

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 556 059**

51 Int. Cl.:

C02F 3/30 (2006.01)

C02F 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.07.2012 E 12745403 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.09.2015 EP 2736852**

54 Título: **Procedimiento y sistema de obtención de una ventaja competitiva frente a los organismos acumuladores de glicógeno de una sustancia**

30 Prioridad:

29.07.2011 EP 11305996

23.05.2012 EP 12169112

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

12.01.2016

73 Titular/es:

**VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECHNOLOGIES
SUPPORT (100.0%)**

**Immeuble L'Aquarène, 1 Place Montgolfier
94417 Saint-Maurice Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**NIELSEN, PER HALKJÆR;
VOLLERTSEN, JES y
SØRENSEN, KIM HELLESHØJ**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 556 059 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

Procedimiento y sistema de obtención de una ventaja competitiva frente a los organismos acumuladores de glicógeno de una sustancia

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de reducción de una proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de una sustancia. Además, la presente invención se refiere a un sistema de tratamiento de aguas residuales para reducir un porcentaje de organismos acumuladores de glicógeno en una sustancia que comprende organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos. Además, la presente invención
10 se refiere a un controlador para controlar un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con el procedimiento de reducción de una proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos en una sustancia. Por otra parte, la presente invención se refiere a un procedimiento de reducción de una proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y de
15 organismos acumuladores de polifosfatos de una sustancia.

Antecedentes de la invención

Las plantas de tratamiento de aguas residuales se usan para tratar las aguas residuales de manera que los objetos, las partículas, las sustancias orgánicas, los productos químicos no deseados etc. se eliminan de las mismas antes de su emisión a la naturaleza. Un producto químico no deseado es el fosfato que está presente en las aguas
20 residuales industriales y domésticas.

El fosfato se puede eliminar sometiendo el agua residual a un proceso biológico que comprenda organismos acumuladores de polifosfatos que, en las condiciones adecuadas, acumulan polifosfatos. Una característica deseable de los organismos acumuladores de polifosfatos es que son capaces de consumir grandes cantidades de fosfatos cuando se someten a la serie correcta de condiciones. Sin embargo, los organismos acumuladores de
25 polifosfatos compiten con los organismos acumuladores de glicógeno por el mismo material orgánico. Esto no es deseable en los procedimientos de tratamiento de aguas residuales, pues los organismos acumuladores de glicógeno no proporcionan las capacidades de eliminación de fosfatos favorables que están asociadas con los organismos acumuladores de polifosfatos. Se ha encontrado que la proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de
30 polifosfatos de acumulación es mayor en los climas más cálidos que en los climas más fríos y, por lo tanto, el reto de tratar los organismos acumuladores de glicógeno es especialmente relevante en los climas más cálidos. Se han realizado intentos por dar a los organismos acumuladores de polifosfatos una ventaja competitiva, pero, hasta el momento, no se han obtenido buenos resultados.

Se pueden encontrar antecedentes de la técnica en el documento WO 2008/046139 que desvelan un proceso biológico de reducción de los niveles de nitrógeno y de fósforo de las aguas residuales, en el que dichas aguas residuales comprenden al menos 100 mg/l de nitrógeno total, proceso que comprende suministrar dichas aguas residuales a un recipiente de reacción en al menos dos etapas, en el que dicho recipiente de reacción comprende
35 una biomasa activa que comprende organismos nitrificantes y desnitrificantes, y organismos acumuladores de polifosfatos (PAO), en el que a la al menos primera etapa de suministro le sigue un período sin aireación de duración suficiente para generar concentraciones suficientemente bajas de especies de nitrato y nitrito en el agua residual como para permitir la acumulación de polihidroxialcanoatos en los PAO, y al menos primer período sin aireación le sigue un período con aireación de duración suficiente para permitir la oxidación del amonio por parte de los organismos nitrificantes y la asimilación por parte de los PAO de al menos una parte del fósforo de las aguas residuales.

45 Lopez-Vazquez *et al.* desvelan estudios sobre los efectos de la temperatura a corto plazo en el metabolismo anaeróbico de los organismos acumuladores de glicógeno ("Biotechnology and Bioengineering", vol. 97, junio de 2007).

Lopez-Vazquez *et al.* desvelan estudios sobre los efectos de la temperatura en los organismos acumuladores de glicógeno ("Water Research", vol. 43, 2009).

50 Es un objeto de una o más realizaciones de la presente invención proporcionar un procedimiento que proporcione organismos acumuladores de polifosfatos con una ventaja competitiva frente a los organismos acumuladores de glicógeno.

Además, es un objeto de una o más realizaciones de la presente invención proporcionar un procedimiento mejorado de eliminación de los fosfatos de las aguas residuales.

55

Descripción de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento de reducción de una proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de una sustancia, procedimiento que comprende las etapas definidas en la reivindicación 1.

5 Los inventores han encontrado que, sorprendentemente, al someter una sustancia que comprende tanto organismos acumuladores de glicógeno como organismos acumuladores de polifosfatos a un ambiente anaeróbico durante un primer período de tiempo predeterminado, los organismos acumuladores de polifosfatos tendrán una ventaja competitiva frente a los organismos acumuladores de glicógeno de manera que el nivel de organismos acumuladores de glicógeno se reduzca drásticamente. El efecto es que la concentración de organismos acumuladores de polifosfatos con respecto a los organismos acumuladores de glicógeno es muy alta, facilitando de este modo la eliminación de una mayor cantidad de fosfatos como se describe más detalladamente más adelante.

