

# EPURAREA APELOR UZATE ÎN IAZURILE BIOLOGICE

*Prof. univ. Dumitru Ungureanu  
Dr., conf. univ. Ion Ioneț  
Ing. Elena Isac  
Ing. Vitalie Ioneț*

*Universitatea Tehnică a Moldovei*

## ABSTRACT

Waste stabilization ponds (WSP) have proven to be effective alternatives for treating wastewater, and the construction of low energy – consuming, in contrast to complex high – maintenance treatment systems, will hopefully lead to more ecologically – sustainable wastewater treatment in the future for small communities. WSP also have the capability of meeting the demand for a high percentage removal of pathogenic organisms, compared to conventional technologies.

## 1. Principii de funcționare a iazurilor biologice

Epurarea în iazurile biologice este asigurată datorită desfășurării proceselor naturale de autoepurare, care necesită un timp îndelungat de retenție a apei uzate, în bazine etanșe dispuse în serie, consecutiv. Numărul bazinelor de cele mai multe ori este egal cu 3, dar un număr mai mare de iazuri (4 - 6) permite o dezinfecție mai eficientă a apei uzate.

Mecanismul principal de epurare pe care se bazează iazurile biologice naturale este fotosinteza. Stratul de suprafață a apei în iazuri este expus luminii. Aceasta favorizează dezvoltarea algelor, care produc oxigenul necesar dezvoltării și activității bacteriilor aerobe. Acestea la rândul lor efectuează degradarea materiei organice și produc dioxid de carbon, care împreună cu sărurile minerale conținute în apa uzată conduc la dezvoltarea algelor. Astfel, au loc concomitent proliferarea a două populații independente: bacteriile aerobe și algele planctonice, care se mai numesc microfite. Acesta se autoîntreține atâta timp cât sistemul este alimentat cu energie solară și materie organică (fig.1).

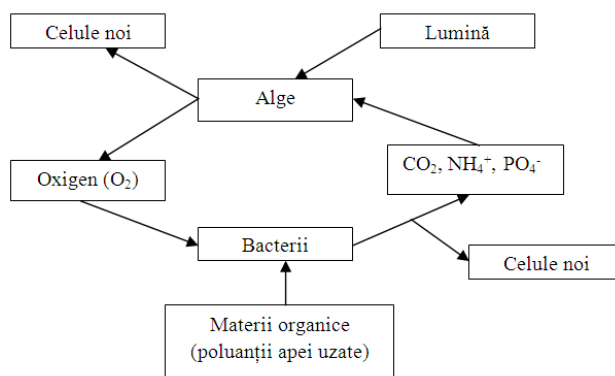


Fig. 1. Relația mutuală/reciprocă a alegelor și bacteriilor în iazurile biologice aerobe

La fundul iazurilor unde nu pătrunde lumina, viețuiesc bacteriile anaerobe care descompun sedimentul provenit de la decantarea materiilor organice în suspensie/insolubile. În această zonă se produce degajarea dioxidului de carbon și a metanului.

În iazurile cu adâncimi mari între zona superioară – aerobă – și cea inferioară/de fund – anaerobă – se situează o zonă facultativă – aerob – anaerobă (fig. 2).

