



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 387**

51 Int. Cl.:
C02F 3/30 (2006.01)
C02F 3/28 (2006.01)
C02F 3/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08839118 .0**
96 Fecha de presentación : **30.07.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2176176**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **21.04.2010**

54 Título: **Procedimiento e instalación de depuración de aguas residuales con lodos granulosos aerobios.**

30 Prioridad: **06.08.2007 FR 07 05735**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.09.2011

73 Titular/es: **DEGREMONT**
183, avenue du 18 Juin 1940
92500 Rueil-Malmaison, FR

72 Inventor/es: **Baig, Sylvie y**
Baron, Marylène

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCION

Procedimiento e Instalación de depuración de aguas residuales con lodos granulosos aerobios

La invención se refiere a un procedimiento para la purificación de aguas residuales de origen urbano o industrial en un reactor que contiene lodos granulosos aerobios soportados o no.

- 5 Los lodos granulosos aerobios no soportados están definidos como una comunidad de especies microbianas agregadas entre si y compacta de tamaño comprendido entre 0,2 y 2 mm, que presentan propiedades de decantación claramente más rápida que un lodo activado clásico; la velocidad de decantación de los lodos granulosos en cuestión es de al menos 10 m/h.
- 10 El documento EP-A-0849 229 describe un procedimiento que utiliza un reactor con dos compartimientos para depurar las aguas residuales utilizando lodos granulosos no soportados. En este procedimiento, el agua residual se introduce en un primer compartimiento del reactor, mientras que los lodos granulosos son introducidos en un segundo compartimiento. Los dos compartimientos se comunican entre si por la parte baja. Un gas que contiene oxígeno se introduce por el fondo del segundo compartimiento. Los lodos granulosos tienen un movimiento ascendente gracias a la aireación suficientemente potente. Estos lodos pasan al primer compartimiento, no aireado,
- 15 que comprende un separador sumergido a partir del cual se extrae el agua tratada. Este reactor tiene la ventaja de permitir un funcionamiento de forma continua. Por el contrario, funciona con re-circulación interna de los lodos granulosos de forma que ninguna presión de selección puede ejercerse para asegurar un funcionamiento óptimo con lodos que corresponden efectivamente a la definición de lodos granulosos aerobios.
- 20 El documento NL-A-9.301.791 describe una instalación y un procedimiento de depuración de aguas residuales por vía biológica que comprende un reactor dividido en dos partes, comprendiendo el indicado reactor un primer compartimiento concebido para el tratamiento anaerobio y un segundo compartimiento concebido para el tratamiento aerobio. Los compartimientos se comunican entre si y el agua a tratar llega al compartimiento anaerobio. El tratamiento global alterna entre un tratamiento anaerobio y un tratamiento aerobio.
- 25 El documento US 6793822 describe un procedimiento para producir lodos granulosos con miras a su utilización en el tratamiento de aguas residuales. Según este procedimiento, se utiliza una columna de burbujas, y la granulación de los lodos en medio de agua residual necesita aplicar el encadenamiento de las siete operaciones siguientes:
- alimentación de agua residual del reactor que contiene el lodo no granulado,
 - aireación con gas que contiene oxígeno y que permite la mezcla de agua-lodo,
 - periodo de penuria en aireación,
 - 30 - decantación,
 - evacuación del agua tratada,
 - repetición de las precedentes etapas hasta obtener los gránulos con las propiedades físicas deseadas,
 - recuperación de los gránulos con las propiedades deseadas.
- 35 La granulación de los lodos resulta de un equilibrio complejo entre fenómenos biológicos y físicos como son el crecimiento lento de la biomasa anaerobia, situada hacia el interior de un gránulo, y el crecimiento controlado de la biomasa aerobia simultáneo al fenómeno de desprendimiento de la biopelícula, estando la biomasa aerobia situada en la periferia de los gránulos.
- 40 El documento WO 2004/024638 describe un procedimiento de tratamiento de las aguas residuales con lodos granulosos aerobios que funciona según tres etapas: una primera consistente en alimentar el reactor que contiene los lodos granulosos, una segunda etapa de fluidización de los lodos gracias a la aireación y una tercera etapa de decantación. Este procedimiento se pone igualmente en práctica en reactor de accionamiento por aire con una relación altura/diámetro igual a 20. La aplicación industrial de este procedimiento está limitada a pequeños caudales de aguas residuales ya que la altura máxima de construcción generalmente admitida se eleva a menos de 10 m, de forma que el diámetro se encuentra limitado a 0,5 m aproximadamente.
- 45 El estado de la técnica respecto a la utilización de lodos granulosos aerobios, según los tipos de funcionamiento descritos anteriormente en columna de burbujas o en reactor de accionamiento por aire, muestra que una altura de reactor elevada correspondiente a una relación altura/diámetro al menos igual a 5 es necesaria para asegurar una fricción suficiente de los agregados microbianos en el transcurso de la aireación y controlar así el tamaño y la cohesión de los gránulos (State of art of biogranulation technology for waste water treatment por Y. Liu y JH Tay en Biotechnology Advances 22 (2004) páginas 533-563). La fricción permite la selección ulterior de los gránulos de buena calidad para mantener en el reactor por medio de la velocidad de decantación. Los gránulos de mala calidad se decantan más lentamente y son eliminados en la fase de extracción del agua tratada. Desde un punto de vista
- 50 hidráulico, este tipo de reactor en la fase de aireación se asimila a un reactor perfectamente mezclado. El control del

