

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 142**

51 Int. Cl.:

C02F 3/12 (2006.01)

C02F 3/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **05708504 .5**

96 Fecha de presentación: **16.02.2005**

97 Número de publicación de la solicitud: **1720803**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **15.11.2006**

54 Título: **EQUIPO PARA EL TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LODO ACTIVADO DE AGUAS RESIDUALES Y PROCEDIMIENTO PARA SU OPERACIÓN.**

30 Prioridad:
20.02.2004 HU 0400453

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.02.2012

73 Titular/es:
**ORGANICA KÖRNYEZETTECHNOLOGIAK
ZARTKORUEN MUKÖDO RESZVENYTARSASAG
TUZOLTO UTCA 59.
1094 BUDAPEST, HU**

72 Inventor/es:
**CZEPEK, Gyula;
TAKACS, Zoltán y
KENYERES, István**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 375 142 T3

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).

DESCRIPCIÓN

Equipo para el tratamiento biológico de lodo activado de aguas residuales y procedimiento para su operación

El objeto de la presente invención versa acerca de un equipo para el tratamiento biológico de lodo activado de agua residual que contiene contaminantes orgánicos, especialmente agua residual municipal o/y de la industria alimentaria, y un procedimiento para la operación de tal equipo.

Hay dos procedimientos básicos para el tratamiento biológico de lodo activado de agua residual que contiene contaminantes orgánicos: tecnología continua y discontinua (SBR, reactor discontinuo secuencial). La diferencia entre estas dos soluciones es que, mientras que en los sistemas continuos las operaciones individuales de la tecnología de depuración —eliminación de materiales orgánicos, fósforo y nitrógenos, fase de separación— se llevan a cabo de una manera en la que se separan entre sí en el espacio, en el sistema de SBR estos procesos tienen lugar en el mismo espacio, siguiéndose entre sí desplazados en el tiempo. Ambos sistemas tienen sus ventajas y sus desventajas, y esta puede ser la razón de la aparición de soluciones basadas en la combinación de las dos tecnologías en el campo del tratamiento de agua residual.

Las principales ventajas de la tecnología de SBR son que puede seguir las fluctuaciones de carga hidráulica y de contaminantes mejor que los sistemas continuos, usando menos energía, y la fiabilidad operativa de la sedimentación es mayor, dado que en la fase de sedimentación no hay flujos de fluido que influyan en la sedimentación de microorganismos purificantes de lodo. Una ventaja adicional de la tecnología de SBR es que aun en el caso de una demanda de bajo rendimiento, por ejemplo por debajo de 100 m²/día, puede ser fácilmente equipada con maquinaria tecnológica, cuando, para un sistema continuo de tal capacidad, ya no hay disponible en distribución comercial ninguna bomba adecuada de agua residual de baja capacidad; a la vez, existe el riesgo de que se puedan obturar las tuberías de sección transversal pequeña.

Una importante ventaja de las tecnologías continuas es que la eliminación de nutrientes biológicos (N, P) tiene lugar en espacios separados, de modo que la eficiencia de estas operaciones se ve menos influida por las configuraciones de la operación, y su fiabilidad operativa es mayor. Su ventaja adicional es que —si se inserta una etapa de predesnitrificación en la serie de operaciones—, es menor el contenido en nitratos del agua que entra en la planta de sedimentación; en consecuencia, hay menor probabilidad o riesgo de levitación del lodo derivada de la desnitrificación. En el caso de los sistemas continuos, también es mejor la probabilidad del uso del principio selector para garantizar la restricción de creación de filamentos en el lodo.

La memoria de patente estadounidense n^o 6 406 628 describe una solución para la mejora de la eficiencia de tecnología de SBR en la eliminación de nutrientes. Según esto, se inserta en el reactor discontinuo secuencial, en el momento preciso en el tiempo, un metabolito fermentado creado en el curso de la putrefacción de residuos orgánicos como una fuente fácilmente soluble de carbono. Debido a esto, la eliminación de N y P se vuelve sumamente favorable, pero su desventaja es que se crea lodo adicional. Una desventaja adicional es que, con respecto a la planta de tratamiento de aguas residuales de un pequeño asentamiento, la tarea de recogida, almacenaje y procesamiento de desechos orgánicos aumenta la demanda de mano de obra de la operación.

La tecnología descrita en la memoria de patente estadounidense n^o 4 966 705 se base en la combinación de los sistemas continuos y de SBR. Este sistema contiene un reactor principal equipado con un decantador fijo y un reactor anterior que lleva a cabo una función de equilibrio y selectora. Significa que el agua purificada del lote previo al actual es decantada por desplazamiento por la masa de agua residual introducida del lote siguiente al actual. Con el lodo sedimentado devuelto al reactor anterior después de la decantación, la cantidad de agua con un elevado contenido de nitratos que vuelve al espacio en el que puede tener lugar la desnitrificación permanece por debajo de la cantidad que justificaría la eliminación de N en el curso del tratamiento de agua residual municipal con una composición media. Como, en este caso, la cantidad de líquido devuelto determina la cantidad mínima del siguiente lote, no puede optimizarse la recirculación para la eliminación de la nutrición.

En el sistema descrito en las memorias de patentes estadounidenses n^{os} 6 190 554 y 6 398 957 hay también un reactor anterior y un reactor principal; en este sistema la recirculación destinada hacia el reactor anóxico anterior está dimensionada para la eliminación de la nutrición, de modo que se garanticen las condiciones para el proceso de desnitrificación, es decir, la eliminación del nitrógeno biológico. Un espacio separado de desnitrificación preliminar anóxica resulta ventajoso, porque los materiales orgánicos inestables que garantizan la desnitrificación rápida no se diluyen allí, sino que, en vez de ello, son usados por completo para la eliminación de nitratos en ausencia de oxígeno soluto. Una desventaja del sistema es que no garantiza una eliminación suficiente del fósforo biológico. Aunque el sistema contiene opcionalmente un reactor anaeróbico, se usa para la digestión del lodo, de modo que el fósforo integrado en el lodo vuelve a entrar en la solución y se introduce en el reactor principal junto con el agua de fuga; significa que, con el lodo sobrante, no es posible la eliminación biológica del fósforo.

La desventaja adicional de estas soluciones es que ninguna de las plantas de tratamiento contiene una conexión hidráulica continua por debajo del nivel del líquido; por lo tanto, el espacio anóxico de desnitrificación preliminar no puede tomarse en consideración como unidad de sedimentación. En el caso de la tecnología de SBR, el nivel

superior del lodo en el líquido determina la cantidad de líquido depurado que puede ser drenado, lo que, a su vez, también determina la capacidad hidráulica diaria de la planta de tratamiento.

5 Otra desventaja de las soluciones es que, debido a la operación del espacio anóxico de desnitrificación preliminar como tanque de equalización, en otras palabras, debido a la entrada continua, los procesos biológicos que tienen lugar allí no pueden ser optimizados.

10 En la solución contenida en la solicitud de patente número EP 1.099.668 existe entre el reactor una conexión hidráulica continua entre el reactor anterior y el reactor principal aireado. Sin embargo, la desventaja de esta conexión permite el flujo del medio es que la conexión está al nivel de la plancha base, y así, cuando se retira el agua tratada, el líquido que fluye al reactor principal mezcla el lodo activado, como consecuencia de lo cual puede entrar materia suspendida en el agua tratada, lo que daña significativamente el grado de eficiencia de la planta de tratamiento.

Una desventaja adicional de estas soluciones es que la elevación neumática lleva a cabo el flujo retrógrado forzado desde el reactor principal al reactor anterior. Debido a esto, la elevación de agua por aire comprimido disuelve oxígeno en el reactor anterior, restringiendo así los procesos anóxicos que tienen lugar allí.

