



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 00488**

(22) Data de depozit: **29/06/2018**

(41) Data publicării cererii:
30/07/2019 BOPI nr. **7/2019**

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
ECOLOGIE INDUSTRIALĂ - INCD ECOIND,**
DRUMUL PODU DÂMBOVIȚEI NR.71-73,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• **MANEA ELENA ELISABETA,**
STR.BAIA DE ARIEȘ NR.7, BL.12, SC.2,
AP.7, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;

• **BUMBAC COSTEL, STR.BÂRSĂNEȘTI**
NR.6, BL.154, SC.2, ET.6, AP.68,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• **DINU RĂZVAN LAURENȚIU,**
STR. CERNIȘOARA NR.21, BL.60, SC.A,
ET.3, AP.68, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO;
• **TIRON OLGA, STR.CRIȘUL REPEDE**
NR.42L, BRAGADIRU, IF, RO;
• **IONESCU IOANA ALEXANDRA,**
STR.TOPORAȘI NR.1-7, BL.15, SC.6,
AP.174, SECTOR 5, BUCUREȘTI, IF, RO

(54) **BIOREACTOR ALIMENTAT ÎN FLUX CONTINUU,
PENTRU EPURAREA APELOR UZATE
CU NĂMOL AEROB GRANULAR**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un bioreactor alimentat în flux continuu cu nămol granular aerob, pentru epurarea apelor uzate. Bioreactorul conform invenției este alcătuit dintr-un vas (1) de reacție, cu radier (2) orizontal acoperit cu un sistem (3) de aerare cu bule fine, în sine cunoscut, vasul (1) fiind prevăzut cu o zonă de predecantare și recuperare granule (7), pentru selecția și recuperarea granulelor de nămol aerob în condiții de alimentare continuă, având în interior o lamelă de predecantare montată la un unghi de 45° față de peretele vasului (1), fiind plasată între o zonă de deversare amestec și o zonă de recuperare (6) granule, de unde granulele decantate se întorc prin niște fante în vas (1), zona (8) fiind prevăzută cu niște lamele (9 și 10) de reîntoarcere granule, respectiv, de redirecționare a curgerii bulelor de aer, un decantor (12) secundar cu un deversor (16) pentru evacuarea nămolului (13) și colectarea efluentului (15).

Revendicări: 5
Figuri: 2

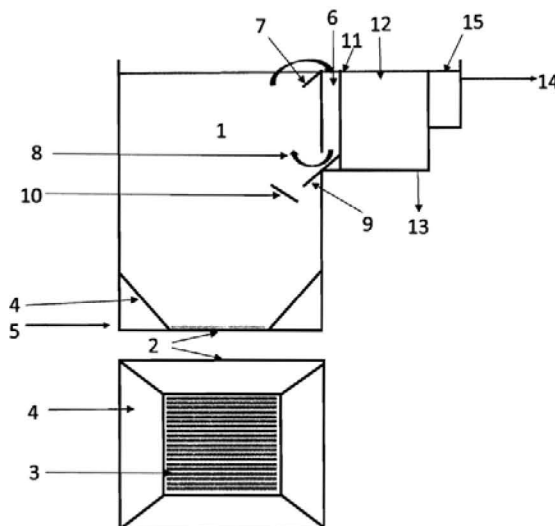


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



BIOREACTOR ALIMENTAT ÎN FLUX CONTINUU PENTRU EPURAREA APELOR UZATE CU NĂMOL AEROB GRANULAR

Invenția se referă la un bioreactor alimentat în flux continuu pentru epurarea apelor uzate cu nămol granular aerob.

Procesele biologice aplicate în general pentru epurarea apelor uzate menajere/industriale au la bază sisteme clasice cu nămol activ în suspensie/biofilm alimentate în flux continuu sau secvențial.

Încă de la descoperirea și dezvoltarea primelor procese de epurare, s-au evidențiat ca priorități de cercetare creșterea eficienței proceselor de epurare a apelor uzate, reducerea costurilor de operare și reducerea impactului biomasei reziduale.