10 Se apreciará que, en la mayoría de las realizaciones, la temperatura de la sustancia no se varía de forma activa, es decir, no se proporcionan dispositivos de calentamiento ni de refrigeración. Sin embargo, en algunos casos, también se apreciará que la temperatura de la sustancia puede cambiar durante su flujo a través de la planta de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, debido a un aumento de la temperatura del entorno y/o debido al cambio de una situación nublada a una situación en la que brille el sol. También se apreciará que la temperatura de la sustancia puede caer cuando la sustancia está en la planta de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, si la temperatura del aire es inferior al flujo de entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales.

15 En el contexto de la presente invención, la expresión "organismos acumuladores de glicógeno", también denominados "GAO", se referirá a cualquier microorganismo, tal como un microorganismo heterótrofo, tal como una bacteria, que no acumula polifosfatos, pero que es capaz de utilizar el glicógeno como fuente de energía anaeróbica y competir con los PAO para tomar la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. En una realización, los organismos acumuladores de glicógeno son microorganismos que comprenden: las bacterias relacionadas con *Candidatus-Competibacter-phosphatis*, las α -proteobacterias y las bacterias relacionadas con *Defluviicoccus-Vanus*.

20 En el contexto de la presente invención, la expresión "organismos acumuladores de polifosfatos", también denominados "PAO", se referirán a cualquier microorganismo quimioheterótrofo, tal como una bacteria, que puede existir tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas, tal como un microorganismo que, en condiciones aeróbicas, puede tomar los ortofosfatos del medio ambiente y transformarlos en polisfosfatos que, a su vez, se reducen a ortofosfatos con el fin de generar energía en condiciones anaeróbicas. En una realización, los organismos acumuladores de polifosfatos son microorganismos que comprenden: *Candidatus Accumulibacter phosphatis* y bacterias relacionadas.

25 En el contexto de la presente invención, el término "anaeróbico" se entenderá como ausencia de oxígeno, nitrato y nitrito.

30 En el contexto de la presente invención, el término "anóxico" se entenderá como ausencia de oxígeno, y al mismo tiempo presencia de nitrato y/o nitrito.

En el contexto de la presente invención, el término "aeróbico" se entenderá como la existencia de oxígeno disuelto.

35 En el contexto de la presente invención, la expresión "aguas residuales" se entenderá como cualquier agua cuya calidad se haya visto afectada negativamente por la influencia antropogénica. Comprende líquido residual descargado de domicilios, propiedades comerciales, industrias y/o agricultura, y puede englobar una amplia selección de posibles contaminantes y concentraciones.

En el contexto de la presente invención, la expresión "aguas residuales sin tratar" se entenderá como aguas residuales que todavía no han entrado en el sistema de tratamiento de aguas residuales.

40 En el contexto de la presente invención, la expresión "aguas residuales tratadas" se entenderá como agua residual que ha entrado en la planta de tratamiento de aguas residuales. Por lo tanto, abarca tanto las aguas residuales que se encuentran en algún lugar de la planta de tratamiento de aguas residuales como las aguas residuales que se han tratado y han abandonado la planta de tratamiento de aguas residuales.

45 En el contexto de la presente invención, la expresión "partículas en suspensión" se entenderá como partículas que se encuentran suspendidas en el agua residual sin tratar.

50 En el contexto de la presente invención, la expresión "lodo activado" se entenderá como agregaciones de sólidos suspendidos, microorganismos y sustancias extracelulares que están presentes en el agua residual tratada y que son biológicamente activas.

En el contexto de la presente invención, el término "sustancia" se entenderá como un líquido y/o una masa que contiene bacterias y microorganismos. Las bacterias y los microorganismos se pueden proporcionar/suspender en la sustancia o sobre una superficie proporcionada en la sustancia. Los ejemplos de sustancias son líquidos y/o masas

que contienen aguas residuales y/o que tienen partículas suspendidas en las mismas. Por otra parte, las bacterias y/o los microorganismos se pueden proporcionar como una biopelícula de partículas sobre una superficie.

5 En el contexto de la presente invención, el término "hidrólisis" se entenderá como el procedimiento de descomposición de las partículas orgánicas de gran tamaño en homólogos de menor tamaño. Esto se puede realizar en el tanque de recirculación anaeróbico.

En el contexto de la presente invención, la expresión "planta y/o sistema de tratamiento de sustancias" designará una planta y/o un sistema de tratamiento que comprenderá una sustancia que contenga aguas residuales y/o lodo activado y/o biopelículas.

10 Se apreciará que las aguas residuales normalmente entran en una corriente principal que puede comprender un sistema de detección, un sistema de eliminación de arena y/o un tanque de sedimentación primario principal y/o un tanque anóxico principal y/o un tanque aeróbico principal y/o un clarificador secundario principal.

Por otra parte, se apreciará que parte de la sustancia puede, en algún punto de la corriente principal (por ejemplo, en un punto corriente abajo del tanque aeróbico principal), ser recirculada hasta un punto corriente arriba de la corriente principal (por ejemplo, un punto corriente arriba del tanque aeróbico principal).

15 Como parte de la recirculación, la sustancia se puede someter a una hidrólisis lateral en la que la sustancia se someta a condiciones anaeróbicas durante el período de tiempo predeterminado.

20 En el contexto de la presente invención, el término "principal" se usa para cualquier tanque/elemento que se proporcione en la corriente principal. Por consiguiente, el tanque aeróbico de la corriente principal se designa tanque aeróbico principal etc. Además, el término "recirculación" se usa para cualquier tanque, corriente o elemento que se proporcione en la corriente de recirculación. Por consiguiente, el tanque anaeróbico de la corriente de recirculación de la hidrólisis lateral se designa tanque anaeróbico de recirculación.

