

(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO

(22) Data de pedido: 2008.07.30	(73) Titular(es): DEGREMONT 183, AVENUE DU 18 JUIN 1940 92500 RUEIL- MALMAISON FR
(30) Prioridade(s): 2007.08.06 FR 0705735	
(43) Data de publicação do pedido: 2010.04.21	(72) Inventor(es): SYLVIE BAIG FR MARYLÈNE BARON FR
(45) Data e BPI da concessão: 2011.06.15 146/2011	(74) Mandatário: ANTÓNIO JOÃO COIMBRA DA CUNHA FERREIRA RUA DAS FLORES, Nº 74, 4º AND 1249-235 LISBOA PT

(54) Epígrafe: **PROCESSO E INSTALAÇÃO DE DEPURAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS COM LAMAS GRANULARES AERÓBIAS**

(57) Resumo:

PROCESSO DE DEPURAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS POR VIA BIOLÓGICA UTILIZANDO UM REACTOR QUE COMPREENDE UM PRIMEIRO (2) E UM SEGUNDO (4) COMPARTIMENTOS QUE COMUNICAM ENTRE SI NA PARTE BAIXA, EM QUE A ÁGUA A TRATAR ENTRA NO PRIMEIRO COMPARTIMENTO, EM QUE O SEGUNDO COMPARTIMENTO CONTÉM LAMAS GRANULARES AERÓBIAS E ENCONTRA-SE À PRESSÃO ATMOSFÉRICA E EM QUE ESTÁ PREVISTA UMA INJEÇÃO DE GÁS CARREGADO DE OXIGÉNIO NA PARTE BAIXA DO SEGUNDO COMPARTIMENTO. AS LAMAS GRANULARES FORMAM UM LEITO (5) NO SEGUNDO COMPARTIMENTO (4), E O REACTOR É POSTO A FUNCIONAR DE FORMA SEQUENCIAL E DESCONTÍNUA DE ACORDO COM UM CICLO QUE COMPREENDE DUAS FASES: UMA PRIMEIRA FASE ANAERÓBIA DURANTE A QUAL O PRIMEIRO COMPARTIMENTO (2) É CHEIO SOB VÁCUO COM A ÁGUA A TRATAR E, EM SEGUIDA, A PRESSÃO É ABRUPTAMENTE TRAZIDA ATÉ À PRESSÃO ATMOSFÉRICA PARA EVACUAR RAPIDAMENTE UM VOLUME DE ÁGUA PARA O SEGUNDO COMPARTIMENTO (4); E UMA SEGUNDA FASE AERÓBIA DURANTE A QUAL TEM LUGAR UMA INJEÇÃO DE GÁS CONTENDO OXIGÉNIO NO SEGUNDO COMPARTIMENTO (4).

RESUMO**"Processo e instalação de depuração de águas residuais com lamas granulares aeróbias"**

Processo de depuração de águas residuais por via biológica utilizando um reactor que compreende um primeiro (2) e um segundo (4) compartimentos que comunicam entre si na parte baixa, em que a água a tratar entra no primeiro compartimento, em que o segundo compartimento contém lamas granulares aeróbias e encontra-se à pressão atmosférica e em que está prevista uma injeção de gás carregado de oxigénio na parte baixa do segundo compartimento. As lamas granulares formam um leito (5) no segundo compartimento (4), e o reactor é posto a funcionar de forma sequencial e descontínua de acordo com um ciclo que compreende duas fases: uma primeira fase anaeróbia durante a qual o primeiro compartimento (2) é cheio sob vácuo com a água a tratar e, em seguida, a pressão é abruptamente trazida até à pressão atmosférica para evacuar rapidamente um volume de água para o segundo compartimento (4); e uma segunda fase aeróbia durante a qual tem lugar uma injeção de gás contendo oxigénio no segundo compartimento (4).

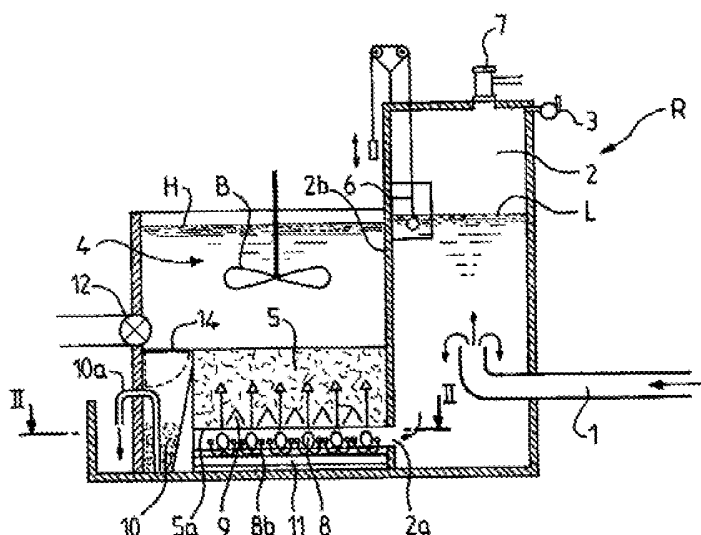


FIG.1

DESCRIÇÃO**"Processo e instalação de depuração de águas residuais com lamas granulares aeróbias"**

O invento refere-se a um processo para a purificação de águas residuais de origem urbana ou industrial, num reactor contendo lamas granulares aeróbias com ou sem suporte.