Astfel, **sunt cunoscute diferite procese** (fizice, chimice, biologice) aplicate fie ca operații unitare pentru îndepărtarea anumitor poluanți specifici, fie integrate într-un flux tehnologic complex destinat reducerii concentrațiilor poluanților din apele uzate și conformarea calității acestora cu normele impuse la deversarea în emisar (HG 352/2005 – NTPA 001). Dintre acestea, cel mai des utilizate sunt procesele biologice, în așa-zisul sistem convențional de epurare, ce presupune transformări succesive biochimice în condiții anaerobe, anoxice și aerobe, ce se desfășoară în bioreactoare separate spațio-temporal, prin acțiunea microorganismelor nămolului activ sub formă de flocoane [1]. Necesitatea asigurării condițiilor anaerobe, anoxice și aerobe specifice microorganismelor pentru a realiza îndepărtarea compușilor organici, compușilor cu azot prin nitrificare-denitrificare și a fosforului impune existența unor bioreactoare sau zone special concepute precum și a recirculărilor interne/externe pentru a asigura secvențialitatea proceselor biochimice. În principiu, sistemul convențional rezolvă problema epurării apelor uzate asigurând condiții de calitate a efluentului sub limitele de deversare în emisari naturali, dar **prezintă o serie de dezavantaje**, dintre care se menționează:

- necesită consum ridicat de energie pentru recircularea nămolului și recirculare internă,
- cantitatea de nămol rezidual rezultată este ridicată, conducând la creșterea costurilor de investiție și operare a treptei de prelucrare a nămolului,
- sunt necesare condiții și volume specifice pentru bioreactoare anaerobe, anoxice și aerobe,
- viteza de sedimentare a nămolului rezidual este redusă, fiind necesare soluții suplimentare de separare a biomasei reziduale în decantoare secundare sau sisteme cu membrane;
- procesul este sensibil la modificări ale debitelor influente și încărcării apei uzate, [2].

Eforturile de cercetare ale ultimilor ani s-au concentrat pe identificarea unor soluții tehnologice sau biotehnologice care să elimine parțial sau total aceste dezavantaje, în contextul menținerii sau creșterii eficienței de îndepărtare a poluanților din apa uzată și/sau pentru reducerea costurilor de investiție/operare.

Nămolul granular aerob este cunoscut [3,4] ca având o structură microbiană densă și puternică, formă rotundă, netedă, regulată și suprafață exterioară clară; granulele sunt vizibile ca entități separate în soluții mixte atât în faza de amestecare cât și în cea de decantare; are o capacitate mare de retenție a biomasei și de decantare; este capabil de a rezista la debite mari; poate rezista la rate de încărcare organice mari; este mai puțin vulnerabil la compuși organici toxici și metalele grele din apele uzate, decât nămolul în suspensie [5]. Capacitatea excelentă de decantare a granulelor aerobe simplifică separarea efluentului tratat din nămolul granular. Structura granulară a nămolului aerob, grație particularităților morfo-structurale, distribuției speciilor de microorganisme și gradientilor de difuzie a concentrațiilor de oxigen, nutrienți și metaboliți dinspre exterior către interiorul granulei conduce la avantajul tehnologic și operațional de a putea asigura într-un singur bioreactor, operat în condiții aerobe, diferite condiții de proces (aerobe, anoxice, anaerobe) necesare desfășurării proceselor biochimice relativ simultan [6]. În sistemele clasice cu nămol activ concentrațiile maxime ale biomasei sunt 3-5 g/l pe când în reactoarele cu nămol granular aerob, concentrația biomasei ajunge la 10-20 g/l conducând la posibilitatea micșorării timpului de retenție hidraulică și a volumului bioreactorului [7-8].

Este cunoscută utilizarea nămolului aerob granular pentru epurarea apelor uzate în bioreactoare cu alimentare și operare secvențială [9-11] sau serii de bioreactoare operate secvențial [12] care să asigure preluarea și epurarea debitului continuu al unei stații de epurare. **Dezavantajele** bioreacoarelor cu nămol aerob granular cu operare secvențială constau în:

- necesitatea respectării secvenței ciclice discontinue a fluxului de epurare: umplere-reactie-sedimentare-golire efluent;
- lipsa adaptabilitate pe fluxul de epurare al stațiilor de epurare existente, fiind pretabile doar pentru retehnologizarea fluxurilor care conțin deja instalații secvențiale;
- necesită investiții ridicate pentru construcția seriei de bioreactoare SBR;

De asemenea, **este cunoscută utilizarea nămolului aerob granular** pentru epurarea apelor uzate în bioreactoare cu alimentare continuă în diferite variante constructive. Dezavantajele variantelor constructive cunoscute sunt:

- necesită treaptă suplimentară de separare a biomasei în sisteme cu membrane [13-14];
- procesul se desfășoară în mai multe bioreactoare cu condiții specifice anaerobe-anoxice-aerobe [15-16];
- necesită un reactor secvențial ca reactor specific de granulare biomasă [17].

