



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2014 00111**

(22) Data de depozit: **12/02/2014**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/12/2020** BOPI nr. **12/2020**

(41) Data publicării cererii:
29/05/2015 BOPI nr. **5/2015**

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

(72) Inventatori:
• **TRICOLICI OLGA, STR. MĂRGEANULUI
NR. 26, BL. M23A, AP. 13, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **BUMBAC COSTEL, STR. BÂRSĂNEȘTI
NR.6, BL. 154, SC.2, ET.6, AP.68,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **PĂTROESCU ION VIOREL,
STR. FOCȘANI NR.6, BL.M 196, AP.50,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **BĂDESCU VALERIU ROBERT,
INTRAREA MUZEULUI NR. 17, BL. 4, SC. 3,
ET. 1, AP. 6, CARACAL, OT, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**G.Gutzeit & colab. Biofloculent-bacterial
biomass improves low-cost
wastewater treatment, World
Congress,19-24 Sept.2004,
Marrakech,Morocco; M. Medina & colab.
Symbiotic algal bacterial wastewater
treatment: effect of food to microorganism
ratio and hydraulic retention time on the
process performance, Water Science &
Technology, 2007, Vol. 55, no. 11, pp.
165-171; Yanyan Su & colab. Municipal
wastewater treatment and biomass
accumulation with a wastewater-born
and settleable algal-bacterial culture,
WATER RESEARCH, 31.05.2011, Vol. 45,
pp. 3351-3358.**

(54) **PROCEDEU DE OBTINERE A GRANULELOR MIXTE
MICROALGE-BAC TERII PENTRU EPURAREA APELOR
UZATE**



RO 130247 B1

1 Invenția se referă la un procedeu destinat obținerii unor structuri granulare a sistemului
2 simbiotic microalge - nămol activ cu capacitate de sedimentare ridicată, cu aplicații în domeniul
3 epurării apelor uzate.

4 Sunt cunoscute procese de epurare biologică convențională a apelor uzate bazate pe
5 utilizarea biomasei nămolului activ având în componență diferite specii de bacterii. Dezavantajul
6 acestor procese este că nămolul activ rezidual rezultat reprezintă un deșeu [1] a cărui gestiune
7 este dificilă ca urmare a: restricțiilor legislative, factorilor economici, riscului generat asupra
8 stării ecosistemelor și sănătății umane [2,3,4].

9 Sunt cunoscute din stadiul tehnicii atât formarea particulelor simbiotice dintre alge
10 fotoautotrofe și bacterii heterotrofe, cât și folosirea acestora în epurarea apelor reziduale
11 [6,7,8,9,10] cu eliminarea necesității introducerii aerului ca sursa de oxigen în mediului de
12 reacție, acesta fiind produs de microorganismele fotoautotrofe prin fotosinteză în prezența
13 luminii [5] și respectiv îndepărtarea nutrienților (în principal, azot și fosfor) [6] și captarea
14 dioxidului de carbon (CO_2) în timpul procesului de fotosinteză [7]. Dezavantajul acestor aplicații
15 este reprezentat de capacitatea scăzută de separare a biomasei microalgale și bacteriene,
16 aceasta regăsindu-se liberă în suspensie sau sub formă de flocoane cu capacitate scăzută de
17 sedimentare [8,9,10]. Dificultățile separării biomasei în suspensie sunt generate de dimensiunile
18 microscopice ale celulelor microalgale, speciile de microalge cel mai frecvent utilizate pentru
19 epurarea apelor uzate având diametrul celulei mai mic de 30 μm [11] și o viteză de decantare
20 mai mică de 10^{-6} m/s [12]. Utilizarea biomasei microalge-bacterii organizată în flocoane [8, 10]
21 asigură eficiente de separare și viteze de sedimentare a biomasei similare proceselor biologice
22 convenționale cu nămol activ [10].

23 De asemenea, este cunoscut interesul pentru eficientizarea proceselor de epurare prin
24 identificarea unei soluții de îndepărtare rapidă a biomasei microalge-bacterii din efluent, fie prin
25 metode fizico-chimice (centrifugare, coagulare-floculare), fie prin metode biologice - biofloculare
26 (formare particule simbiotice microalge - nămol activ cu comportament similar nămolului activ
27 convențional) fie prin fixarea acestora pe materiale suport, cel mai frecvent aplicate fiind
28 centrifugarea și coagularea/flocularea chimică. Deși este cunoscută ca fiind cel mai rapid
29 procedeu de îndepărtare a celulelor microalgale, centrifugarea prezintă dezavantajul unui
30 consum energetic ridicat [13]. De asemenea, procedeuul nu este eficient pentru toate speciile
31 de microalge [14] și, datorită forței centrifugale ridicate, poate provoca liză celulară [15].
32 Utilizarea coagulanților/floculanților prezintă, de asemenea, câteva dezavantaje: s-a demonstrat
33 a fi ineficient economic [16], este sensibil la variațiile pH-ului [17], eficiența procedeuului este
34 dependentă de concentrația coagulantului și concentrația biomasei, anumite săruri metalice pot
35 provoca liză celulară [18] și există riscul de contaminare a biomasei cu metale [13]. Metoda
36 imobilizării celulare prezintă câteva dezavantaje: implică costuri cu achiziția matricilor, nu toate
37 tipurile de matrici asigură o imobilizare eficientă a celulelor microalgale (unele matrici fiind
38 toxice), prezintă riscul scăderii suprafeței de contact dintre celulele microalgale și nutrienți în
39 comparație cu sistemele cu microalge în suspensie, necesită tehnici suplimentare de separare
40 a celulelor microalgale de pe matrici, eficiența procedeuului este dependentă de concentrația
41 biomasei și concentrația substratului de aderență și prezintă riscul scăderii eficienței de preluare
42 a fotonilor odată cu creșterea biomasei [18,19,20]. Bio-flocularea reprezintă un procedeu
43 biologic și economic de recuperare a microalgelor, bazându-se pe utilizarea speciilor cu
44 capacitate ridicată de auto-floculare [8,10,21]. Succesul aplicării procedeuului este dependent
45 de speciile de microalge utilizate, însă nu toate speciile de microalge sunt eficiente în epurarea
46 apelor uzate. Un alt dezavantaj al procedeuului este necesitatea controlului dezvoltării unui taxon
47 specific, greu de realizat la scară largă și în condiții reale (nesterile) de operare.

