



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00614

(22) Data de depozit: 04/09/2017

(41) Data publicării cererii:
30/01/2018 BOPI nr. 1/2018

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA "TRANSILVANIA" DIN
BRAȘOV, BD.EROILOR NR.29, BRAȘOV,
BV, RO;
• EDAS EXIM S.R.L., STR. BANAT NR. 23,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• VIȘA MARIA, STR. CLOȘCA NR.48,
BRAȘOV, BV, RO;
• VIȘA ION, STR.CLOȘCA NR.48, BRAȘOV,
BV, RO;

• MOLDOVAN MACEDON DUMITRU,
STR. LIVIU CORNEL BABEȘ NR. 13, BL. 15,
SC. D, AP. 33, BRAȘOV, BV, RO;
• NEAGOE MIRCEA, STR.MOLIDULUI
NR.103, SĂCELE, BV, RO;
• ȚILIMPEA IULIAN-BOGDAN,
STR.TANINULUI NR.33, PLOIEȘTI, PH, RO;
• OLARU ANDREEA-GABRIELĂ,
STR.BURNITEI NR.60L, AP.21, SECTOR 3,
BUCUREȘTI, B, RO;
• COSAȘU DAN, STR. FELICIA RACOVIȚĂ
NR. 2-4, ET. 3, AP. 5, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) REACTOR PARALELIPIEDIC MODULAR ÎN FLUX
CONTINUU, PENTRU PROCESSE SIMULTANE
DE FOTOCATALIZĂ ȘI ADSORBȚIE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un reactor paralelipedic modular în flux continuu pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție bazate pe substraturi adsorbante și fotocatalitice aflate în suspensie, sub formă de peleți sau depuse pe peleți, destinat epurării avansate a apelor uzate, prin diminuarea concentrației unor poluanți din clase diferite, cu aplicație la scară de pilot sau industrială, pentru micro-stații de epurare. Reactorul conform invenției este constituit din mai multe module reactor paralelipedice verticale identice, un modul fiind alcătuit dintr-un subsistem (A) hidraulic paralelipedic, format din două plăci (1 și 2) paralelipedice, între care se fixează, central vertical, un corp (3) paralelipedic și, pe laterale, niște plăci (5) transparente fixate cu ajutorul unor rame (7) exterioare, în care admisia suspensiei/apelor uzate în interiorul subsistemului se face prin intermediul unor găuri (J și K) echidistante, din placa (1), cu axele înclinate față de verticală în sensuri diferite, în placa (2) fiind fixate niște capace (12) care pot susține niște plăci (14) perforate, pentru fixarea unor peleți (15), dintr-un racord (18) hidraulic pentru evacuarea suspensiei/apelor, un subsistem (B) paralelipedic de generare a radiației, amovibil, care cuprinde o sursă (19) de radiație cu intensitate și spectru reglabile, formată din lămpile (20) electrice tubulare UV și VIS, susținute de un cadru (23) pe care este asamblat, la partea superioară, un panou (24) în care sunt fixate niște ventilatoare (25) și un senzor (26) pentru măsura

rarea temperaturii din încălț, precum și un subsistem (C) de fixare echi-distantă a subsistemelor (A și B), format dintr-o placă (27) de bază, prevăzută cu niște orificii (M) de aerisire și niște găuri (N) străpunse pentru montarea/ demontarea rapidă a subsistemului (B), și un cadru (29) fixat central pentru susținerea și fixarea subsistemului (A).

Revendicări: 4
Figuri: 17

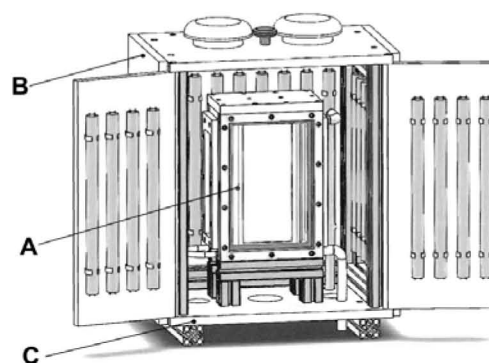
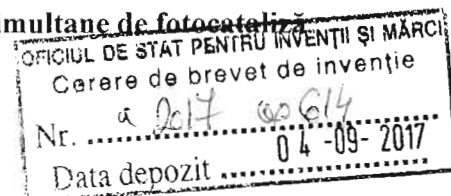


Fig. 1



19

Reactor paralelipedic modular în flux continuu pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție



DESCRIEREA INVENȚIEI

Invenția se referă la un reactor paralelipedic modular în flux continuu pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție bazate pe substraturi adsorbante și fotocatalitice aflate în suspensie, sub formă de peleți sau depuse pe peleți, destinat epurării avansate (terțiare) a apelor uzate prin diminuarea concentrației unor poluanți din clase diferite de compuși (coloranți, surfactanți, metale grele), cu aplicație la scară de pilot sau industrială pentru micro-stații de epurare.

Este cunoscut un reactor fotocatalitic în flux continuu cu substrat în suspensie, cu sisteme de recuperare și recirculare a pulberii de fotocatalizator, care conține o sursă de radiație plasată într-un tub central transparent din sticlă de cuarț călită (Colpini, L.M.S. et al. Discoloration and degradation of textile dye aqueous solutions with titanium oxide catalysts obtained by the solegel method, Dyes and Pigments 76 (2008), 525-529). Particulele sunt distribuite uniform în fluxul de lichid. Această soluție are următoarele dezavantaje: utilizează o singură lampă/sursă de radiație care nu poate asigura o densitate mare de iradiere; poate fi folosit doar pentru degradarea poluanților organici și prezintă risc ridicat de colmatare al membranei de recuperare a pulberii de fotocatalizator.

Mai este cunoscut un fotolizor de laborator cu fotocatalizatorul depus sub formă de film pe pereții fotolizorului (M.G. Neelavannan et al., Photocatalytic and electrochemical combined treatment of textile wash water, J. of Hazard. Mater., 149 (2007), 371-378). Dezavantajul acestei soluții este legată de amplasarea în interiorul bazinului a lămpii UV de fotodegradare, necesitând protejarea obligatorie a sistemului de iradiere. Un alt dezavantaj este opacizarea în timp a suprafețelor sistemului de protecție prin adsorbția coloranților, necesitând curățarea lor periodică, ceea ce implică costuri suplimentare și întreruperea procesului de fotocataliză.

Mai este cunoscut un reactor tubular în flux continuu pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție în suspensie, format din două tuburi verticale concentrice, transparente pentru radiația din spectrul vizibil și ultraviolet, între care circulă suspensia substrat-apă uzată, și o sursă de radiație cu intensitate și spectru reglabile, dispusă concentric la exteriorul tuburilor (Vișa M. et al., Reactor tubular în flux continuu pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție în suspensie, cerere de brevet A 201600536, 2016). Dezavantajul acestui fotoreactor este că funcționează cu substrat numai în suspensie și nu are prevăzută posibilitatea funcționării cu peleți. De asemenea, creșterea debitului de apă uzată procesată într-un reactor, în condiții optime ale procesului de epurare, conduce la mărirea diametrelor tuburilor verticale concentrice și implicit la gabarite radiale mari.

Handwritten signatures and initials at the bottom of the page, including a large signature on the left and several smaller ones on the right.

Mai este cunoscut un panou fotocatalitic care funcționează ca un fotoreactor. Panoul fotocatalitic de formă paralelipipedică include suprafețe transparente, un film fotocatalitic format pe interiorul unora dintre suprafețele majore transparente și activat de o sursă de lumină exterioară dispusă în vecinătatea unei suprafețe laterale transparente, lumina fiind reflectată total în interiorul panoului fotocatalitic (Keiji Iimura, Photocatalytic panel and method for activating same, Brevet US 20010007507 A, 2001). Dezavantajul acestui fotoreactor constă în nivelul variabil de activare a filmului fotocatalitic pe lungimea acestuia, intensitatea radiației luminoase scăzând semnificativ cu distanța parcursă în lichid.

