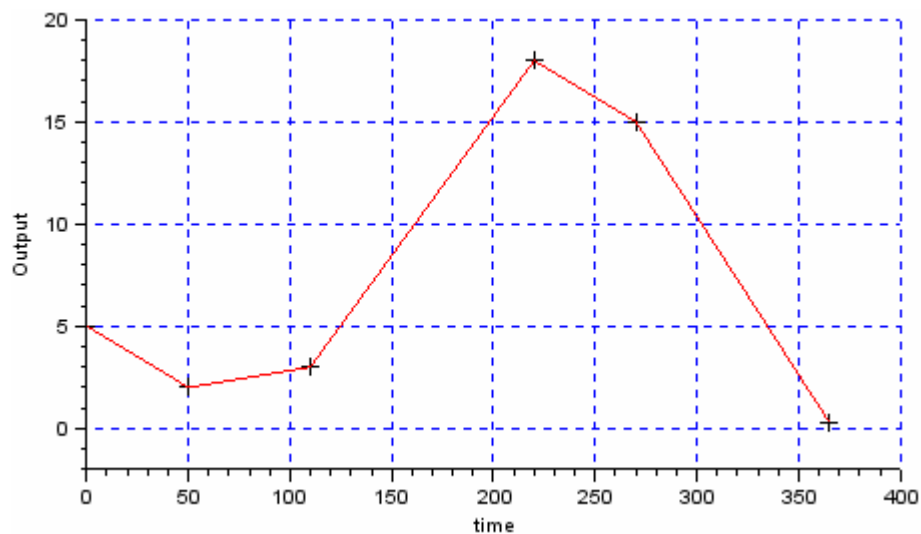


Figura 8. Evoluția temperaturii apei lacului (T) pe perioada de timp simulată.

În urma simulării se poate vedea grafic cum au evoluat în perioada de timp simulată următorii parametri: carbonul echivalent pentru fitoplancton C_a , carbonul echivalent pentru fosfor C_p , zooplanctonul Z și carbonul echivalent total C_t (Figura 9).

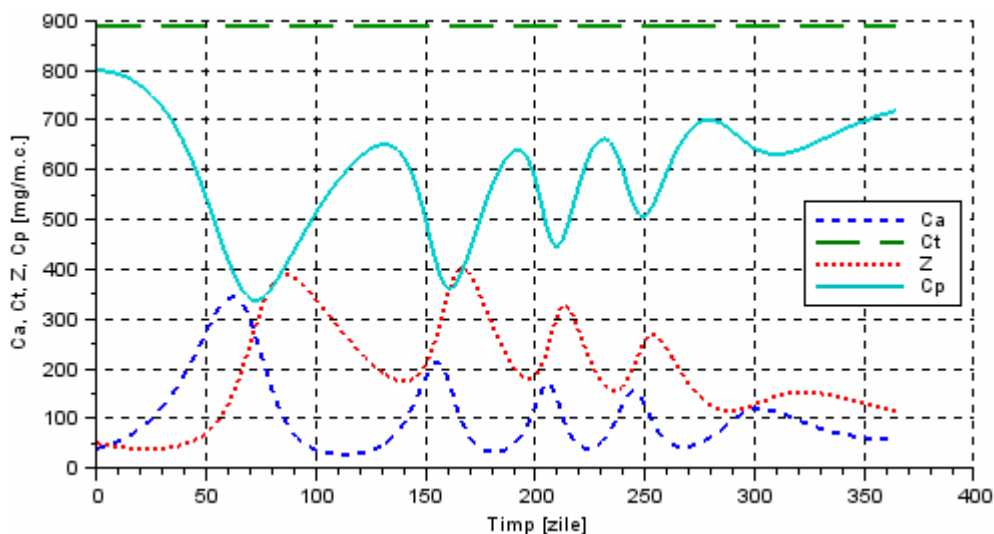


Figura 9. Evoluția carbonului echivalent pentru fitoplancton C_a , a carbonului echivalent pentru fosfor C_p , a zooplanctonului Z și a carbonului echivalent total C_t din apa unui lac pe o perioadă de un an de zile.

Concluzii. Programul de calcul (Figurile 2, 3 și 4) elaborat de autorul acestui articol în Scilab-Xcos, rezolvă ecuațiile matematice (1÷3) care descriu în timp evoluția carbonului echivalent pentru fitoplancton C_a , a carbonului echivalent pentru fosfor C_p , a zooplanctonului Z și a carbonului echivalent total C_t din apa unui lac. Astfel, acest program este util la exploatarea lacurilor, putându-se face simulări și astfel se poate vedea cum au evoluat în perioada de timp simulată și pentru condițiile specifice fiecărui caz în parte, parametrii mai sus menționați, în condițiile de variere a parametrilor determinanți în cazul acestor procese (temperatură, adâncimea apei lacului, intensitatea radiației solare minime zilnice etc.).

Bibliografie

- Popa R., 1998 Modelarea calității apei din râuri. Edit. *H*G*A* București, 222 pp.
 Vuță L. I., Dumitran G. E., 2012 Study on Stâncă-Costești lake eutrophication process-causes, effects and management solutions. U.P.B. Sci Bull Series D 74(1):219-228.

Autori:

Petrică Daniel Toma, S.C. Apa Nova București S.A., București, România, e-mail: danielpetre2006@yahoo.com

Cum se citează acest articol:

Toma P. D., 2013 Modelarea matematică și simularea interacțiunii nutrient-fitoplancton-zooplancton într-un lac. Ecoterra 34: 42-48.