

Modelarea matematică și simularea evoluției nivelelor și volumelor de apă din rezervoarele unui sistem de alimentare cu apă

Petrică D. Toma

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

Abstract: **Mathematical modeling and simulation of the levels and volumes of water tanks for water supply system.** This paper presents a chain of a water supply system and the mathematical model of the evolution of water levels and volumes of storage tanks at the pumping stations of water supply system. The mathematical model was developed using the program developed by the author of this article in Scilab-Xcos. Also, the paper presents a simulation example.

Key Words: mathematical modeling, simulation, level, volume, Xcos.

Introducere. Sistemul de alimentare cu apă este alcătuit din totalitatea construcțiilor și instalațiilor necesare pentru satisfacerea cerințelor de apă ale tuturor folosințelor din centrele populate și industriale. Sistemul de alimentare cu apă al unui centru populat sau al unei industrii cuprinde, în general, ca părți componente, construcțiile și instalațiile pentru: captarea apei, corectarea (îmbunătățirea) calităților apei (sau tratarea apei), transportul, pomparea, înmagazinarea și distribuirea apei (Ionescu 2004).

În Figura 1 este prezentată filiera unui sistem de alimentare cu apă format din:

- stațiile de tratare a apei ST_1, ST_2, ST_3 ;
- apeductele A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 ;
- rezervoarele de înmagazinare a apei $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$;
- stațiile de pompare a apei SP_1, SP_2, SP_3 ;
- cartierele C_1, C_2, C_3 .

De la stațiile de tratare a apei, apa este transportată gravitațional cu ajutorul apeductelor spre rezervoarele de înmagazinare de la stațiile de pompare.

Rezervoarele de înmagazinare au rolul de a compensa consumul de apă din orele de vârf (se consumă mai multă apă decât produc stațiile de tratare a apei diferența fiind compensată din rezervoarele de înmagazinare) și de a asigura o rezervă de apă pentru cazuri de avarii sau de incendiu. În cazul sistemului de alimentare cu apă din Figura 1, fiecare stație de pompare este deservită de câte două rezervoare de înmagazinare a apei identice. Rezervoarele R_1, R_2, R_5 și R_6 au formă paralelipipedică, iar rezervoarele R_3 și R_4 au formă cilindrică.

În cadrul acestui articol se va prezenta un model matematic al evoluției nivelelor și volumelor de apă din rezervoarele de înmagazinare de la stațiile de pompare a apei pentru sistemul din Figura 1.

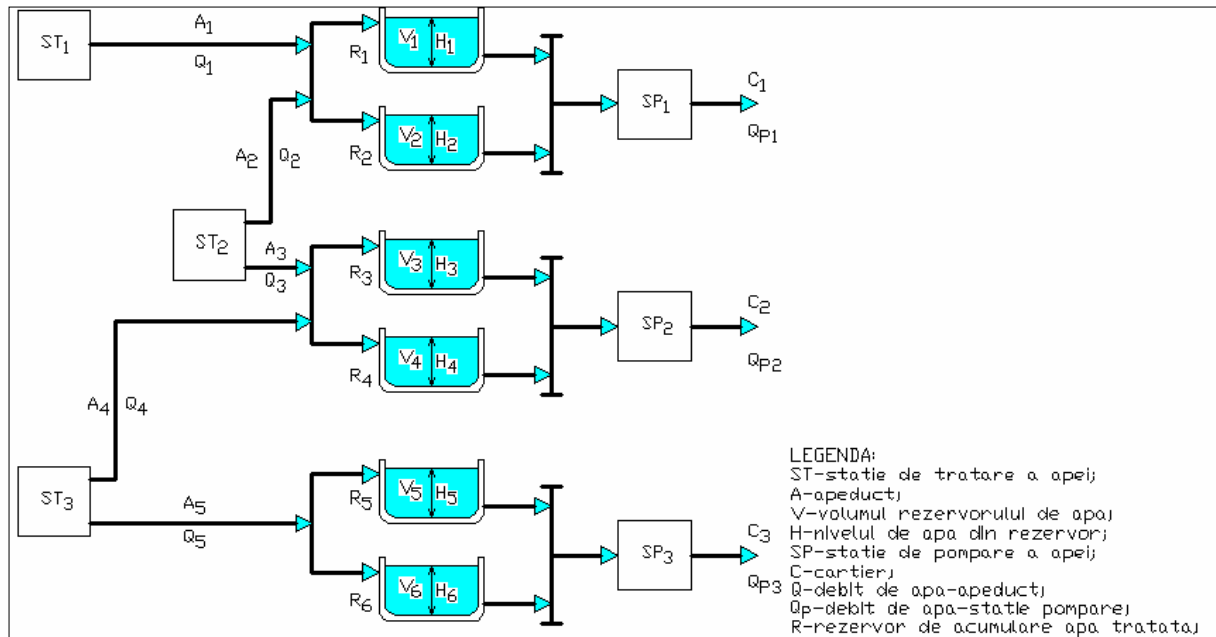


Figura 1. Schema unui sistem de alimentare cu apă.