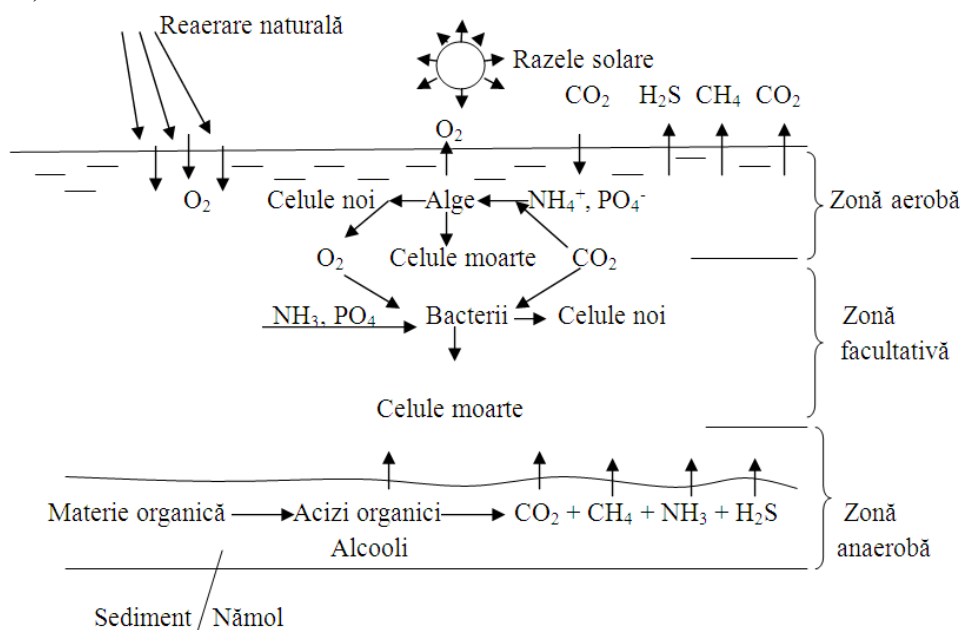


Fig. 2. Schema proceselor importante care au loc în iazurile biologice facultative/aerob – anaerobe

Într-o serie compusă din 3 iazuri biologice, de obicei, deasemenea se constituie diferite zone din punct de vedere a prezenței oxigenului: primul iaz este

anaerob datorită încărcării organice înalte a apei uzate brute și insuficienței din această cauză a oxigenului, al doilea este facultativ, în care la suprafață este zona aerobă, iar la partea inferioară – cea anaerobă, al treilea iaz este predominant aerob și se mai numește iaz de maturare.

Diversitatea proceselor fizice, chimice și biochimice ce au loc în iazurile biologice (sedimentare, biofloculare, oxidare aerobă, fermentare anaerobă, fotosinteză, etc.) nu pot fi complet controlate și dirijate în exploatare, deoarece desfășurarea lor este în funcție de condițiile climatice (temperatura, precipitații, vânt, luminozitate, strat de gheață la suprafața iazurilor, etc.), de timpul de retenție, de compoziția și debitul apei uzate, de grosimea stratului de nămol depus pe fundul iazurilor, etc.

Iazurile biologice naturale datorită capacităților înalte de tampon sunt mai preferabile în localitățile rurale, decât sistemele intensive de epurare a apelor uzate cu volume mai mici. Ele pot amortiza viiturile mari ale debitelor și ale poluanților asupra receptorilor și oferă prin efectul de reținere cea mai simplă posibilitate de epurare în comun a apelor uzate și a celor meteorice a localităților cu sisteme combinate de canalizare. Alte avantaje ale iazurilor biologice naturale sunt:

- Posibilitatea de integrare în peisajul natural;
- Construcții simple, ieftine;
- Lipsa totală sau puțină implicare a utilajului mecanic;
- O sarcină mică pentru întreținere;
- Evacuarea/curățarea de nămol foarte rară.

Dintre dezavantaje se pot menționa suprafețele relativ mari ale iazurilor biologice; emisiile de mirosuri, care sunt posibile din primul iaz dintr-o serie de bazine; dezvoltarea algelor și plutirea lor în derivă poate fi de asemenea o problemă; în cazul unor soluri permeabile poate fi nevoie de o hidroizolare costisitoare a iazurilor.

## **2. Proiectarea iazurilor biologice**

Iazurile biologice pot fi utilizate:

- în calitate de instalații independente de epurare biologică naturală (treaptă secundară) a apelor uzate;
- pentru finisarea epurării apelor uzate epurate biologic în instalații artificiale (epurare avansată/treaptă terțiară).