15 Una deficiencia adicional de la planta de tratamiento es que la entrada de agua residual no tratada tiene lugar desde arriba, a través de la cual el lodo activado bombeado allí anteriormente, como en un reactor de flujo de pistón, es obligado a atravesar la conexión inferior hacia el interior del reactor principal. En este procedimiento, lo importante es esta etapa procedimental, como es el objetivo que el agua residual no tratada no se mezcle con el agua tratada durante la decantación simultánea. Sin embargo, esto puede dar como resultado la situación desventajosa que en este momento el agua residual no tratada deliberadamente no se mezcla con el lodo, de modo que no hay ninguna eliminación efectiva de N ni P. Solo después de esta fase tiene lugar la transferencia entre los dos espacios (fase S). No hay recirculación alguna durante la fase de aireación (fase B). Sin embargo, la consecuencia de esto es que este proceso solo es capaz de eliminar la contaminación con nitratos según la proporción de volumen entre los dos espacios, lo que causa una eficiencia insuficiente.

20 El equipo descrito en la memoria de patente número DE 198 16 076 también usa dos conexiones entre los reactores principal y auxiliar de BR, las cuales, debido a diversos procedimientos mecánicos, pueden ser abiertas o cerradas independientemente entre sí. Esta forma de control es costosa y, debido a los dispositivos de operación, aumenta la probabilidad de averías.

30 Una desventaja adicional es que el tanque de tratamiento previo no contiene un mezclador y, por ello, los procesos anóxicos tienen lugar solo de una manera restringida.

Esta desventaja del proceso llevado a cabo en la planta de tratamiento es que, durante la decantación, se cierra la conexión hidráulica que conecta los reactores anterior y principal, y, así, el tanque de tratamiento previo no puede tomarse en consideración como un espacio de asentamiento, y esto tiene un efecto desfavorable en el grado de eficiencia y rendimiento de la planta de tratamiento.

35 La tarea a resolver con la invención es proporcionar un equipo y un procedimiento de tratamiento biológico de agua residual de lodo activado de operación en lotes, como resultado de lo cual se hace menos difícil dotarlo de una maquinaria tecnológica, aun en el caso de una demanda de capacidad reducida o de pequeño tamaño, y, como consecuencia de la operación apropiada del equipo, se hace posible adaptar la flexibilidad a las fluctuaciones de carga hidráulica y de contaminantes; por otra parte, la solución debe garantizar con una elevada fiabilidad operativa, una eficiencia elevada en la eliminación de nitrógeno y fósforo biológico, que debería ser de aproximadamente el 90% en el caso del nitrógeno y del 80-85% en el caso del fósforo.

40 La invención se basa en el reconocimiento de que no se lleva a cabo mezcla alguna en el reactor principal aireada usado para la sedimentación secundaria, pero la aireación se lleva a cabo incluso durante el llenado y todas las operaciones para las que no se precisa aireación alguna son llevadas a cabo en un reactor anterior anaeróbico/anóxico en el cual se opera un mezclador mecánico en la fase entre el llenado y la sedimentación y, desde el reactor principal, se devuelven al reactor anterior agua rica en nitratos y lodo activado mantenido en suspensión; entonces puede garantizarse una desnitrificación muy eficiente y también puede resolverse perfectamente la eliminación de materiales orgánicos y del fósforo.

50 Sobre la base del anterior reconocimiento según la invención, se resolvió la tarea establecida con un equipo para el tratamiento de agua residual que contiene contaminantes orgánicos, especialmente agua residual municipal o/y de la industria alimentaria, que tiene un reactor principal y un reactor anterior y facilita la recogida de aguas residuales no tratadas, la eliminación de agua purificada y lodo y la aireación del agua residual introducida en el reactor principal, y también tiene un mezclador situado en el reactor anterior, estando separados entre sí el reactor principal y el reactor anterior por una pared de partición y habiendo entre el reactor principal y el reactor anterior al menos un dispositivo para la recirculación de agua residual, equipo que está caracterizado porque dicho dispositivo tiene un tramo de tubería con forma de U dotado de brazos para la recirculación, estando situado un brazo del tramo de tubería con forma de U en el reactor anterior, estando situado el otro brazo del tramo de tubería con forma de U en el reactor

principal y estando separados entre sí por la pared de partición, estando conectados el extremo inferior de un brazo y el extremo inferior del otro brazo con un tubo que atraviesa esta pared de partición, y estando situados sus extremos superiores a una altura adecuada al nivel de agua mínimo determinado en estos reactores; estando conectado un conducto de aire, con un accesorio terminal que garantiza la función de elevación de agua por aire comprimido, al otro brazo del tramo de tubería con forma de U situado en el reactor principal; y habiendo, a cierta distancia del extremo superior de un brazo y del extremo superior del otro brazo una abertura de transferencia en la pared de partición que garantiza la recirculación.

Una posibilidad adicional de la invención es que el conducto de aire se bifurca del sistema de aireación perteneciente al reactor principal.

Según otra realización de la invención, el sistema de aireación perteneciente al reactor principal tiene un dispositivo de soplado y un conducto de aire que parte del mismo, conductos de distribución del aire que están conectados al anterior conducto de aire y que discurren cerca de la plancha base del reactor principal y cabezas de inyección de aire conectadas a estos conductos de aire.

Según otra construcción, el dispositivo de drenaje del agua depurada es un decantador situado sobre un cuerpo flotante. También es favorable que haya una bomba situada en una cuba de compensación para recoger aguas residuales no tratadas, bomba que entra en el reactor anterior.

El procedimiento según la invención realizado por la operación del equipo para el tratamiento biológico de lodo activado de agua residual que contiene contaminantes orgánicos, conteniendo el procedimiento al menos una fase de llenado, una fase de reacción, una fase de sedimentación, una fase de drenaje y una fase de eliminación del lodo, en el que en la fase de llenado el reactor principal y el reactor anterior son llenados desde un nivel mínimo hasta un nivel máximo con aguas residuales no tratadas recogidas en primer lugar en el intervalo inferior de la masa de lodo situada en el reactor anterior y llevada desde reactor anterior hasta el reactor principal, mientras que —en un caso dado— se airea el agua situada en el reactor principal; después, en la fase de reacción de nitrificación-desnitrificación, se airea el agua situada en el reactor principal, y se agita el agua situada en el reactor anterior, prácticamente mecánicamente, mientras que se hace que recircule el agua residual entre los dos reactores; luego se sedimenta el lodo procedente del agua residual tratada según lo anterior; por último, las aguas residuales tratadas son drenadas del equipo por decantación de una manera en la que se reduce el nivel de agua en los reactores hasta un nivel mínimo y se elimina de los reactores el lodo sobrante, está caracterizado porque en la fase de llenado se usa un tramo de tubería con forma de U para transferir el agua residual no tratada desde el reactor anterior hasta el reactor principal, y luego el agua residual no tratada es transferida hasta el reactor principal usando el principio sifónico del tramo de tubería con forma de U, y así el nivel de agua en el reactor anterior y el reactor principal se eleva hasta un nivel común máximo; tras esto, en la fase de reacción, se insufla aire a través del conducto de aire en el otro brazo del tramo de tubería con forma de U en el reactor principal, y usando así el tramo de tubería con forma de U como elevador por aire comprimido, una parte de la cantidad de líquido en el reactor anterior es aspirada a través del tramo de tubería con forma de U al interior del reactor principal, y así se obliga al nivel del líquido en el reactor principal a estar por encima del nivel de la abertura de transferencia, y la cantidad de líquido que supera el nivel de la abertura de transferencia vuelve a pasar a través de la abertura de transferencia hacia el reactor anterior y así se crea una recirculación.