RO 130247 B1

În același scop a fost propus un alt procedeu biologic caracterizat prin dezvoltarea unor structuri granulare compuse din specii de microalge și fungi, asigurând recuperarea rapidă a microalgelor prin sedimentare gravitațională [22]. Dezavantajul procedurii constă în sensibilitatea pe care o prezintă la variațiile pH-ului, creșterea valorii indicatorului peste 7,5 conducând la pierderea integrității structurii granulare [23]. De asemenea, ca și în cazul bio-floculării, procedeul este dependent de speciile de fungi utilizate [17].

Scopul invenției este obținerea de granule mixte de microalge fotoautotrofe și bacterii heterotrofe și autotrofe cu capacitate ridicată de sedimentare pentru dezvoltarea unor procese noi de epurare a apelor uzate cu eficiență ridicată, costuri scăzute de operare și cu posibilități multiple de valorificare a biomasei reziduale.

Problema tehnică pe care o rezolvă procedeul, conform invenției constă în obținerea unor granule dense formate din microalge fotoautotrofe și bacterii heterotrofe și nitrificatoare, cu viteză de sedimentare ridicată (10...25 m/h), net superioară nămolului activ convențional în flocoane, ce asigură îndepărtarea eficientă și rapidă a celulelor microalgale din efluent prin simpla sedimentare gravitațională, în lipsa aplicării altor procedee de recuperare sau controlului parametrilor operaționali, ce pot fi utilizate pentru eficientizarea proceselor de epurare a apelor uzate.

Procedeul de obținere a granulelor mixte microalge-bacterii, conform invenției înlătură dezavantajele menționate prin aceea că:

- aplicarea acestuia conduce la formarea unor granule dense microalge-bacterii stabile, cu viteze de sedimentare între 10...25 m/h;

- utilizarea granulelor obținute în procesele de epurare conduce la creșterea performanțelor de epurare și scăderea costurilor de operare, nefiind necesară adăugarea unei surse externe de oxigen (aer).

Realizarea procedurii conform invenției presupune parcurgerea următoarelor etape:

- a. inocularea fotobioreactorului cu microalge și nămol activ;

- b. alimentarea fotobioreactorului cu un mediu lichid ce conține substrat;

- c. asigurarea parametrilor operaționali ce asigură desfășurarea concomitentă a metabolismelor microalgelor și bacteriilor heterotrofe și nitrificatoare, aflate în relații de simbioză, ce conduc la transformarea substratului și generarea de noi celule microalgale și bacteriene ce agregă între ele formând granule: expunerea bioreactorului la o sursă de lumină - aplicarea unei fotoperiodicități; agitarea mecanică a mediului pentru asigurarea amestecării continue a lichidului, substratului, microalgelor și bacteriilor nămolului activ;

- d. oprirea agitării pentru o perioadă de timp pentru a permite granulelor mixte microalge-nămol activ să decanteze în fotobioreactor;

- e. evacuarea efluentului prin golirea parțială a lichidului din partea de sus a fotobioreactorului;

- f. repetarea secvenței începând de la punctul b.) la f.) și în care, granulele mixte microalge-nămol activ decantează în etapa d.) cu o viteză de minimum 10 m/h.

Simbioza dintre microalgele fotoautotrofe și bacteriile heterotrofe și nitrificatoare este creată prin:

- consumul compușilor anorganici (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} etc.) și eliberarea oxigenului molecular (O_2) în mediul de reacție de către specii de microalge fotoautotrofe, prin captarea fotonilor în timpul procesului de fotosinteză, în faza de lumină;

- consumul O_2 de către bacteriile nitrificatoare în procesul de nitrificare și de către bacteriile heterotrofe în procesul degradării materiei organice și eliberarea dioxidului de carbon (CO_2);

- asimilarea CO_2 de către microalgele fotoautotrofe în faza de proces fotosintetic independentă de lumină.

RO 130247 B1

1 Prin suportul metabolic reciproc realizat între microalgele fotoautotrofe și bacteriile
heterotrofe și nitrificatoare este asigurată asimilarea și a altor nutrienți din mediul de reacție.
3 Rezultatul relațiilor de simbioză dezvoltate între microalgele fotoautotrofe și bacteriile hetero-
trofe și nitrificatoare este reprezentat de îndepărtarea materiei organice și a nutrienților din
5 apele uzate fără a fi necesară o sursă externă de oxigen.