Modelul matematic al evoluției nivelelor și volumelor de apă din rezervoarele de înmagazinare ale unui sistem de alimentare cu apă. În Figura 2 este prezentat un rezervor de înmagazinare a apei tratate de formă paralelipipedică, iar în Figura 3 un rezervor de înmagazinare a apei tratate de formă cilindrică.

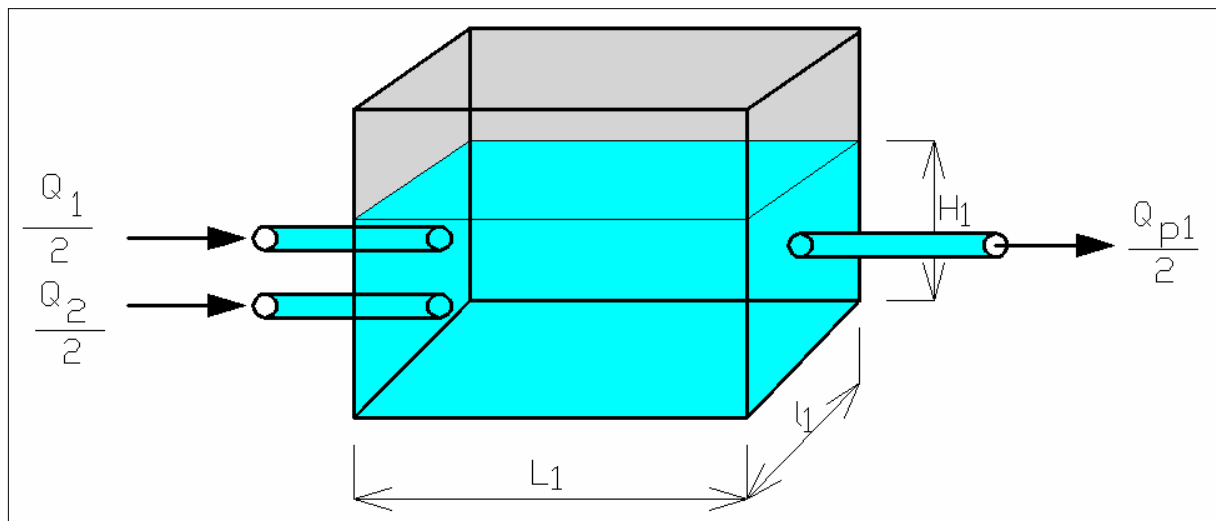


Figura 2. Schema rezervorului de apă nr. 1.