25 Con los términos anteriores, el agua residual puede entrar en un sistema de detección principal, y continuar a un sistema de desarenado principal. Seguidamente, el agua residual puede fluir a un tanque anóxico principal o a un tanque aeróbico principal, pasando a formar parte de la sustancia y, posteriormente, pasar posiblemente al tanque de clarificación secundaria principal. Desde el tanque de clarificación secundaria principal (o desde el tanque aeróbico principal), una parte de la sustancia puede ser recirculada. La sustancia recirculada puede ser recirculada al tanque anóxico principal. Sin embargo antes de esto, una parte de la sustancia recirculada se puede someter a condiciones anaeróbicas en el tanque anaeróbico de recirculación.

30 La corriente principal y la corriente de recirculación anteriormente mencionadas forman un ejemplo de la configuración de dichas corrientes. Se describen ejemplos adicionales en relación con las figuras. Sin embargo, el experto en la materia reconocerá fácilmente que existen incluso más ejemplos y configuraciones. No obstante, la presente invención no se limitará a las configuraciones descritas de la corriente principal y en la corriente de recirculación.

El procedimiento descrito en el párrafo anterior y en párrafos posteriores puede ser un procedimiento continuo.

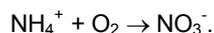
35 Los PAO son responsables de eliminar el fósforo de las plantas de eliminación biológica mejorada del fósforo (EBPR). Los PAO son capaces de captar grandes cantidades de materia orgánica (por ejemplo, acetato) en condiciones anaeróbicas y convertirlas en el polímero de almacenamiento PHA. La energía para ello emana de la hidrólisis de los polifosfatos (poliP) contenidos en los PAO a los fosfatos extracelulares y de la degradación del glicógeno intracelular.

40 En condiciones aeróbicas posteriores (por ejemplo, en el tanque aeróbico principal tal como un tanque de nitrificación), el PAO usa el polímero PHA almacenado para crecer y acumular cantidades todavía mayores de fósforo en los organismos en forma de poliP.

En algunas realizaciones, se proporciona un tanque anóxico inmediatamente antes del tanque aeróbico. El fin del tanque anóxico es la desnitrificación de la sustancia, es decir:



De igual manera, el fin del tanque aeróbico es la nitrificación, es decir:



Por lo general, en el tanque anóxico, la sustancia no está aireada, pero se puede proporcionar un dispositivo de mezclado para mantener el lodo activado de la sustancia en suspensión.

50 Cuando la sustancia es recirculada a un punto corriente arriba de la fase aeróbica y/o la fase anóxica, el procedimiento se vuelve a repetir.

En una realización, la sustancia se puede someter a condiciones anaeróbicas más de una vez, es decir, en el tanque anaeróbico de recirculación y en un tanque anaeróbico principal proporcionado antes del tanque anóxico y/o del tanque aeróbico. Sin embargo, se apreciará que, en la mayoría de las realizaciones, no se puede proporcionar el tanque anaeróbico principal, pudiéndose proporcionar solo en la planta de tratamiento de aguas residuales el tanque anaeróbico de recirculación.

Para eliminar el fósforo de la sustancia, se extrae al menos una parte del PAO que contiene poliP. Esto normalmente se realiza en algún momento posterior al tanque aeróbico principal (dado que el PAO capta la mayoría del fósforo en la fase aeróbica) y previo a una fase anaeróbica posterior. Por consiguiente, la extracción se puede realizar ventajosamente en algún punto del procedimiento de recirculación, es decir, mientras que la sustancia es recirculada desde algún punto en la corriente principal (por ejemplo, el tanque aeróbico principal o el clarificador secundario principal) hasta algún punto anterior a cualquiera de entre el tanque anaeróbico de recirculación y el tanque anóxico principal.

Para reponer los PAO que contienen poliP extraídos, se pueden añadir nuevas aguas residuales a la corriente principal, normalmente procedentes de las aguas residuales que entran en el tanque anóxico principal del sistema de detección principal y del sistema de desarenado.

De acuerdo con el procedimiento del primer aspecto de la invención, parte de la sustancia se somete a condiciones anaeróbicas durante el primer período de tiempo predeterminado para garantizar que la proporción de GAO esté por debajo del nivel predeterminado. En una realización, la sustancia se somete a todo el primer período de tiempo predeterminado en el tanque de recirculación anaeróbico. En otra realización, la sustancia se somete a condiciones anaeróbicas de modo que una primera parte del período predeterminado tenga lugar en el tanque de recirculación anaeróbico, mientras que una segunda parte del período predeterminado tenga lugar en el tanque anaeróbico principal posiblemente proporcionado.

Como se ha mencionado anteriormente, los GAO suelen estar presentes en las plantas de tratamiento junto con los PAO. Al contrario que los PAO, los GAO no acumulan fósforo, pero compiten por la misma materia orgánica que los PAO. Por lo tanto, se apreciará que la eficacia del procedimiento de eliminación de fósforo depende enormemente del nivel/de la proporción de los GAO. Cuanto menor sea la proporción, mejor es el procedimiento de eliminación del fósforo.

Por consiguiente, la presente invención proporciona un procedimiento que mejora el procedimiento de eliminación del fósforo, pues, al someter parte de la sustancia a condiciones anaeróbicas durante al menos el período de tiempo predeterminado, se reduce significativamente el nivel de GAO. Se hace hincapié en que, al someter la sustancia o una parte de la misma a condiciones anaeróbicas, los GAO no se destruyen, sino que son vencidos competitivamente por los PAO, que se metabolizan más fácilmente en condiciones anaeróbicas que los GAO.