As lamas granulares aeróbias sem suporte são definidas como sendo uma comunidade compacta de espécies microbianas agregadas entre si de tamanho compreendido entre 0,2 e 2 mm, com propriedades de decantação claramente mais rápidas que uma lama activada clássica; a velocidade de decantação das lamas granulares em questão é de pelo menos 10 m/h.

EP-A-0 849 229 descreve um processo que faz uso de um reactor com dois compartimentos para depurar as águas residuais, utilizando lamas granulares sem suporte. Neste processo, a água residual é introduzida num primeiro compartimento do reactor, enquanto as lamas granulares são introduzidas num segundo compartimento. Os dois compartimentos comunicam entre si na parte baixa. Um gás contendo oxigénio é introduzido pelo fundo do segundo compartimento. As lamas granulares têm um movimento ascendente graças ao arejamento bastante enérgico. Estas lamas passam para o primeiro compartimento não arejado, que inclui um separador imerso a partir do qual é extraída a água tratada. Este reactor tem a vantagem de permitir um funcionamento em modo contínuo. Em contrapartida, ele funciona com recirculação interna das lamas granulares, pelo que não é possível exercer nenhuma pressão de selecção para garantir um funcionamento óptimo com as lamas, o que corresponde efectivamente à definição de lamas granulares aeróbias.

NL-A-9 301 791 descreve uma instalação e um processo de depuração de águas residuais por via biológica compreendendo um reactor dividido em duas partes, em que o referido reactor compreende um primeiro compartimento concebido para o tratamento anaeróbio e um segundo compartimento concebido para o tratamento aeróbio. Os compartimentos comunicam entre

si, e a água a tratar entra no compartimento anaeróbio. O tratamento global alterna entre um tratamento anaeróbio e um tratamento aeróbio.

A patente U.S. 6793822 descreve um processo de produção de lamas granulares com vista à sua utilização no tratamento de águas residuais. De acordo com este processo, utiliza-se uma coluna de bolhas e a granulação das lamas no meio de água residual requer a aplicação em sequência das sete operações seguintes:

- alimentação do reactor que contém a lama não granulada com a água residual;
- arejamento com o gás contendo oxigénio, o que permite a mistura água-lama;
- período de privação de nutrientes com arejamento;
- decantação;
- evacuação da água tratada;
- repetição das etapas precedentes até à obtenção dos grânulos com as propriedades físicas desejadas;
- recuperação dos grânulos que possuem as propriedades procuradas.

A granulação das lamas resulta de um equilíbrio complexo entre fenómenos biológicos e físicos, nomeadamente o crescimento lento da biomassa anaeróbia, situada para o interior de um grânulo, e o crescimento controlado da biomassa aeróbia em simultâneo com o fenómeno de desprendimento de biofilme, em que a biomassa aeróbia está situada na periferia dos grânulos.

WO 2004/024638 descreve um processo de tratamento de águas residuais com lamas granulares aeróbias que funciona em três etapas: uma primeira que consiste em alimentar o reactor contendo as lamas granulares, uma segunda etapa de fluidização das lamas graças ao arejamento e uma terceira etapa de decantação. Este processo é também realizado num reactor com arrastamento de ar possuindo uma razão altura/diâmetro igual a 20. A aplicação industrial deste processo está limitada a débitos fracos de águas residuais, visto que a altura máxima de construção geralmente permitida

é inferior a 10 m, de forma que o diâmetro fica limitado a cerca de 0,5 m.

O estado da arte relativamente à utilização de lamas granulares aeróbias, de acordo com os tipos de funcionamento descritos acima, nomeadamente em coluna de bolhas ou em reactor com arrastamento de ar, mostra que é necessária uma altura elevada do reactor, correspondente a uma razão altura/diâmetro pelo menos igual a 5, para garantir uma atrição suficiente dos agregados microbianos durante o arejamento e, deste modo, controlar o tamanho e a coesão dos grânulos (State of art of biogranulation technology for waste water treatment por Y.Liu & JH Tay em Biotechnology Advances 22 (2004) p.533-563). A atrição permite a posterior selecção dos grânulos de boa qualidade, que serão mantidos no reactor, através da velocidade de decantação. Os grânulos de má qualidade decantam mais lentamente e são eliminados na fase de extracção da água tratada. De um ponto de vista hidráulico, este tipo de reactor na fase de arejamento assemelha-se a um reactor perfeitamente misturado. O controlo do tamanho dos grânulos está ligado ao grau de turbulência do meio que condiciona a força de cisalhamento aplicada aos grânulos e à duração desta fase que, além disso, deve ser compatível com as velocidades de reacção biológica na fase aeróbia.

Em conclusão, os documentos do estado da arte citados não permitem um tratamento satisfatório à escala industrial das águas residuais com lamas granulares.

O invento tem sobretudo como objectivo propor um processo optimizado de depuração biológica de águas residuais com o auxílio de lamas granulares aeróbias, que permite tratar com eficácia débitos elevados em condições económicas satisfatórias.