En lo que sigue, la invención se describe con detalle en base a los dibujos adjuntos, que muestran una construcción favorable del equipo y su operación. En los dibujos,

la Figura 1 muestra una construcción del equipo en una sección practicada a lo largo de la línea E-E de la Figura 2;

la Figura 2 es una sección practicada a lo largo de la línea A-A mostrada en la Figura 1;

la Figura 3 es una sección practicada a lo largo de la línea B-B mostrada en la Figura 1;

las Figuras 4-7 muestran las fases de llenado, reacción, sedimentación, drenaje de agua purificada y eliminación del lodo sobrante del equipo mostrado en las Figuras 1-3 en una sección practicada a lo largo de la línea C-C mostrada en la Figura 1.

Como puede verse en las Figuras 1-3, el equipo según la invención tiene un reactor principal I, un reactor anaeróbico/anóxico anterior II, una cuba III de compensación y un tanque IV de lodo sobrante, creados todos dentro de una estructura de un único tanque marcado con el número 10 de referencia como una unidad completa, y tiene una bomba 1 de admisión, una bomba 5 de recirculación y una bomba 7 de eliminación del lodo sobrante. La cuba III de compensación garantiza la carga homogénea de las etapas de purificación, o, en el caso de una carga muy baja, garantiza la posibilidad de parada. La tubería 1a de descarga de la bomba 1 de admisión entra en el reactor anterior II, cerca de su plancha base 9 (Figura 4); en el reactor anterior II hay un mezclador mecánico 2 por debajo del nivel v_{max} de agua (Figuras 1 y 3). Un dispositivo 4 de inyección de aire (Figura 2) situado fuera de la estructura 10 del tanque es también parte del equipo, que está conectado al sistema de conductos 3a de distribución del aire que

discurre cerca de la plancha base 11 del reactor principal I con conducto 4a de aire y las cabezas 3 de inyección de aire están conectados a las tuberías del sistema distribuidor 3a de conductos (Figuras 1-5).

5 En el caso de la presente construcción, el equipo también tiene un tramo 15 de tubería con forma de U con sus brazos extendidos hacia arriba, usado para la recirculación del agua residual entre el reactor principal I y el reactor anterior II, y la parte horizontal inferior de este tramo 15 de tubería con forma de U atraviesa la pared 12 de partición, estando situado en el reactor anterior II uno de sus brazos 16a, extendiéndose hacia arriba, dotado con un embudo 15a en su la parte superior, mientras que el otro brazo 16b está situado en el reactor principal I, y sus aberturas terminales están situadas a la misma altura. La altura a la que se sitúan estas aberturas está determinada definiendo una altura mínima del nivel de agua. Este tramo 15 de tubería con forma de U, tal como se describe en lo que sigue, puede operar en dos modos: en base a la ley de vasos comunicantes, debido a diferencias en el nivel de agua, o como un elevador neumático, dado que está conectado al dispositivo 4 de inyección de aire mostrado en la Figura 2 con un conducto 13 de aire que contiene un accesorio terminal 13a partiendo del lugar 14 de conexión (véase también la Figura 5), de modo que, cuando el accesorio terminal 13a está abierto —si el dispositivo 4 de inyección de aire está en operación—, el tramo 15 de tubería con forma de U, como un elevador neumático, saca agua por bombeo del reactor anterior II hacia el reactor principal I. Para garantizar la recirculación se crea una abertura 8 de transferencia en la sección superior de la pared 12 de partición que separa al reactor principal I del reactor anterior II.

20 En el reactor principal I, en el intervalo del nivel de agua que sigue al cambio del nivel de agua hay un decantador 6 sobre un cuerpo flotante 6b que se desplaza arriba y abajo tras el cambio del nivel de agua (Figuras 1-3) y el tubo 6a de extracción se saca de la estructura 10 del tanque.

Sobre la plancha base 9 del reactor anterior II o en sus inmediaciones hay una bomba 7 para garantizar la eliminación del lodo sobrante, y su tubo 7a de descarga se saca de la estructura 10 del tanque o se introduce en el tanque IV de lodo sobrante.

25 En lo que sigue se describe con detalle la operación del equipo según las Figuras 1-3 —el procedimiento realizado con el equipo— con referencia a las Figuras 4-8, en las que los dispositivos ya descritos están marcados con los mismos números de referencia según se usan en las Figuras 1-3.

30 La Figura 4 muestra la fase de llenado del procedimiento, al comienzo de la cual el nivel v_{\min} de agua está al nivel mínimo inferior de decantación tanto en el reactor anterior II como en el reactor principal I. En los dos reactores el nivel de llenado está marcado con las letras de referencia v_{\max} . Durante la fase de llenado los niveles de agua en los dos reactores cambian juntos dentro del intervalo de altura m . Durante el proceso de llenado el agua residual no tratada entra en la cuba III de compensación, tal como se muestra con la flecha a , en la que puede alcanzar un nivel de $v_{1\max}$; entre tanto, con la bomba 1 de admisión se admite agua residual no tratada procedente de la cuba III de compensación en la parte inferior del reactor anterior II, tal como se muestra con la flecha b , preferentemente sin agitar significativamente el lodo allí sedimentado en la fase previa de depuración, distribuyendo en la masa de lodo el agua residual no tratada. En el lodo 17 el contenido de materiales orgánicos de las aguas residuales no tratadas provoca la rápida disminución del nivel de oxígeno hasta cero, se crean condiciones anaeróbicas, las células bacterianas consumen sus reservas de polifosfatos y generan una acumulación de fósforo en el líquido. Entre tanto, el nivel de agua se eleva tanto en el reactor anterior II y en el reactor principal I hasta el nivel máximo v_{\max} —casi hasta el borde inferior de la abertura 8 de transferencia—, mientras se rellena prácticamente el reactor principal I a través del tramo 15 de tubería con forma de U a la vez que el reactor anterior II, al que acuden las aguas residuales no tratadas, tal como se muestra con la flecha b , pero, dado que no hay mezcla alguna, solo una cantidad pequeña del agua residual no tratada se introduce en el reactor principal I, en el que la aireación debería empezar en la práctica a través de las cabezas 3 de inyección de aire (véanse también las Figuras 1-3) durante el llenado insuflando aire en el líquido, lo que garantiza la oxidación de los materiales orgánicos almacenados en las células y, por este medio, la rápida absorción del contenido en materiales orgánicos del lote introducido durante la fase de llenado propiamente dicha.

Dependiendo de la capacidad del equipo actual una fase de llenado puede durar de los minutos 0 a 60. El llenado comienza únicamente cuando hay suficiente cantidad de aguas residuales no tratadas en la cuba III de compensación para el lote.

50 La Figura 5 muestra el proceso de la reacción, la eliminación de materiales orgánicos, la nitrificación y la desnitrificación, que generalmente duran de los minutos 60 a 240. Al comienzo de esta fase, el reactor anterior II y el reactor principal I son llenados hasta el nivel máximo de agua. En el reactor anterior II la mezcla comienza poniendo en marcha el mezclador mecánico 2 y durante esta fase el lodo combinado con aguas residuales no tratadas es agitado y mezclado con el agua que contiene nitratos que quedaban del ciclo previo —separado en la parte superior—, y con esto se crean las condiciones de desnitrificación. En el reactor principal I tiene lugar la aireación durante la fase completa de reacción, lo que da como resultado la eliminación de materiales orgánicos y la nitrificación del amoníaco. A medida que se completan estos procesos, se ralentiza el uso de oxígeno introducido, lo que da como resultado un nivel creciente del oxígeno soluto. Cuando se recibe una señal de control basada en esto, un dispositivo de operación de control (no mostrado aquí) pone en marcha la recirculación de líquidos entre el

reactor principal I y el reactor anterior II, proceso que, en el caso según la presente construcción, con respecto a la demanda de elevación reducida, tiene lugar en base al principio de elevación neumática abriendo el accesorio terminal 13a (véanse también las Figuras 1 y 3), como consecuencia de lo cual fluye aire a alta presión al interior del otro brazo 16b del tramo 15 de tubería con forma de U en el lugar 14 de conexión, haciendo que el líquido se mueva.