Mai este cunoscut că procesul de epurare avansată a apelor uzate se desfășoară uzual în două etape principale succesive: suspensia de pulbere în apa uzată este circulată fără iradiere pentru atingerea echilibrului de adsorbție, apoi este supusă la iradierea în domeniile spectrale ultraviolet (UV) și vizibil (VIS) de diferite intensități până la obținerea apelor epurate care pot fi reintroduse în circuitul natural sau recirculata în procesul industrial. În timpul iradierii substratului cu proprietăți duale de adsorbant și fotocatalizator, poluanții organici sunt oxidați fotocatalitic, iar poluanții anorganici (ionii metalelor grele) sunt adsorbiți pe suprafața substratului. Parametrii monitorizați pentru optimizarea procesului de epurare a apelor uzate în fiecare etapă sunt: timpul de contact, compoziția apelor uzate, cantitatea de substrat aflat în suspensie, pH-ul, debitul suspensiei, tipul și intensitatea radiației. Din punct de vedere al performanței, sistemele în suspensie formate din amestecuri de pulberi de fotocatalizator și adsorbant, multi-material precum cenușă zburătoare (FA) + dioxid de titan (TiO_2) (Visa, M., Andronic, L. Duta, A., Fly ash-TiO₂ nanocomposite material for multi-pollutants wastewater treatment, J. of Environ. Manag., vol. 150 (2015) 336-343) sau FA + trioxid de wolfram (WO_3) (Visa, M., Bogatu, C., Duta, A., Tungsten oxide – fly ash oxide composites in adsorption and photocatalysis, J. of Hazardous Materials 289 (2015) 244-256) au un contact cu speciile de poluanți mult mai direct, iar numărul de centri activi disponibili este mai mare la aceeași cantitate de substrat. Procesele dezvoltate în fotoreactor sunt procese de adsorbție pe matricea de cenușa modificată și preponderent procese de fotodegradare pe oxizii semiconductori (TiO_2 , WO_3 etc.).

Mai este cunoscut că substraturile de tip pulberi cu proprietăți adsorbante și fotocatalitice bazate pe cenuși de termocentrală și un oxid semiconductor cu proprietăți fotocatalitice sunt eficiente și ieftine.

Mai este cunoscut că radiația cu lungime de undă $\lambda > 560$ nm este absorbită aproape în totalitate la traversarea unui strat de apă, cu grosimea $h > 20$ mm. Radiația cu $\lambda < 560$ nm are o transmitanță ridicată (>90%) pentru $h \approx 20$ mm și scade sub 80% pentru $h \approx 40$ mm. Cu creșterea grosimii stratului apos se obține o scădere tot mai accentuată a transmitanței și implicit poate conduce la durate foarte mari ale procesului de fotocataliză la $h > 40$ mm (Pope, R.M. and E.S. Fry, Absorption spectrum (380-700 nm) of pure water. II. Integrating cavity measurements.

2

Appl. Opt., 1997. 36(33): 8699-8709; Jonasz, M., Fournier, G. Light Scattering by Particles in Water: Theoretical and Experimental Foundations: Theoretical and Experimental Foundations. 2011: Elsevier Science).

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este creșterea flexibilității tehnologiei și a instalației de epurare avansată în flux continuu a apelor uzate prin realizarea simultană a proceselor de fotocataliză și adsorbție în același reactor modular compact, adaptat utilizării de substrat activ în suspensie, sub formă de peleți sau depus pe peleți, în condițiile unor gabarite reduse și reducerea consumurilor de energie electrică prin utilizarea parțială sau exclusivă a radiației solare în procesul de fotocataliză.

Reactorul paralelipipedic modular în flux continuu pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție *soluționează problema tehnică* prin utilizarea unui sau a mai multor **module reactor paralelipipedice verticale identice**, interconectate hidraulic în serie, în paralel sau mixt, un modul reactor fiind format dintr-o carcasă etanșă de formă paralelipipedică cu suprafețe laterale transparente pentru radiația din spectrul vizibil (VIS) și ultraviolet (UV), în interiorul căreia este poziționat echidistant față de suprafețele laterale un corp paralelipipedic reflectorizant, a unei **surse de iradiere** amovibile controlate ca intensitate și spectru de radiație, adaptată tipului de poluant, distribuită echidistant la exteriorul reactorului vertical, a unui **circuit hidraulic** care asigură deplasarea cu viteză controlată în interiorul reactorului vertical a apelor uzate în cazul utilizării peletilor, respectiv a suspensiei de multi-materiale adsorbante și fotocatalitice adaptate tipului de poluant, care asigură o eficiență energetică ridicată prin îndepărtarea simultană a unor poluanți foto-oxidabili și adsorbabili, cu viteze de proces relativ egale.

Reactorul paralelipipedic modular în flux continuu pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- realizează o flexibilitate ridicată a tehnologiei de epurare a apelor uzate care conțin poluanți din diferite clase de compuși (de exemplu poluanți organici, metale grele etc.) prin adaptarea intensității și compoziției spectrale a sursei de iradiere la tipul de poluanți, a vitezei de curgere în reactor, a combinației de multi-materiale adsorbante și fotocatalitice utilizate ca substrat în suspensie, sub formă de peleți sau depus pe peleți;
- simplifică construcția instalației de epurare, prin aceea că procesele în flux continuu de fotocataliză și adsorbție în suspensie au loc simultan într-un reactor vertical modular de gabarit redus;
- poate fi utilizat într-o micro-stație de epurare în flux continuu fără recirculare, la diverse debite, prin conectarea mai multor module reactor în serie, paralel sau mixt, ca de exemplu în cazul unor ape uzate cu concentrații reduse de poluanți;
- reducerea consumului de energie electrică și creșterea vitezei de epurare avansată a apelor uzate prin expunerea directă a reactorului vertical la radiația solară, în special în zilele

însorite, ca urmare a posibilității de deschidere sau îndepărtare a subsistemului amovibil de iradiere artificială.

Se prezintă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 și 17:

- *fig.1*, reprezentare CAD 3D a reactorului paralelipiped vertical de epurare avansată în configurația deschisă a subsistemului de radiație;

- *fig.2*, reprezentare CAD 3D a reactorului paralelipiped vertical de epurare avansată în configurația închisă a subsistemului de radiație;

- *fig.3*, reprezentare CAD 3D a subsistemului hidraulic al reactorului paralelipiped, fixat pe placa de bază;

- *fig.4*, reprezentare CAD 3D în explozie a subsistemului amovibil de generare a radiației luminoase, împreună cu subsistemul de fixare

- *fig.5*, reprezentare CAD 3D a subsistemului hidraulic;

- *fig.6*, vedere din față a subsistemului hidraulic;

- *fig.7*, secțiune transversală verticală mediană a subsistemului hidraulic;

- *fig.8*, secțiune orizontală a subsistemului hidraulic;

- *fig.9*, secțiune orizontală mediană a plăcii plane inferioare a subsistemului hidraulic;

- *fig.10*, reprezentare CAD 3D a unei plăci plane inferioare de admisie;

- *fig.11*, vedere de sus și secțiuni prin placa plană inferioară de admisie;

- *fig.12*, reprezentare CAD 3D a unei plăci plane superioare;

- *fig.13*, vedere de sus și secțiuni prin placa plană superioară;

- *fig.14*, reprezentare CAD 3D a unui capac canal;

- *fig.15*, detaliu CAD 3D a unui capac canal cu suport vertical și peleți;

- *fig.16*, vedere din față a unui capac canal cu suport vertical și peleți;

- *fig. 17*, exemplu de schemă de principiu a unei instalații de epurare avansată a apelor uzate prin procese simultane în flux continuu de fotocataliză și adsorbție cu recirculare, cu două module reactor.

Reactorul paralelipedic modular în flux continuu, conform invenției, în legătură cu fig. 1...5 și 17, este format din unul sau mai multe module reactor paralelipedice verticale identice, în care un modul reactor conține un subsistem **A** hidraulic vertical destinat deplasării contra-gravitaționale turbionare cu viteză controlată a apei uzate/a unei suspensii în strat de grosime fixă, un subsistem **B** de generare a radiației luminoase utilizată în procesul de descompunere fotocatalitică a poluanților, dispus la exteriorul subsistemului **A** hidraulic, precum și un subsistem **C** de fixare echidistantă a subsistemelor **A** și **B**.