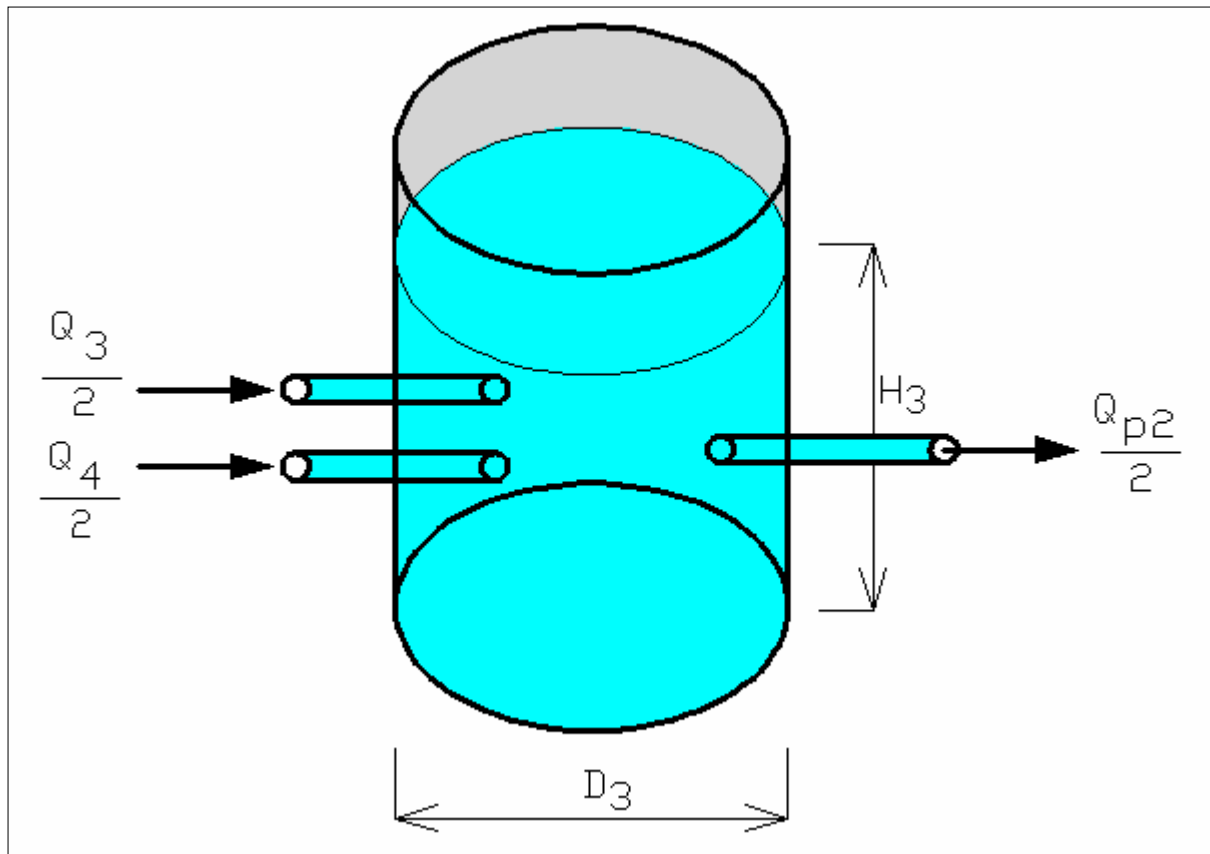


Figura 3. Schema rezervorului de apă nr. 3.

Ecuțiile matematice care descriu evoluția nivelului și volumului de apă în rezervoarele unui sistem de alimentare cu apă ca cel din Figura 1 sunt (Gernaey et al 2005):

$$\frac{dH_1}{dt} = \frac{dH_2}{dt} = \frac{Q_1 + Q_2 - Q_{p1}}{A_1} \quad (1)$$

$$\frac{dH_3}{dt} = \frac{dH_4}{dt} = \frac{Q_3 + Q_4 - Q_{p2}}{A_3} \quad (2)$$

$$\frac{dH_5}{dt} = \frac{dH_6}{dt} = \frac{Q_5 - Q_{p3}}{A_5} \quad (3)$$

$$A_1 = A_2 = L_1 * l_1 \quad (4)$$

$$A_3 = A_4 = \frac{\pi * D_3^2}{4} \quad (5)$$

$$A_5 = A_6 = L_5 * l_5 \quad (6)$$

$$V_1 = V_2 = A_1 * H_1 \quad (7)$$

$$V_3 = V_4 = A_3 * H_3 \quad (8)$$

$$V_5 = V_6 = A_5 * H_5 \quad (9)$$

În care:

$H_1 \div H_6$ – înălțimea rezervoarelor de apă [m];

L_1, L_2, L_5, L_6 – lungimea rezervoarelor de apă [m];

l_1, l_2, l_5, l_6 – lățimea rezervoarelor de apă [m];
 D_3, D_4 – diametrul rezervoarelor de apă [m];
 $A_1 \div A_6$ – aria rezervoarelor de apă [m²];
 $V_1 \div V_6$ – volumul de apă acumulat în rezervoare [m³];
 $Q_1 \div Q_5$ – debitul de apă transportat pe apeducte [m³/h];
 $Q_{P1} \div Q_{P3}$ – debitul de apă pompat de stațiile de pompare [m³/h];
 t – timpul [ore].

Plecând de la ecuațiile de mai sus, am realizat în Scilab-Xcos schemele din Figurile 4, 5 și 6, cu ajutorul cărora se pot face simulări și astfel se poate vedea evoluția nivelelor și volumelor de apă din rezervoarele de acumulare ale unui sistem de alimentare cu apă, preîntâmpinându-se situațiile în care nivelele de apă ar atinge cote alarmante.