Pentru menținerea condițiilor aerobe în iazuri, ele pot fi prevăzute cu sisteme de aerare artificială similare celor din bazinele cu nămol activ (iazuri aerate).

Iazurile biologice – treaptă secundară – se utilizează pentru ape uzate comunale cu un CBO ce nu depășește  $200 \text{ mg/dm}^3$  cu aerare naturală și  $500 \text{ mg/dm}^3$  cu aerare artificială. La CBO peste  $500 \text{ mg/dm}^3$  este necesară o epurare biologică artificială preliminară.

Iazurile biologice - treaptă terțiară – se prevăd pentru ape uzate epurate biologic în instalații de epurare artificială.

Iazurile biologice – treaptă secundară – trebuie să fie precedate de o epurare mecanică simplificată – grătare cu spații sub 16 mm și o decantare primară a apei uzate de cel puțin 30 min. Iazurile cu aerare artificială (aerate) se vor prevedea cu o decantare a apelor uzate epurate de cel puțin 2 ... 2,5 ore (decantare secundară). În calitate de decantoare secundare pot servi de asemenea iazuri biologice fără aerare artificială.

Iazurile biologice reprezintă niște bazine săpate în pământuri/soluri cu precădere impermeabile sau slab filtrante, în caz contrar trebuie prevăzută o protecție impermeabilizată, iar taluzurile trebuie acoperite cu pereuri din piatră, asfalt sau să fie înierbate.

Iazurile biologice se proiectează, de preferință, în cel puțin două serii paralele, trei până la cinci bazine amplasate consecutiv/unul după altul, prevăzute cu conducte de ocolire astfel încât apa uzată să poată ocoli oricare din iazurile amplasate în serie, acestea putând fi scoase din funcțiune pentru lucrări de întreținere, curățire sau reparație. Accesul/alimentarea apei în iaz se recomandă a se face prin mai multe puncte (distribuite uniform de-a latul bazinului, dispersat), pentru a evita formarea zonelor moarte, respectiv, pentru a evita formarea zonelor anaerobe. Tot în acest scop, iazurile cu aerare naturală se recomandă a fi prevăzute cu un raport lungime:lățime egal cu cel puțin 20, sau compartimentate cu ajutorul unor șicane (tip garduri din nuiele împletite, de exemplu).

Iazurile cu aerare artificială (aerate) pot fi de orice dimensiuni și forme, cu o singură condiție ca aeratoarele să asigure o mișcare a apei uzate în orice punct și secțiune cu o viteză de cel puțin 0,05 m/s.

Construcțiile pentru evacuarea apei uzate din iazuri trebuie astfel concepute încât să poată fi reglate pentru a capta apa de la diferite adâncimi. Iazurile trebuie prevăzute, de asemenea, cu conducte de golire.

Schemele tehnologice ale iazurilor biologice sunt prezentate în fig. 3 și 4.