Subsistemul **A** hidraulic, în legătură cu fig. 3, 5...16, este format dintr-o placă **1** inferioară paralelipedică (fig. 7, 10, 11) și o placă **2** superioară paralelipedică (fig. 7, 12, 13), cu grosimi reduse în raport cu lungimea și lățimea și dimensiuni de gabarit aproximativ egale,

dispuse pe înălțime în plane paralele la o distanță predefinită, care permit fixarea centrică verticală între ele a unui corp **3** central paralelipipedic (fig. 7, 8) prin intermediul unor degajări centrale **D** (fig. 10, 11) și **E** (fig. 13) realizate în placa **1**, respectiv **2**. Corpul **3** are muchiile verticale rotunjite pentru a reduce rezistența hidraulică la curgerea turbionară a apei uzate/suspensiei și poate fi realizat sub forma de corp compact, în special în cazul lățimilor de dimensiuni mici, sau sub formă tubulară. Pe suprafețele laterale ale corpului **3** sunt aplicate sau incastrate niște plăci **4** reflectorizante pentru radiația VIS și UV (fig. 7, 8), de ex. oglindă, care contribuie astfel la creșterea nivelului de radiație din masa fluidului prin reflexia radiației care ajunge la corpul **3**. În cazul lățimilor mici ale corpului **3**, plăcile **4** reflectorizante pot fi utilizate numai pe cele două suprafețele laterale asociate lungimii corpului **3**. Echidistant sau la distanțe aproximativ egale față de suprafețele laterale ale corpului **3** central se montează niște plăci **5** transparente (fig. 7, 8), realizate din materiale cu un coeficient ridicat de transitanță a radiației din spectrul ultraviolet (UV) și vizibil (VIS), de exemplu cuarț. Distanța dintre suprafețele laterale ale corpului **3** și suprafețele plane interioare ale plăcilor **5** se determină din condiția ca grosimea stratului de apă uzată/suspensie deplasat în reactor să se încadreze în interval 10...40 mm, pentru care se obține o bună transmitere a radiației în apa uzată/suspensia apoasă și se evită supraîncălzirea acesteia. Plăcile **5** transparente sunt introduse în niște degajări **F** (fig. 10, 11) și **G** (fig. 12, 13) laterale realizate în plăcile **1** și respectiv **2**, etanșate frontal periferic pentru a preveni scurgerile de lichid cu ajutorul unor elemente **6** de etanșare (fig. 7, 8), de exemplu garnituri plate din cauciuc. Fixarea plăcilor **5** pe plăcile **1** și **2** se realizează prin intermediul unor rame **7** exterioare și a unor asamblări demontabile cu forță de strângere reglabilă, de exemplu cu șuruburi, fig. 5...9. În cazul subsistemelor A de lățime mică, plăcile **5** transparente de pe suprafețele laterale asociate lățimii pot fi integrate într-o placă **8** suplimentară (fig. 5, 8) sau pot să fie eliminate și utilizată o placă **8** opacă pe toată suprafața, atunci când aportul de radiație prin aceste suprafețe laterale poate fi neglijat.

Placa **1** inferioară are două găuri **H** și **I** străpunse cu axa dispusă longitudinal marginal într-un plan orizontal median al plăcii (fig. 9, 11). Apa uzată/suspensia din circuitul hidraulic este preluată prin gaura **H** și transmisă prin intermediul unui furtun **9** hidraulic (de ex., furtun flexibil) (fig. 5, 8, 9) la gaura **I**, prevăzută la capătul opus cu un dop **10** cu etanșare (fig. 5, 9). Pe placa **1** sunt asamblate niște racorduri **11** hidraulice etanșate (fig. 5, 6, 8, 9), de exemplu ștuțuri, pentru conectarea cu furtunul de admisie și, respectiv, cu furtunul **9** hidraulic. Evacuarea apei uzate/suspensiei din placa **1** în interiorul subsistemului A hidraulic se face prin mai multe găuri **J** și respectiv **K** de evacuare (fig. 11), cu axele în planele verticale conținând axele găurilor **H** și respectiv **I**. Găurile **J** și **K** sunt distribuite echidistant în interiorul subsistemului A și au axele înclinate în sensuri contrare, conform fig. 11, cu un unghi $\alpha = 10^\circ \dots 60^\circ$ față de verticală, care să permită o distribuire a jeturilor de lichid cu pierderi hidraulice mici. Înclinarea axei găurilor **J** și **K** conduce, de asemenea, la o deplasare contra-gravitațională combinată de translație și rotație

(turbionară) a apei uzate/suspensiei și implicit la un grad mai ridicat de omogenitate a curgerii, în regim turbulent la limita laminarului, evitând astfel apariția zonelor de stagnare a fluidului care favorizează depunerea pe placa **1** inferioară a particulelor de multi-material aflat în suspensie, de exemplu TiO_2 (fotocatalizator) + cenușă (adsorbant).

În placa **2** superioară sunt realizate periferic niște canale **L** longitudinale (fig. 12, 13) străpunse cu degajări pe contur, în care se introduc niște capace **12** canal profilate (fig. 7, 14...16) peste niște elemente **13** de etanșare (fig. 7), de exemplu garnituri plate din cauciuc. În cazul sistemelor **1** hidraulice de lățime mică, canalele **L** pot fi executate numai pe lungimea plăcii **2** superioare, așa cum este exemplificat în fig. 12 și 13. În situația funcționării reactorului de epurare avansată cu peleți, capacele **12** canal au atașate printr-o asamblare demontabilă, de ex. cu șuruburi, niște suporturi verticale pentru peleți. Un exemplu de realizare a suporturilor este prezentat în fig. 15 și 16, în care pe o placă **14** cu perforații multiple sunt poziționați și fixați pe linii și coloane mai mulți peleți **15** disc prin intermediul unor bolțuri **16** cu cap fixate corespunzător în găurile plăcii **14**. În cazul utilizării adsorbantului în suspensie, în placa **2** superioară se assemblează capacele **12** canal fără suport peleți, fig. 14.

Rigidizarea subsistemului **1** hidraulic și fixarea capacelor **12** canal se asigură printr-un capac **17** superior (fig. 5) poziționat peste ramele **7** exterioare și placa **2**, asamblat demontabil cu acestea, de ex. prin șuruburi.

Evacuarea apei uzate/suspensiei din interiorul subsistemului **1** hidraulic se realizează pe la partea superioară a acestuia, printr-un racord **18** hidraulic etanșat (fig. 5, 6), de ex. ștuț, dispus orizontal pe suprafața laterală corespunzătoare lățimii subsistemului **A** sau vertical pe capacul superior.

Adaptarea vitezei de curgere a suspensiei în reactor la vâscozitatea apei uzate și a tipului și dimensiunilor particulelor de multi-material fotocatalitic și adsorbant utilizat pentru peleți / în suspensie (dimensiuni uzuale de 20-40 μm pentru particule care să fie relativ ușor filtrabile) se realizează prin utilizarea în circuitul hidraulic extern a unei pompe hidraulice și a unui regulator de debit. Compoziția particulelor de multi-material se configurează din condiția de asigurare a unor viteze relativ egale de proces (fotocataliză și adsorbție), cu eficiențe comparabile.

Plăcile **1** și **2**, corpul **3**, capacele **12** canal se vor realiza din materiale inerte la interacțiunea chimică cu apele uzate/suspensia și care să evite aderența substratului, de exemplu poliamidă.

Subsistemul **B** de generare a radiației necesare în procesul de fotocataliză, în legătură cu fig. 1 și 4, se compune dintr-o sursă **19** de radiație distribuită vertical echidistant față de subsistemul **A** hidraulic, formată din mai multe lămpi **20** electrice tubulare interschimbabile de radiație vizibilă (VIS) și / sau ultravioletă (UV). Lămpile **20** sunt conectate în paralel la o sursă de energie electrică prin niște circuite individuale prevăzute cu comutatoare electrice cu trei poziții: VIS, UV și STOP. Sursa de radiație poate include numai lămpi de radiație vizibilă (100% VIS), numai lămpi de radiație ultravioletă (100%UV) sau combinații de lămpi VIS și UV, realizând


astfel o compoziția spectrală (%VIS, %UV) în trepte adaptată optimal poluanților constituenți ai apei uzate din reactor. Cu ajutorul comutatoarelor electrice se pot conecta/deconecta individual lămpile subsistemului **B** și astfel se realizează ajustarea în trepte a intensității radiației generate între 100% (intensitate maximă, toate lămpile activate, rezultă epurare cu proces intensiv de fotocataliză) și 0% (toate lămpile deconectate de la sursa de energie electrică, se obține epurare numai prin adsorbție, în absența fotocatalizei). Lămpile **20** sunt fixate echidistant pe interiorul unui ansamblu de panouri **21** laterale verticale fixe și uși **22** verticale batante, de exemplu cu ajutorul unor brățări de prindere care pot permite deplasarea lămpilor **20** pentru reglarea distanței dintre lămpi și subsistemul **A**. Pentru a direcționa majoritar radiația generată de lămpile **20** către subsistemul **A**, pot fi prevăzute plăci plane sau curbe reflectorizante dispuse între lămpile **20** și panourile **21** / ușile **22**.