Bioreactorul alimentat în flux continuu pentru epurarea apelor uzate cu nămol aerob granular, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate prin aceea că procesul de epurare are loc într-un singur bioreactor aerob prevăzut cu o zonă de predecantare ca factor de selecție și recuperare a granulelor ce permite menținerea și formarea granulelor de nămol aerob în condiții de alimentare continuă, soluția putând fi folosită pentru extinderea capacității unei stații de epurare existente sau pentru asigurarea unei epurări avansate în cadrul unei stații de epurare ce a fost proiectată strict pentru îndepărtarea încărcării organice prin adaptări specifice ale bioreactoarelor existente.

Avantajele bioreactorului, conform invenției, sunt următoarele:

- Asigură menținerea nămolului activ cu proprietăți bune de sedimentare și formare a granulelor de nămol aerob sub acțiunea factorului de selecție viteza de sedimentare indus prin existența zonei de presedimentare și recuperare granule;
- Volumul necesar desfășurării proceselor biologice de îndepărtare nutrienți și încărcare organică este inferior celui aferent proceselor cu nămol activ sub formă de flocoane;
- Nu sunt necesare recirculări interne, toate condițiile necesare desfășurării proceselor biochimice (îndepărtare compuși organici, nitrificare-denitrificare, îndepărtare fosfor) fiind asigurate de gradientii de concentrație oxigen dizolvat, nutrienți și metaboliți dinspre exteriorul către interiorul granulei;
- Asigură eficiențele de epurare și parametrii de calitate ai efluentului necesari deversării în emisari naturali (HG 352/2005 – NTPA 001);
- Bună adaptabilitate la variații ale încărcării influentului și a debitului;
- Nămolul aerob granular are viteza de sedimentare mai mare (10-20m/h) comparativ cu nămolul convențional în flocoane;
- Nu este necesară recircularea nămolului, nămolul evacuat reprezentând nămol cu slabe proprietăți de sedimentare și reprezintă nămol rezidual;

- Cantitatea de nămol rezidual rezultată este cu aproximativ 30% mai redusă comparativ cu procesele cu nămol activ sub formă de flocoane;
- Nămolul aerob granular are perspective mai bune de valorificare: extracție și reutilizarea exopolizaharidelor constitutive de tipul alginatului;
- Costuri de operare mai reduse comparativ cu cele ale sistemului convențional;
- Poate fi implementate cu costuri relativ reduse de investiție în bioreactoarele stațiilor de epurare existente;

În continuare se prezintă un **exemplu de realizare a epurării apelor uzate în bioreactorul cu nămol aerob granular alimentat în flux continuu, conform invenției**, în legătură cu fig.1. care reprezintă configurația bioreactorului, conform invenției:

Bioreactorul (1), model experimental de laborator, este un vas rectangular cu un volum util de 3,55 litri. Suprafața orizontală a radierului bioreactorului (2) este acoperită cu sistem de aerare cu bule fine (3) de sine cunoscut, în apropierea pereților verticali fiind prevăzuți pereți înclinați (4), realizați în scopul eliminării zonelor cu viteze de curgere redusă, în care ar fi apărut fenomenul de sedimentare. Prin sistemul de aerare (3) este introdus aerul (amestec de gaze cu conținut ridicat de oxigen) cu un debit (1,5-2 L/minut) ce asigură condițiile aerobe necesare proceselor metabolice implicate în epurarea apelor uzate și menține în mișcare tip pat fluidizat granulele de nămol. Influentul (5) este introdus la partea inferioară a bioreactorului, cu un debit (7,4 mL/minut) ce asigură un timp de retenție hidraulică de 8 ore.