5 La recirculación tiene lugar a través de la abertura 8 de transferencia —vertedero de medición— y el tramo 15 de tubería con forma de U, tal como se muestra con las flechas c_1 - c_3 . Como consecuencia de la recirculación desde el reactor anterior II, entra en el reactor principal I más lodo activado que contiene materiales orgánicos y amoniaco, mezclado con aguas residuales no tratadas, lo que da como resultado la aceleración de los procesos de absorción del oxígeno y la reducción o, al menos, la estabilización del nivel de oxígeno soluto del reactor. Entre tanto, el lodo

10 activado con un contenido elevado de nitratos vuelve a fluir al interior del reactor anterior II —prácticamente por medio de un pequeño espacio de desoxigenación (no mostrado aquí)— debido a la gravedad. En el reactor anterior II los nitratos son desnitrificados con la ayuda de los materiales orgánicos que quedaban allí, y con esto se garantiza la eliminación de nitrógeno de las aguas residuales.

Dado que la recirculación da como resultado la mezcla de las masas de agua situadas en el reactor principal I y el reactor anterior II, se necesita una cantidad creciente de agua para hacer llegar una unidad de contaminantes orgánicos al reactor principal I, de modo que la recirculación se acelera gradualmente. Al final de la fase de reacción, mostrada en la Figura 5, la concentración de contaminantes en los dos reactores puede ser más o menos la misma. En toda la fase completa de reacción, las circunstancias imperantes en ambos reactores hacen posible que las bacterias sustituyan el fósforo perdido en las fases anaerobias y acumulen el fósforo sobrante, y, mediante esta

15 eliminación del fósforo mediante la eliminación de lodo, es decir, que se efectúe la eliminación del fósforo biológico.

Generalmente, la fase de sedimentación del procedimiento mostrado en la Figura 6 dura de 30 a 60 minutos. Tanto la entrada de aire en el reactor principal I como la mezcla en el reactor anterior II están suspendidas durante la totalidad del proceso de sedimentación (en la Figura 6 no se muestran las máquinas ni los dispositivos necesarios). Al final de la fase el lodo 17 se sedimenta, en ambos reactores, en la parte inferior de la masa de agua al nivel v_{max} .

25 Obviamente, las aguas residuales no tratadas pueden llegar a la cuba III de compensación aun durante la fase de sedimentación, tal como se muestra con la flecha a .

En la fase del procedimiento mostrado en la Figura 7, el agua purificada es llevada, por ejemplo, al área de recepción, tal como se muestra con la flecha e ; esta fase puede durar de 30 a 60 minutos, y durante esta fase se suspenden la mezcla y la aireación. En esta fase se retira agua purificada de la cantidad de un lote, según el presente ejemplo, con la ayuda del decantador 6 descrito en lo que antecede en conexión con las Figuras 1-3, que siempre toma agua de la capa superior de la masa de agua de algunos centímetros, siempre la misma producción y simultáneamente desde el reactor principal I y desde el reactor anterior II, de modo que el lodo 17 en el fondo no puede mezclarse. Al final de la fase el nivel inicial máximo v_{max} de agua se reduce hasta un nivel mínimo v_{min} . Este es el nivel inferior de decantación, y la cantidad de un lote es una masa de agua de altura $v_{max} - v_{min} = m$.

30

Por último, la Figura 8 muestra la fase del procedimiento de eliminación del lodo sobrante, que generalmente dura de 5 a 30 minutos, y para la cual se usa una bomba 7 sumergida en el lodo 17, tal como se muestra en las Figuras 1-3. Durante esta fase, la biomasa sobrante creada en el sistema es eliminada del sistema, tal como se muestra con la flecha e . El lodo es descargado al tanque IV de lodo sobrante mostrado en la Figura 1. El lodo puede ser eliminado de cualquiera de los dos reactores porque, en el curso de la recirculación, toda la masa de agua se mezcla en ambos reactores tan intensivamente que prácticamente se convierte en una masa de agua lodosa homogénea, y durante el flujo también hay compensación en este sentido.

35

40

Prácticamente, el término de las fases enunciadas en lo que antecede no depende de la capacidad nominal del equipo actual, que generalmente puede ser de 10 - 3000 m³/día por fase.

Debe señalarse que, aparte del procedimiento de aireación por inyección de aire descrito en lo que antecede, también pueden usarse otros procedimientos de aireación ordinarios —por ejemplo, una entrada directa de oxígeno, etc.—.

45

En consecuencia, sobre la base de lo anterior, el proceso de purificación tiene lugar según las fases o los ciclos clásicos —tales como llenado - reacción - sedimentación - decantación del agua purificada - eliminación del lodo sobrante—. En comparación con el sistema tradicional de SBR, la diferencia básica es que en una parte no hay mezclador alguno en el reactor principal I, la aireación tiene lugar allí prácticamente durante la fase de llenado, y se suspende únicamente durante las fases de sedimentación, decantación y eliminación del lodo sobrante, ya que los procesos para los que no se requiere aireación tienen lugar en el reactor anterior II, en los que el mezclador mecánico opera en la fase entre el llenado y la sedimentación y no opera durante la fase de llenado. En este punto se introducen aguas residuales no tratadas en el lodo 17 sedimentado en el reactor anterior II, prácticamente en lotes, con un caudal reducido para evitar que el lodo se agite. Durante el llenado se crean condiciones anaeróbicas en la capa de lodo, como resultado de lo cual se crean las condiciones de eliminación del fósforo biológico. Durante la fase de llenado también comienza el llenado del reactor principal I a través del tubo de rebose —el tramo 15 de tubería— situada al nivel de decantación, y aunque aquí no llega ninguna cantidad significativa de agua no tratada durante la fase de llenado, puede comenzar la aireación, como resultado de lo cual se descomponen los materiales

50

55

orgánicos absorbidos en la biomasa y la absorción de materiales orgánicos es más rápida cuando se mezclan las aguas residuales no tratadas.

5 En la fase de reacción, quizás al final de la fase de llenado, operando el mezclador mecánico en el reactor anterior anaerobio/anóxico II, el agua con un elevado contenido de nitratos que quedaba allí del ciclo previo en la capa superior se mezcla con las aguas residuales no tratadas y el lodo activado de las capas inferiores, lo que, debido a la presencia de materiales orgánicos solubles, da como resultado una rápida desnitrificación. Tal como se ha descrito en lo que antecede, en la fase de reacción (Figura 5) el agua residual que contienen lodo activado es bombeada desde el reactor anterior II al reactor principal I por elevación neumática, y una boca de descarga —la abertura 8 de transferencia— garantiza la recirculación hacia el reactor anterior II. El flujo hacia el reactor principal I
10 lleva aquí los materiales orgánicos y el amoníaco, los cuales crean una demanda de oxígeno, y el agua que fluye por la boca de descarga introduce los nitratos en el reactor anterior II. El caudal de recirculación se acelera gradualmente, según se ha programado de antemano. La descomposición de los materiales orgánicos y la nitrificación del amoníaco da como resultado la disminución de la demanda de oxígeno en el espacio aireado, de modo que, para hacer uso de la capacidad de aireación, es preciso introducir en el reactor principal, usando su actividad de descomposición, una cantidad adicional de agua residual no tratada con más lodo activado. Debido a la disolución en recirculación, la concentración en contaminantes orgánicos del reactor anóxico anterior disminuye gradualmente, por lo que se precisa una recirculación crecientemente más rápida para agotar la entrada de oxígeno. Al final del ciclo de aireación se crea un sistema completamente mezclado.