Um outro objectivo do invento consiste em fornecer um sistema de depuração de exploração cómoda, fácil de dimensionar e adaptável a um intervalo amplo de débitos a tratar e às variações importantes da qualidade das águas residuais a tratar em termos de débito e de cargas de poluição a eliminar.

De acordo com o invento, o processo de depuração de águas residuais por via biológica utiliza um reaktor compreendendo um primeiro e um segundo compartimentos que comunicam entre si na parte baixa, em que a água a tratar entra no primeiro compartimento, em que o segundo compartimento contém lamas granulares aeróbias e encontra-se à pressão atmosférica e em que está prevista uma injeção de gás carregado de oxigénio na parte baixa do segundo compartimento, e é caracterizado por:

- as lamas granulares formarem um leito no segundo compartimento,
 - o reaktor ser posto a funcionar de forma sequencial e descontínua de acordo com um ciclo que compreende duas fases, nomeadamente:
 - uma primeira fase anaeróbia durante a qual:
 - . o primeiro compartimento é cheio sob vácuo com a água a tratar,
 - . em seguida, a pressão do primeiro compartimento é abruptamente trazida até à pressão atmosférica para evacuar rapidamente um volume de água a tratar para o segundo compartimento, no qual não tem lugar nenhuma injeção de gás carregado de oxigénio,
 - . as duas operações anteriores são repetidas várias vezes para introduzir e distribuir um volume suficiente de efluente em modo pulsado e sequencial no segundo compartimento, sendo as reacções biológicas realizadas em meio anaeróbio com o leito de lamas pulsado e expandido sob o efeito da pressão hidráulica da alimentação, e
 - uma segunda fase aeróbia durante a qual:
 - . a alimentação da água a tratar é interrompida, o obturador de uma zona de concentração de lamas é colocado na posição fechada,
 - . uma injeção de gás contendo oxigénio tem lugar no segundo compartimento, sendo as reacções biológicas realizadas em meio aeróbio com as lamas agitadas sob o efeito da injeção de gás,
 - . a injeção de gás é interrompida e permite-se que as lamas granulares decantem rapidamente, e
 - . a água tratada é extraída do segundo compartimento, o obturador da zona de concentração de lamas é colocado na posição aberta,
- após o que recomeça um outro ciclo.

De preferência, durante a primeira fase anaeróbia, as lamas granulares aeróbias são seleccionadas através de separação das lamas não aglomeradas na zona de concentração interna no segundo compartimento e, no final da segunda fase aeróbia, as lamas extraídas nesta zona de concentração são drenadas.

O gás injectado durante a segunda fase é o oxigénio ou, de preferência, o ar.

As lamas granulares podem ser introduzidas no reactor pré-formadas no início do funcionamento, ou podem ser produzidas *in situ* numa fase prévia ao tratamento efectivo da água residual.

Durante a segunda fase aeróbia, o efeito de agitação pode ser assistido por uma agitação mecânica.

Vários segundos compartimentos podem estar associados a um mesmo primeiro compartimento, de modo a assegurar um tratamento em contínuo das águas residuais.

A velocidade de escoamento do efluente do primeiro compartimento para o segundo compartimento quando o primeiro compartimento é colocado à pressão atmosférica é de preferência superior a 20 m/h. Se o diâmetro médio dos grânulos das lamas tiver tendência para diminuir, a duração do arejamento e, por conseguinte, o tempo de privação de nutrientes dos microrganismos, pode ser diminuída durante a fase aeróbia para provocar um aumento do diâmetro. As durações das diferentes etapas do ciclo podem ser ajustadas para manter a qualidade e a quantidade das lamas granulares. Para este fim, é possível disponibilizar um sensor de nível do leito de lamas granulares cuja medição é tida em conta para variar as durações das etapas.

De acordo com o processo que é objecto do invento, a manutenção da qualidade e do desempenho das lamas granulares aeróbias é assegurada mediante:

- uma distribuição homogénea do efluente a tratar no volume do leito de lamas, graças à alimentação sequencial e pulsada durante o período de depuração em meio anaeróbio,
- a realização das reacções biológicas em meio anaeróbio com pulsação do leito, de modo a favorecer a constituição de um leito com um gradiente de tamanhos de partículas ao longo da altura favorável à separação gradual das lamas livres, e
- a combinação da pulsação do leito de lamas em meio anaeróbio com a turbulência dos grânulos em meio aeróbio, de forma a controlar a distribuição dos tamanhos de grânulos e as propriedades daí resultantes.

A granulação das lamas é determinada pelo acoplamento de regimes hidrodinâmicos adaptados simultaneamente nas fases anaeróbia e aeróbia. De acordo com o processo do invento, as lamas são mantidas numa forma "granular aeróbia" exercendo uma selecção, que está ausente no processo de acordo com EP-A-0 849 229.