Bioreactorul (1) este prevăzut în interior, înainte de zona de deversare a amestecului către zona de recuperare a granulelor (6), cu o lamelă de predecantare (7) –de 3 cm lățime montată la un unghi de $\sim 45^\circ$ față de peretele bioreactorului, care asigură lipsa bulelor de aer în zonă și permit sedimentarea granulelor. Granulele care trec de această lamelă de predecantare (7) decantează în zona de recuperare granule (8) și se reintorc în vasul de reacție (1) prin fantele (9) prevăzute la partea inferioară ce comunică cu zona aerobă a bioreactorului. Zona de recuperare a granulelor (8) este protejată de turbulențele provocate de aerare cu o lamelă (10) de ~ 3 cm montată pe peretele reactorului, sub zona fantelor de reintoarcere a granulelor (9), la un unghi de $\sim 45^\circ$ și o lamelă de redirectionare a curgerii (11) bulelor de aer în mișcare ascendentă astfel încât să nu perturbe procesul de presedimentare și recuperare granule. Din zona de predecantare (7) și recuperare granule (8), apa uzată epurată împreună cu nămolul excedentar cu viteză mică de sedimentare trec prin preaplin (12) în decantorul secundar (13). Nămolul cu proprietăți slabe de decantare ajuns în

decantorul secundar este evacuat (14) iar efluentul epurat (15) trece prin preaplin în deversorul decantorului (16) și este colectat.

Bioreactorul a fost alimentat cu apă uzată sintetică cu caracteristici apropiate apelor uzate municipale (HG 352/2005- NTPA 002), ce conține 0.9 g L^{-1} acetat de sodiu; $0.2 \text{ g L}^{-1} \text{ NH}_4\text{Cl}$; $0.08 \text{ g L}^{-1} \text{ K}_2\text{HPO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; $0.02 \text{ g L}^{-1} \text{ CaCl}_2$; $0.03 \text{ g L}^{-1} \text{ MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; $0.02 \text{ g L}^{-1} \text{ FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 1 ml L^{-1} soluție microelemente.

Din monitorizarea distribuției granulelor de nămol aerob, figura 2, în bioreactor (-), pre-decantor (-) și decantor (-) a rezultat că granulele cu diametre superioare sunt menținute în bioreactor, în decantor ajungând doar granule cu diametre inferioare.

Performanțele de epurare au fost evaluate timp de șase luni pe baza rezultatelor determinărilor analitice ale încărcării organice exprimată atât sub formă de consum chimic de oxigen (CCOCr) cât și sub formă de consum biochimic de oxigen (CBO₅), materii totale în suspensie (MTS), și ale concentrațiilor de azot total Kjeldahl (NTK), NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- și PO_4^{3-} . În perioada monitorizării instalației experimentale eficiențele de îndepărtare a principalilor poluanți din apele uzate municipale (încarcare organică -80 și 99%, nitrificare - 76 și 99%, denitrificare - 67 și 85% și îndepărtare fosfor 50 și 60%) au condus la valori ale concentrațiilor în efluent inferioare celor prevăzute în NTPA 001/2002.

REVENDICARI

1. Bioreactor alimentat în flux continuu pentru epurarea apelor uzate municipale cu nămol aerob granular **caracterizat prin aceea că** procesul de epurare are loc într-un singur bioreactor aerob prevăzut cu o zonă de predecantare ce funcționează ca factor de selecție și recuperare a granulelor, permițând menținerea și formarea granulelor de nămol aerob în condiții de alimentare continuă și performante de epurare conform normelor de deversare în emisar.
2. Bioreactor alimentat în flux continuu cu nămol aerob granular, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** este prevăzut în interior, înainte de zona de deversare către zona de recuperare a granulelor, cu o lamelă de predecantare montată la un unghi de $\sim 45^\circ$ față de peretele bioreactorului, care asigură lipsa bulelor de aer în zonă și permite sedimentarea granulelor.
3. Bioreactor alimentat în flux continuu cu nămol aerob granular, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** granulele care trec de lamela de predecantare, conform revendicării 2, decantează în zona de recuperare granule și se reîntorc în vasul de reacție prin fantele prevăzute la partea inferioară, ce comunică cu zona aerobă a bioreactorului, asigurând astfel menținerea concentrației de biomasă granulară în bioreactor .
4. Bioreactor alimentat în flux continuu cu nămol aerob granular, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** zona de recuperare a granulelor este protejată de turbulențele provocate de aerare cu o lamelă montată pe peretele reactorului, sub zona fantelor de reîntoarcere a granulelor, la un unghi de $\sim 45^\circ$ și o lamelă de redirectionare a curgerii bulelor de aer în mișcare ascendentă astfel încât să nu perturbe procesul de presedimentare și recuperare granule.
5. Bioreactor alimentat în flux continuu cu nămol aerob granular, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, în condițiile alimentării cu apă uzată cu calitate NTPA 002/2005, la un timp de retenție hidraulică între 6 și 8 ore, asigură performanțele de epurare și concentrații sub valorile maxime admise în efluentul epurat.