En resumen, puede afirmarse que

- 20 – en el reactor anterior tienen lugar procesos anaerobios, anóxicos y de sedimentación, mientras que en el reactor principal tienen lugar procesos aerobios y de sedimentación, la reducción del contenido de materiales orgánicos descomponibles del agua residual por acumulación y el aumento del contenido de fósforo causado por ella tiene lugar en el reactor anterior, mientras que la eliminación casi completa del material orgánico y del contenido en fósforo tiene lugar en el reactor principal;
- 25 – la transformación por nitrificación del contenido en nitrógeno de los contaminantes biológicamente descomponibles tiene lugar en el reactor principal, mientras que la eliminación biológica de los nitratos creados en el curso de la nitrificación (desnitrificación) tiene lugar en el reactor anterior.

30 Por último, los inventores hacen hincapié en la posibilidad de que pueda plantarse vegetación tanto en el reactor principal I como en el reactor anterior II de una manera que, en el caso de un reactor con un nivel de agua fijo, la vegetación se plante en una rejilla colocada cerca de la superficie del agua, mientras que, en el caso de un reactor con un nivel cambiante de agua, la vegetación se plante en una rejilla colocada sobre un cuerpo flotante. En ambos casos, las raíces crecen en el interior del agua del espacio del reactor. Las raíces de las plantas con una gran superficie específica, debido a los microorganismos que se asientan en ellas, llevan a cabo una purificación biológica sumergida por película fijada que complementa el sistema de lodo activado, es decir, facilitan las reacciones bioquímicas en las raíces e intensifican la tecnología de depuración.

35 La ventaja de la invención es que no es preciso que la capacidad de aireación se dimensione en base a la demanda de oxígeno tradicionalmente grande después de la admisión, en el caso de los sistemas ordinarios de SBR, y, manteniendo el consumo de oxígeno a un nivel más o menos permanente, se usa al máximo el volumen de aireación. Además, no hay necesidad alguna de invertir en un convertidor de frecuencia que regule el inyector de aire.

40 Obviamente, la invención no está restringida a la construcción concreta del equipo o la realización del procedimiento descrito en lo que antecede, pero puede ser realizada de varias maneras diferentes dentro del alcance de protección determinada por las reivindicaciones.

Lista of referencias

- I reactor principal
- II reactor anterior
- III cuba de compensación
- IV tanque de lodo sobrante
- 1 bomba de admisión
- 2 mezclador mecánico
- 3 cabeza de inyección de aire
- 4 dispositivo de inyección de aire

ES 2 375 142 T3

- 5 bomba de recirculación
- 6 decantador
- 7 bomba de eliminación del lodo sobrante
- 8 abertura de transferencia
- 9 plancha base
- 10 estructura del tanque
- 11 plancha base
- 12 pared de partición
- 13 conducto de aire
- 14 lugar de conexión
- 15 tramo de tubería con forma de U
- 16a un brazo
- 16b otro brazo
- 17 lodo
- "a" flecha
- "b" flecha
- "c_i" flecha
- "m" altura
- 1a tubería de descarga
- 3a conducto de distribución del aire
- 4a conducto de aire
- 6a tubo de extracción
- 6b cuerpo flotante
- 7a tubo de descarga
- 13a accesorio terminal
- 15a embudo

REIVINDICACIONES

1. Un equipo para el tratamiento de agua residual que contiene contaminantes orgánicos, especialmente agua residual municipal o/y de la industria alimentaria, que tiene un reactor principal (I) y un reactor anterior (II), así como instalaciones para recoger aguas residuales no tratadas, extraer agua y lodo depurados y airear el agua residual introducida en el reactor principal, y un mezclador (2) situado en el reactor anterior (II), estando separados entre sí el reactor principal (I) y el reactor anterior (II) por una pared (12) de partición y habiendo entre el reactor principal (I) y el reactor anterior (II) al menos un dispositivo para la recirculación de agua residual, **caracterizado porque** dicho dispositivo tiene un tramo (15) de tubería con forma de U dotado de brazos (16a, 16b) para la recirculación, estando situado un brazo (16a) del tramo (15) de tubería con forma de U en el reactor anterior (II), estando situado el otro brazo (16b) del tramo (15) de tubería con forma de U en el reactor principal (I) y estando separados entre sí por la pared (12) de partición, estando conectados el extremo inferior de un brazo (16a) y el extremo inferior del otro brazo (16b) con un tubo que atraviesa esta pared (12) de partición, y estando situados sus extremos superiores a una altura adecuada al nivel de agua mínimo (v_{\min}) determinado en estos reactores; estando conectado un conducto (13) de aire, con un accesorio terminal (13a) que garantiza la función de elevación de agua por aire comprimido, al otro brazo (16b) del tramo (15) de tubería con forma de U situado en el reactor principal (I); y habiendo, a cierta distancia (t) del extremo superior (15a) de un brazo (16a) y del extremo superior del otro brazo (16b) una abertura (8) de transferencia en la pared (12) de partición que garantiza la recirculación.
2. El equipo de la reivindicación 1 **caracterizado porque** el conducto (13) de aire se bifurca del sistema de aireación perteneciente al reactor principal (I).
3. El equipo de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 **caracterizado porque** el sistema de aireación perteneciente al reactor principal (I) tiene un dispositivo (4) de soplado y un conducto (4a) de aire que parte del mismo, conductos (3a) de distribución del aire que están conectados al anterior conducto (4a) de aire y que discurren cerca de la plancha base del reactor principal (I) y cabezas (3) de inyección de aire conectadas a estos conductos (3a) de aire.
4. El equipo de cualquiera de las reivindicaciones 1-3 **caracterizado porque** el dispositivo de drenaje del agua depurada es un decantador (6) situado sobre un cuerpo flotante (6b).
5. El equipo de cualquiera de las reivindicaciones 1-4 **caracterizado porque** hay una bomba (1) situada en una cuba (III) de compensación para recoger aguas residuales no tratadas, bomba (1) que entra en el reactor anterior (II).
6. Un procedimiento realizado por la operación del equipo de cualquiera de las reivindicaciones 1-5 para el tratamiento biológico de lodo activado de agua residual que contiene contaminantes orgánicos, conteniendo el procedimiento al menos una fase de llenado, una fase de reacción, una fase de sedimentación, una fase de drenaje y una fase de eliminación del lodo, en el que en la fase de llenado el reactor principal (I) y el reactor anterior (II) son llenados desde un nivel mínimo (v_{\min}) hasta un nivel máximo (v_{\max}) con aguas residuales no tratadas recogidas en primer lugar en el intervalo inferior de la masa (17) de lodo situada en el reactor anterior (II) y llevada desde reactor anterior (II) hasta el reactor principal (I), mientras que —en un caso dado— se airea el agua situada en el reactor principal (I); después, en la fase de reacción de nitrificación-desnitrificación, se airea el agua situada en el reactor principal (I), y se agita el agua situada en el reactor anterior (II), prácticamente mecánicamente, mientras que se hace que recircule el agua residual entre los dos reactores; luego se sedimenta el lodo (17) procedente del agua residual tratada según lo anterior; por último, las aguas residuales tratadas son drenadas del equipo por decantación de una manera en la que se reduce el nivel de agua en los reactores hasta un nivel mínimo (v_{\min}) y se elimina de los reactores el lodo sobrante, **caracterizado porque** en la fase de llenado se usa un tramo (15) de tubería con forma de U para transferir el agua residual no tratada desde el reactor anterior (II) hasta el reactor principal (I), y luego el agua residual no tratada es transferida hasta el reactor principal (I) usando el principio sifónico del tramo (15) de tubería con forma de U, y así el nivel de agua en el reactor anterior (II) y el reactor principal (I) se eleva hasta un nivel común máximo (v_{\max}); tras esto, en la fase de reacción, se insufla aire a través del conducto (13) de aire en el otro brazo (16b) del tramo (15) de tubería con forma de U en el reactor principal (I), y usando así el tramo (15) de tubería con forma de U como elevador por aire comprimido, una parte de la cantidad de líquido en el reactor anterior (II) es aspirada a través del tramo (15) de tubería con forma de U al interior del reactor principal (I), y así se obliga al nivel del líquido en el reactor principal (I) a estar por encima del nivel de la abertura (8) de transferencia, y la cantidad de líquido que supera el nivel de la abertura (8) de transferencia vuelve a pasar a través de la abertura (8) de transferencia hacia el reactor anterior (II) y así se crea una recirculación.