O invento refere-se igualmente a uma instalação de depuração de águas residuais por via biológica compreendendo um reactor com um primeiro e um segundo compartimentos que comunicam entre si na parte baixa, em que a água a tratar entra no primeiro compartimento, em que o segundo compartimento contém lamas granulares aeróbias e encontra-se à pressão atmosférica e em que está previsto um meio de injeção de gás carregado de oxigénio na parte baixa do segundo compartimento, caracterizada por:

- o reactor ser um reactor sequencial descontínuo,
- o primeiro compartimento estar fechado na parte alta e poder ser isolado da atmosfera, em que a altura do primeiro compartimento é superior à do segundo compartimento;
- meios de criação de vácuo e de pressurização estarem colocados na zona alta não imersa do primeiro compartimento,
- meios de injeção e de distribuição da água a tratar estarem posicionados na zona baixa no segundo compartimento,
- e o reactor estar concebido para funcionar de acordo com um ciclo que compreende duas fases, nomeadamente:
 - uma primeira fase anaeróbia durante a qual:
 - . o primeiro compartimento é cheio sob vácuo com a água a tratar,

- . em seguida, a pressão do primeiro compartimento é abruptamente trazida até à pressão atmosférica para evacuar rapidamente um volume de água a tratar para o segundo compartimento, no qual não tem lugar nenhuma injeção de gás carregado de oxigénio,

- . as duas operações anteriores são repetidas várias vezes para introduzir e distribuir um volume suficiente de efluente em modo pulsado e sequencial no segundo compartimento, sendo as reacções biológicas realizadas em meio anaeróbio com o leito de lamas pulsado e expandido sob o efeito da pressão hidráulica da alimentação, e

- uma segunda fase aeróbia durante a qual:

- . a alimentação da água a tratar é interrompida,
 - . uma injeção de gás contendo oxigénio tem lugar no segundo compartimento, sendo as reacções biológicas realizadas em meio aeróbio com as lamas agitadas sob o efeito da injeção de gás,

- . a injeção de gás é interrompida e permite-se que as lamas granulares decantem rapidamente, e

- . a água tratada é extraída do segundo compartimento,

após o que recomeça um outro ciclo.

De preferência, a instalação inclui um concentrador de lamas situado na periferia externa do segundo compartimento, do lado oposto ao primeiro compartimento e munido de um obturador ou válvula automático. O obturador está fechado durante a fase aeróbia e é aberto no final da fase aeróbia, para permanecer aberto durante a fase anaeróbia.

Pelo menos um dispositivo de agitação mecânica é geralmente colocado no segundo compartimento.

A instalação pode compreender vários segundos compartimentos associados a um mesmo primeiro compartimento para garantir um tratamento em contínuo das águas residuais, com meios para colocar em comunicação e/ou isolar cada segundo compartimento em relação ao primeiro compartimento.

O invento consiste, além das disposições expostas acima, num determinado número de outras disposições que serão explicadas em maior detalhe abaixo a propósito de

concretizações exemplificativas descritas em referência às figuras anexas, mas que não são de todo limitativas. Nestas figuras:

a Fig. 1 é um corte vertical esquemático de uma instalação de acordo com o invento,

a Fig. 2 é um corte esquemático parcial segundo a linha II-II da Fig. 1,

a Fig. 3 é uma perspectiva esquemática de topo de uma instalação com vários segundos compartimentos associados a um mesmo primeiro compartimento e

a Fig. 4 é um corte vertical esquemático de uma pá flutuante.

Na Fig. 1, é possível ver uma concretização exemplificativa de uma instalação de depuração de águas residuais por via biológica na presença de lamas granulares aeróbias de acordo com o invento.

A instalação compreende um reactor sequencial descontínuo R, munido de uma entrada 1 do efluente num primeiro compartimento 2 de alimentação em forma de sino. Este compartimento 2 está fechado na parte alta e pode ser isolado da atmosfera. É possível criar um vácuo nesta parte alta com o auxílio de um ventilador ou de um compressor funcionando como bomba de vácuo 3. Nestas condições, o nível L da água bruta sobe progressivamente no compartimento 2 até atingir uma altura de 0,6 a 1 m acima do plano de água H de um segundo compartimento 4, ou compartimento de reacção e de separação, que se encontra à pressão atmosférica. A altura do primeiro compartimento 2 é superior à do segundo compartimento 4.

A estrutura geral do reactor R corresponde sensivelmente à estrutura de decantadores pulsados construídos e comercializados pela companhia requerente e descritos, em particular, em "Memento technique de l'eau" 10^a edição DEGREMONT SUEZ, volume 2, páginas 844-849. O funcionamento e a aplicação do reactor R do invento diferem totalmente dos decantadores em questão.

Os compartimentos 2 e 4 comunicam entre si por uma passagem 2a colocada na parte baixa de uma partição de separação 2b. O segundo compartimento 4 contém um leito 5 de lamas granulares, depositado na base do compartimento 4 sobre uma grade ou um suporte perfurado 5a horizontal. O leito 5 está compactado sob o efeito da gravidade.

Um relé eléctrico (não ilustrado) ligado a um detector de nível 6 controla a abertura brusca de uma válvula quebra-vácuo 7, que coloca a parte alta do primeiro compartimento 2 em comunicação com a atmosfera. A água penetra então no compartimento 4 de reacção e de separação por uma canalização 8, na qual estão instaladas canalizações de derivação 8b geralmente ortogonais à canalização 8, para garantir uma distribuição uniforme da água sob o leito 5 de lamas granulares.