Structura granulară reprezintă o rețea compusă din microalge filamentoase, microalge
7 nefilamentoase (cu diametrul celulei mai mic de 30 μm), bacterii heterotrofe și bacterii
nitrificatoare și este rezultatul: relațiilor de simbioză, proprietăților morfologice ale microalgelor
9 filamentoase, caracteristicilor biochimice ale microalgelor și bacteriilor, agitării mecanice a
biomasei și utilizarea timpului de decantare ca factor de selecție. Bacteriile heterotrofe și
11 bacteriile nitrificatoare, împreună cu microalgele fotoautotrofe, asigură un anumit grad de
agregare celulară, ca rezultat al secreției polimerilor extracelulari, iar microalgele filamentoase
13 generează o rețea densă de filamente, care, sub presiunea agitării biomasei, determină
structura granulară a sistemului simbiotic, asigurând aderența tuturor tipurilor de microalge la
15 structura granulelor iar timpul de decantare utilizat ca factor de selecție permite păstrarea
granulelor cu viteza de decantare superioară și evacuarea biomasei în suspensie. Avantajele
17 procedurii, conform invenției sunt următoarele:

- obținerea unui sistem simbiotic microalge-nămol activ, cu structură granulară și viteză
19 ridicată de sedimentare (10...25 m/h);
- obținerea unui sistem granular cu rezistență ridicată a integrității structurale la variațiile
21 parametrilor de operare;
- îndepărtarea eficientă și rapidă a microalgelor din efluent/mediu de cultivare prin
23 sedimentare gravitațională;
- îndepărtarea materiei organice și a nutrienților din apele uzate, în condiții aerobe, fără
25 a fi necesară o sursă externă de oxigen.

Se dau în continuare două exemple:

27 Exemplul 1

Un exemplu de realizare a procedurii de granulare, conform invenției, în legătură cu
29 fig. 1...9, în care:

- fig. 1, reprezintă microalgele filamentoase și microalgele globulare (nefilamentoase);
- 31 - fig. 2, reprezintă distribuția granulometrică a celulelor microalgale nefilamentoase
(globulare);
- 33 - fig. 3, reprezintă schema fotobioreactorului;
- fig. 4, reprezintă imaginea microscopică a sistemului simbiotic granular microalge -
35 bacterii;
- fig. 5, reprezintă structura granulară a sistemului simbiotic microalge-bacterii;
- 37 - fig. 6, reprezintă distribuția granulometrică a granulelor mixte microalge-nămol activ
obținute;
- 39 - fig. 7, reprezintă curba de decantare a granulelor microalge-nămol activ;
- fig. 8, reprezintă imaginea sedimentării entităților granulare microalge-nămol activ
41 rezultate după procedeul de granulare;
- fig. 9, reprezintă imaginea sedimentării sistemului simbiotic microalge-nămol activ în
43 timpul realizării procedurii de granulare.

Procedeul de obținere a granulelor s-a realizat în regim de funcționare secvențial cu
45 următoarele trepte:

a. inocularea fotobioreactorului cu microalge și nămol activ: au fost prelevate din
47 biofilmul format pe peretele unui reactor de laborator de epurare a apelor uzate, specii native
de microalge filamentoase (fig. 1-1) și nefilamentoase (globulare) (fig. 1-2), bacterii

RO 130247 B1

heterotrofe și nitrificatoare. Microalgele nefilamentoase s-au caracterizat prin dimensiuni reduse: diametrul celulei cuprins între aproximativ 1 și 8 μm (fig. 2), și o viteză scăzută de sedimentare ($< 1,5 \cdot 10^{-6}$ m/s), iar viteza de sedimentare a microalgelor filamentoase având valoarea de aproximativ $2,4 \cdot 10^{-6}$ m/s. Inoculul a fost preîmbogățit într-un incubator cu agitare prevăzută cu lumină fotosintetică, pe un mediu sintetic format din 80% mediu de cultură specific microalgelor (compus din următorii nutrienți: KNO_3 (2,5 g/L), KH_2PO_4 (2,45 g/L), $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (2,4 g/L), K_2SO_4 (0,217 g/L), $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (1,5 mg/L), $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (1,4 mg/L), H_3BO_3 (0,28 mg/L), $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,22 mg/L), $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,05 mg/L), $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,0078 mg/L)) și 20% apă uzată municipală, timp de o lună. În timpul cultivării au fost menținute următoarele condiții: temperatura = 25°C , agitarea sistemului = 75 rot/min (agitare continuă), frecvența fotoperiodicității: 12 h fază de lumină: 4 h fază de întuneric. Stocul de microalge - bacterii dezvoltat după perioada de cultivare a reprezentat inoculul utilizat pentru realizarea procedurii de granulare.

b. alimentarea fotobioreactorului cu un mediu lichid ce conține substrat: influentul utilizat pentru alimentarea fotobioreactorului - apă uzată reală, neautoclavată, a avut următoarele caracteristici fizico-chimice: pH 7...8; $\text{O}_2 < 30\%$, CCOCr 100...400 mg O_2/L , $\text{NH}_4^+ < 41$ mg/L, $\text{NO}_2^- < 0,1$ mg/L, $\text{NO}_3^- < 6$ mg/L, $\text{PO}_4^{3-} < 12$ mg/L.

c. asigurarea parametrilor operaționali (sursă de lumină, fotoperiodicitate, agitare mecanică a mediului, timp de retenție hidraulică):

- bioreactorul (fig. 3-3) a fost expus la o sursă externă de lumină (fig. 3-4) de intensitate 3980 lumeni;

- fotoperiodicitatea a fost setată la 15 h fază de lumină: 9 h fază de întuneric, faza de lumină începând odată cu alimentarea bioreactorului;

- omogenizarea biomasei s-a realizat prin intermediul sistemului de agitare mecanică la o turație de 120 rpm (fig. 3-5);