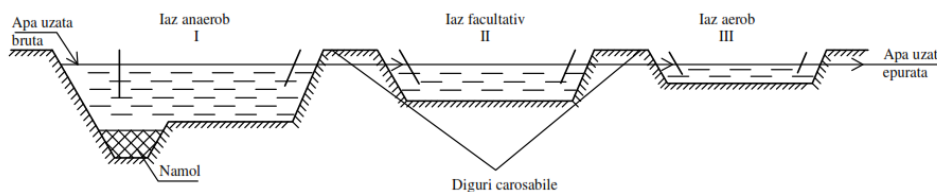


Fig. 3. Schema tehnologică a iazurilor biologice naturale

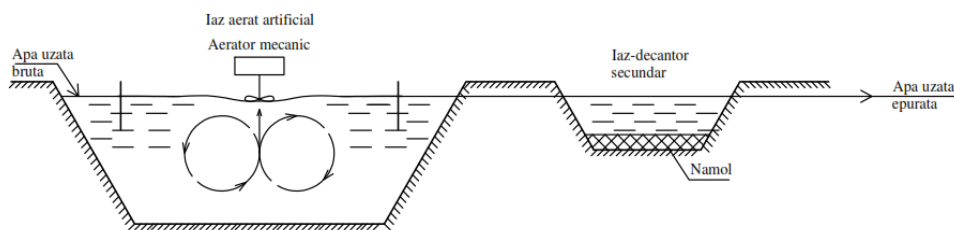


Fig. 4. Schema tehnologică a iazurilor biologice aerate artificiale

Iazurile biologice anaerobe. Iazul anaerob, de regulă, este primul dintr-o serie de cel puțin 3 iazuri/bazine. Funcția principală a iazurilor anaerobe este reducerea CBO, care constituie de la 40 până la 85%. Eliminarea/reducerea CBO în iazurile anaerobe este guvernată de aceleași mecanisme/procese care au loc în bioreactoarele anaerobe. Ele nu conțin sau foarte rar conțin alge și în ele au loc aceleași procese ca în fosele septice sau decantoare – digestoare și constau din decantarea materiilor sedimentabile și fermentarea/digerarea anaerobă ulterioară în stratul de nămol format pe fund, iar biogazul degajat poate fi colectat acoperind suprafața iazului cu o membrană flotantă din material plastic.

Iazurile biologice facultative. Iazurile biologice facultative sunt cele mai simple și des întâlnite. Ele sunt menite predominant pentru reducerea CBO. Producerea oxigenului de către alge și prin reaerarea naturală are loc în stratul de suprafață la o adâncime limitată de penetrare – de obicei, nu mai mare de 500 mm. Iazurile biologice facultative degajă amoniac în atmosferă la valori ale pH ridicate, precipită/fixează unele cantități de azot și fosfor în nămol. Ele pot efectua reduceri ale CBO de ordinul 80 – 95%, iar în cazul unei combinații ale iazurilor anaerobe și facultative – o eficiență totală (în ambele iazuri) de 95 – 96%. Eliminarea azotului totală în sistemele de iazuri biologice poate atinge 80%, iar a azotului amoniacal chiar valori de 95%.

Iazurile biologice naturale aerobe. Pe când iazurile anaerobe și facultative sunt destinate pentru înlăturarea CBO, cele aerobe (naturale), de maturație sau de finisare sunt prevăzute în principal pentru eliminarea agenților patogeni și reținerea solidelor stabilizate. Principalii factori pentru eliminarea bacteriilor fecale (coli - bacteriilor) în iazurile facultative și de maturație sunt timpul de retenție a apei uzate în iazuri, temperatura, pH-ul mare ( $> 9$ ) și intensitatea înaltă de radiație solară (luminozitatea). Trebuie de asemenea obținută eliminarea virușilor și a microorganismelor. Dacă este folosită în combinație cu algele și/sau recoltarea cu pește (fish harvesting), acest tip de iazuri este de asemenea eficient pentru eliminarea din efluent a celei mai mari părți de azot și fosfor.

Iazurile biologice cu macrofite. Iazurile biologice cu macrofite reproduc zonele umede naturale (bălți, mlaștini, etc.), care comportă bazine de apă cu suprafața liberă, realizând procesele ecosistemelor naturale pentru a ameliora eficiența epurării apelor uzate atât de eliminare a CBO, cât și a substanțelor nutritive (N și P), a metalelor. Ele pot fi utilizate în calitate de treaptă finală de

epurare urmând iazurile naturale, facultative sau cele aerate artificial. Utilizarea iazurilor de finisare a epurării cu macrofite are avantajul unui randament/eficiență mai bună și de întreținere mai comodă.