tamaño de los gránulos está relacionado con el grado de turbulencia del medio que condiciona la fuerza de cizallamiento aplicada a los gránulos y a la duración de esta fase que, además debe ser compatible con las velocidades de reacción biológica en fase aerobia.

5 En conclusión, los documentos citados del estado de la técnica no permiten un tratamiento satisfactorio a escala industrial de las aguas usadas con lodos granulosos.

La invención tiene por objeto, sobre todo, proponer un procedimiento optimizado de depuración biológica de aguas residuales con la ayuda de lodos granulosos aerobios, que permite tratar con eficacia caudales importantes en condiciones económicas satisfactorias.

10 Otro objetivo de la invención es proporcionar un sistema de depuración de explotación cómoda, fácil de dimensionar y que se adapte a una amplia gama de caudales a tratar y a las variaciones importantes de calidad de agua a tratar en términos de caudal, de cargas de contaminación a eliminar.

15 Según la invención, el procedimiento de depuración de aguas residuales por vía biológica utiliza un reactor que comprende un primero y un segundo compartimientos que se comunican entre sí por la parte baja, llegando el agua a tratar al primer compartimiento, conteniendo el segundo compartimiento lodos granulosos aerobios y que se encuentran a la presión atmosférica, y estando prevista una inyección de gas cargado de oxígeno en la parte baja del segundo compartimiento, y se caracteriza porque:

- los lodos granulosos forman un lecho en el segundo compartimiento,
- se hace funcionar el reactor de forma secuencial y discontinua según un ciclo que comprende dos fases a saber:
- 20 - una primera fase anaerobia en el transcurso de la cual:
 - el primer compartimiento se llena bajo depresión con agua a tratar,
 - luego la presión del primer compartimiento es brutalmente llevada a la presión atmosférica para evacuar rápidamente un volumen de agua a tratar hacia el segundo compartimiento en el cual ninguna inyección de gas cargado de oxígeno tiene lugar,
 - 25 - las dos operaciones precedentes se repiten varias veces para introducir y repartir un volumen suficiente de efluente en forma de impulsada y secuencial en el segundo compartimiento, realizándose las reacciones biológicas en medio anaerobio con lecho de lodos impulsado y expandido bajo el efecto de la fuerza hidráulica de la alimentación,
 - una segunda fase aerobia en el transcurso de la cual
 - 30 - la alimentación de agua a tratar es detenida, el obturador de una zona de concentración de lodos se sitúa en la posición cerrada,
 - una inyección de gas que contiene oxígeno tiene lugar en el segundo compartimiento, siendo realizadas las reacciones biológicas en medio aerobio con lodos agitados bajo el efecto de la inyección de gas,
 - 35 - se detiene la inyección de gas y se dejan los lodos granulosos decantar rápidamente,
 - el agua tratada se extrae del segundo compartimiento, el obturador de la zona de concentración de lodos se sitúa en la posición abierta,

tras lo cual vuelve a comenzar otro ciclo.

40 De preferencia, en el transcurso de la primera fase anaerobia, se seleccionan los lodos granulosos aerobios separando los lodos no aglomerados en la zona de concentración interna en el segundo compartimiento, y al final de la segunda fase aerobia se vacían los lodos extraídos en esta zona de concentración.

El gas inyectado durante la segunda fase es oxígeno, o de preferencia aire.

Los lodos granulosos pueden ser introducidos preformados en el reactor al comienzo de funcionamiento, o ser producidos *in situ* en una fase previa al tratamiento efectivo del agua residual.

45 En la segunda fase aerobia, el efecto de agitación puede ser asistido por una agitación mecánica.

Varios segundos compartimientos pueden asociarse con un mismo primer compartimiento para asegurar un tratamiento en continuo de las aguas residuales.

La velocidad de circulación del efluente del primer compartimiento hacia el segundo compartimiento en la puesta a la presión atmosférica del primer compartimiento es de preferencia superior a 20 m/h. Si el diámetro medio de los gránulos de los lodos tiene tendencia a disminuir, se puede reducir el tiempo de aireación, y de este modo el tiempo de penuria de los micro-organismos, en la fase aerobia para provocar un aumento del diámetro. Los tiempos de las diferentes etapas del ciclo pueden ajustarse para mantener la calidad y la cantidad de lodos granulosos. A este respecto, se puede prever un captador de nivel del lecho de lodos granulosos cuya medición es tomada en cuenta para actuar sobre los tiempos de duración de las etapas.