- monitorizare continuă parametrii operaționali: pH (electrod EasyFerm 225, Hamilton) temperatură ($^\circ\text{C}$) (senzor Pt100, Sartorius) și saturația în oxigen (%) (senzor OxyFerm 225, Hamilton). Pe durata procedurii, pH-ul a fost menținut între valorile 6,5...8,5 utilizând hidroxid de potasiu (KOH) 0,1% și acid sulfuric (H_2SO_4) 1N.

d. oprirea agitării pentru a permite granulelor mixte microalge-nămol activ să decanteze în fotobioreactor: timpul de decantare a fost utilizat ca factor de selecție a biomasei cu capacitate ridicată de sedimentare. Astfel, acesta a fost redus treptat de la 30 min la 5 min în scopul evacuării treptate a biomasei cu proprietăți slabe de sedimentare și menținerii și dezvoltării granulelor cu viteze superioare de sedimentare în fotobioreactor.

e. evacuarea efluentului prin golirea parțială a lichidului din partea de sus a fotobioreactorului: la sfârșitul perioadei de decantare se extrage 50% din volumul de amestec din partea superioară a fotobioreactorului.

f. repetarea secvenței începând de la punctul b.) la f.) - reluarea ciclului prin reluarea etapelor b-f până la obținerea structurii granulare dense de microalge-bacterii (aproximativ 60 zile).

După mai multe cicluri de operare, s-a obținut un sistem simbiotic granular microalge-nămol activ (fig. 4) alcătuit din microalge filamentoase (fig. 5-6), microalge nefilamentoase (fig. 5-7) și bacterii heterotrofe și nitrificatoare (fig. 5-8). Entitățile granulare rezultate s-au caracterizat printr-un diametru cuprins între 420...1900 μm (fig. 6), având o capacitate de sedimentare de aproximativ $0,5 \cdot 10^{-2} \pm 0,2 \cdot 10^{-2}$ m/s (fig. 7). În fig. 8 este prezentat sistemul granular microalge-nămol activ în treapta de sedimentare la sfârșitul procedurii de granulare, iar în fig. 9 este prezentat sistemul granular microalge-bacterii în treapta de sedimentare în timpul procedurii de granulare.

1 Exemplul 2

Utilizarea sistemului simbiotic granular obținut, conform invenției, pentru epurarea apelor uzate în legătură cu fig. 10...12 și tabelul 1, în care:

3 - fig. 10, reprezintă variația concentrației de O_2 și a valorilor pH-ului în timpul procesului de epurare;

5 - fig. 11, reprezintă variația concentrației încărcării organice, exprimată ca $CCOCr$,
7 fig. 12, reprezintă variația concentrațiilor ionilor amoniu (NH_4^+), azotit (NO_2^-) și azotat (NO_3^-) în timpul procesului de epurare;

9 - tabelul 1, reprezintă caracteristicile fizico-chimice ale influentului și efluentului rezultat în urma epurării în prezența granulelor mixte microalge-bacterii, obținute conform invenției, în comparație cu prevederile legislative în vigoare referitoare la condițiile de calitate ale evacuărilor în rețele de canalizare (HG 352/2005-NTPA-002/2005) și emisari naturali (HG 352/2005-NTPA-001/2005).

11 Sistemul granular obținut prin procedeul de granulare, conform invenției a fost utilizat pentru epurarea apelor uzate, în condiții de laborator într-un fotobioreactor (volum util 2 L) cu operare în regim secvențial:

13 - alimentare fotobioreactor cu apă uzată (1 L) provenită din industria laptelui, parțial epurată, ne-autoclavată, ale cărei caracteristici fizico-chimice sunt prezentate în tabelul 1;

15 - epurarea apei uzate la un timp de retenție hidraulică de 24 h, cu omogenizarea continuă a biomasei (prin intermediul sistemului de agitare mecanică) cu o viteză de 120 rot/min;

17 - decantarea biomasei timp de 5 min;

19 - evacuarea efluentului din partea superioară a bioreactorului, cu menținerea biomasei, și realimentarea bioreactorului.

21 Bioreactorul a fost expus la o lumină externă de intensitate 3980 lumeni, iar fotoperiodicitatea a fost setată la 15 h fază de lumină: 9 h fază de întuneric, faza de lumină începând odată cu alimentarea bioreactorului.

23 În primele ore de epurare a apei uzate cu sistemul granular microalge-nămol activ obținut conform invenției, în faza de lumină, nivelul saturației în O_2 a mediului de reacție a rămas la aproximativ 0% (fig. 10), datorită consumului O_2 furnizat prin procesul de fotosinteză de către biomasa bacteriană ce se corelează cu reducerea încărcării organice de la 149,6 la 8,8 mg O_2 /L (fig. 11). După epuizarea încărcării organice, nivelul concentrației de O_2 din mediul de reacție a început să crească, depășind după încă 5 h nivelul superior de înregistrare al senzorului (Fig. 10). Astfel, prin intermediul procesului de fotosinteză, realizat de microalgele fotoautotrofe s-a asigurat îndepărtarea materiei organice cu o eficiență de 94,1% și suprasaturarea mediului de reacție în O_2 în faza de lumină în lipsa aerării mecanice.

25 După consumul materiei organice, creșterea concentrației de O_2 în mediul de reacție se realizează lent datorită intensificării proceselor de nitrificare (fig. 12). În urma utilizării granulelor obținute conform invenției, eficiența de îndepărtare a azotului amoniacal a fost mai mare de 99% (tabelul 1).

27 O dată cu intrarea în faza de întuneric, nivelul saturației în O_2 a început să scadă, atingând un nivel minim de 25 %. Variațiile valorilor saturației în O_2 , pe perioada epurării influentului, între 0% și peste 100%, nu au afectat integritatea structurală a granulelor.