A sobrevelocidade criada pelo funcionamento do compartimento 2 deve ser suficiente para permitir a fluidização do leito de lamas 5.

As canalizações de derivação 8b estão munidas de dispositivos para a ejeção de água a uma grande velocidade (superior à velocidade mínima de fluidização) criando o efeito de uma descarga, enquanto estabilizadores do escoamento 9 asseguram a manutenção de uma boa distribuição do líquido através do leito de lamas, que se torna menos compacto e se expande de 10 a 30%.

As lamas não aglomeradas escoam para um concentrador 10 que corresponde a um fosso de fundo inclinado, de onde são extraídas a intervalos regulares por uma conduta 10a e por meios de bombagem não representados. Este tipo de dispositivo tem a vantagem de poder purgar sem o risco de afectar o leito de lamas. O concentrador está também munido de um dispositivo de obturação (válvula automática) 14 que permite isolar o concentrador durante a fase de arejamento.

A duração e a frequência das fases de vácuo e de descarga do primeiro compartimento 2 são ajustadas para distribuir a alimentação do efluente pelo tempo necessário para a reacção biológica em condições anaeróbias. Durante

este período, as lammas crescem por assimilação dos diferentes substratos - carbono, nitratos e sulfatos - enquanto o leito 5 de lammas é submetido a movimentos alternados verticais e aumenta de volume. O movimento do leito de lammas e a criação de volume intersticial favorece a difusão dos substratos e a velocidade das reacções biológicas.

Além disso, sob o efeito da pulsação da alimentação, o leito de lammas organiza-se em camadas de lammas com propriedades físicas diferentes. As lammas granulares mais densas dispõem-se nas camadas inferiores, enquanto as partículas não aglomeradas correspondentes aos grânulos em formação ou desfloculados distribuem-se à superfície. Produz-se então uma classificação.

O concentrador 10 colocado no segundo compartimento permite recuperar as lammas granulares que não possuem as características físicas desejadas.

As lammas granulares que se mantêm no leito 5 de lammas oferecem uma menor distribuição de tamanho e possuem uma melhor coesão e um grau de esfericidade sensivelmente melhorado.

Uma rampa 11 munida de um sistema de injeção de gás contendo oxigénio, em particular o ar, está colocada no fundo do segundo compartimento 4 de reacção e de separação. A rampa 11 pode estar situada abaixo ou acima das canalizações 8, 8b de distribuição da água a tratar.

Antes do início da fase aeróbia, o obturador 14 está na posição fechada de modo a isolar o concentrador.

A introdução do gás contendo oxigénio tem lugar no final da primeira fase do processo, que corresponde a um período de reacção em meio anaeróbio enquanto a alimentação de efluente é concluída.

Durante a segunda fase aeróbia, a velocidade do gás insuflado pela rampa 11 deve ser suficiente para conduzir ao movimento turbulento dos grânulos que é necessário para

provocar a atrição na origem do desprendimento do biofilme de crescimento rápido.

Com o objectivo de poupar energia, um dispositivo de agitação mecânica adaptado B, em particular com hélice, pode completar a injeção do gás.

Em todos os casos, o gás fornece simultaneamente o oxigénio necessário às reacções biológicas de oxidação do carbono e de nitrificação.

Após o período de reacção aeróbia, a injeção de gás é interrompida. A água depurada em carbono, azoto, sulfatos e fósforo é extraída através de um dispositivo 12, como um escoadouro ou uma válvula situada a meia altura do reactor, ou por um escoadouro flutuante 13 (Fig. 4) do tipo pá, ligado à saída de água tratada por uma conduta articulada sobre uma junta esférica.

No final da sequência de drenagem, o obturador 14 é aberto para permitir a selecção dos grânulos no início da alimentação.

A instalação permite realizar a sequência seguinte, necessária à manutenção do sistema de tratamento de águas residuais com lamas granulares aeróbias num único e mesmo reactor com um leito de lamas alternadamente pulsado e agitado, e submetido a selecção:

Fase anaeróbia

a) alimentação da água bruta pulsada: fluidização do leito de lamas.

Estratificação e classificação das lamas e eliminação pelo selector dos grânulos com propriedades degradadas, especialmente em termos de decantação e de tamanho.

Fase aeróbia

b) colocação do sistema em suspensão turbulenta ou não com a injeção de gás contendo oxigénio.

- c) decantação e evacuação da água tratada clarificada pela válvula de drenagem.
- d) extracção das lamas concentradas no selector de frequência.
- e) após o final da fase aeróbia, nova sequência de a) a c) ou de a) a d).

A repetição da sequência de etapas biológicas efectuada como descrito acima (alimentação e reacção em meio anaeróbio, reacção em meio aeróbio, decantação e extracção) origina uma produção de lamas granulares mais selectiva. As lamas granulares assim obtidas são de melhor qualidade em termos de:

- distribuição mais fina de tamanhos
- velocidade de decantação mais homogénea
- distribuição mais uniforme das populações bacterianas
- duração da retenção no reactor

As lamas granulares oferecem, por conseguinte, desempenhos melhorados que estão ligados à renovação da superfície activa exposta aos substratos a transformar.