În acest tip de iazuri sunt macrofite emergente de 2 tipuri: hidrofite și helofite (moi și rigide). La hidrofite se referă plantele moi care-și au rădăcinile în stratul de apă, plutesc în apă, fiind însă emergente: lintița, broscărița (mătasa broaștei), cosarul, coada calului, zambila, etc. La macrofitele helofite/rigide se referă trestia/stuful, papura, pipirigul – cele mai întâlnite plante iubitoare de apă, care se înrădăcinează în sol. Suprafața tijelor/tulpinilor imersate în apă este acoperită cu microorganisme sub formă de biofilm, care asimilează/degradează eficient poluanții organici și minerali. Toate tipurile de macrofite acvatice enumerate, începând cu lintița și terminând cu stuful, se dezvoltă în apa uzată în prealabil epurată și de aceea acest tip de iazuri prezintă, de regulă, treapta finală de epurare. Totuși, și aceste iazuri nu rezolvă problema eliminării definitive a nutrienților (N și P) deși iazurile cu macrofite manifestă o mai mare biodiversitate față de alte instalații de epurare biologică naturală sau intensivă/artificială.

Iazurile biologice aerate artificial. Iazurile biologice naturale sunt simple, ieftine și ușoare în exploatare, dar pentru asigurarea unei epurări eficiente a apelor uzate anul împrejur ele trebuie dotate cu sisteme de aerare artificială. Eficiența epurării apelor uzate în astfel de iazuri constituie 85 – 98% pentru CBO și 90 – 98% pentru materiile în suspensie. Datorită intensificării proceselor de epurare și adâncirii mai mari a iazurilor aerate, ele sunt mai compacte, ocupând suprafețe de teren mai mici.

### 3. Calculul iazurilor biologice naturale aerobe

Volumul util al iazurilor biologice se calculează în baza timpului de retenție hidraulic al debitului mediul zilnic al apei uzate.

Timpul de retenție al apei uzate în iazurile biologice cu aerare naturală se determină cu formula:

$$t_{i.b.} = \frac{1}{K_{i.b.} \cdot k} \cdot \sum_{i=1}^{n-1} \lg \frac{L'_{inf}}{L'_{efl}} + \frac{1}{K'_{i.b.} \cdot k} \lg \frac{L'_{inf} - L'_{fin}}{L'_{efl} - L'_{fin}}, \text{ zile} \quad (1)$$

în care:  $n$  – este numărul de iazuri în serie;

$K_{i.b.}$  și  $K'_{i.b.}$  - coeficienții de folosire utilă a volumului iazurilor biologice, respectiv, a fiecărei trepte; se adoptă egali cu 0,8 ... 0,9 pentru iazuri cu raportul L:B  $\geq$  20, cu 0,35 pentru raportul L:B = 1:1 ... 1:3 sau pentru iazuri construite în depresiuni naturale, iar pentru iazuri intermediare se efectuează o interpolare;

$L_{inf}$  - valoarea CBO influent în fiecare din treptele seriei de iazuri;

$L'_{inf}$  - idem, pentru ultima treaptă;

$L_{efl}$  și  $L'_{efl}$  - CBO efluentului din fiecare treaptă și respectiv, din ultima;

$L_{fin}$  - CBO rezidual determinat de procesele naturale de autoepurare ce au loc în bazinele de apă de suprafață, care se adoptă egal cu 2 ... 3 mg/dm<sup>3</sup> (în cazul înfloririi/eutrofizării – până la 5 ... 6 mg/dm<sup>3</sup>) în timpul verii, și cu 1 ... 2 mg/dm<sup>3</sup> în timpul iernii;

$k$  – constanta vitezei consumului de oxigen; în lipsa datelor experimentale pentru apele uzate comunale și similare cu ele poate fi adoptată egală cu 0,1 d<sup>-1</sup> la 20°C;

$k'$  – idem, pentru ultima treaptă, la 20°C, poate fi adoptată egală cu 0,07 d<sup>-1</sup>.