29 pH-ul mediului de reacție a variat între 6,5 și 7,7 (fig. 10) fără a afecta integritatea structurală a granulelor de microalge-nămol activ obținute conform invenției. Analiza efectului presiunilor șoc, reprezentate de variații ale valorilor pH-ului între 8,8 și 5,5 a evidențiat menținerea integrității structurale a sistemului simbiotic granular microalge-nămol activ.

RO 130247 B1

Eficiența de îndepărtare a celulelor microalgale a fost de 99,91%, indicatorul fiind evaluat în funcție de concentrația de clorofilă "a" (pigment de culoare verde din membranele tilacoidelor cloroplastelor, esențial în procesul de fotosinteză, prin intermediul căreia are loc transformarea energiei luminoase în energie chimică) existentă în biomasă, înainte de treapta de sedimentare, și din efluent (tabelul 1). În cazul altor secvențe de epurare a apelor uzate realizate utilizând sistemul simbiotic granular microalge-nămol activ, concentrația de clorofilă "a" din efluent a variat în intervalul 0...0,024 mg/L, asigurându-se astfel o eficiență de recuperare a celulelor microalgale cuprinsă între 99,4% și 99,99%.

Tabelul 1

Indicator	Unitate de măsură	Influent	Efluent	NTPA-001/2005 [24]	NTPA-002/2005 [25]
Temperatură	°C	15	28,3	35	40
pH		7,3	6,5	6,5-8,5	6,5-8,5
O ₂	mg/L	< 0,5	3,2	-	-
Materii în suspensie	mg/L	4	3	35 ¹ (60)	350
Consum chimic de oxigen - metoda cu dicromat de potasiu (CCO _{Cr})	mg O ₂ /L	149,6	8,8	125	500
Consum biochimic de oxigen la 5 zile (CBO ₅)	mg O ₂ /L	57,7	<9	25	300
N-NH ₄ ⁺	mg/L	16,9	< 0,1	2 ¹ (3)	30
NO ₂ ⁻	mg/L	< 0,1	< 0,1	1 ¹ (2)	-
NO ₃ ⁻	mg/L	< 0,1	43,2	25 ¹ (37)	-
PO ₄ ³⁻	mg/L	9,6	4,2	-	-
Azot total	mg/L	19,1	10,1	10 ¹ (15)	-
Fosfor total	mg/L	3,3	1,4	1 ¹ (2)	5
Clorofila „a”	mg/L	0	20,89/ 0,017 ²	-	

¹ Palori ce trebuie considerate pentru descărcări ale efluenților în zone sensibile

² Concentrația de clorofila "a" înainte de treapta de sedimentare/în efluent

Bibliografie

Brevete:

[22] Hu Bo, Ruan R. R., Zhang J., Zhou W., 2013. Microalgae culture and harvest. PCT/US2012/059707.

Articole:

[3] Aravantinou A. A., Theodorakopoulos A. M., Manariotis D. L., 2013. Selection of microalgae for wastewater treatment and potențial lipids production. Bioresource Technology 147, pp. 130-134.

RO 130247 B1

1 [4] Perez-Elvira S. L, Diez P. N., Polanco F. F., 2006. Sludge minimisation technologies.
Reviews in Environmental Science and Biotechnology 5, pp. 375-398.

3 [5] Park J. B. K., Craggs J. R., Shilton N. A., 2011. Wastewater treatment high rate algal
ponds for biofuel production. Bioresource Technology 102, pp. 35-42.

5 [6] Arbib Z., Ruiz J., Alvarez-Diaz P., Garrido-Perez C, Perales J. A., 2013. Capability
of different microalgae species for phytoremediation processes: wastewater tertiary treatment,
7 CO₂ bio-fixation and low cost biofuels production. Water Research doi:
10.1016/j.watres.2013.10.036.

9 [7] Razzaka A. S., Hossaina M. M., Lucky A. R., Bassi S. A., de Lasă H., 2013.
Integrated CO₂ capture, wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing
11 - A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 27, pp. 622-653.

13 [8] Gutzeit G., Lorch D., Weber A., Engels M., Neis U., 2005, Biofloculent algal-bacterial
biomass improves low-cost wastewater treatment, Water Sci Technol.; 52(12), pp. 9-18.

15 [9] Medina M. Neis U., 2007, Symbiotic algal bacterial wastewater treatment: Effect of
food to microorganism ratio and hydraulic retention time on the process performance, Water
Science & Technology 55(11), 65-71, DOI: 10.2166/wst.2007, p. 351.

17 [10] Su Y., Mennerich A., Urban B., 2011, Municipal wastewater treatment and biomass
accumulation with a wastewater-born and settleable algal-bacterial culture., Water Res.; 45(11),
19 pp. 3351-8.

21 [11] Rashid N., Rehman Ur S., Han J. -In, 2013. Rapid harvesting of freshwater
microalgae using chitosan. Process Biochemistry 48, pp. 1107-1110.

23 [12] Granados R. M., Acien G. F., Gomez C, Fernandez-Sevilla M. J., Molina Grima E.,
2012. Evaluation of flocculants for the recovery of freshwater microalgae. Bioresource
Technology 118, pp. 102-110.

25 [13] Grima E. M., Belarbi E. -H., Fernandez A. G. F., Medina R. A., Chisti Y., 2003.
Recovery of microalgal biomass and metabolites: process options and economics.
27 Biotechnology Advances 20, pp. 491-515.

29 [14] Rusten B., Sahu K. A., 2011. Microalgae growth for nutrient recovery from sludge
liquor and production of renewable energy. Water Science and Technology 64,
pp. 1195-1201.