Según el procedimiento objeto de la invención, el mantenimiento de la calidad y de los rendimientos de los lodos granulosos aerobios está asegurado:

- 10 - repartiendo de forma homogénea el efluente a tratar en el volumen de lecho de lodos gracias a la alimentación secuencial e impulsada durante el periodo de depuración en medio anaerobio,
- realizando las reacciones biológicas en medio anaerobio con impulso del lecho para favorecer la constitución de un lecho con gradiente de tamaños de partículas sobre la altura favorable para la separación gradual de los lodos libres,
- 15 - combinando el impulso del lecho de lodos en medio anaerobio con la turbulencia de los gránulos en medio aerobio para dominar la distribución de los tamaños de gránulos y las propiedades resultantes de ello.

La granulación de los lodos se determinó por el emparejamiento de regímenes hidrodinámicos adaptados a la vez en las fases anaerobia y aerobia. Según el procedimiento de la invención, los lodos se mantienen "granulosos aerobios" ejerciendo una selección, ausente en el procedimiento según el documento EP-A-0 849.229.

- 20 La invención se refiere igualmente a una instalación de depuración de aguas residuales por vía biológica que comprende un reactor con un primero y un segundo compartimientos que se comunican entre si por la parte baja, llegando el agua a tratar al primer compartimiento, conteniendo el segundo compartimiento lodos granulosos aerobios y que se encuentran a la presión atmosférica, y estando previsto un medio de inyección de gas cargado de oxígeno en la parte baja del segundo compartimiento, caracterizada porque:
 - 25 - el reactor es un reactor secuencial discontinuo,
 - el primer compartimiento está cerrado por la parte alta y puede aislarse de la atmósfera, siendo la altura del primer compartimiento superior a la del segundo compartimiento;
 - medios de puesta en depresión y en presión están dispuestos en la zona alta no sumergida del primer compartimiento,
 - 30 - medios de inyección y de reparto del agua a tratar están posicionados en la zona baja en el segundo compartimiento,
 - y el reactor está previsto para funcionar según un ciclo que comprende dos fases a saber:
 - una primera fase anaerobia en el transcurso de la cual:
 - el primer compartimiento se llena bajo depresión con agua a tratar,
 - 35 - luego la presión del primer compartimiento es brutalmente llevada a la presión atmosférica para evacuar rápidamente un volumen de agua a tratar al segundo compartimiento en el cual ninguna inyección de gas cargado de oxígeno tiene lugar,
 - las dos operaciones precedentes son repetidas varias veces para introducir y repartir un volumen suficiente de efluente de forma impulsada y secuencial en el segundo compartimiento, siendo las
 - 40 reacciones biológicas realizadas en medio anaerobio con lecho de lodos impulsado y expandido bajo el efecto de la fuerza hidráulica de la alimentación,
 - una segunda fase aerobia en el transcurso de la cual
 - la alimentación con agua a tratar es detenida,
 - una inyección de gas que contiene oxígeno tiene lugar en el segundo compartimiento, siendo
 - 45 realizadas las reacciones biológicas en medio aerobio con lodos agitados bajo el efecto de la inyección de gas,
 - se detiene la inyección de gas y se dejan los lodos granulosos decantar rápidamente,
 - el agua tratada es extraída del segundo compartimiento,
- tras lo cual comienza otro nuevo ciclo.

De preferencia, la instalación comprende un concentrador de lodos situado en la periferia externa del segundo compartimiento, por el lado opuesto al primer compartimiento y provisto de un obturador o válvula automatizada. El obturador se cierra durante la fase aerobia y se abre, al final de la fase aerobia, para permanecer abierto durante la fase anaerobia.

- 5 Al menos un dispositivo de agitación mecánica está generalmente dispuesto en el segundo compartimiento.

La instalación puede comprender varios segundos compartimientos asociados con un mismo primer compartimiento para asegurar un tratamiento en continuo de las aguas residuales, con medios para poner en comunicación y/o aislar cada segundo compartimiento con relación al primer compartimiento.

- 10 La invención consiste, aparte de las disposiciones expuestas anteriormente, en un cierto número de otras disposiciones de las cuales serán más explícitamente cuestión a continuación a propósito de ejemplos de realización descritos con referencia a los dibujos adjuntos, pero que no son en modo alguno limitativos. En estos dibujos:

La Fig. 1 es una sección vertical esquemática de una instalación conforme a la invención,

La Fig. 2 es una sección esquemática parcial según la línea II-II de la Fig. 1.

- 15 La Fig. 3 es una vista esquemática por encima de una instalación con varios segundos compartimientos asociados con un mismo primer compartimiento, y

La Fig. 4 es una sección vertical esquemática de una pala flotante.

Haciendo referencia a la Fig. 1, se puede apreciar un ejemplo de realización de una instalación de depuración de aguas residuales por vía biológica en presencia de lodos granulados aerobios según la invención.