Pentru iazurile – treapta terțiară – valorile  $k$  și  $k'$  pot fi adoptate egal cu 0,07 pentru prima treaptă, cu 0,06 pentru treapta a doua, cu 0,05 ... 0,04 pentru treptele ulterioare și cu 0,06 d<sup>-1</sup> pentru iazurile într-o singură treaptă.

La temperaturi diferite de 20°C valorile constantelor  $k$  și  $k'$  se corectează conform formulei:

$$k_t = k_{20} \cdot 1,047^{T-20} \quad (2)$$

Aria totală a oglinzii apei din iazurile biologice cu aerare naturală se calculează pornind de la condiția de asigurare a procesului de epurare cu oxigen pe seama reerării (difuziei oxigenului din aerul atmosferic prin oglinda apei), cu formula:

$$F_{i.b.} = \frac{Q_{zi} \cdot C_a (L_{inf} - L_{efl})}{k_{i.b.} (C_a - C_{efl}) \cdot r_a}, \text{ m}^2 \quad (3)$$

în care:  $Q_{zi}$  este debitul mediu zilnic de ape uzate, m<sup>3</sup>/zi;

$C_a$  – gradul de dizolvare a oxigenului din aer în lichidul iazurilor, care se determină cu relația:

$$C_a = \left( 1 + \frac{h_a}{20,6} \right) C_T, \text{ mg/dm}^3 \quad (4)$$

$C_{efl}$  – concentrația de oxygen ce trebuie asigurată în apa uzată epurată evacuată din iazuri, mg/dm<sup>3</sup>;

$r_a$  – viteza de reerare atmosferică la un deficit de oxigen egal cu unu, se adoptă egală cu 3 ... 4 gO<sub>2</sub>/(m<sup>2</sup>·zi);

$h_a$  – adâncimea plasării difuzorilor de aer (aeratoarelor), m;

$C_T$  – limita de dizolvare a oxigenului în apa curată în funcție de temperatură și presiunea atmosferică (este o valoare tabelară și se ia conform îndrumărilor de specialitate).

Adâncimea de calcul a iazurilor cu aerare naturală se determină cu formula:

$$H_{i.b.} = \frac{V_{i.b.}}{F_{i.b.}}, \text{ m} \quad (5)$$

în care:  $V_{i.b.}$  este volumul util al iazurilor biologice determinat cu formula:

$$V_{i.b.} = Q_{zi} \cdot t_{i.b.}, \text{ m}^3 \quad (6)$$

În același timp  $H_{i.b.}$  nu trebuie să depășească următoarele valori, m:

- 0,5 m pentru CBO influent peste 100 mg/dm<sup>3</sup>;
- 1,0 m pentru CBO influent sub 100 mg/dm<sup>3</sup>;
- 2,0 m pentru CBO influent în limitele 20 ... 40 mg/dm<sup>3</sup>, la iazurile – treaptă terțiară;
- 3,0 m pentru CBO influent sub 20 mg/dm<sup>3</sup>, deasemenea la iazurile – treaptă terțiară.

În cazuri de îngheț a iazurilor în timpul iernii adâncimea iazurilor se majorează cu 0,5 m.

Timpul de retenție al apelor uzate în iazurile cu aerare artificială (aerate) se determină cu relația:

$$t_{i.b.}^{aer} = \frac{n}{2,3 \cdot k_d} \cdot \left( \sqrt[n]{\frac{L_{inf}}{L_{efl} - L_{fin}}} - 1 \right), \text{ zile} \quad (7)$$

în care:  $k_d$  este constanta dinamică a vitezei de consum al oxigenului egală cu :

$$k_d = \beta_1 \cdot k, \text{ m} \quad (8)$$

unde:  $\beta_1$  este un coeficient care este funcție de viteza de mișcare a apei, rezultată din funcționarea instalațiilor de aerare și se calculează cu formula:

$$\beta_1 = 1 + 120 \cdot v_{i.b.} \quad (9)$$

deoarece această viteză  $v_{i.b.}$  trebuie să depășească valoarea de 0,05 m/s,  $\beta_1 = 7$ .