31 [15] Papazi A., Makridis P., Divanach P., 2010. Harvesting Chlorella minutissima using
cell coagulants. Journal of Applied Phycology 22, pp. 349-355.

33 [16] Coward T., Lee G. M. J., Caldwell S. G., 2013. Development of a foam flotation
system for harvesting microalgae biomass. Algal Research 2, pp. 135-144.

35 [17] Zhang J., Hu Bo, 2012. A novel method to harvest microalgae via co-culture of
filamentous fungi to form cell pellets. Bioresource Technology 114, pp. 529-535.

37 [18] Olguin J. E., 2012. Dual purpose microalgae-bacteria-based systems that treat
wastewater and produce biodiesel and chemical products within a Biorefinery. Biotechnology
39 Advances 30, pp. 1031-1046.

41 [19] Moreno-Garrido I., 2008. Microalgae immobilization: current techniques and uses.
Bioresource Technology 99, pp. 3949-3964.

43 [20] Liu K., Li J., Qiao H., Lin A., Wang G., 2012. Immobilization of Chlorella sorokoniana
GXNN 01 in alginate for removal of N and P from synthetic wastewater. Bioresource Technology
114, pp. 26-32.

45 [21] Salim S., Bosma R., Vermue H. M., Wijffels H. R., 2011. Harvesting of microalgae
by bio-flocculation. Journal of Applied Phycology 23, pp. 849-855.

RO 130247 B1

[23] Zhou W., Cheng Y., Li Y., Wan Y., Liu Y., Lin X., Ruan R., 2012. Novei fungal pelletization - assisted technology for algae harvesting and wastewater treatment. Applied Biochemistry and Biotechnology 167, pp. 214-228. 1
3

Legislație:

[1] Hotărâre nr. 856 din 16 august 2002 privind evidența gestiunii deșeurilor și pentru aprobarea listei cuprinzând deșeurile, inclusiv deșeurile periculoase. 5

[2] Ordin nr. 344 din 2004 pentru aprobarea Normelor tehnice privind protecția mediului și în special a solurilor, când se utilizează nămolurile de epurare în agricultură. 7

[24] Normativ NTPA-001/2005 privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate industriale și orășenești la evacuarea în receptorii naturali din Hotărârea nr. 352 din 21 aprilie 2005 privind modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate. 9
11

[25] Normativ NTPA-002/2005 privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare din Hotărârea nr. 352 din 21 aprilie 2005 privind modificarea și completarea Hotărârii Guvernului nr. 188/2002 pentru aprobarea unor norme privind condițiile de descărcare în mediul acvatic a apelor uzate. 13
15

Revendicări

1
3 1. Procedeu de obținere a granulelor mixte microalge-bacterii pentru epurarea apelor
uzate, **caracterizat prin aceea că**, se desfășoară în fotobioreactoare cu operare secvențială
5 după următoarele etape:

a. inocularea fotobioreactorului cu microalge și nămol activ;

7 b. alimentarea fotobioreactorului cu un mediu lichid ce conține substrat;

9 c. asigurarea parametrilor operaționali: expunerea bioreactorului la o sursă de
lumină - aplicarea unei fotoperiodicități; agitarea mecanică a mediului pentru asigurarea
amestecării continue a lichidului, substratului, microalgelor și bacteriilor nămolului activ; para-
11 metri ce asigură desfășurarea concomitentă a metabolismelor microalgelor și bacteriilor hetero-
trofe și nitrificatoare, aflate în relații de simbioză, ce conduc la transformarea substratului și
13 generarea de noi celule microalgale și bacteriene ce agregă între ele formând granule;

d. oprirea agitării pentru a permite granulelor mixte microalge-nămol activ să
15 decanteze în fotobioreactor;

e. evacuarea efluentului prin golirea parțială a lichidului din partea de sus a
17 fotobioreactorului;

f. repetarea secvenței începând de la punctul b.) la f.) și în care, granulele mixte
19 microalge-nămol activ obținute decantează în etapa d.) cu o viteză de minimum 10 m/h.

21 2. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, inoculul descris la
punctul a.) este reprezentat de microalge și bacterii.

23 3. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, granulara are loc în
condițiile alimentării fotobioreactorului în etapa b) cu un mediu lichid sintetic cu: nutrienți
substrat organic, macro- și micronutrienți, apă uzată reală sau amestec din mediu sintetic și apă
25 uzată ce constituie hrană pentru microorganismele din structura granulelor.

27 4. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, granulara are loc în
condițiile asigurării parametrilor operaționali descriși la punctul c), respectiv: sursă externă de
lumină, fotoperiodicitatea de 15 h fază de lumină: 9 h fază de întuneric, timp de retenție
29 hidraulică 24 h, faza de lumină începând odată cu alimentarea bioreactorului, agitare mecanică
la o turație de 120 rpm, control pH în intervalul 6,5...8,5.

31 5. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, durata decantării din
etapa d) este micșorată progresiv de la 30 la 5 min constituind factor de selecție al biomasei
33 granulare cu viteze de decantare cuprinse între 10 și 25 m/h.

35 6. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** etapele de la b) la f)
se repetă ciclic 60 zile până la obținerea structurii granulare.

37 7. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, în nici una din etapele
a)-f) nu este introdus aer dintr-o sursă externă, oxigenul necesar proceselor biologice, fiind
generat exclusiv de microalgele din compoziția granulelor mixte prin procesul de fotosinteză.