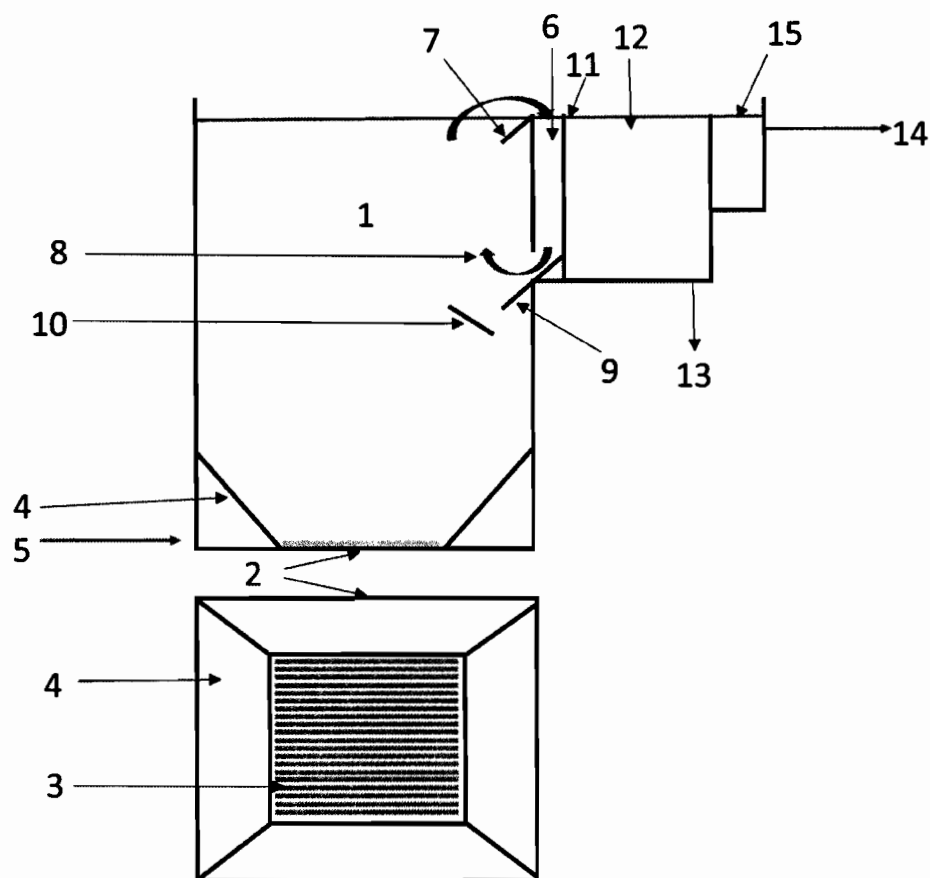


Fig. 1. Configurația bioreactorului, conform invenției

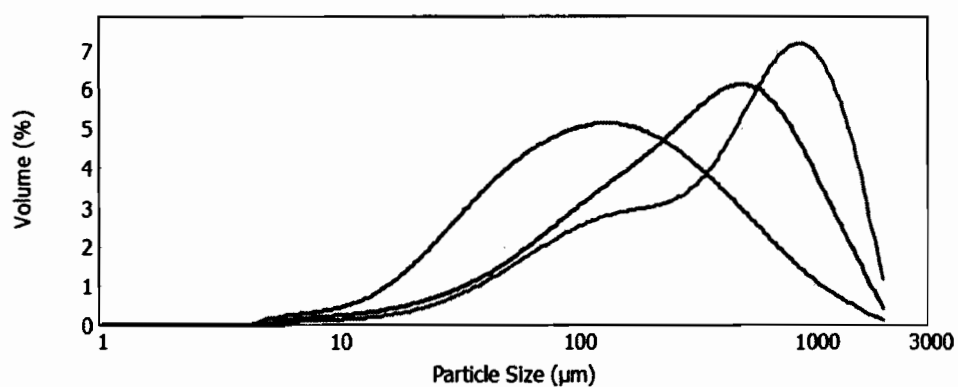


Fig. 2. Distribuția granulometrică a particulelor solide în bioreactor (-), pre-decantor (-) și decantor (-)