Panourile **21** sunt fixate pe un cadru **23** de susținere, format prin asamblarea demontabilă a mai multor profile, de exemplu prin șuruburi. Pe partea superioară a cadrului **23** este fixat, de exemplu prin șuruburi, un panou **24** superior, prevăzut cu unul sau mai multe ventilatoare **25** destinate menținerii temperaturii aerului din incinta subsistemului **B** într-un interval de valori prestabilite, prin evacuarea forțată a aerului supraîncălzit din interior, pe baza valorilor temperaturii măsurate cu un senzor **26** de temperatură plasat în partea superioară a incintei subsistemului **B**. Ușile **22** batante sunt articulate prin intermediul unor balamale pe cadrul **23** sau cu bolțuri între panoul **24** superior și o placă **27** de bază a subsistemului **C** de susținere și fixare. Cadrul **23** este fixat demontabil pe placa **27** de bază printr-o asamblare care permite montare și demontare rapidă, de exemplu cu șuruburi, care ce face subsistemul **B** amovibil.

În funcție de starea subsistemului **B** de generare a radiației, reactorul de epurare avansată în flux continuu se poate afla în următoarele situații funcționale:

- a) adsorbție fără fotocataliză, când subsistemul **B** este închis și sursa **19** de radiație oprită,
- b) adsorbție și fotocataliză cu radiație artificială (UV, VIS sau mixt), când subsistemul **B** este închis și sursă **19** de radiație pornită;
- c) adsorbție și fotocataliză cu radiație mixtă artificială și naturală, când ușile **22** sunt deschise, sursă **19** de radiație pornită cu excepția lămpilor (**20**) de pe uși, iar suprafața laterală transparentă expusă către exterior, prin deschiderea ușilor **22**, este orientat către soare;
- d) adsorbție și fotocataliză cu radiație naturală, când subsistemul **B** este înlăturat din reactor și subsistemul **A** hidraulic expus radiației solare. În acest caz, pentru fotocataliză se obține maxim de economie la consumul de energie electrică și o eficiență ridicată a procesului de decontaminare fotocatalitică datorată intensităților superioare ale radiației solare, în condiții de cer senin, față de cea obținută artificial.

Subsistemul **C** de fixare echidistantă a subsistemelor **A** și **B**, în legătură cu fig. 1...4, se compune dintr-o placă **27** de bază, fixată de exemplu cu șuruburi pe niște elemente **28**

 7

distanțiere, de exemplu profile dispuse orizontale sau verticale. Pe placa 27 se fixează central un cadru 29 distanțier, de exemplu cu șuruburi, pentru susținerea și fixarea subsistemului A. Placa 27 are prevăzute niște orificii M de aerisire și niște găuri N străpunse pentru montarea/demontarea rapidă a subsistemului B, de exemplu prin asamblări cu șuruburi.

Ansamblul subsistemelor A, B și C formează un modul reactor. O instalație de epurare avansată în flux continuu poate include unul sau mai multe module reactor, conectate hidraulic în serie, în paralele sau mixt.

O instalație de epurare avansată în flux continuu cu recirculare care include două module reactor, conform invenției, în legătură cu fig. 17, este formată din următoare componente: un modul reactor 30 și un al doilea modul reactor 31, un rezervor 32 extern pentru apă uzată sau suspensia de apă uzată-particule active, o pompă 33 hidraulică de proces care pompează lichidul din rezervorul 32 către cele două module reactor 30 și 31 cu debite controlate cu ajutorul unei vane 34 de reglare debit și a unor debitmetre 35 și 36, un panou 37 de alimentare, monitorizare, comandă și control la care sunt conectate debitmetrele 35 și 36, niște senzori 38 și 39 de temperatură incintă module reactor, un senzor 40 de conductivitate/temperatură și un senzor 41 de pH/temperatură, un robinet 42 de izolare rezervor 32, un robinet 43 de izolare traseu proces, un robinet 44 de preluare probe și golirea instalației, două robinete 45 și 46 de acces către cele două module reactor, două robinete 47 și 48 de prelevare probe la ieșirea din cele două module reactor, două robinete 49 și 50 de închidere ieșire din cele două module reactor, un robinet 51 pentru comutare circuit serie/paralel, un robinet 52 pentru prelevare probe retur, un robinet 53 de izolare a unui rezervor 54 de apă epurată, o pompă 55 hidraulică pentru circuitul de filtrare a apei epurate, un filtru 56 de recuperare particule substrat în suspensie. Pentru a facilita îndepărtarea rapidă a subsistemului B, legătura electrică cu acesta este realizată prin niște cuple electrice 57 și 58.

Instalația prezentată se poate afla în următoarele situații funcționale:

- a) module reactor conectate hidraulic în paralel: robinetele 42 și 43 sunt deschise, pompa 33 este pornită, robinetul 51 este închis, robinetele 45, 46, 49 și 50 sunt deschise;
- b) module reactor conectate hidraulic în serie: robinetele 42 și 43 sunt deschise, pompa 33 este pornită, robinetul 51 este deschis, robinetele 45 și 50 sunt deschise, robinetele 46 și 49 sunt închise;

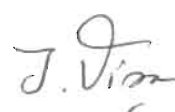
Ambele situații a) și b) pot fi aplicate atât procese simultane de adsorbție și fotocataliză dacă modulele reactor 30 și 31 sunt expuse radiației (naturale și / sau artificiale) sau numai pentru procese de adsorbție dacă modulele reactor nu primesc radiație.

- c) proces de adsorbție fără circulație prin modulele reactor: robinetele 42 și 43 sunt deschise, pompa 33 este pornită, robinetul 34 este deschis, robinetele 45 și 46 sunt închise;
- d) proces de filtrare a apei epurate: robinetul 53 este deschis, pompa 55 este pornită.

Pentru procesele menționate, pompele 33 și 55 nu vor funcționa simultan.

Bibliografie

1. Colpini, L.M.S. et al. Discoloration and degradation of textile dye aqueous solutions with titanium oxide catalysts obtained by the sol-gel method, *Dyes and Pigments* 76 (2008) 525-529.
2. M.G. Neelavannan. M. Revathi, C. Ahmed Basha, *Photocatalytic and electrochemical combined treatment of textile wash water*, *J. of Hazard. Mater.*, 149 (2007) 371-37
3. Vișa M, Duță A., Vișa I., Moldovan M., Neagoe M., Reactor tubular în flux continuu pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție în suspensie, Cerere de brevet A 201600536, 2016.
4. Brevet US 20010007507 A, Photocatalytic panel and method for activating same Keiji Iimura, 2001.
5. Visa, M., Andronic, L. Duta, A., Fly ash-TiO₂ nanocomposite material for multi-pollutants wastewater treatment, *J. of Environ. Manag.*, vol. 150 (2015) 336-343.
6. Visa, M., Bogatu, C., Duta, A., Tungsten oxide – fly ash oxide composites in adsorption and photocatalysis, *J. of Hazard. Mater.* 289 (2015) 244-256.
7. Pope, R.M. and E.S. Fry, Absorption spectrum (380-700 nm) of pure water. II. Integrating cavity measurements. *Appl. Opt.*, 1997. 36(33): p. 8699-8709.
8. Jonasz, M., Fournier, G. *Light Scattering by Particles in Water: Theoretical and Experimental Foundations: Theoretical and Experimental Foundations*. 2011: Elsevier Science.