39 8. Procedeu, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că**, aplicarea repetată a
etapelor a)-f) conduce la obținerea unor granule mixte microalge-nămol activ cu dimensiuni între
41 420 și 1900 μm;

43 9. Procedeu, conform revendicării 8, **caracterizat prin aceea că**, granulele obținute
asigură prin metoda sedimentării gravitaționale, în condițiile unui timp de decantare de 5 min,
separarea celulelor microalgale din mediu cu o eficiență cuprinsă între 99 și 100%.

RO 130247 B1

10. Granule direct obținute prin procedeul definit în revendicare 8, **caracterizate prin aceea că**, pot fi utilizate pentru dezvoltarea unor procese noi de epurare a apelor uzate cu asigurarea unor randamente de peste 90% pentru încărcarea organică și azot amoniacal în condițiile asigurării unui timp de retenție hidraulică de 24 h. 1
3
11. Granule, conform revendicării 10, **caracterizate prin aceea că**, pot fi utilizate pentru dezvoltarea unor procese noi de epurare aerobă a apelor uzate care nu necesită sursă de aer externă. 5
7

(51) Int.Cl.

C12N 1/12 (2006.01);

C02F 3/12 (2006.01)

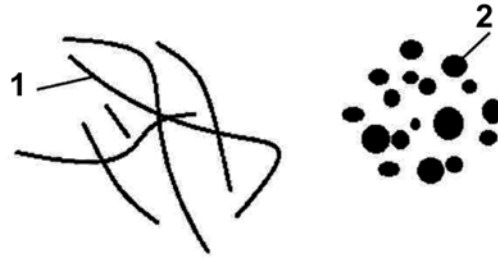


Fig. 1

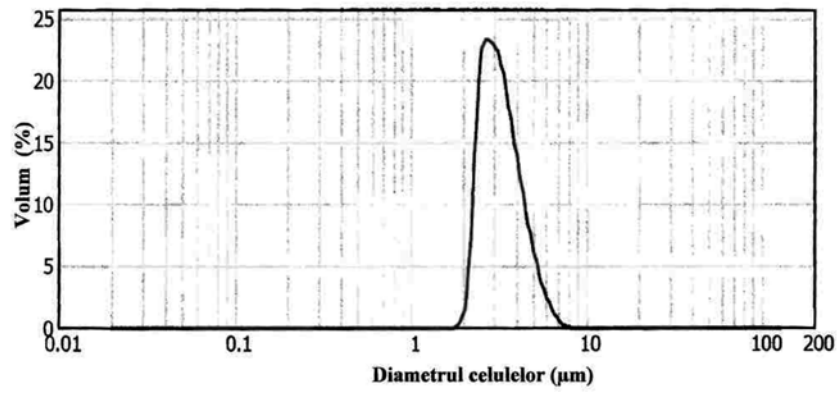


Fig. 2

(51) Int.Cl.

C12N 1/12^(2006.01);

C02F 3/12^(2006.01)

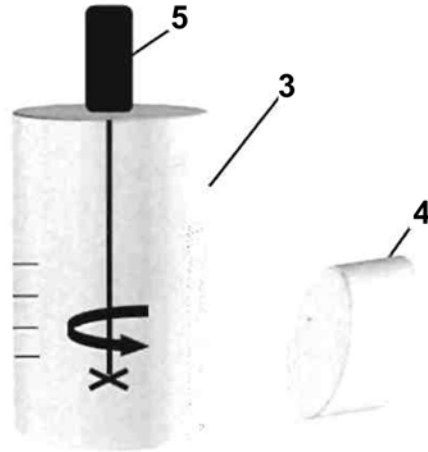


Fig. 3



(Obiectiv 4X)

Fig. 4

(51) Int.Cl.

C12N 1/12 (2006.01);

C02F 3/12 (2006.01)

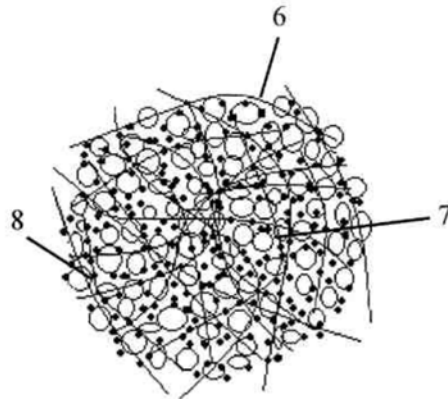


Fig. 5

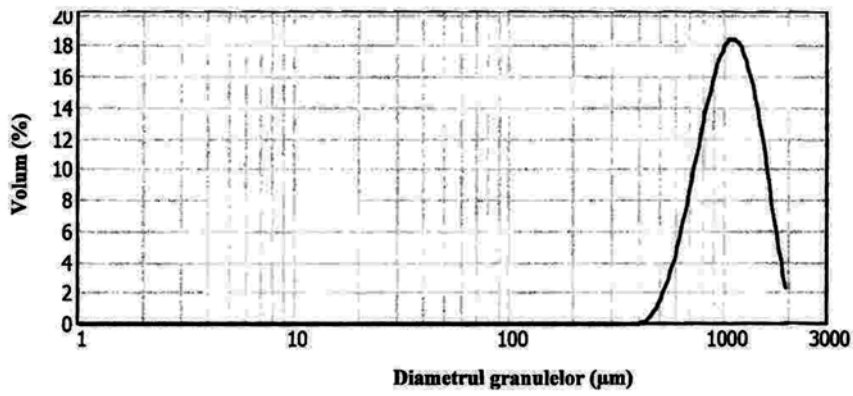


Fig. 6

(51) Int.Cl.