En el contexto de la presente invención, la expresión "proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a una cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de una sustancia" se entenderá de manera que cuanto menor sea la proporción, menor será el porcentaje de GAO en la sustancia con respecto a la cantidad (combinada) total de GAO y PAO en la misma sustancia. Por consiguiente, la proporción se puede describir con la siguiente fórmula:

$$\text{Proporción} = \frac{GAO}{GAO + PAO}$$

En el contexto de la presente invención, el término "proporción" se ha de usar como una abreviatura de la "proporción de organismos acumuladores de glicógeno de una sustancia con respecto a una cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de la sustancia".

Se apreciará que también habrá otras bacterias y organismos presentes en la sustancia. Sin embargo, por razones de simplicidad, dichas otras bacterias no se abordan.

Dado que los GAO y los PAO compiten por los mismos recursos, es deseable que la proporción (el nivel) sea lo más baja posible, ya que aumenta la cantidad de fósforo unido por los PAO en la etapa aeróbica del procedimiento de tratamiento. Para dejar fuera de competencia a los GAO en la sustancia, la sustancia se somete a un ambiente anaeróbico durante el período de tiempo predeterminado.

En una realización, el procedimiento se realiza como un procedimiento discontinuo en el que la sustancia se desplaza a un tanque separado que se usa para diferentes etapas del procedimiento. En una primera etapa, no se añade aire a la sustancia, mediante lo que el tanque sirve como tanque anóxico principal. Posteriormente, se airea la sustancia haciendo así que el tanque separado funcione como un tanque aeróbico principal. En otra etapa más, se permite la sedimentación por gravedad del lodo activado de la sustancia.

Tanto en el procedimiento discontinuo que se acaba de mencionar como en el procedimiento continuo mencionado anteriormente, se puede recircular una parte de la sustancia. Esto se puede realizar llevando una parte de la sustancia desde el clarificador secundario principal (o desde el tanque aeróbico principal) a la corriente de recirculación.

- 5 Se apreciará que el lodo activado contenido en la sustancia se sedimentará en el clarificador secundario principal y, por lo tanto, al proporcionar la salida que está conectada a la corriente de recirculación en la parte inferior del clarificador secundario principal, la concentración de partículas sólidas será alta en la sustancia recirculada. En una realización, la concentración de partículas sólidas está en el intervalo del 0,1 al 5 %, tal como del 0,5 al 3 %, tal como del 0,8 al 2,0 %, tal como el 1 %.
- 10 En una realización, se recircula entre el 0 y el 100 % de la sustancia que fluye hacia la planta de tratamiento de aguas residuales, por ejemplo, entre el 30 y 70 %, tal como el 50 %.

De dicha sustancia recirculada, una primera parte se dirige directamente a la corriente principal en un punto corriente arriba del tanque aeróbico, mientras que una segunda parte se dirige hacia el tanque anaeróbico de recirculación. Dicha segunda parte puede constituir entre el 0 y 50 % de la sustancia recirculada, tal como entre el 5 y 30 %, tal como entre el 10 y 20 %.

En una realización, el contenido de sólidos secos de la sustancia recirculada permanece invariable desde el punto en el que la sustancia recirculada sale de la corriente principal hasta el punto en el que entra en el tanque anaeróbico de recirculación. En otras realizaciones, el contenido de sólidos secos se aumenta antes de que la sustancia entre en el tanque anaeróbico de recirculación. Esto se puede realizar en un dispositivo de deshidratación o un espesante estático. Al aumentar el contenido de sólidos secos, se puede reducir el tamaño del tanque anaeróbico de recirculación, lo que puede ser deseable desde una perspectiva económica y de ahorro de espacio. En una realización, el contenido de sólidos secos se aumenta en un 200 %, tal como en un 300 %, tal como en un 400 %, tal como en un 500 %, tal como en un 600 %, tal como en un 700 %, tal como en un 800 %, tal como en un 900 %, tal como en un 1.000 %. En una realización, el contenido de sólidos secos de la sustancia que entra en el tanque anaeróbico de recirculación es al menos del 1 %, tal como al menos del 2 %, tal como al menos del 3 %, tal como al menos del 4 %, tal como al menos del 5 %.

La sustancia (en el presente contexto, la sustancia recirculada) se somete al entorno anaeróbico durante un período predeterminado de tiempo, hasta que el porcentaje de GAO está por debajo de un nivel predeterminado. Una parte de dicho período de tiempo predeterminado puede tener lugar en el dispositivo para espesar la sustancia (por ejemplo, el dispositivo de deshidratación o un espesante estático).

Los inventores han hecho el sorprendente descubrimiento de que este período de tiempo predeterminado depende de la temperatura de la sustancia. Así pues, cuanto más baja sea la temperatura de la sustancia, mayor será el período de tiempo predeterminado, es decir, transcurrirá más tiempo antes de que la proporción de GAO esté por debajo de un nivel predeterminado. De igual manera, cuanto más caliente esté la sustancia, menor será el período predeterminado.

Durante el primer período de tiempo predeterminado, la temperatura de la sustancia puede ser de ± 1 % de la temperatura de la sustancia determinada, tal como de ± 5 %, tal como de ± 10 %, tal como de ± 20 %.

La temperatura se puede determinar manualmente por medio de un termómetro. Como alternativa, el procedimiento puede estar automatizado, de manera que la temperatura se determine automáticamente. En una realización, la temperatura se determina simultáneamente, y el primer período de tiempo predeterminado también se determina simultáneamente.