REVENDICĂRI

1. Reactor paralelipedic modular în flux continuu, *conform invenției*, pentru procese simultane de fotocataliză și adsorbție cu substrat activ în suspensie, sub formă de peleți sau depus pe peleți, format din unul sau mai multe module reactor paralelipedice verticale identice, un modul reactor fiind *caracterizat prin aceea că* este compus dintr-un subsistem (A) hidraulic paralelipedic format din două plăci (1) și (2) paralelipedice între care se fixează centric vertical un corp (3) paralelipedic cu muchii verticale rotunjite, din niște plăci (5) transparente pentru radiația din spectrul vizibil (VIS) și ultraviolet (UV), montate echidistant față de suprafețele laterale ale corpului (3) și fixate cu ajutorul unor rame (7) exterioare, în care placa (1) inferioară are două găuri (H) și (I) străpunse orizontale interconectate hidraulic pentru admisia suspensiei/apei uzate, din care evacuarea suspensiei/apei uzate în interiorul subsistemului (A) se face prin intermediul unor găuri (J) și (K) distribuite echidistant și cu axele înclinată față de verticală în sensuri diferite, în placa (2) fiind fixate cu ajutorul unui capac (17) niște capace (12) canal care pot susține niște plăci (14) perforate pentru fixarea unor peleți (15), dintr-un racord (18) hidraulic pentru evacuarea suspensiei/apei uzate, un subsistem (B) paralelipedic de generare a radiației luminoase, amovibil, care cuprinde o sursă (19) de radiație cu intensitate și spectru reglabile, formată din mai multe lămpi (20) electrice tubulare UV și VIS interschimbabile, distribuite echidistant pe interiorul unor panouri (21) laterale și a unor uși (22) verticale batante, susținute de un cadru (23) pe care este asamblat la partea superioară un panou (24) în care sunt fixate niște ventilatoare (25) și un senzor (26) pentru măsurarea temperaturii din încăntă, precum și un subsistem (C) de fixare echidistantă a subsistemelor (A) și (B) format dintr-o placă (27) de bază prevăzută cu niște orificii (M) de aerisire și niște găuri (N) străpunse pentru montarea/demontarea rapidă a subsistemului (B), un cadru (29) fixat central pentru susținerea și fixarea subsistemului (A).
2. Modul reactor paralelipedic vertical în flux continuu, conform revendicării 1, *caracterizat prin aceea că* sursa (19) de radiație este formată din mai multe lămpi (20) electrice tubulare interschimbabile de radiație vizibilă (VIS) și / sau ultravioletă (UV), cu comutator electric pentru fiecare lampă pentru a permite ajustarea în trepte a intensității și compoziției spectrale (de la 100%VIS la 100%UV) a radiației generate.
3. Modul reactor paralelipedic vertical în flux continuu, conform revendicării 1, *caracterizat prin aceea că* poate funcționa cu radiație solară receptată pe suprafața laterală frontală a subsistemului (A) hidraulic prin deschiderea ușilor (22) ale subsistemului (B), în combinație cu radiație artificială generată de lămpile (20) montate pe panourile (21) laterale, sau numai cu radiație solară prin îndepărtarea subsistemului (B) amovibil.
4. Modul reactor paralelipedic vertical în flux continuu, conform revendicării 1, *caracterizat prin aceea că* corpul (3) poate avea integrate în suprafețele lui laterale niște plăci (4) plane reflectorizante pentru VIS și UV, iar între ele lămpile (20) și panourile (21)/ușile (22) sunt prevăzute cu niște plăci plane sau curbe reflectorizante pentru VIS și UV, contribuind astfel la direcționarea și amplificarea radiației în zona activă a reactorului.

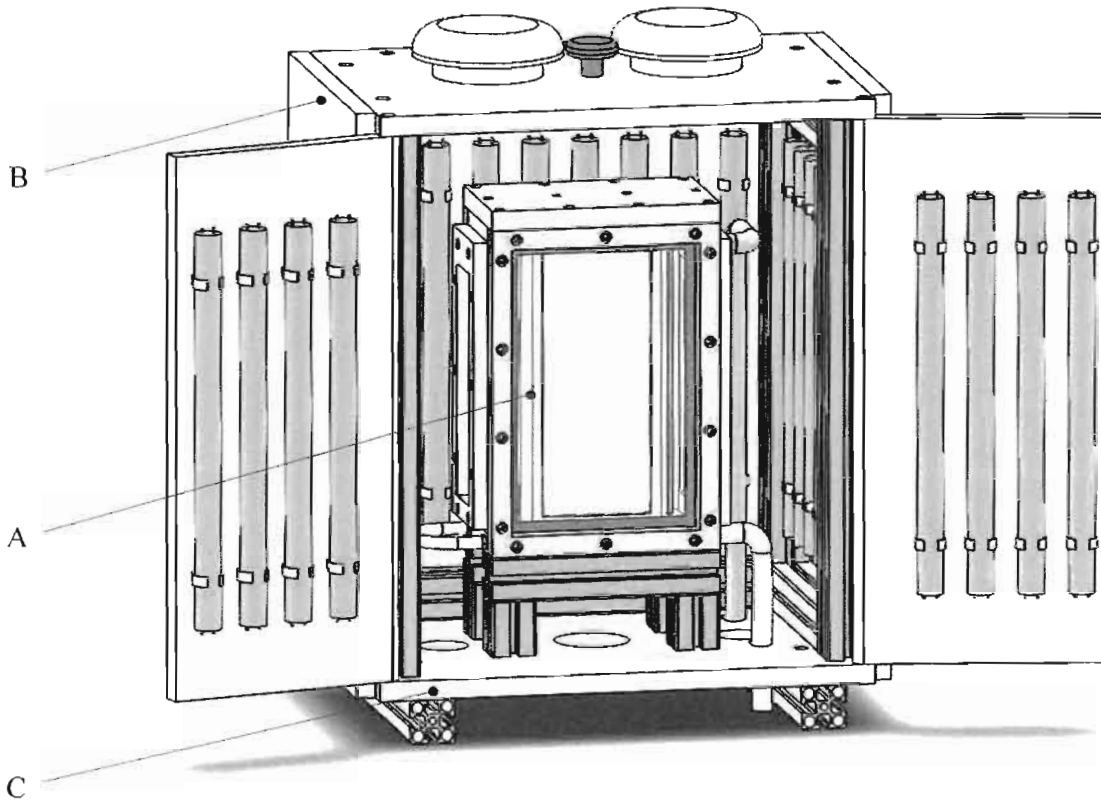


Fig. 1

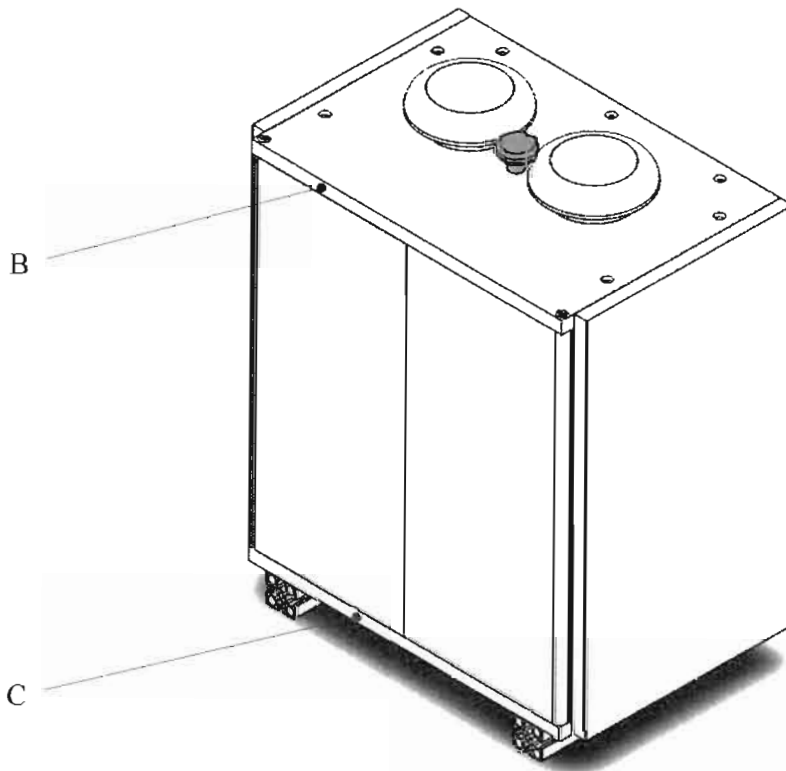


Fig. 2

[Handwritten signatures and marks]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