$n$  – numărul de iazuri amplasate în serie;

$k, L_{inf}, L_{efl}, L_{fin}$  – idem cu formula (1).

Pentru a mări gradul de epurare a apei uzate și concomitent, pentru a obține reducerea conținutului de substanțe nutritive (N și P) în apa uzată epurată, se recomandă iazurile plantate cu plante acvatice – stuf, pipirig, papură ș.a. Asociațiile macrofitice se cultivă cu precădere în ultimile trepte ale seriilor de iazuri care pot fi deasemenea populate cu pește.

Aria treptei plantate cu macrofite se poate calcula în baza încărcării hidraulice de 10 mii m<sup>3</sup>/(zi·ha) la o densitate de 150 ... 200 plante pe 1 m<sup>2</sup>.

#### 4. Calculul iazurilor biologice anaerobe

Se efectuează în baza încărcării organice volumice:

$$\lambda_v = \frac{L_{in} \cdot Q_d}{V_{an}}, \text{ g/(m}^3 \cdot \text{d)} \quad (1)$$

în care:  $L_{in}$  este valoarea CBO a apei uzate brute, g/m<sup>3</sup>;

$Q_d$  – debitul zilnic maxim al apei uzate supuse epurării, m<sup>3</sup>/d;

$V_{an}$  – volumul iazurilor biologice, m<sup>3</sup>.



Valoarea a  $\lambda_v$  recomandată de literatura de specialitate variază în intervalul 100 ... 400 g/(m<sup>3</sup>·d), pentru a menține condițiile anaerobe. Odată fiind selectată încărcarea organică, se poate determina volumul iazurilor.

Timpul de retenție hidraulică a apei uzate se calculează folosind ecuația:

$$t_{an} = \frac{V_{an}}{Q_d} \quad (2)$$

În tabelul ce urmează sunt prezentate încărcările recomandate pentru iazurile biologice anaerobe funcție de temperatura apei uzate.

Tabelul 1

*Valorile de calcul ale încărcărilor organice volumice și eficiența reducerii CBO în iazurile anaerobe la temperaturi diferite*

Temperatura apei uzate,	Încărcările organice	Eficiența reducerii
< 10	100	40
10 – 20	20T – 100	2T + 20
20 - 25	10T + 100	2T + 20

### 5. Calculul iazurilor biologice facultative

Se efectuează în baza cineticii procesului de epurare biologică sau a datelor empirice.

Viteza oxidării poluanților organici (CBO) este un parametru fundamental care stă la baza calculului sistemelor de epurare biologică. A fost stabilit că viteza reducerii CBO poate fi aproximată cu cinetica de prim ordin, care se prezintă cu relația:

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L \quad (3)$$

în care:  $L$  este CBO care trebuie oxidat în timpul „ $t$ ”;  
 $k_1$  – constanta oxidării CBO de prim ordin, d<sup>-1</sup>.

Acceptând iazurile facultative ca fiind reactoare cu amestec complet, se obține relația:

$$\frac{L_e}{L_i} = \frac{1}{1 + k_1 t_f^{cin}}, \quad (4)$$

care fiind transformată permite calculul timpului de retenție hidraulică,  $t_f$ , zile:

$$t_f^{cin} = \left( \frac{L_i}{L_e} - 1 \right) \cdot \frac{1}{k_1}, \text{ d} \quad (5)$$

Aria iazului cu adâncimea medie  $H_p$  poate fi calculată cu relația:

$$A_f = \frac{Q_d \cdot t_f^{cin}}{H_f}, \text{ m}^2 \quad (6)$$

Substituind  $t_f^{cin}$  din ecuația precedentă, se obține:

$$A_f = \frac{Q_d}{H_f \cdot k_1} \cdot \frac{L_i}{L_e - 1}, \text{ m}^2 \quad (7)$$

Valoarea  $k_1$  la 20°C este de 0,3 d<sup>-1</sup>, iar pentru temperaturi diferite de 20°C se corectează de obicei cu relația Arrhenius:

$$K_T = K_{20} \Theta^{(T-20)} \quad (8)$$

în care:  $\Theta$  este constanta Arrhenius, care variază între 1,01 și 1,09, iar temperatura  $T$  trebuie luată pentru cea mai rece lună.