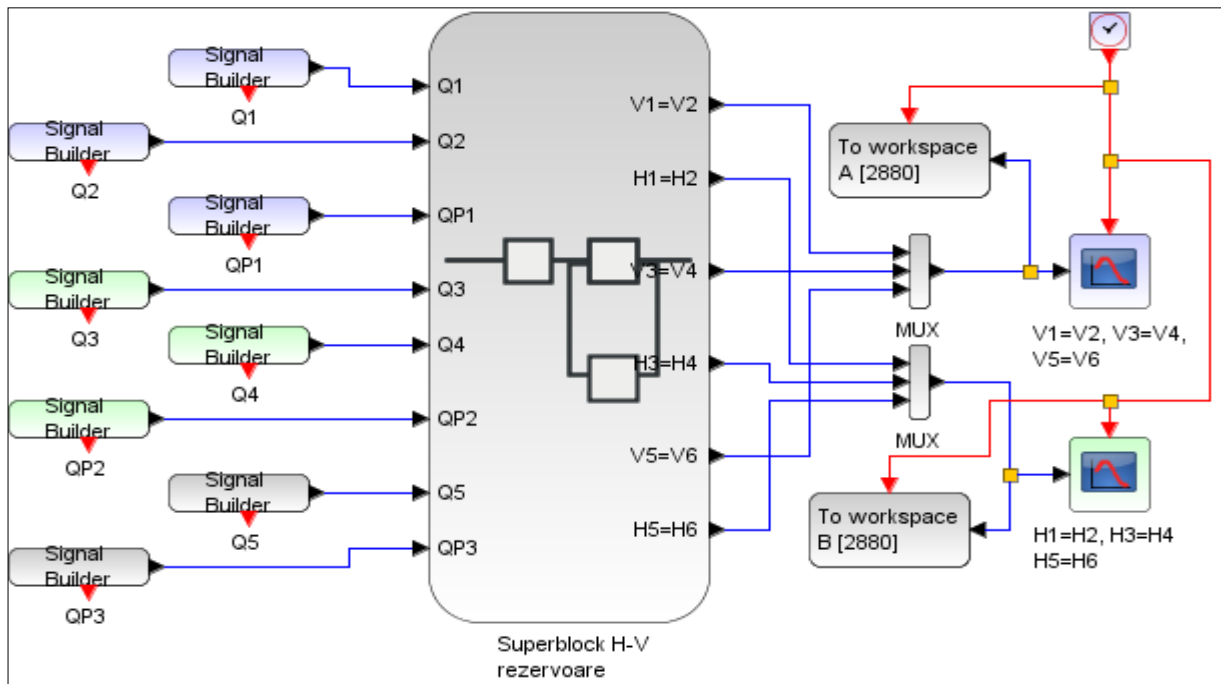


Figura 4. Schema Xcos de simulare a evoluției nivelelor și volumelor de apă în rezervoarele unui sistem de alimentare cu apă.

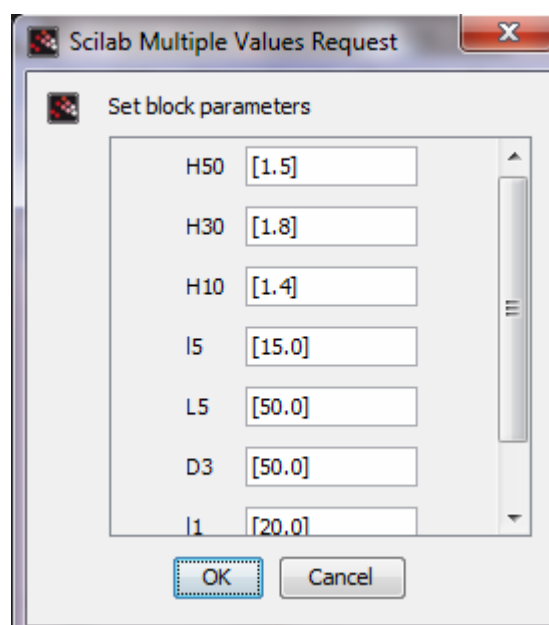


Figura 5. Caseta cu parametrii Superblock H-V rezervoare din Figura 2.