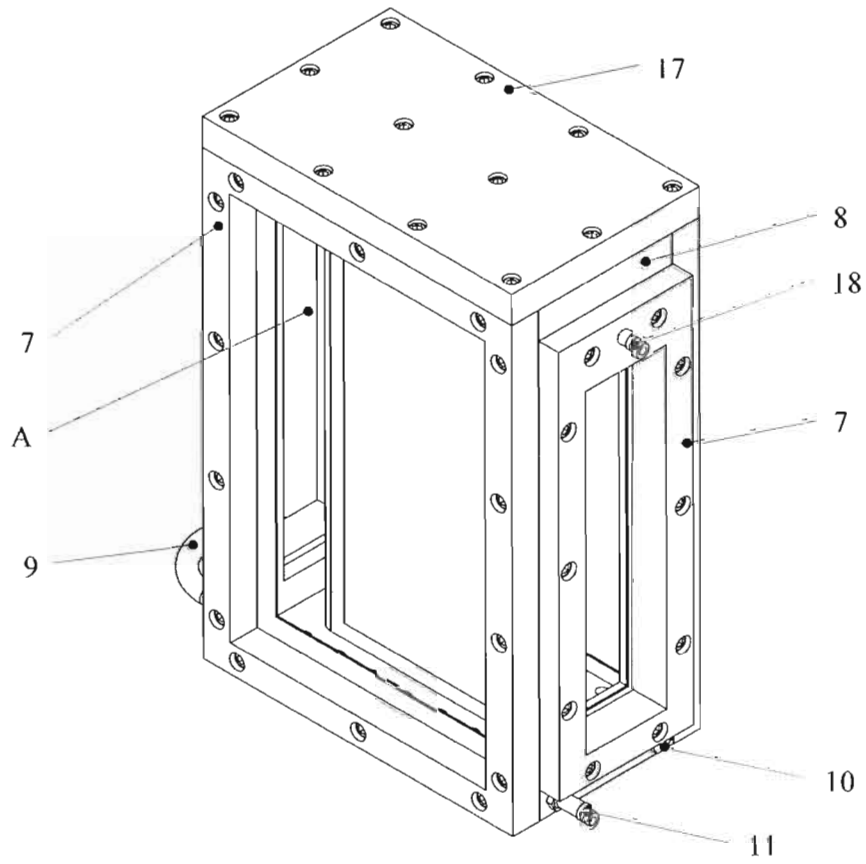


Fig. 5

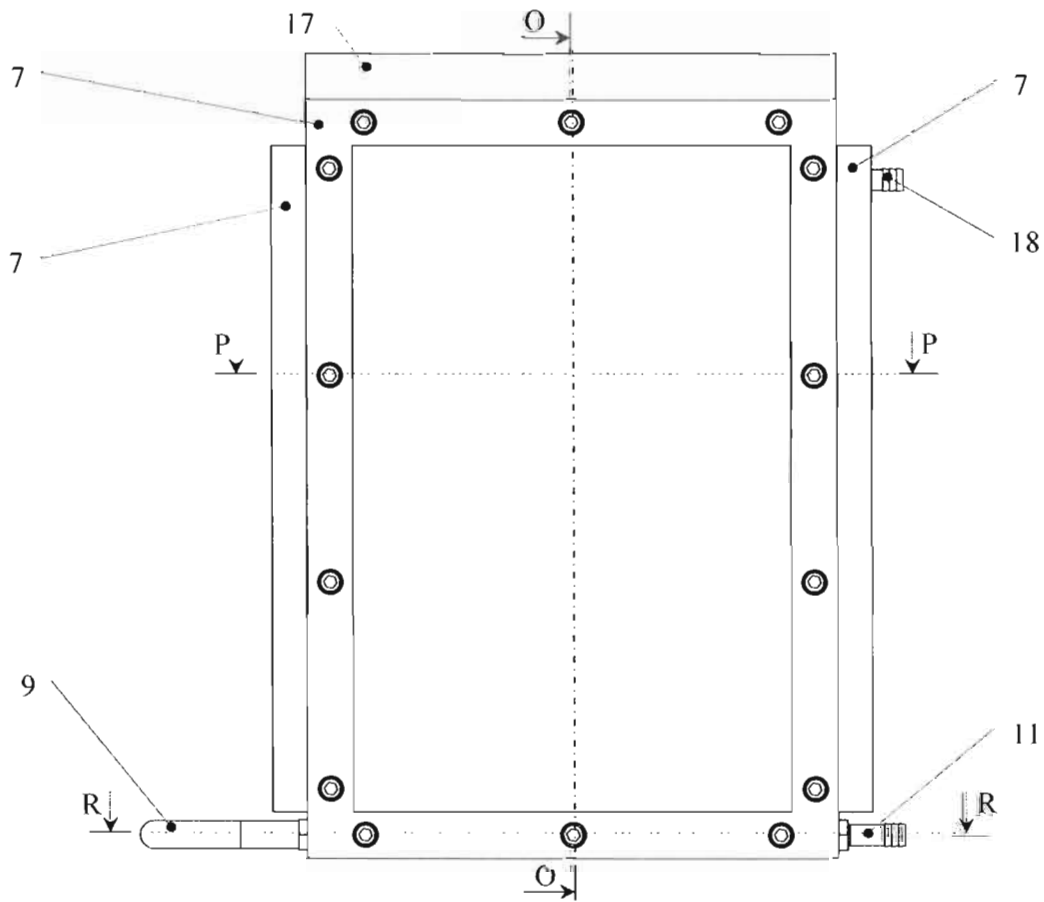


Fig. 6

[Handwritten signatures and marks]

J. Fran

[Handwritten signature]