El primer período de tiempo predeterminado se puede determinar por medio de una tabla que contenga diferentes valores de temperatura relativa de la sustancia y sus correspondientes primeros períodos de tiempo. Como alternativa, o complementariamente, el primer período de tiempo predeterminado se puede determinar por medio de una gráfica en la que uno de los ejes corresponda a la temperatura de la sustancia y el otro eje corresponda al primer período de tiempo predeterminado, es decir, una gráfica en la que se ilustre el primer período de tiempo predeterminado en función de la temperatura de la sustancia determinada. Como alternativa, o complementariamente, el primer período de tiempo predeterminado se puede calcular.

En una realización, el procedimiento puede comprender la etapa de:

- 50 - determinar una temperatura media correspondiente a la temperatura media durante un período de tiempo histórico predeterminado, y
- determinar el primer período de tiempo predeterminado basado en la temperatura media.

En una realización, el primer período de tiempo predeterminado es superior a 6 horas, tal como superior a 9 horas, tal como superior a 12 horas, tal como superior a 15 horas, tal como superior a 18 horas, tal como superior a 21 horas, tal como superior a 24 horas, tal como superior a 30 horas, tal como superior a 36 horas, tal como superior a

42 horas, tal como superior a 48 horas, tal como superior a 60 horas, tal como superior a 72 horas, tal como superior a 96 horas.

5 En una realización, el período de tiempo histórico predeterminado es superior a 6 horas, tal como superior a 9 horas, tal como superior a 12 horas, tal como superior a 15 horas, tal como superior a 18 horas, tal como superior a 21 horas, tal como superior a 24 horas, tal como superior a 30 horas, tal como superior a 36 horas, tal como superior a 42 horas, tal como superior a 48 horas, tal como superior a 60 horas, tal como superior a 72 horas, tal como superior a 96 horas, tales como de 5 días, tal como de 6 días, tal como de 7 días.

10 En una realización, el procedimiento comprende además la etapa de: determinar el período de tiempo predeterminado basándose en la temperatura de la sustancia. Esta última etapa se puede realizar antes de someter la sustancia a las condiciones anaeróbicas. Como alternativa, el período predeterminado se calcula mientras que la sustancia se somete a las condiciones anaeróbicas.

15 Como se ha descrito anteriormente, el consumo eficaz de fosfato requiere que la sustancia se someta a oxígeno y/o nitrato y/o nitrito tras la etapa anaeróbica del procedimiento. Así pues, en una realización, el procedimiento comprende además la etapa de: someter posteriormente la sustancia al ambiente anóxico o aeróbico. Esto se puede realizar en el mismo tanque (normalmente, en el caso del procedimiento discontinuo) o desplazando/bombeando/conduciendo la sustancia desde el tanque anaeróbico de recirculación hasta un tanque anóxico/aeróbico principal. En el tanque aeróbico principal, se pueden proporcionar medios para airear la sustancia. Un ejemplo de dichos medios es un medio para soplar aire dentro de la sustancia por debajo de la superficie de la sustancia.

20 En una realización, el procedimiento comprende la etapa de:

- someter la sustancia a un ambiente aeróbico durante un segundo período de tiempo predeterminado.

En una realización, el segundo período de tiempo predeterminado está en el intervalo de 1-24 horas. En algunas realizaciones, el segundo período de tiempo predeterminado es inferior a una hora tal como de 30 minutos.

25 Como se ha mencionado anteriormente, se puede recircular una parte de la sustancia desde el tanque aeróbico principal hasta el tanque anaeróbico principal (por ejemplo, a través del tanque anaeróbico de recirculación). El procedimiento puede comprender además la etapa de:

- recircular al menos una parte de la sustancia al ambiente anaeróbico.

30 En una realización, el nivel predeterminado de organismos acumuladores de glicógeno es inferior al 50 %, tal como inferior al 40 %, tal como inferior al 30 %, tal como inferior al 20 %, tal como inferior al 10 %, tal como inferior al 5 %, tal como inferior al 4 %, tal como inferior al 3 %, tal como inferior al 2 %, tal como inferior al 1 %.

Como se ha mencionado anteriormente, el primer período de tiempo predeterminado puede disminuir al aumentar la temperatura.

Esta relación se describe por el siguiente conjunto de ecuaciones:

35 (SI $(5\text{ °C} \leq T_c \leq 20\text{ °C})$, ENTONCES $(18\text{ h} \leq t_{AN} \leq 48\text{ h})$)

o

(SI $(15\text{ °C} \leq T_c \leq 30\text{ °C})$, ENTONCES $(12\text{ h} \leq t_{AN} \leq 36\text{ h})$)

o

(SI $(25\text{ °C} \leq T_c \leq 35\text{ °C})$, ENTONCES $(10\text{ h} \leq t_{AN} \leq 30\text{ h})$)

en las que T_c es la temperatura de la sustancia y t_{AN} es la duración del período de tiempo predeterminado.

40 Por consiguiente, en una realización, el primer período de tiempo predeterminado está en el intervalo de 18 a 48 horas cuando la temperatura de la sustancia está en el intervalo de 5 a 20 grados centígrados. En una realización, el primer período de tiempo predeterminado es superior a 18 horas cuando la temperatura está en el intervalo de 5 a 20 grados centígrados. En una realización, el primer período de tiempo predeterminado es inferior a 48 horas cuando la temperatura está en el intervalo de 5 a 20 grados centígrados.

45 En una realización, el primer período de tiempo predeterminado está en el intervalo de 12 a 36 horas cuando la temperatura de la sustancia está en el intervalo de 15 a 30 grados centígrados. En una realización, el primer período de tiempo predeterminado es superior a 12 horas cuando la temperatura está en el intervalo de 15 a 30 grados centígrados. En una realización, el primer período de tiempo predeterminado es inferior a 36 horas cuando la temperatura está en el intervalo de 15 a 30 grados centígrados.