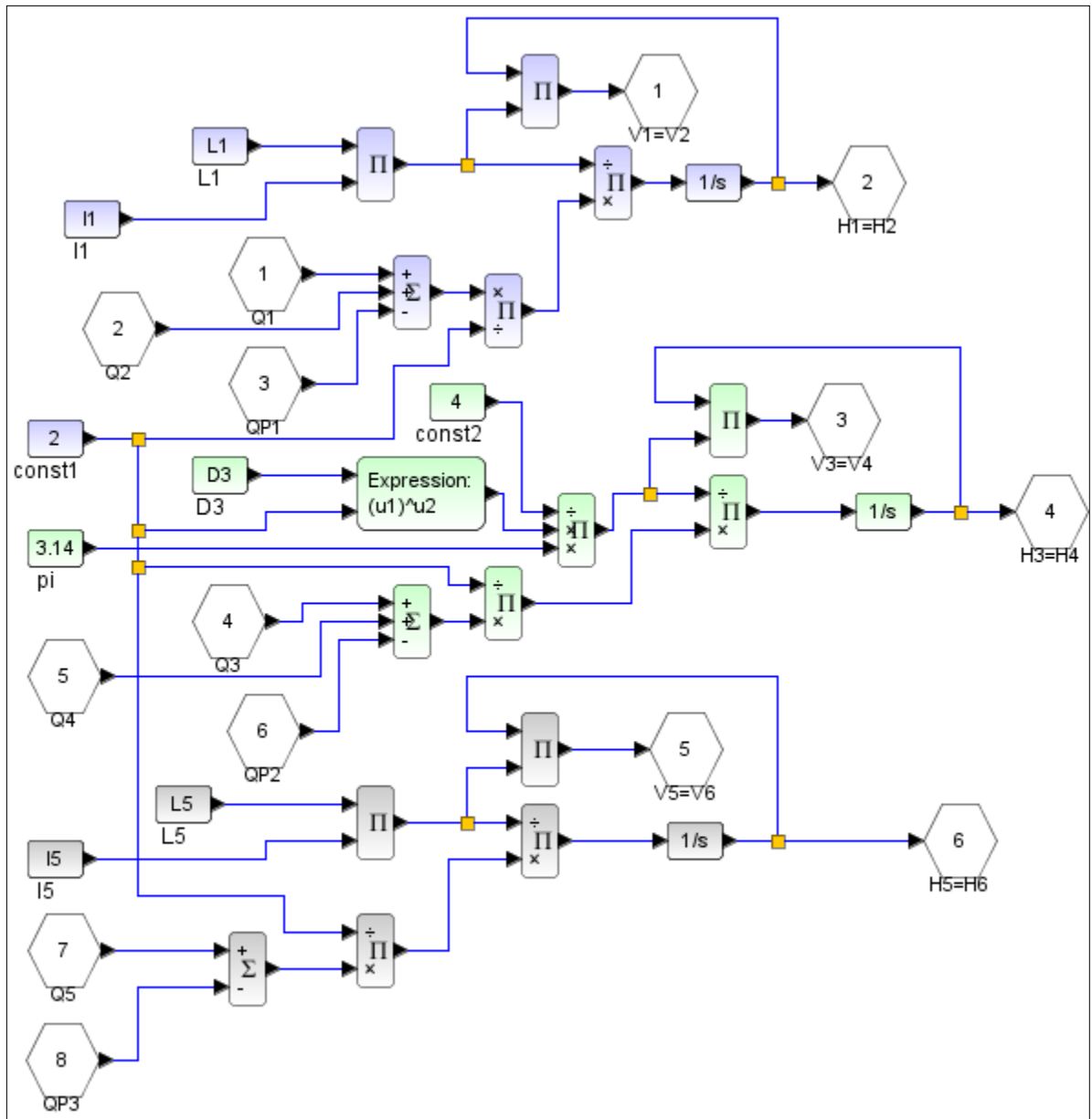


Figura 6. Schema Xcos Superblock H-V rezervoare din Figura 3.

Exemplu de simulare. Datele inițiale sunt oferite mai jos:

- $L_1=L_2=L_5=L_6=50$ m; $l_1=l_2=20$ m; $l_5=l_6=15$ m; $D_3=D_4=50$ m; $H_{10}=H_{20}=1.4$ m; $H_{30}=H_{40}=1.8$ m; $H_{50}=H_{60}=1.5$ m;

- debitele de apă transportate pe apeductele 1, 4 și 5 sunt identice în timpul unei zile și au evoluția corespunzătoare graficului din Figura 7.

Debitele de apă transportate pe apeductele 2 și 3 sunt identice în timpul unei zile și au evoluția corespunzătoare graficului din Figura 8.