Para garantir o tratamento em contínuo das águas residuais, conforme ilustrado na Fig. 3, vários segundos compartimentos são dispostos à volta de um mesmo compartimento de alimentação central 2. O número de segundos compartimentos de reacção é calculado em função do tempo de residência do efluente. A Fig. 3 esquematiza uma configuração com quatro segundos compartimentos de reacção 4a, 4b, 4c, 4d, cuja comunicação com o primeiro compartimento central é controlada por válvulas Va, Vb, Vc, Vd. Os segundos compartimentos podem ser postos em comunicação com o primeiro compartimento numa permutação circular, de modo a garantir sempre uma evacuação da água tratada pelas canalizações 12a ou 12b que se juntam a jusante. As lamas são evacuadas através das canalizações 15a, 15b.

As vantagens proporcionadas pelo processo e pela instalação de acordo com o presente invento são importantes. Elas permitem aumentar a eficácia do tratamento, conferindo-lhe uma grande flexibilidade de exploração e de adaptação a

qualidades e quantidades de efluentes diferentes uns dos outros.

Apresenta-se abaixo um exemplo prático de realização e de implementação do invento sob a forma de uma instalação piloto, não tendo este exemplo qualquer carácter limitativo.

EXEMPLO

Neste exemplo, utilizou-se um reactor cujo compartimento de reacção e de separação possui uma base quadrada de 0,25 m de comprimento e um volume útil igual a 0,200 m³ para uma altura de água de 3 m. As lamas granulares com um diâmetro médio de 1,8 mm possuem uma concentração de 13 kg/m³. O compartimento de alimentação 2 tem uma altura de água igual a 4 m sob vácuo.

O efluente a tratar consistiu em água residual urbana tamisada, a uma temperatura de 22°C e caracterizada pelas seguintes concentrações:

Carência química de oxigénio total, CQO_{total}: 480 mg/l

Azoto amoniacal, N-NH₄⁺: 42 mg N/l

Fósforo total, P_{total}: 5 mg/l

A sequência de tratamento seguinte foi aplicada por 100 l de efluente tratado.

O efluente foi admitido a uma velocidade de 30 m/h no segundo compartimento 4 de reacção em meio anaeróbio, durante um período de 20 minutos, por meio de ciclos de funcionamento do primeiro compartimento 2, ou sino, de 35 s de enchimento e 5 s de descarga.

Injectou-se depois ar no segundo compartimento 4 com um débito de 5 m³/h durante um período de 30 minutos.

Observou-se um período de decantação de 5 minutos antes do escoamento do efluente tratado.

A sequência acima foi repetida 9 vezes para tratar 1 m³ de efluente. As análises efectuadas a partir de amostras do

efluente tratado mostram que os rendimentos de eliminação médios são:

Para a carência química de oxigénio total, CQO_{total} : 88%

Para o azoto amoniacal, $N-NH_4^+$: 95%

Para o fósforo total, P_{total} : 78%

Para o azoto global, NGL: 70%.

Além disso, as variações registadas para cada um deles não são significativas em relação aos erros experimentais na determinação das concentrações.

Estes resultados ilustram o desempenho muito bom produzido pelo processo e pela instalação de acordo com o invento para o tratamento de uma água residual urbana típica.

Lisboa, 2011-07-26

REIVINDICAÇÕES

1. Processo de depuração de águas residuais por via biológica utilizando um rector que compreende um primeiro (2) e um segundo (4) compartimentos que comunicam entre si na parte baixa, em que a água a tratar entra no primeiro compartimento, em que o segundo compartimento contém lamas granulares aeróbias e encontra-se à pressão atmosférica e em que está prevista uma injeção de gás carregado de oxigénio na parte baixa do segundo compartimento, caracterizado por:

- as lamas granulares formarem um leito (5) no segundo compartimento (4),
- o rector ser posto a funcionar de forma sequencial e descontínua de acordo com um ciclo que compreende duas fases, nomeadamente:
 - uma primeira fase anaeróbia durante a qual:
 - o primeiro compartimento (2) é cheio sob vácuo com a água a tratar,
 - em seguida, a pressão do primeiro compartimento é abruptamente trazida até à pressão atmosférica para evacuar rapidamente um volume de água a tratar para o segundo compartimento (4), no qual não tem lugar nenhuma injeção de gás carregado de oxigénio,
 - as duas operações anteriores são repetidas várias vezes para introduzir e distribuir um volume suficiente de efluente em modo pulsado e sequencial no segundo compartimento (4), sendo as reacções biológicas realizadas em meio anaeróbio com o leito de lamas (5) pulsado e expandido sob o efeito da pressão hidráulica da alimentação, e
- uma segunda fase aeróbia durante a qual:
 - a alimentação da água a tratar é interrompida, o obturador de uma zona de concentração de lamas (10) é colocado na posição fechada,
 - uma injeção de gás contendo oxigénio tem lugar no segundo compartimento (4), sendo as reacções biológicas realizadas em meio aeróbio com as lamas agitadas sob o efeito da injeção de gás,
 - a injeção de gás é interrompida e permite-se que as lamas granulares decantem rapidamente, e

- a água tratada é extraída do segundo compartimento, o obturador da zona de concentração de lamas é colocado de novo na posição aberta,

após o que recomeça um outro ciclo.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por, durante a primeira fase anaeróbia, as lamas granulares aeróbias serem seleccionadas através de separação das lamas não aglomeradas na zona de concentração (10) interna no segundo compartimento (4) e, no final da segunda fase aeróbia, as lamas extraídas nesta zona de concentração serem drenadas.