50 En una realización, el primer período de tiempo predeterminado está en el intervalo de 10 a 30 horas cuando la temperatura de la sustancia está en el intervalo de 25 a 35 grados centígrados. En una realización, el primer período de tiempo predeterminado es superior a 10 horas cuando la temperatura está en el intervalo de 25 a 35 grados centígrados. En una realización, el primer período de tiempo predeterminado es inferior a 30 horas cuando la temperatura está en el intervalo de 25 a 35 grados centígrados.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un sistema de tratamiento de aguas residuales y/o de sustancias para reducir la proporción de organismos acumuladores de glicógeno de una sustancia (que contiene aguas residuales y/o lodo activado) y/o de aguas residuales con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de la sustancia y/o de las aguas residuales, según lo definido en la reivindicación 14.

Breve descripción de las figuras

La invención se describirá ahora con referencia a las figuras, en las que:

la Fig. 1 desvela una primera realización de la invención;

la Fig. 2 desvela una segunda realización de la invención; y

la Fig. 3 desvela la relación entre el período de tiempo predeterminado y la temperatura de la sustancia al diseñar y controlar el flujo hacia un tanque anaeróbico de recirculación de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de las figuras

A continuación, se describen las Figuras 1 y 2. Sin embargo, se apreciará que estas dos figuras solo describen dos posibles realizaciones de las corrientes principales y las corrientes de recirculación, y que existe un gran número de alternativas. Por lo tanto, la presente invención no se limitará a dichas dos realizaciones de la corriente principal y corriente de recirculación.

Las Fig. 1 y 2 desvelan dos realizaciones diferentes de la presente invención. Las diferencias se describen con más detalle a continuación. Se apreciará que los principios de las dos figuras se pueden combinar de cualquier modo.

La Fig. 1 desvela una planta de tratamiento de aguas residuales 100 que define una corriente principal 102 y una corriente de recirculación 104. En las figuras, la corriente principal 102 se proporciona sobre la línea de puntos y rayas 106, mientras que la corriente de recirculación se proporciona por debajo de la línea de puntos y rayas 106.

La corriente principal 102 comprende una pluralidad de tanques por los que el agua residual y/o la sustancia van pasando sucesivamente como se describe a continuación. Una parte de la sustancia es recirculada por medio de la corriente de recirculación 104 de manera que la sustancia recirculada fluye a la corriente principal 102 en un punto corriente arriba con respecto al punto en el que la sustancia sale de la corriente principal 102 para entrar en la corriente de recirculación 104.

Para empezar, el agua residual sin tratar fluye a un sistema de detección principal 108 que está adaptado para eliminar los objetos de mayor tamaño. Seguidamente, el agua residual fluye a un sistema de eliminación de arena 110, en el que la arena y la grava que superan un cierto tamaño sedimentan.

En algunas realizaciones de la planta de tratamiento de aguas residuales 100, se proporciona un tanque de sedimentación primaria principal 112 en el que se permite la sedimentación de las partículas más pesadas del agua residual de manera que se separan de la fase líquida del agua residual. Sin embargo, se apreciará que el tanque de sedimentación primaria principal no está presente en algunas realizaciones, y, por tanto, el tanque de sedimentación primaria principal 112 se indica por medio de una línea de puntos.

La siguiente etapa de la corriente principal 102 de la planta de tratamiento de aguas residuales 100 es el tanque de contacto principal 114 (también denominado tanque selector), en el que se mezclan el agua residual procedente de la corriente principal y la sustancia procedente de la corriente de recirculación, y el agua residual pasa a formar parte de la sustancia.

Posteriormente, la sustancia fluye a un tanque aeróbico principal 116, en el que la sustancia se airea de manera que se somete a oxígeno.

La siguiente etapa del procedimiento es el clarificador secundario principal 118, en el que se permite la sedimentación del lodo activado. En la realización de las figuras, el clarificador secundario principal 118 comprende una salida de recirculación 120 que está dispuesta de manera que dicho lodo activado sedimentado se use para la recirculación. Por consiguiente, el contenido de sólidos secos de la sustancia que entra en la corriente de recirculación es superior al contenido de sólidos secos del agua residual tratada aclarada que sale del clarificador secundario principal.

Una parte de la sustancia recirculada vuelve a fluir directamente al tanque de contacto principal 114 a través de una línea directa de recirculación 122, mientras que otra parte de la sustancia recirculada fluye a través de una línea de corriente lateral 124 a un tanque anaeróbico de recirculación 126, que también se puede designar tanque de hidrólisis de corriente lateral.

En el tanque anaeróbico de recirculación 126, la sustancia se somete a condiciones anaeróbicas durante un primer período de tiempo predeterminado que está determinado por la temperatura de la sustancia. Esto se describe más detalladamente en relación con la Fig. 3. Al someter la sustancia a las condiciones anaeróbicas durante un primer período de tiempo predeterminado, la proporción de GAO cae de manera que el porcentaje de GAO con respecto a la suma de GAO y PAO es bajo, tal como inferior al 10 %. Esto es deseable, pues los PAO compitiendo frente a los GAO son deseables cuando se va a eliminar el fósforo como se ha descrito con más detalle anteriormente.