Debitele de apă pompate de stațiile 1 și 2 sunt identice în timpul unei zile și au evoluția corespunzătoare graficului din Figura 9.

Debitul de apă pompat de stația 3 în timpul unei zile are evoluția corespunzătoare graficului din Figura 10.

În urma simulării se poate vedea grafic cum au evoluat în perioada de timp simulată nivelele (H) și volumele de apă (V) în rezervoarele de înmagazinare (Figurile 11 și 12).

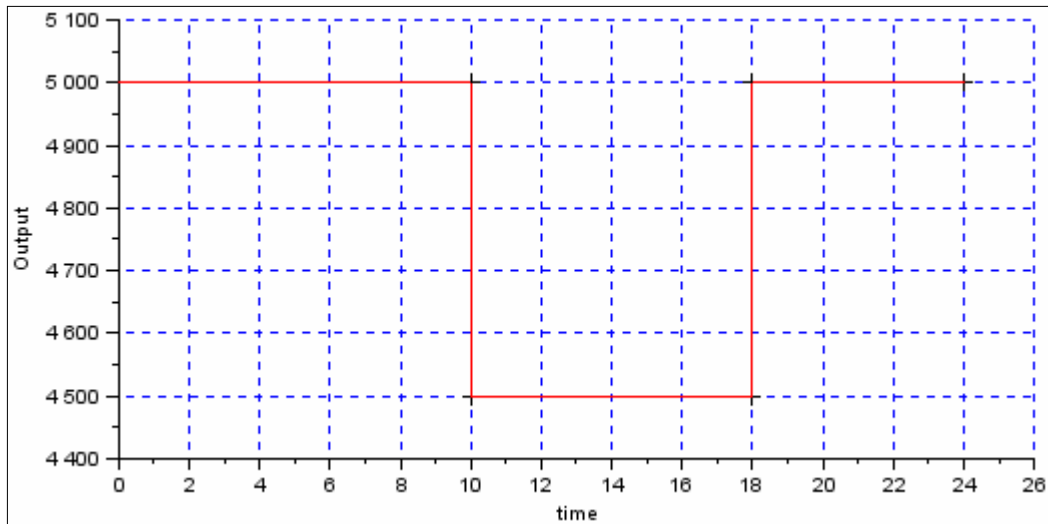


Figura 7. Evoluția debitului de apă transportat pe apeductul 1 ($Q_1=Q_4=Q_5$) în timpul unei zile.

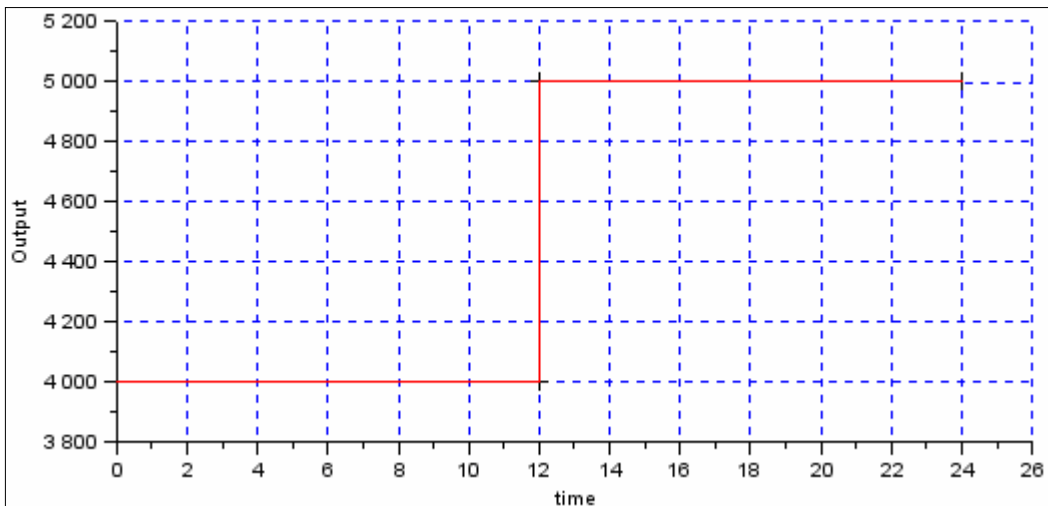


Figura 8. Evoluția debitului de apă transportat pe apeductul 2 ($Q_2=Q_3$) în timpul unei zile.