Secțiunea O-O

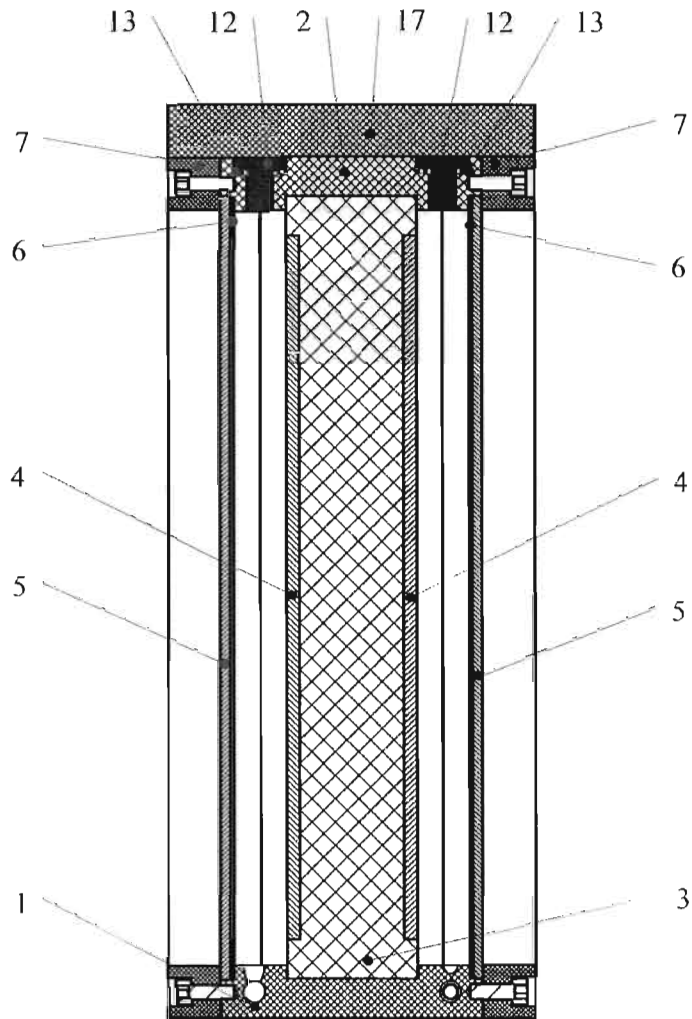


Fig. 7

Secțiunea P-P

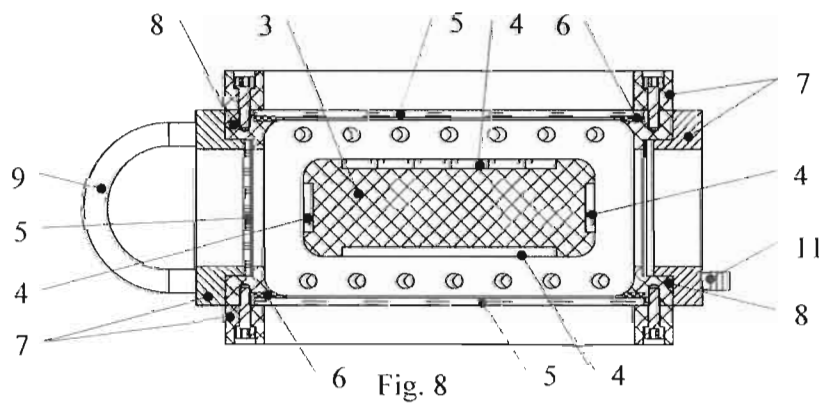


Fig. 8

Secțiunea R-R

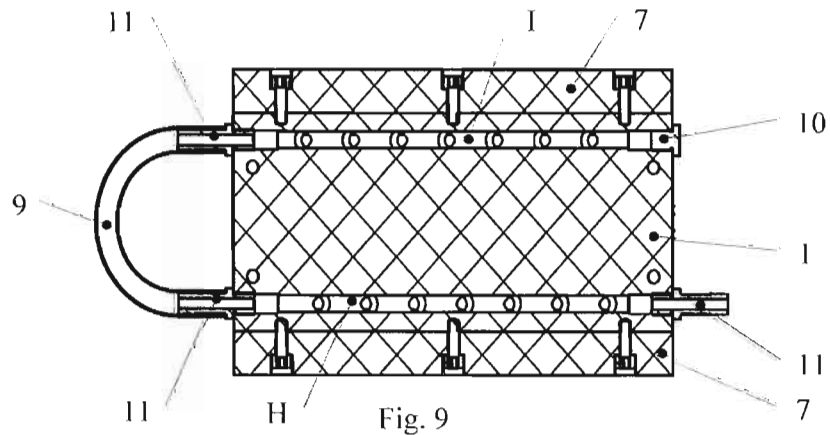


Fig. 9

[Handwritten signatures and marks]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

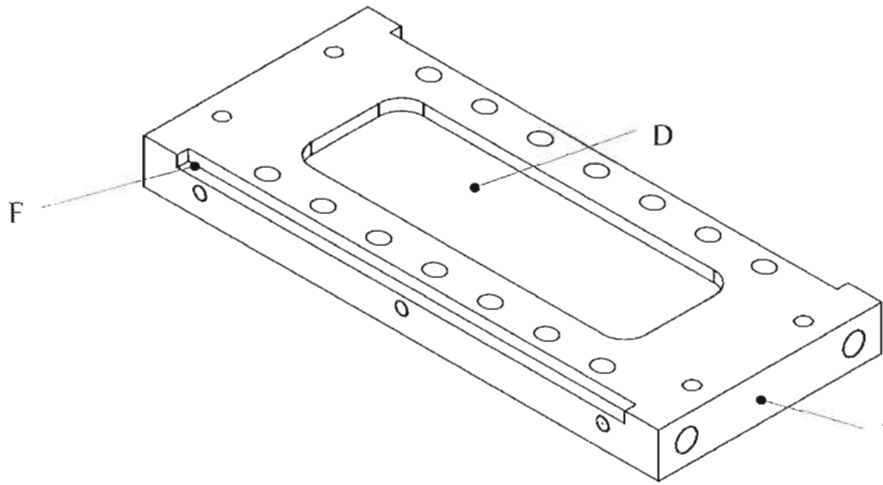


Fig. 10

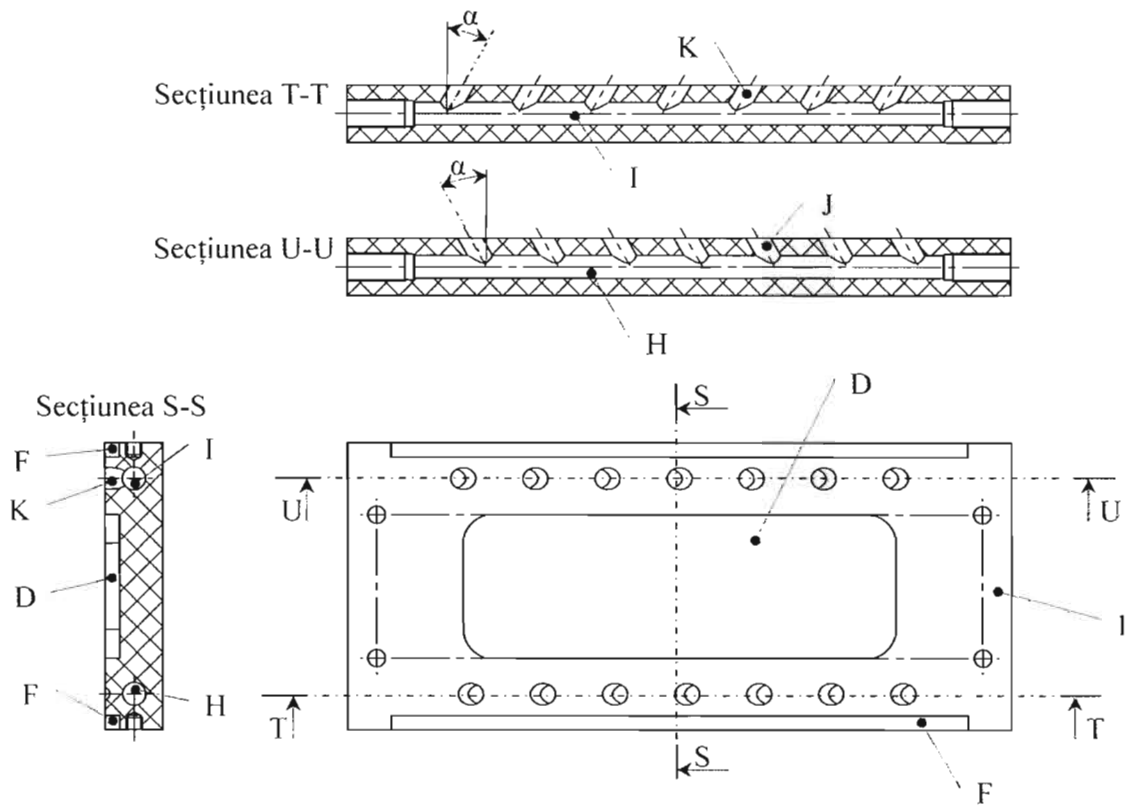


Fig. 11

[Handwritten signatures and marks]