3. Processo de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo gás injectado durante a segunda fase ser o ar.

4. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado pelas lamas granulares serem introduzidas pré-formadas no segundo compartimento (4) no início do funcionamento.

5. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelas lamas granulares serem produzidas *in situ* numa fase prévia ao tratamento efectivo da água residual.

6. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado por, durante a segunda fase aeróbia, o efeito de agitação ser assistido por uma agitação mecânica (B).

7. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações anteriores, caracterizado por vários segundos compartimentos (4a, 4b, 4c, 4d) estarem associados a um mesmo primeiro compartimento (2) para garantir um tratamento em contínuo das águas residuais.

8. Instalação de depuração de águas residuais por via biológica compreendendo um reactor com um primeiro (2) e um segundo (4) compartimentos que comunicam entre si na parte

baixa, em que a água a tratar entra no primeiro compartimento, em que o segundo compartimento contém lamas granulares aeróbias e encontra-se à pressão atmosférica e em que está previsto um meio de injeção de gás carregado de oxigénio na parte baixa do segundo compartimento, caracterizada por:

- o reactor ser um reactor sequencial descontínuo,
- o primeiro compartimento (2) estar fechado na parte alta e poder ser isolado da atmosfera, em que a altura do primeiro compartimento (2) é superior à do segundo compartimento (4);
- meios de criação de vácuo (3) e de pressurização (7) estarem colocados na zona alta não imersa do primeiro compartimento (2),
- meios de injeção e de distribuição (8, 8b) da água a tratar estarem posicionados na zona baixa no segundo compartimento (4),

o reactor estar concebido para funcionar de acordo com um ciclo que compreende duas fases, nomeadamente:

- uma primeira fase anaeróbia durante a qual:
 - o primeiro compartimento (2) é cheio sob vácuo com a água a tratar,
 - em seguida, a pressão do primeiro compartimento é abruptamente trazida até à pressão atmosférica para evacuar rapidamente um volume de água a tratar para o segundo compartimento (4), no qual não tem lugar nenhuma injeção de gás carregado de oxigénio,
 - as duas operações anteriores são repetidas várias vezes para introduzir e distribuir um volume suficiente de efluente em modo pulsado e sequencial no segundo compartimento (4), sendo as reacções biológicas realizadas em meio anaeróbio com o leito de lamas (5) pulsado e expandido sob o efeito da pressão hidráulica da alimentação, e
- uma segunda fase aeróbia durante a qual:
 - a alimentação da água a tratar é interrompida,
 - uma injeção de gás contendo oxigénio tem lugar no segundo compartimento (4), sendo as reacções biológicas realizadas em meio aeróbio com as lamas agitadas sob o efeito da injeção de gás,
 - a injeção de gás é interrompida e permite-se que as lamas granulares decantem rapidamente, e
 - a água tratada é extraída do segundo compartimento, após o que recomeça um outro ciclo.

9. Instalação de acordo com a reivindicação 8, caracterizada por incluir um concentrador de lamas (10) situado na periferia externa do segundo compartimento (4), do lado oposto ao primeiro compartimento (2) e munido de um obturador ou válvula automático (14).

10. Instalação de acordo com a reivindicação 8 ou 9, caracterizada por pelo menos um dispositivo de agitação mecânica (B) estar colocado no segundo compartimento (4).

11. Instalação de acordo com qualquer uma das reivindicações 8 a 10, caracterizada por compreender vários segundos compartimentos (4a, 4b, 4c, 4d) associados a um mesmo primeiro compartimento (2) para garantir um tratamento em contínuo das águas residuais, com meios (Va, Vb, Vc, Vd) para colocar em comunicação e/ou isolar cada segundo compartimento em relação ao primeiro compartimento.