Iazurile facultative în baza datelor empirice se calculează cu încărcarea organică superficială,  $\lambda_s$ , kg CBO/(ha·d), care se descrie cu relația:

$$\lambda_s = \frac{10 \cdot L_i \cdot Q_d}{A_f}, \text{ kg CBO/(ha} \cdot \text{d)} \quad (9)$$

în care:  $L_i$  este valoarea CBO influent (g/m<sup>3</sup>);

$A_f$  – aria iazului facultativ, m<sup>2</sup>.

Valoarea încărcării organice superficiale se determină în funcție de temperatură.

Relația empirică între  $\lambda_s$  și temperatura  $T$  a fost stabilită de Mara (1987):

$$\lambda_s = 350[1,107 - 0,002T]^{(T-20)} \quad (10)$$

Odată selectată încărcarea organică  $\lambda_s$ , aria iazului facultativ se poate calcula din relația (9), iar timpul de retenție hidraulică – cu formula (11):

$$t_f^{cin} = \frac{A_f \cdot H_f}{Q_d}, \text{ zile} \quad (11)$$

în care:  $H_f$  este adâncimea iazurilor facultative, se adoptă de obicei egală cu 1,5 m.

De menționat, că literatura de specialitate recomandă timpul minim de retenție egal cu 5 zile la temperaturi sub 20°C.

## 6. Concluzii

Ulterior, în cazul extinderii stațiilor de epurare și construcției instalațiilor de epurare biologică intensivă/artificială, iazurile biologice existente pot fi utilizate în calitate de instalații de epurare avansată/terțiară.

Avantajul iazurilor biologice este capacitatea lor înaltă de tampon datorită volumelor lor importante, ceea ce le permite să protejeze emisarii în cazul unor eventuale avarii, stopării sau eficienței insuficiente ale instalațiilor de epurare intensivă. Ținând cont de această proprietate, iazurile biologice pot servi drept

instalații provizorii pentru prima etapă în cazul executării stațiilor de epurare în etape, iar ulterior, după construcția instalațiilor intensive, vor îndeplini funcția epurării avansate.

### **Bibliografie**

1. Kayombo S., Mbwette T.S.A., Katima J.H.Y., Ladeguard N., Jorgensen S.E. Waste Stabilization Ponds and Constructed Wetlands. Design manual. Accesibil în ULR: [www.unep.org/ietc/Portals/136/Publications](http://www.unep.org/ietc/Portals/136/Publications), p.p. 1 – 28;
2. Phuntsho S. et al. Wastewater stabilization ponds for wastewater treatment. Water and Wastewater Treatment Technologies. Encyclopedia of Life Support Systems, 2006;
3. Mara D.D. Design manual for WSP in UK, Leed University, UK. Accesibil în URL: <http://www.leeds.ac.uk/civil/ceri/water/ukponds/publicat/pdmuk/pdmuk.html>;
4. Tilley E. et al. Waste Stabilization Ponds. SSWM. Accesibil în ULR: <http://www.sswm.info/category/implementation-tools/wastewater-treatment...> 2014;
5. Унгурияну Д.В., Очистка производственных сточных вод в биологических прудах, Штиинца, Кишинев, 1975, 103 стр.;
6. Tobolcea V., Ungureanu D., Managementul tratării apelor uzate. Iași, 2004, 119 pag.