- 20 La instalación comprende un reactor secuencial discontinuo R provisto de una entrada 1 del efluente en un primer compartimiento 2 de alimentación, en forma de campana. Este compartimiento 2 está cerrado por la parte alta y puede aislarse de la atmósfera. Una depresión puede ser creada en esta parte alta con la ayuda de un ventilador o de un aumentador de presión que funciona en bomba de vacío 3. En estas condiciones, el nivel L del agua bruta sube progresivamente en el compartimiento 2 hasta alcanzar una altura de 0,6 a 1 m por encima del plano de agua H de un segundo compartimiento 4, o compartimiento de reacción y de separación, que se encuentra a la presión atmosférica. La altura del primer compartimiento 2 es superior a la del segundo compartimiento 4.

La estructura general del reactor R corresponden sustancialmente a la de decantadores de impulsos contruidos y comercializados por la Sociedad solicitante y descritos particularmente en «Memento technique de l'eau» 10^a edición DEGREMONT SUEZ, tomo 2, páginas 844-849. La puesta en práctica y la aplicación del reactor R de la invención difieren totalmente de los decantadores en cuestión.

- 30 Los compartimientos 2 y 4 se comunican entre si por un paso 2a previsto en la parte baja de un tabique de separación 2b. El segundo compartimiento 4 contiene un lecho 5 de lodos granulados depositado en la base del compartimiento 4 sobre una rejilla o un soporte perforado 5a horizontal. El lecho 5 es compactado bajo el efecto de la gravedad.

- 35 Un relé eléctrico (no representado) conectado con un detector de nivel 6 controla la apertura brusca de una válvula rompe-vacío 7 de puesta en comunicación de la parte alta del primer compartimiento 2 con la atmósfera. El agua penetra entonces en el compartimiento 4 de reacción y de separación por una canalización 8 a la cual están conectadas canalizaciones de derivación 8b generalmente ortogonales a la canalización 8, para asegurar un reparto uniforme de la distribución de agua bajo el lecho 5 de lodos granulados.

- 40 La sobrevelocidad creada por el funcionamiento del compartimiento 2 debe ser suficiente para permitir fluidizar el lecho de lodo 5.

Las canalizaciones de derivación 8b están provistas de dispositivos de eyección de agua con una gran velocidad (superior a la velocidad mínima de fluidización) haciendo el efecto de una cisterna mientras que tranquilizadores 9 aseguran el mantenimiento de un buen reparto del líquido a través del lecho de lodo que se desamontona y se expande de un 10 a un 30%.

- 45 Los lodos no aglomerados se vierten en un concentrador 10 correspondiente a una fosa con fondo inclinado donde son extraídos a intervalos regulares por un conducto 10a y medios de bombeo no representados. Este tipo de dispositivo presenta la ventaja de poder purgar sin correr el riesgo de afectar al lecho de lodos. El concentrador está provisto igualmente de un dispositivo de obturación (válvula automatizada) 14 que permite aislar el concentrador en fase de aireación.

- 50 El tiempo de duración y la frecuencia de las fases de puesta bajo vacío y de descarga del primer compartimiento 2 se ajustan para repartir la alimentación del efluente al tiempo necesario para la reacción biológica en condición anaerobia. Durante este período, los lodos aumentan por asimilación de los diferentes substratos, carbono, nitratos y sulfatos mientras que el lecho 5 de lodos es sometido a movimientos alternativos verticales y aumenta de volumen.

El movimiento del lecho de lodos y la creación de volumen intersticial favorece la difusión de los substratos y la velocidad de las reacciones biológicas.

- 5 Además, bajo el efecto del impulso de la alimentación, el lecho de lodos se organiza en grupos de lodos de propiedades físicas distintas. Los lodos granulosos más densos se sitúan en las capas inferiores mientras que las partículas no aglomeradas correspondientes a los gránulos en formación o desfloculadas se reparten en la superficie. Se realiza una clasificación.

El concentrador 10 colocado en el segundo compartimiento permite recuperar los lodos granulosos que no tienen las características físicas deseadas.

- 10 Los lodos granulosos que se mantienen en el lecho 5 de lodos ofrecen una menor distribución de tamaño, tienen una mejor cohesión y un grado de esfericidad sustancialmente mejorado.

Una rampa 11 provista de un sistema de inyección de gas que contiene oxígeno, particularmente aire, está dispuesta en el fondo del segundo compartimiento 4 de reacción y de separación. La rampa 11 puede situarse por debajo o por encima de las canalizaciones 8, 8b de distribución de agua a tratar.

- 15 Antes del arranque de la fase aerobia, el obturador 14 se encuentra en posición cerrada con el fin de aislar el concentrador.

La introducción de gas conteniendo oxígeno tiene lugar al inicio de la primera fase del procedimiento correspondiente a un periodo de reacción en medio anaerobio mientras que la alimentación en efluente se ha terminado.