Lisboa, 2011-07-26

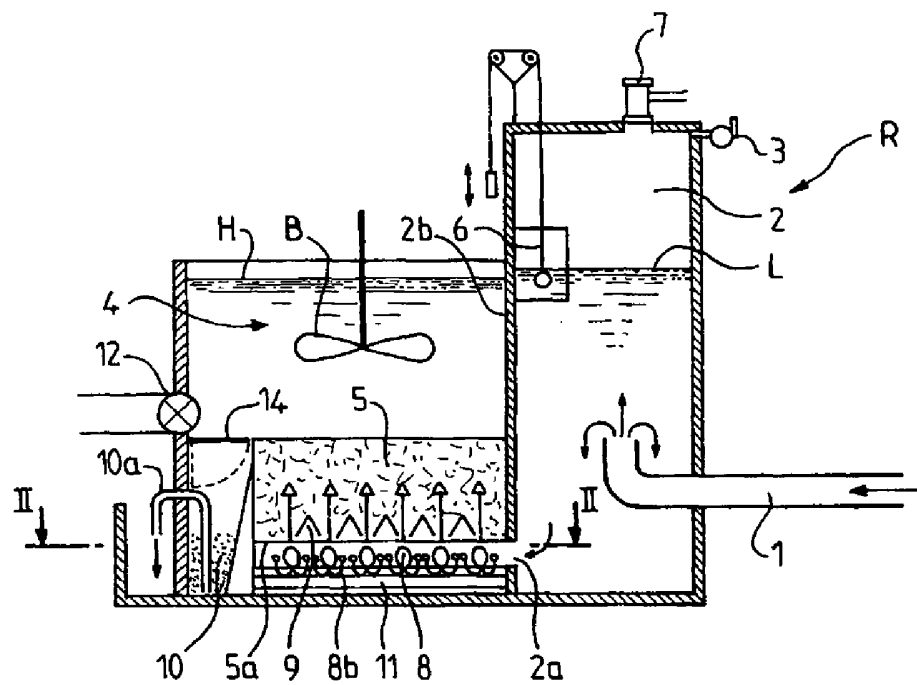


FIG.1

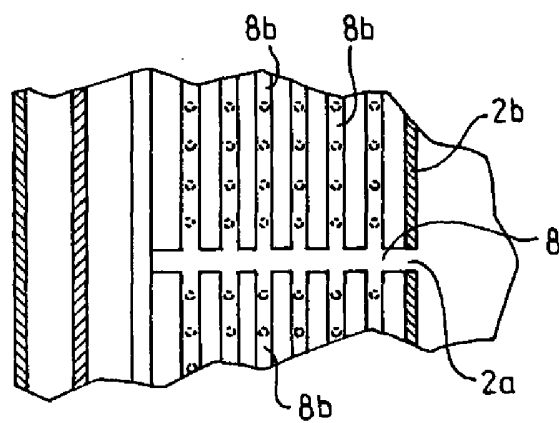


FIG.2

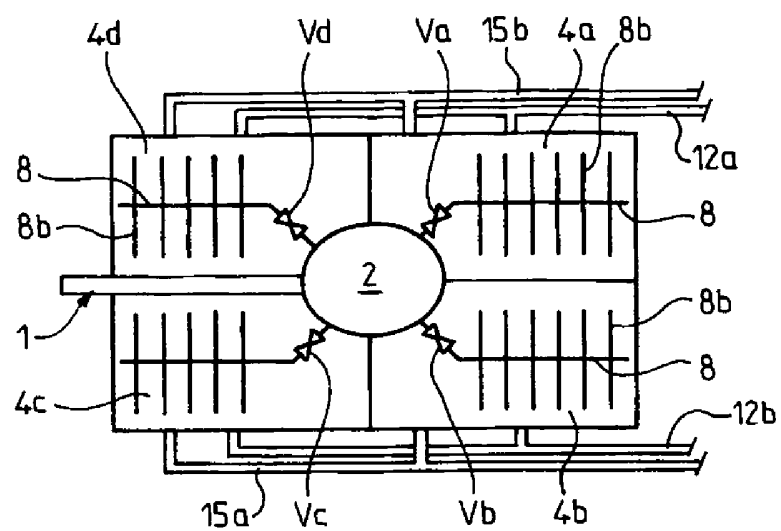


FIG. 3

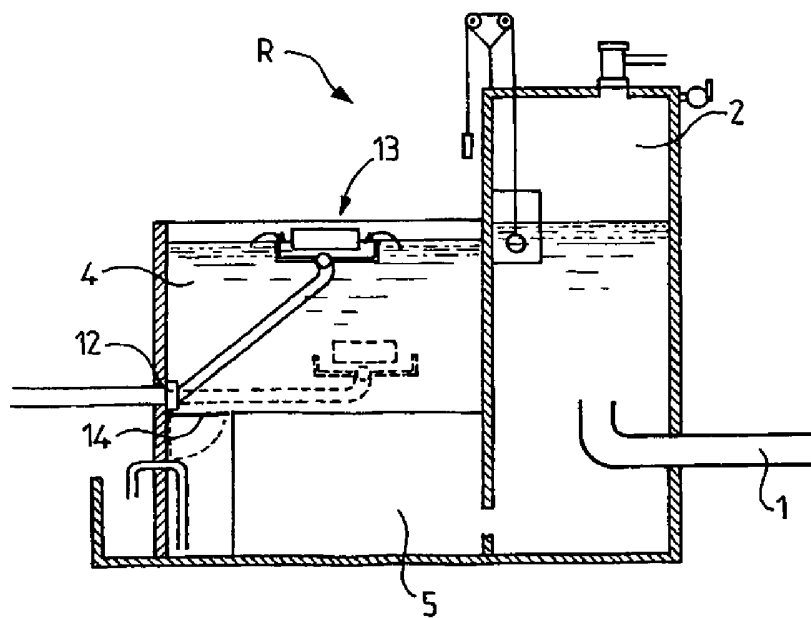


FIG. 4