J. Ionescu

M. Ionescu

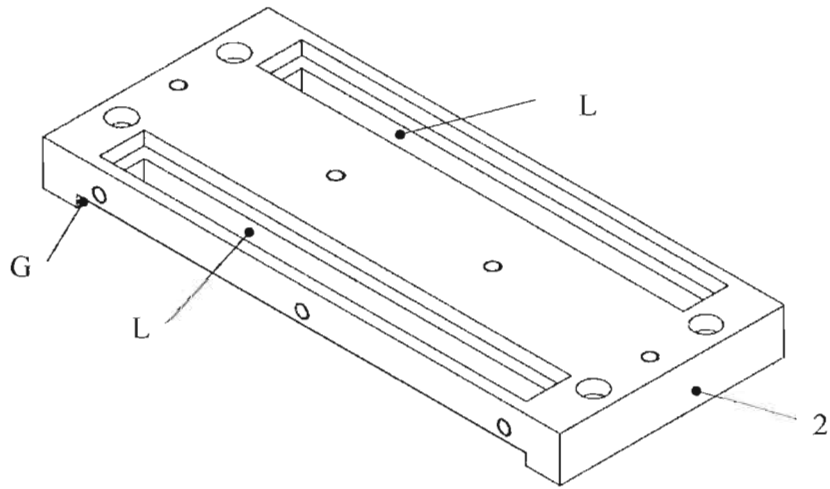


Fig. 12

Secțiunea V-V

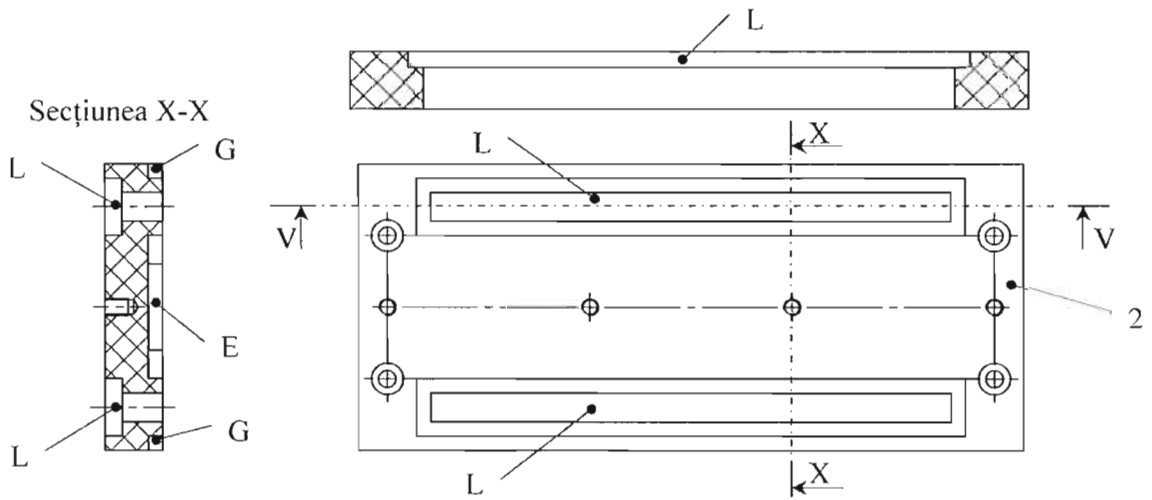


Fig. 13

[Handwritten signatures and marks]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

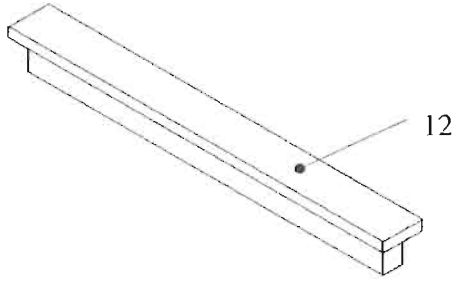


Fig. 14

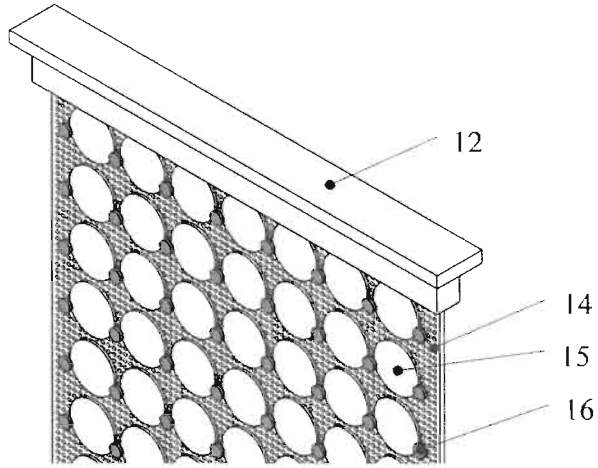


Fig. 15

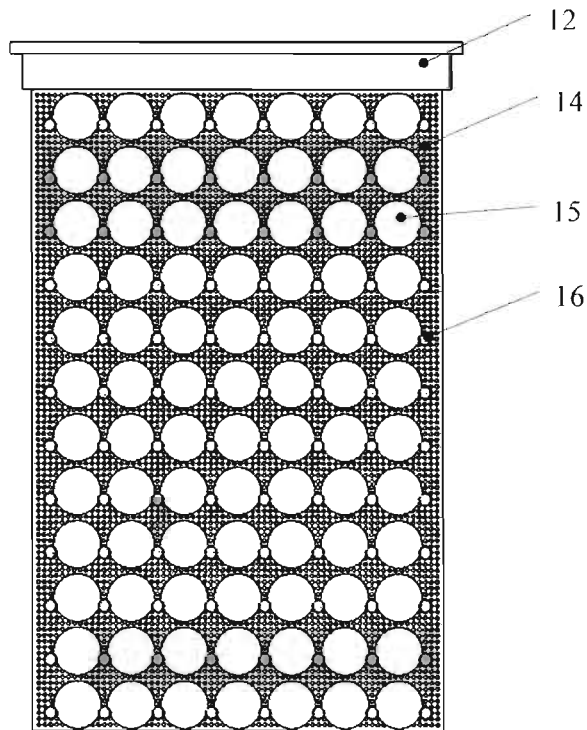


Fig. 16

[Handwritten marks]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

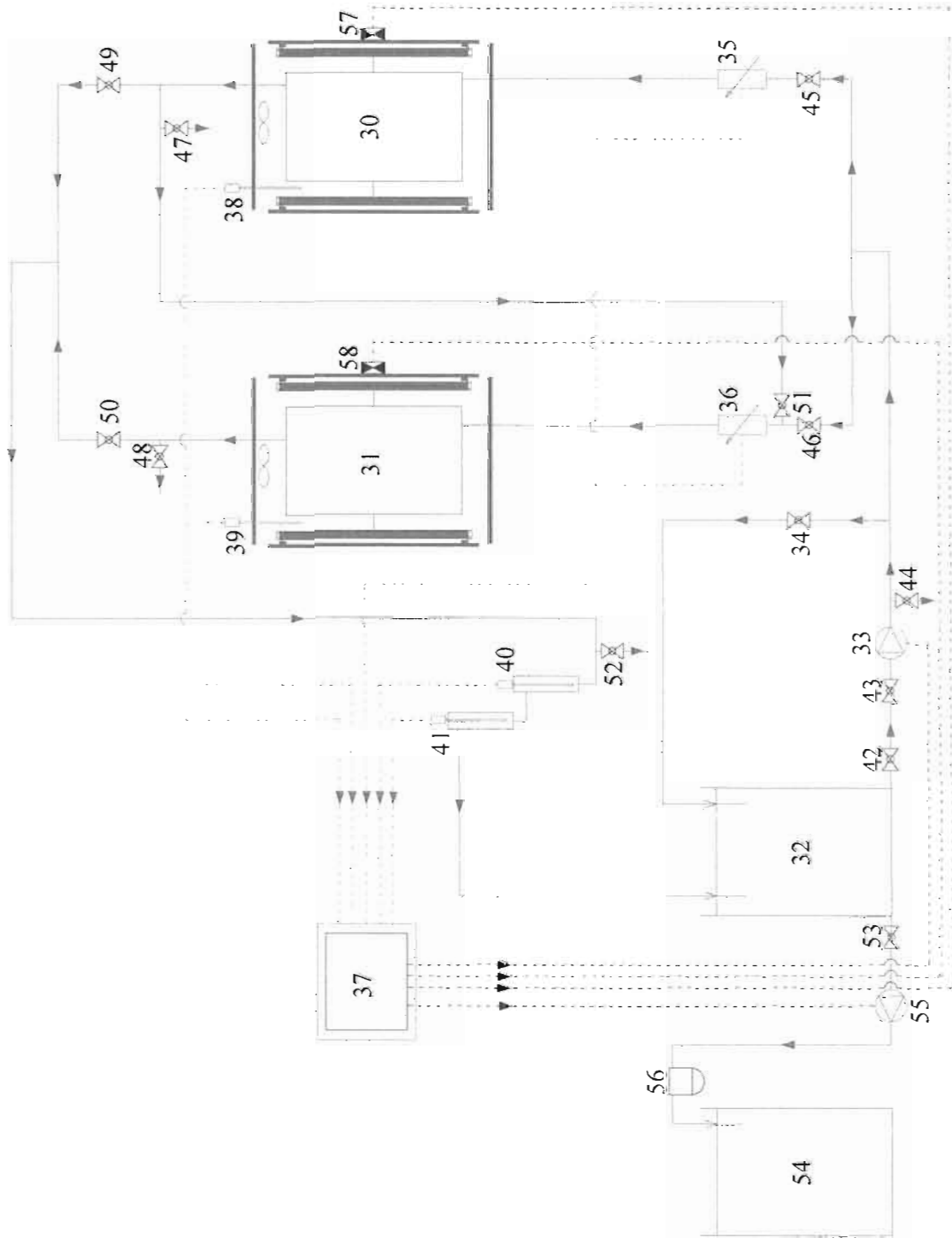


Fig. 17

[Handwritten signatures and initials]

J. Viza

[Handwritten signature]