55

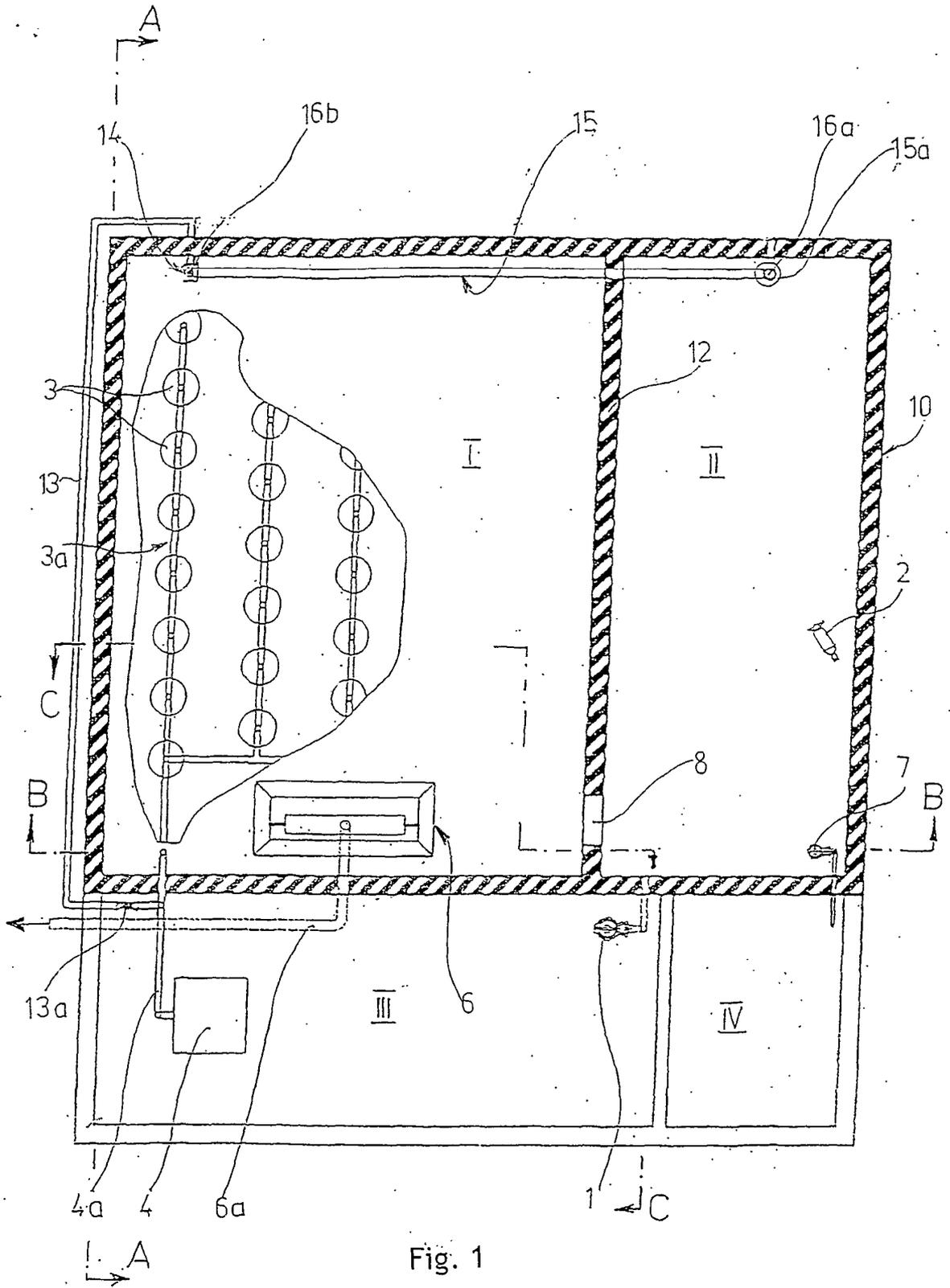


Fig. 1

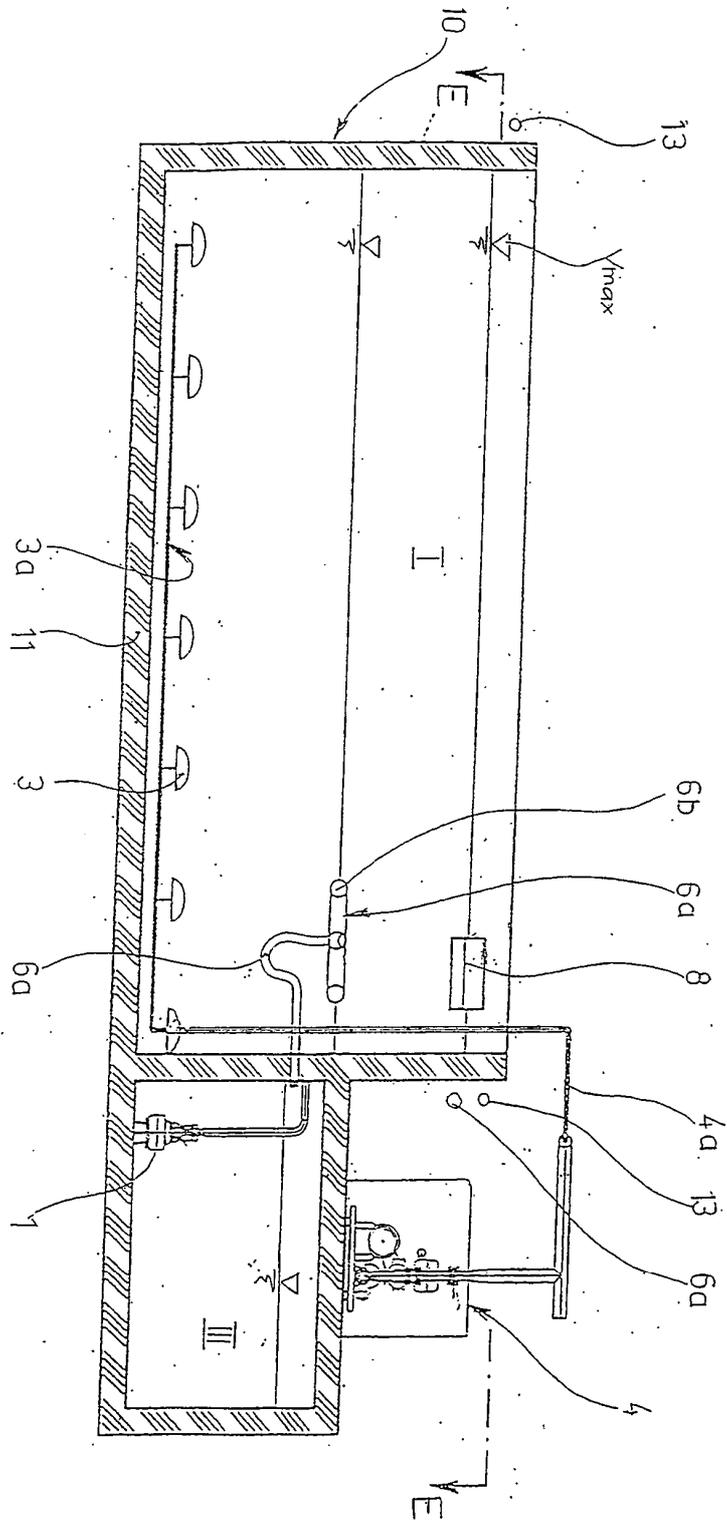


Fig. 2