C12N 1/12 (2006.01);

C02F 3/12 (2006.01)

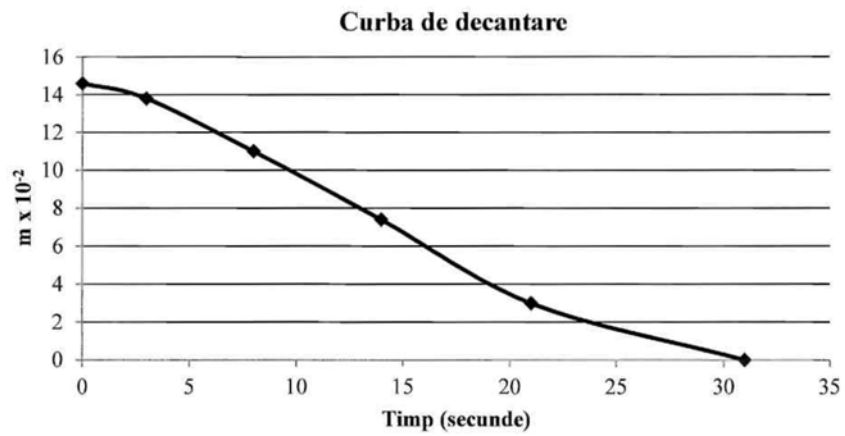


Fig. 7

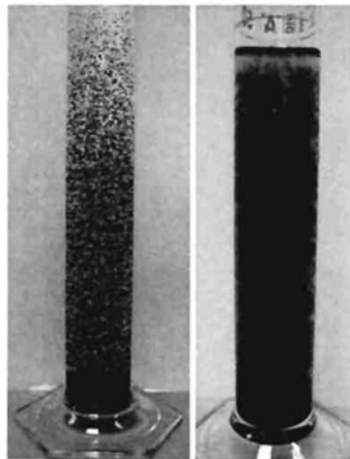


Fig. 8

Fig. 9

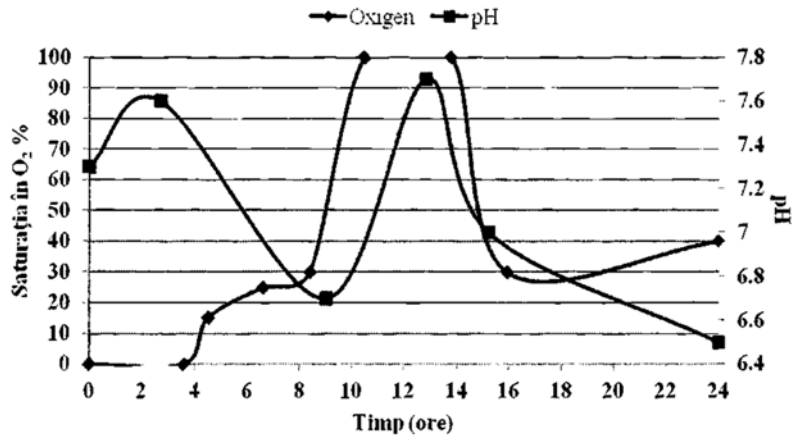


Fig. 10

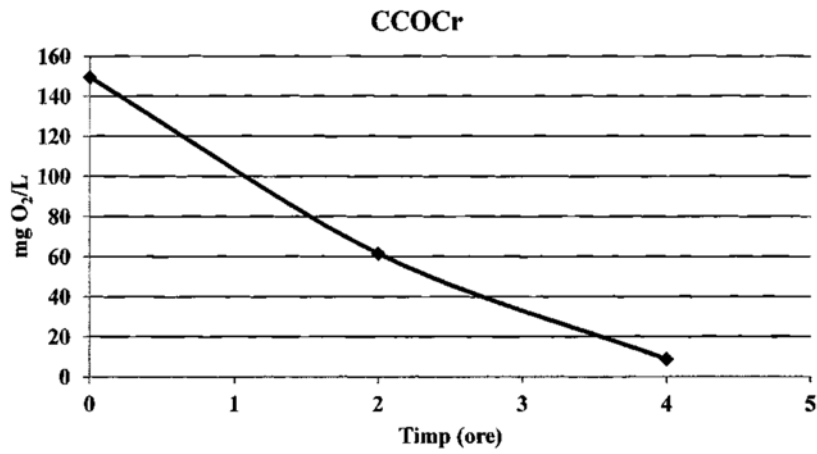


Fig. 11

(51) Int.Cl.

C12N 1/12 (2006.01),

C02F 3/12 (2006.01)

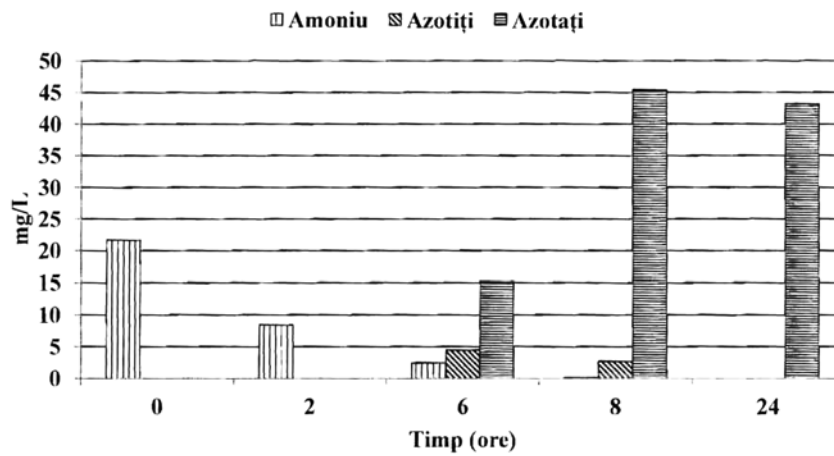


Fig. 12



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 519/2020