- 20 En el transcurso de la segunda fase aerobia, la velocidad del gas insuflado por la rampa 11 debe ser suficiente para accionar la puesta en movimiento turbulenta de los gránulos necesaria para provocar el desgaste al principio de la liberación de la biopelícula en crecimiento rápido.

Con fines de economía de energía, un dispositivo de agitación mecánica adaptado B, en particular de hélice, puede completar la inyección de gas.

- 25 En todos los casos, el gas proporciona simultáneamente el oxígeno necesario para las reacciones biológicas de oxidación del carbono, de nitrificación.

Al comienzo del tiempo de duración de las reacciones aerobia, la inyección de gas es detenida. El agua depurada en carbono, nitrógeno, sulfatos y fósforo es extraída por medio de un dispositivo 12 tal como un desagüe o válvula situada a media altura del reactor o por un desagüe flotante¹³ (Fig. 4) de tipo pala, conectado con la salida de agua tratada por un conducto articulado sobre una junta de rótula.

- 30 Al final de la secuencia de vaciado, el obturador 14 se abre con el fin de permitir la selección de los gránulos al comienzo de la alimentación.

La instalación permite realizar la secuencia siguiente necesaria para el mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales con lodos granulosos aerobios en un solo y mismo reactor con lecho de lodos alternativamente impulsado y agitado, y sometido a selección:

- 35 *Fase anaerobia*

a) alimentación con agua sin tratar impulsada: puesta en fluidización del lecho de lodo.

Estratificación y clasificación de los lodos y eliminación por el selector de los gránulos con propiedades degradadas particularmente en términos de decantación y de tamaño.

Fase aerobia

- 40 b) puesta en suspensión turbulenta o no del sistema con inyección de gas conteniendo oxígeno.

c) decantación y evacuación del agua tratada clarificada por válvula de vaciado.

d) extracción de los lodos concentrados en el selector de frecuencia.

e) después del final de la fase aerobia, nueva secuencia de a) a c) o a) a d).

- 45 La repetición del encadenamiento de las etapas biológicas realizado como se ha descrito anteriormente (alimentación y reacción en medio anaerobio, reacción en medio aerobio, decantación y extracción) produce una producción de lodos granulosos más selectiva. Los lodos granulosos así obtenidos son de mejor calidad en términos de:

- distribución más fina de tamaños

- velocidad de decantación más homogénea
- distribución de las poblaciones bacterianas más uniforme
- tiempo de mantenimiento en el reactor.

5 Los lodos granulosos ofrecen entonces rendimientos incrementados relacionados con la renovación de la superficie activa expuesta a los sustratos a transformar.

10 Para asegurar el tratamiento en continuo de las aguas residuales, como se ha ilustrado en la Fig. 3, varios segundos compartimientos están dispuestos alrededor de un mismo compartimiento de alimentación central 2. El número de los segundos compartimientos de reacción se calcula en función del tiempo de permanencia del efluente. La Fig. 3 esquematiza una configuración de cuatro segundos compartimientos de reacción 4a, 4b, 4c, 4d cuya comunicación con el primer compartimiento central es controlada por válvulas Va, Vb, Vc, Vd. Los segundos compartimientos pueden ser puestos en comunicación con el primer compartimiento según una permuta circular con el fin de asegurar de forma permanente una evacuación de agua tratada en las canalizaciones 12a o 12b que se juntan río abajo. Los lodos son evacuados por canalizaciones 15a, 15b.

15 Las ventajas aportadas por el procedimiento y la instalación objeto de la presente invención son importantes. Permiten aumentar la eficacia del tratamiento aportándole una gran flexibilidad de explotación y de adaptación con calidades y cantidades de efluentes diferentes los unos de los otros.

Se facilita a continuación un ejemplo práctico de realización y de puesta en práctica de la invención en instalación piloto, no teniendo este ejemplo ningún carácter limitativo.

EJEMPLO

20 En este ejemplo, se ha utilizado un reactor cuyo compartimiento de reacción y de separación es de base cuadrada con una longitud de 0,25 m y volumen igual a 0,200 m³ para una altura de agua de 3 m. Los lodos granulosos que presentan un diámetro medio de 1,8 mm tienen una concentración de 13 kg/m³. El compartimiento de alimentación 2 tiene una altura de agua igual a 4 m bajo depresión.

25 El efluente a tratar era agua residual urbana tamizada, con una temperatura de 22°C y caracterizada por concentraciones:

Demanda química en oxígeno total, DCO total: 480 mg/L

Nitrógeno amoniacal, N-NH₄⁺: 42 mg N/L

Fósforo total, Ptotal: 5 mg/L.

La secuencia de tratamiento siguiente fue aplicada mediante 100 L de efluente tratado.

30 El efluente fue admitido a la velocidad de 30 m/h en el segundo compartimiento 4 de reacción en medio anaerobio durante un tiempo de 20 minutos por medio de los ciclos de funcionamiento del primer compartimiento 2, o campana, en 35 s de nuevo llenado y 5 s de descarga.