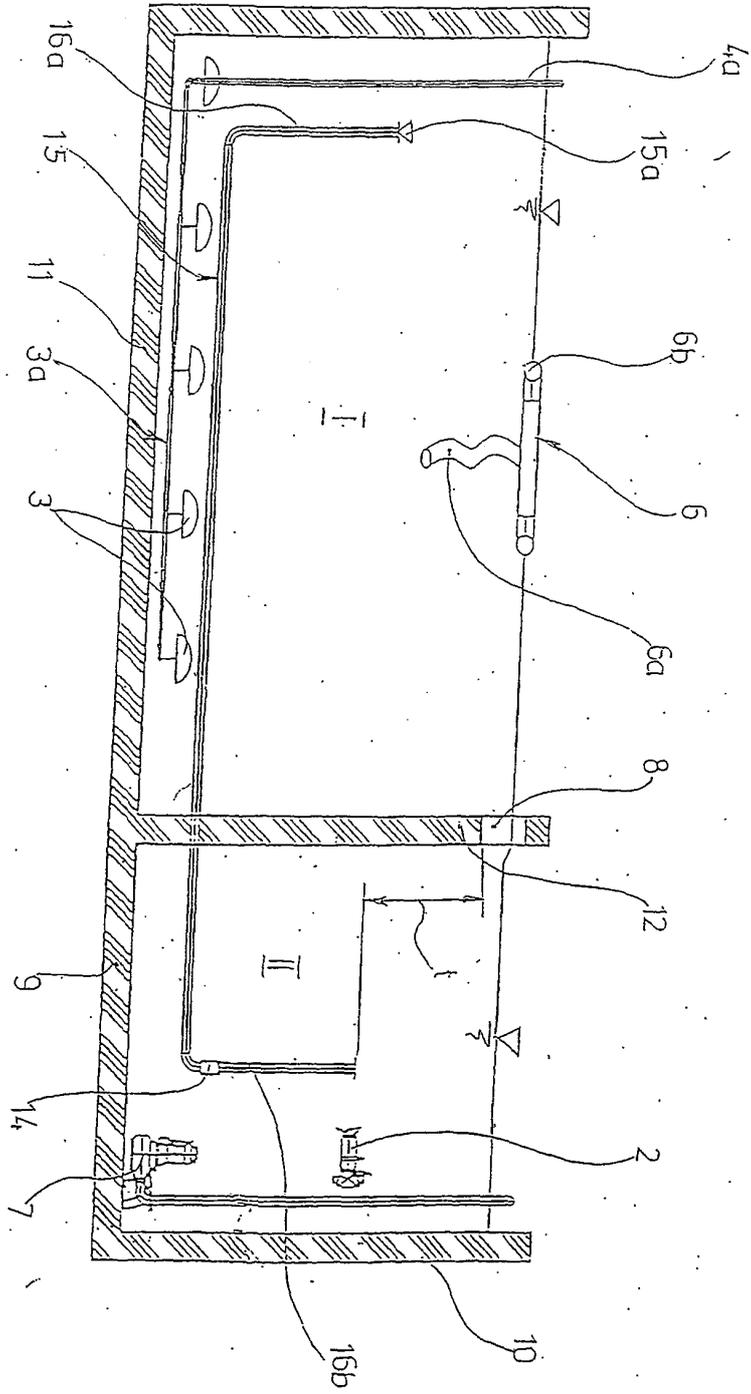


Fig. 3

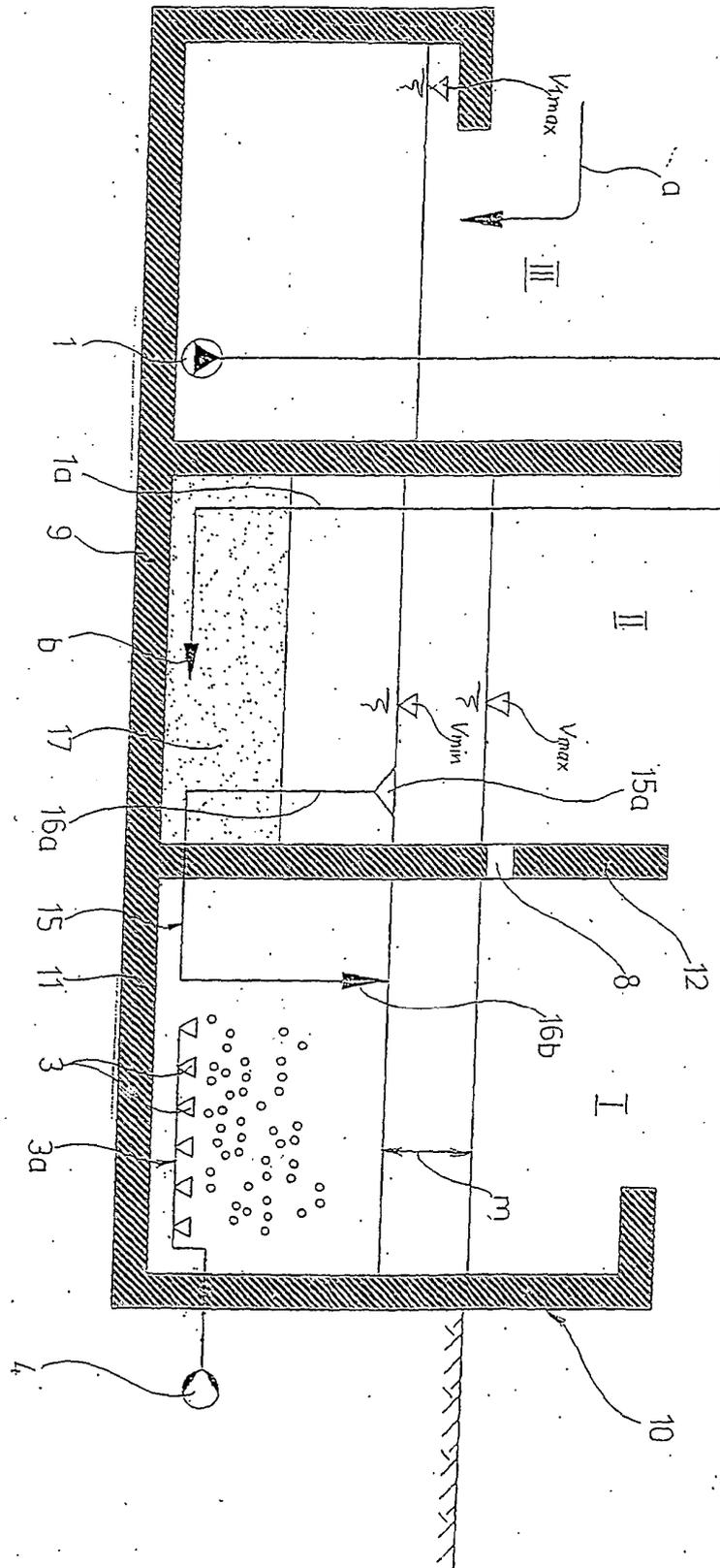


Fig. 4