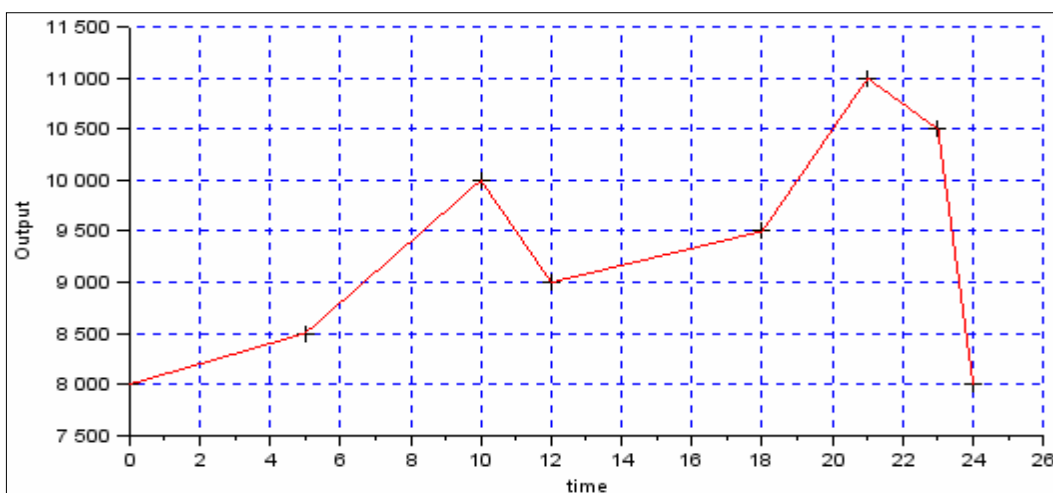


Figura 9. Evoluția debitului de apă pompat de stația de pompare 1 ($Q_{P1}=Q_{P2}$) în timpul unei zile.

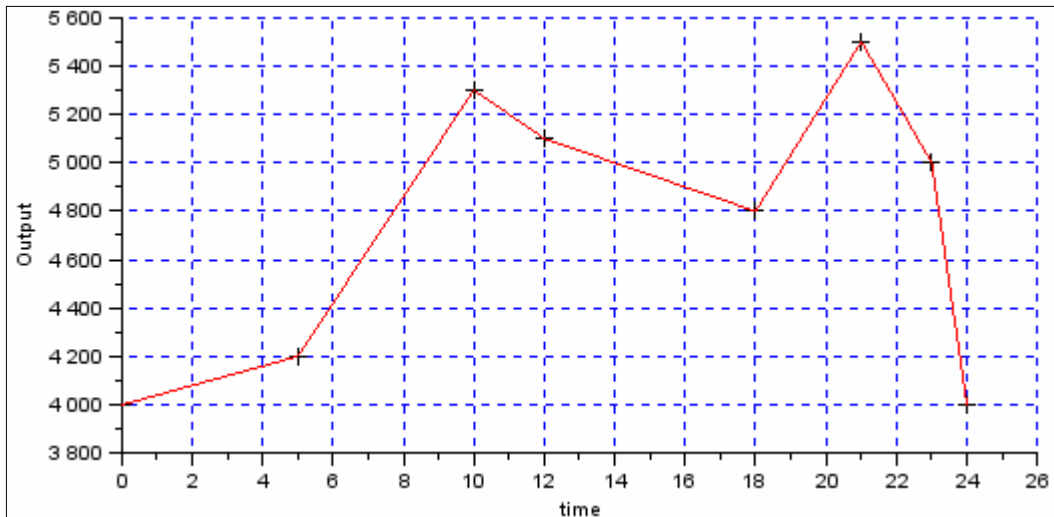


Figura 10. Evoluția debitului de apă pompat de stația de pompare 3 (Q_{P3}) în timpul unei zile.