Seguidamente se inyectó aire en el segundo compartimiento 4 con un caudal de 5 m³/h durante un tiempo de 30 minutos.

35 Se dejó un periodo de decantación de 5 minutos antes del vaciado del efluente tratado.

La secuencia indicada anteriormente fue repetida 9 veces con el fin de tratar 1 m³ de efluente. Los análisis realizados a partir de las muestras de efluente tratado muestran que los rendimientos de eliminación medios son:

Para la demanda química en oxígeno total, DCO total: 88%

Para el nitrógeno amoniacal, N-NH₄⁺: 95%

40 Para el fósforo total, Ptotal: 78%

Para el nitrógeno global, NGL: 70%.

Además, las variaciones registradas para cada uno de ellos no son significativas respecto a errores experimentales de determinación de las concentraciones.

45 Estos resultados ilustran los rendimientos muy buenos producidos por el procedimiento y la instalación según la invención para el tratamiento de un agua residual urbana típica.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de depuración de aguas residuales por vía biológica que utiliza un reactor que comprende un primero (2) y un segundo (4) compartimientos que se comunican entre si por la parte baja, llegando el agua a tratar al primer compartimiento, conteniendo el segundo compartimiento lodos granulosos aerobios y encontrándose a la presión atmosférica, y estando prevista una inyección de gas cargado de oxígeno en la parte baja del segundo compartimiento,
- caracterizado porque:
- los lodos granulosos forman un lecho (5) en el segundo compartimiento (4),
 - 10 - se hace funcionar el reactor de forma secuencial y discontinua según un ciclo que comprende dos fases a saber:
 - una primera fase anaerobia en el transcurso de la cual:
 - el primer compartimiento (2) se llena bajo depresión con agua a tratar,
 - luego la presión del primer compartimiento es brutalmente llevada a la presión atmosférica para evacuar rápidamente un volumen de agua a tratar hacia el segundo compartimiento (4) en el cual ninguna inyección de gas cargado de oxígeno tiene lugar,
 - 15 - las dos operaciones precedentes se repiten varias veces para introducir y repartir un volumen suficiente de efluente de forma impulsada y secuencial en el segundo compartimiento (4), realizándose las reacciones biológicas en medio anaerobio con lecho de lodos (5) impulsado y expandido bajo el efecto de la fuerza hidráulica de la alimentación,
 - 20 - una segunda fase aerobia en el transcurso de la cual
 - la alimentación de agua a tratar es detenida, el obturador de una zona de concentración de lodos (10) se sitúa en la posición cerrada,
 - una inyección de gas que contiene oxígeno tiene lugar en el segundo compartimiento (4), siendo realizadas las reacciones biológicas en medio aerobio con lodos agitados bajo el efecto de la inyección de gas,
 - 25 - se detiene la inyección de gas y se dejan los lodos granulosos decantar rápidamente,
 - el agua tratada se extrae del segundo compartimiento, el obturador de la zona de concentración de lodos se sitúa de nuevo en la posición abierta,
- tras lo cual vuelve a comenzar otro ciclo.
- 30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en el transcurso de la primera fase anaerobia, se seleccionan los lodos granulosos aerobios separando los lodos no aglomerados en la zona de concentración (10) interna en el segundo compartimiento (4), y al final de la segunda fase aerobia se vacían los lodos extraídos en esta zona de concentración.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el gas inyectado en la segunda fase es aire.
- 35 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los lodos granulosos se introducen preformados en el segundo compartimiento (4) al comienzo de funcionamiento.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque los lodos granulosos se introducen *in situ* en una fase previa al tratamiento efectivo del agua residual.
- 40 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, en la segunda fase aerobia, el efecto de agitación es asistido por una agitación mecánica (B).
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque varios segundos compartimientos (4a, 4b, 4c, 4d) están asociados con un mismo primer compartimiento (2) para asegurar un tratamiento en continuo de las aguas residuales.
- 45 8. Instalación de depuración de aguas residuales por vía biológica que comprende un reactor con un primero (2) y un segundo (4) compartimientos que se comunican entre si por la parte baja, llegando el agua a tratar al primer compartimiento, conteniendo el segundo compartimiento lodos granulosos aerobios y que se encuentran a la presión atmosférica, y estando previsto un medio de inyección de gas cargado de oxígeno en la parte baja del segundo compartimiento, caracterizada porque:

- el reactor es un reactor secuencial discontinuo,
 - el primer compartimiento (2) está cerrado por la parte alta y puede aislarse de la atmósfera, siendo la altura del primer compartimiento (2) superior a la del segundo compartimiento (4);
 - medios de puesta en depresión (3) y en presión (7) están dispuestos en la zona alta no sumergida del primer compartimiento (2),
 - medios de inyección y de reparto (8, 8b) del agua a tratar están posicionados en la zona baja en el segundo compartimiento (4),
 - y el reactor está previsto para funcionar según un ciclo que comprende dos fases a saber:
 - una primera fase anaerobia en el transcurso de la cual:
 - el primer compartimiento (2) se llena bajo depresión con agua a tratar,
 - luego la presión del primer compartimiento es brutalmente llevada a la presión atmosférica para evacuar rápidamente un volumen de agua a tratar al segundo compartimiento (4) en el cual ninguna inyección de gas cargado de oxígeno tiene lugar,
 - las dos operaciones precedentes son repetidas varias veces para introducir y repartir un volumen suficiente de efluente de forma impulsada y secuencial en el segundo compartimiento (4), realizándose las reacciones biológicas en medio anaerobio con lecho de lodos (5) impulsado y expandido bajo el efecto de la fuerza hidráulica de la alimentación,
 - una segunda fase aerobia en el transcurso de la cual
 - la alimentación con agua a tratar es detenida,
 - una inyección de gas que contiene oxígeno tiene lugar en el segundo compartimiento (4), realizándose las reacciones biológicas en medio aerobio con lodos agitados bajo el efecto de la inyección de gas,
 - se detiene la inyección de gas y se dejan los lodos granulosos decantar rápidamente,
 - el agua tratada es extraída del segundo compartimiento,
 - tras lo cual comienza otro nuevo ciclo.
9. Instalación según la reivindicación 8, caracterizada porque comprende un concentrador de lodos (10) situado en la periferia externa del segundo compartimiento (4), por el lado opuesto al primer compartimiento (2) y provisto por un obturador o válvula automatizada (14).
10. Instalación según la reivindicación 8 ó 9, caracterizada porque al menos un dispositivo de agitación mecánico (B) está dispuesto en el segundo compartimiento (4).
11. Instalación según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizada porque comprende varios segundos compartimientos (4a, 4b, 4c, 4d) asociados con un mismo primer compartimiento (2) para asegurar un tratamiento en continuo de las aguas residuales, con medios (Va, Vb, Vc, Vd) para poner en comunicación y/o aislar cada segundo compartimiento en relación con el primer compartimiento.