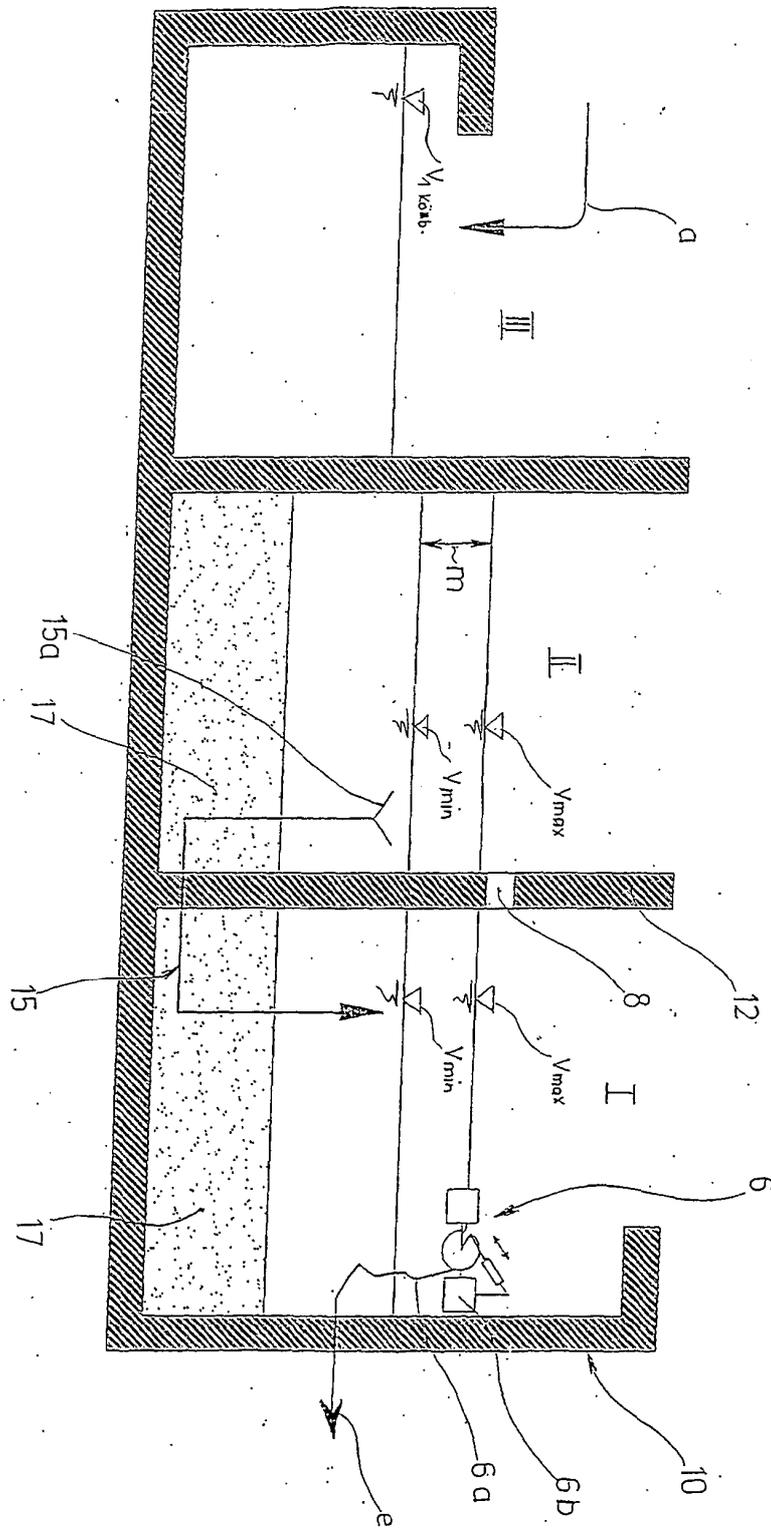


Fig. 7

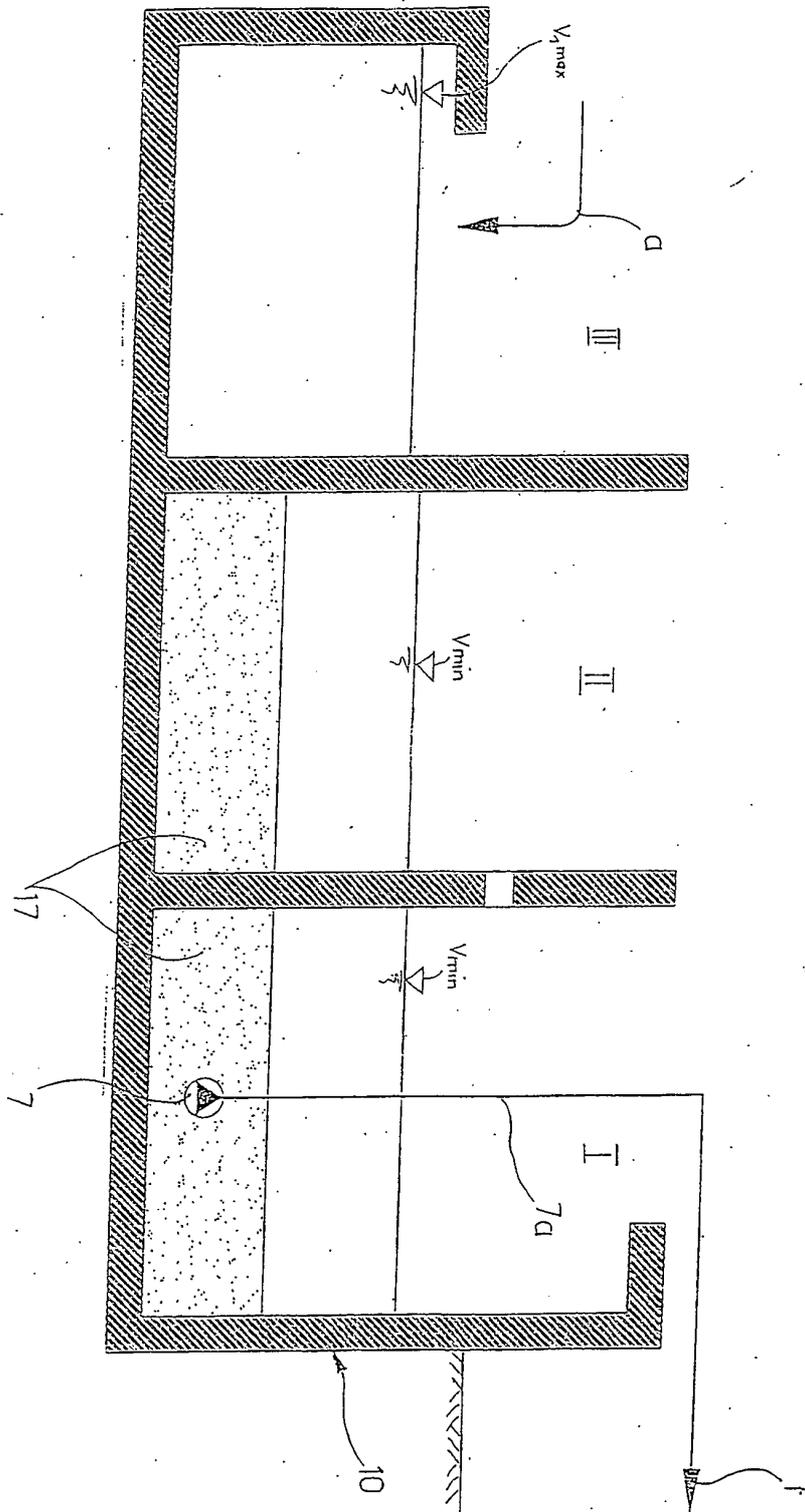


Fig. 8