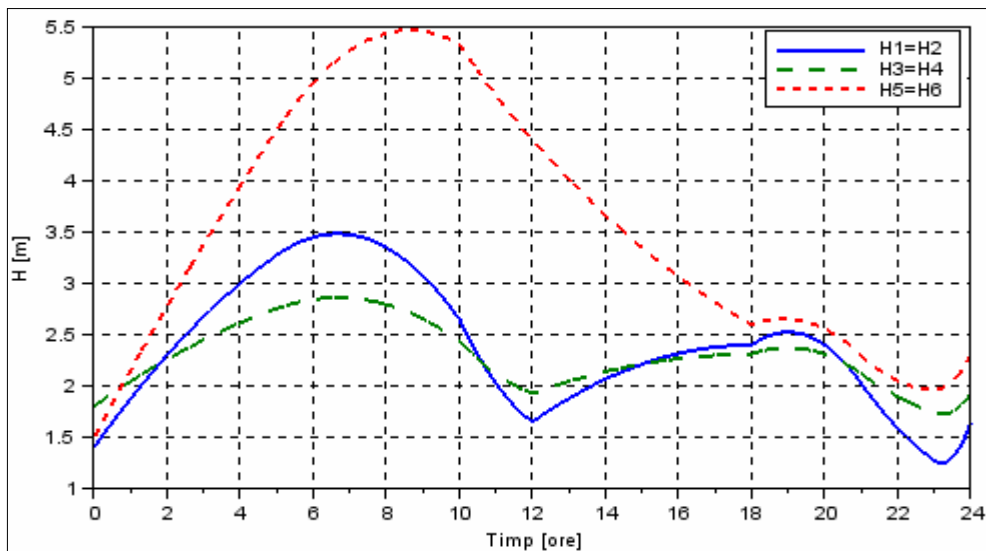


Figura 11. Evoluția nivelelor de apă (H) în rezervoarele de înmagazinare de la stațiile de pompare în timpul unei zile.

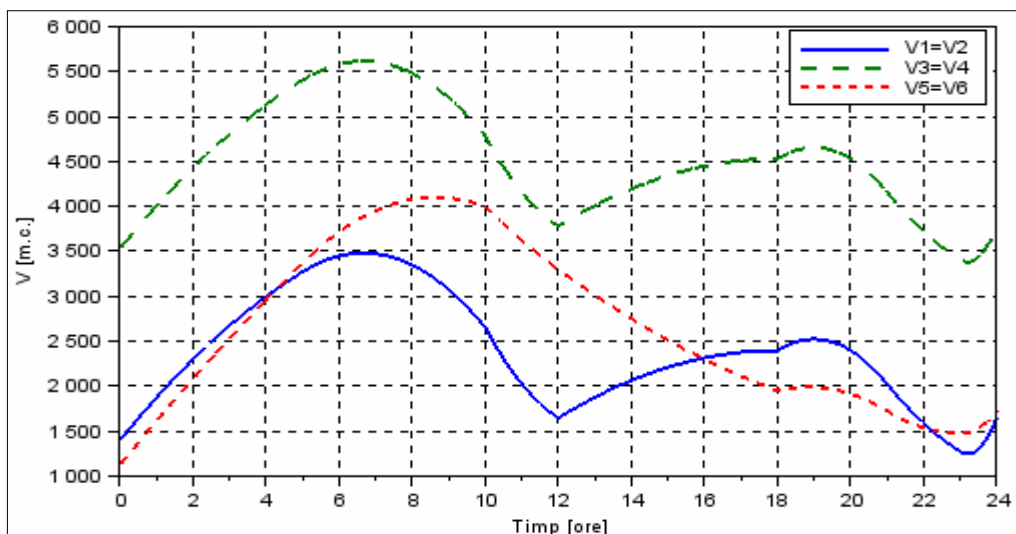


Figura 12. Evoluția volumelor de apă (V) în rezervoarele de înmagazinare de la stațiile de pompare în timpul unei zile.

Concluzii. Programul de calcul (Figurile 4, 5 și 6), elaborat în Scilab-Xcos, rezolvă ecuațiile matematice (1÷9) care descriu evoluția în timp a nivelelor și volumelor de apă în rezervoarele de înmagazinare de la stațiile de pompare ale unui sistem de alimentare cu apă. Astfel, acest program este util la exploatarea rezervoarelor de înmagazinare a apei, putându-se face simulări și astfel se poate vedea cum au evoluat în perioada de timp simulată parametrii mai sus menționați, preîntâmpinându-se astfel creșteri sau scăderi de nivel peste valorile limită admise.

Bibliografie

- Gernaey K. V., Rosen C., Benedetti L., Jeppsson U., 2005 Phenomenological modeling of wastewater treatment plant influent disturbance scenarios. 10th International Conference on Urban Drainage, Copenhagen/Denmark, 21-26 August 2005.
- Ionescu G., 2004 Optimizarea fiabilității instalațiilor hidraulice din cadrul sistemelor de alimentare cu apă. Edit. Matrix Rom, București.

Autor:

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 evoluției nivelelor și volumelor de apă din rezervoarele unui sistem de alimentare cu apă. Ecoterra 34: 20-27.