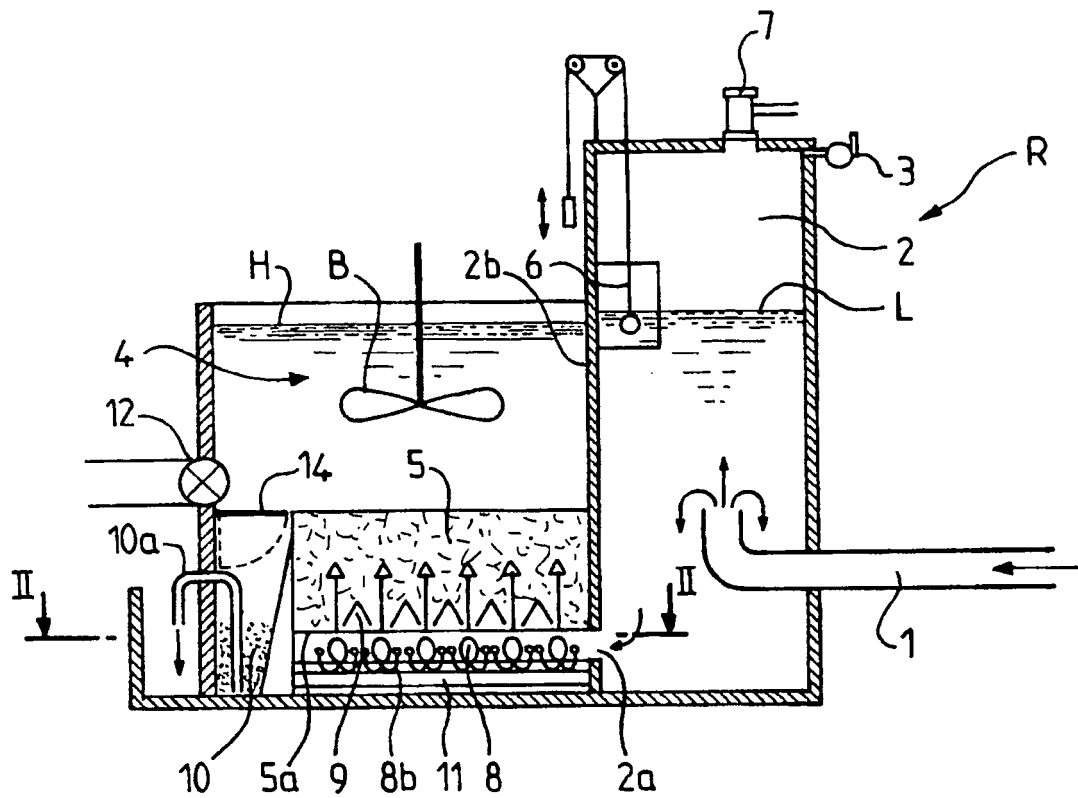


FIG.1

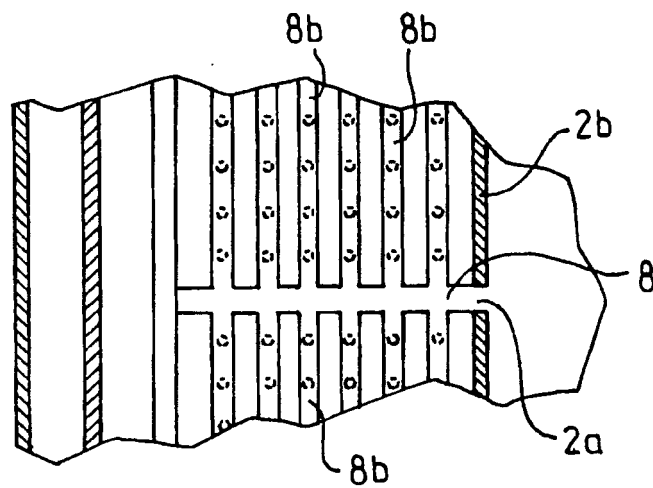


FIG.2

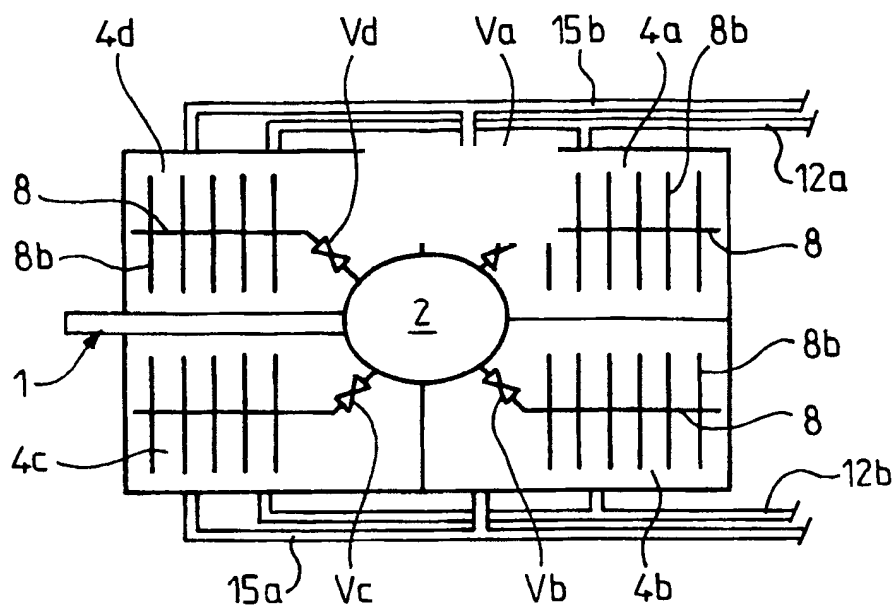


FIG. 3

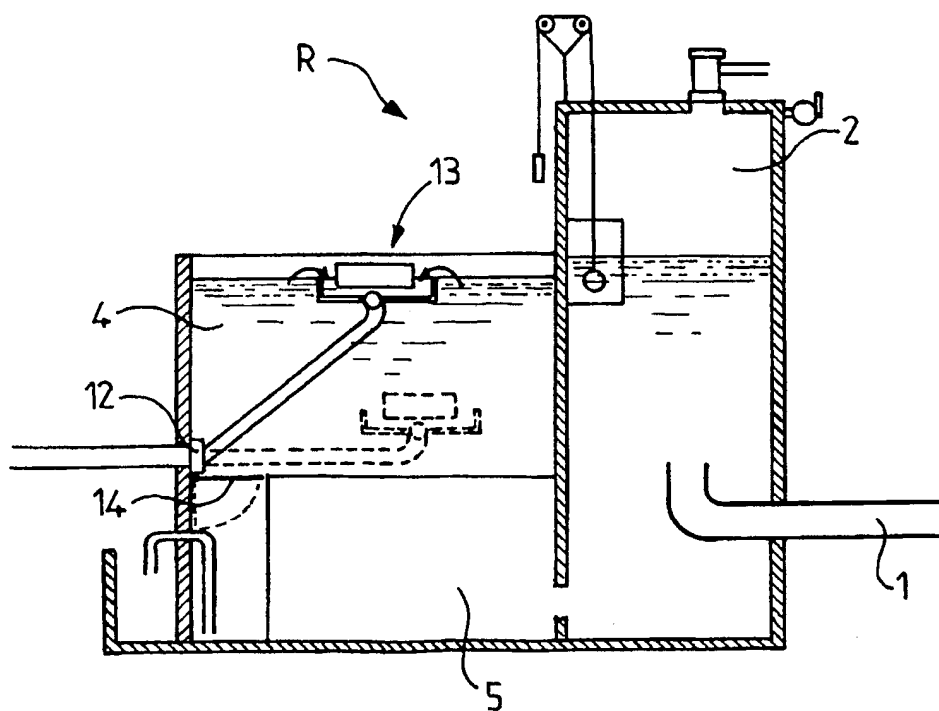


FIG. 4