La Fig. 2 difiere de la Fig. 1 en que no se desvela ningún tanque de sedimentación primaria principal 112. A la luz de la descripción anterior de la Fig. 1, se apreciará que este tanque de sedimentación primaria principal 112 se describe como opcional. Por otra parte, la Fig. 2 difiere de la Fig. 1 en que hay un tanque anóxico 128 interpuesto entre el tanque de contacto principal 114 y el tanque aeróbico principal 116. A excepción de estas dos diferencias, las dos figuras son idénticas, y los números de referencia idénticos se refieren a elementos idénticos.

Durante el uso de la planta de tratamiento de aguas residuales 100 de la Fig. 2, la sustancia fluye desde el tanque de contacto principal 114 hacia el tanque anóxico 128. Tras el tratamiento en el tanque anóxico 128, la sustancia fluye desde el tanque anóxico 128 hacia el tanque aeróbico 116.

La Fig. 3 desvela una manera de controlar el tanque anaeróbico de recirculación 126, mediante la determinación del período de tiempo predeterminado en respuesta a la temperatura de la sustancia contenida en el tanque anaeróbico de recirculación 126. En la Fig. 3, el eje horizontal designa el número de horas que la sustancia se somete a las condiciones anaeróbicas, y el eje vertical, la temperatura de la sustancia.

En una realización, la sustancia se mantiene de 10 a 30 horas en el tanque anaeróbico de recirculación, cuando la temperatura de la sustancia en dicho tanque está en el intervalo de 25 a 35 grados centígrados. Esto se ilustra mediante el recuadro de alta temperatura 130.

En otra realización, la sustancia se mantiene de 12 a 36 horas en el tanque anaeróbico de recirculación, cuando la temperatura de la sustancia en dicho tanque está en el intervalo de 15 a 30 grados centígrados. Esto se ilustra mediante el recuadro de la temperatura media 132.

En otra realización más, la sustancia se mantiene de 18 a 48 horas en el tanque anaeróbico de recirculación, cuando la temperatura de la sustancia en dicho tanque está en el intervalo de 5 a 20 grados centígrados. Esto se ilustra mediante el recuadro de baja temperatura 134.

Se apreciará que las tres realizaciones anteriormente mencionadas se pueden combinar de cualquier manera. Como ejemplo, en un procedimiento de acuerdo con la invención, las tres realizaciones se usan al mismo tiempo.

En una realización, el período de tiempo que la sustancia se somete a las condiciones anaeróbicas del tanque anaeróbico de recirculación 126 está determinado por una función donde la temperatura de la sustancia en el tanque anaeróbico de recirculación 126 determina el período de tiempo que la sustancia se somete a condiciones anaeróbicas. En una realización, esta función es una función lineal. En otra realización, la función es un polinomio tal como un polinomio de segundo grado. Las funciones anteriormente mencionadas pueden pasar a través de los recuadros de alta, media y baja temperatura 130, 132, 134.

Ejemplo

Se han llevado a cabo experimentos para determinar si el almacenamiento anaeróbico prolongado afecta a *Accumulibacter* (PAO) y a *Competibacter* (GAO) de diferente manera. Se tomaron muestras de incubaciones de almacenamientos anaeróbicos prolongados a intervalos de 12 h, se incubaron con acetato marcado con ¹⁴C durante 2 h en condiciones anaeróbicas, y se observó la radiactividad incorporada a las diferentes poblaciones indicadora de la captación de sustrato activo con MAR - FISH - véase la siguiente tabla. Las células de *Accumulibacter* (PAO) fueron positivas en MAR, incluso después de 7 días, lo que indicó que mantenían la capacidad de consumir acetato, incluso después de largos períodos de incubación anaeróbica. *Competibacter* (GAO) fueron positivos en MAR al inicio del almacenamiento anaeróbico (tiempo 0), pero, tras 12 h, la captación del acetato de todos, salvo algunos, se había detenido - véase la siguiente tabla. Esto demostró que *Competibacter* (GAO) fueron capaces de captar sustrato externo solo aproximadamente 12 h después de iniciarse las condiciones anaeróbicas en contraste con *Accumulibacter* (PAO), que seguían siendo capaces de hacerlo después de 7 días.

Tabla 1: Consumo anaeróbico de acetato marcado tras incubaciones anaeróbicas de diferente duración sin la adición de sustrato externo según lo determinado por MAR-FISH.

tiempo (días)	<i>Accumulibacter</i>	<i>Competibacter</i>
0	+	+
1/2	+	+/-
1	+	-
1 1/2	+	-
2	+	-

50

(Continuación)

tiempo (días)	<i>Accumulibacter</i>	<i>Competibacter</i>
21/2	+	-
3	+	-
4	+	-
7	+	-

Ensayos

5 Durante la realización del ejemplo anterior, se ensayó la presencia de PAO y GAO por medio de uno o más de los siguientes ensayos (que se pueden usar en relación con la presente invención):

10 Se realizaron la hibridación fluorescente *in situ* (FISH) y la cuantificación de FISH de acuerdo con Nielsen *et al.* (2009) con un límite de cuantificación fijado en el 0,25%. Las sondas de oligonucleótidos EUBmix (EUB338 I, II y III equimolares) se dirigieron a la mayoría de las bacterias (Amann *et al.*, 1990, *Appl. Environ. Microbiol.* 56: 1919-1925; Daims *et al.*, 1999, *Syst Appl Microbiol* 22:434-444), PAOmix (PAO462, PAO651 y PAO846 equimolares) se dirigieron a "*Candidatus Accumulibacter phosphatis*" (Crocetti *et al.*, 2000, *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 1175-1182), GAOmix (GAOQ989 equimolar (Crocetti *et al.*, 2002, "Microbiology" 148, 3353-3364) y GB_g2 (Kong *et al.*, 2002, "Environmental Microbiology" 4 (11), pág. 753-757) se dirigieron a "*Candidatus Competibacter phosphatis*".

15 La microautorradiografía (MAR-FISH) se puede realizar según lo descrito por Nielsen y Nielsen (2005). En resumen, se lavaron abundantemente 2 ml de lodo con N₂ exento de O₂ en botes de suero de 9 ml (para lograr condiciones anaeróbicas), luego se incubaron con 120 mg/l (2 mM) de acetato bien marcado radiactivamente o no marcado. Tras la incubación, se fijó el lodo mediante la adición de etanol al 96 %, después se aplicó a dos vasos recubiertos de gelatina (24 por 60 mm) y se homogenizó suavemente frotándolo entre sí. Seguidamente, se llevaron a cabo el sondeo por FISH, el recubrimiento con emulsión, la exposición, el revelado y la microscopía. Cada experimento de MAR se realizó por triplicado, y se incluyeron controles negativos para la señal inducida no radiactivamente.

20 La tinción de los polihidroxicanoatos (PHA) intracelulares se realizó con tinción de azul Nilo (Nielsen *et al.*, 2009a). En primer lugar, se realizó la FISH seguida de la tinción química y la reubicación del mismo campo microscópico.

Referencias

25 Nielsen, J. L. y P. H. Nielsen (2005): "Advances in microscopy: Microautoradiography of single cells", de *Methods in Enzymology* (Ed. J.R. Leadbetter), Academic Press, San Diego, Vol. 397: 237-256.

30 Nielsen, J. L., Kragelund, C. y P. H. Nielsen (2009a): "Combination of Fluorescence in situ Hybridization with staining techniques for cell viability and accumulation of PHA and polyP in complex microbial systems". Capítulo 7 (pág. 103-116) de *Bioremediation, Methods in Molecular Biology* (Ed. S. Gummings). The Humana Press Inc., New Jersey.

Nielsen, P. H., Lemmer, H. y H. Daims (2009b): "FISH Handbook of Wastewater Treatment". IWA publishing, Londres, RU.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de reducción de una proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a una cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de una sustancia que comprende aguas residuales y/o lodo activado, procedimiento que comprende las etapas de:
- 5 - proporcionar la sustancia en un ambiente anaeróbico (126);
 - determinar la temperatura de la sustancia;
 - determinar un nivel predeterminado de la proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de la sustancia;
- 10 **caracterizado porque**, el procedimiento comprende además las etapas de:
- proporcionar un controlador adaptado a controlar la reducción de los organismos acumuladores de glicógeno con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos;
- 15 - determinar, mediante el uso del controlador, un primer período de tiempo predeterminado en función de la temperatura de la sustancia, de modo que el primer período de tiempo predeterminado corresponde a la proporción que es inferior al nivel predeterminado; y
- controlar la reducción mediante el mantenimiento de la sustancia en el ambiente anaeróbico a la temperatura de la sustancia durante el primer período de tiempo predeterminado, hasta que la proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a la cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de la sustancia sea inferior al nivel predeterminado.
- 20 2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer período de tiempo predeterminado es superior a 10 horas.
- 25 3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a una cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de una sustancia es inferior al 10 %.
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además las etapas de:
- 30 - posteriormente, someter la sustancia a un ambiente anóxico (128) y/o a un ambiente aeróbico (116).
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además las etapas de:
- someter la sustancia a un ambiente aeróbico (116) durante un segundo período de tiempo predeterminado.
- 35 6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además las etapas de:
- recircular al menos una parte de la sustancia hacia el ambiente anaeróbico (126).
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, que comprende además las etapas de:
- aumentar el contenido de sólidos secos antes de la etapa de recirculación.
- 40 8. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer período de tiempo predeterminado se reduce al aumentar la temperatura.
9. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer período de tiempo predeterminado está en el intervalo de 18 a 48 horas, cuando la temperatura de la sustancia está en el intervalo de 5 a 20 grados centígrados.
- 45 10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer período de tiempo predeterminado está en el intervalo de 12 a 36 horas, cuando la temperatura de la sustancia está en el intervalo de 15 a 30 grados centígrados.
11. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer período de tiempo predeterminado está en el intervalo de 10 a 30 horas, cuando la temperatura de la sustancia está en el intervalo de 25 a 35 grados centígrados.
- 50 12. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los organismos acumuladores de glicógeno comprenden: bacterias relacionadas con *Candidatus-Completibacter-phosphatis* y bacterias relacionadas con *Defluviicoccus-vanus*.

13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los organismos acumuladores de polifosfatos comprenden bacterias relacionadas con *Candidatus Accumolibacter phosphatis*.

5 14. Un sistema de tratamiento de sustancias para reducir una proporción de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a una cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de una sustancia que contiene aguas residuales y/o lodo activado, sistema de tratamiento de sustancias que comprende:

- un compartimento anaeróbico (126) para alojar la sustancia en un ambiente anaeróbico durante el tratamiento;

caracterizado porque, el sistema comprende además:

10 - un controlador que tiene una proporción predeterminada de organismos acumuladores de glicógeno con respecto a una cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos, y que está adaptado para determinar una temperatura de la sustancia; y a calcular un primer período de tiempo predeterminado en función de la temperatura de la sustancia; estando además el controlador adaptado para mantener la sustancia en el ambiente anaeróbico (126) a una temperatura de la sustancia durante el primer período de tiempo predeterminado, hasta que la proporción de organismos acumuladores de glicógeno con
15 respecto a una cantidad total de organismos acumuladores de glicógeno y organismos acumuladores de polifosfatos de la sustancia sea inferior al nivel predeterminado.

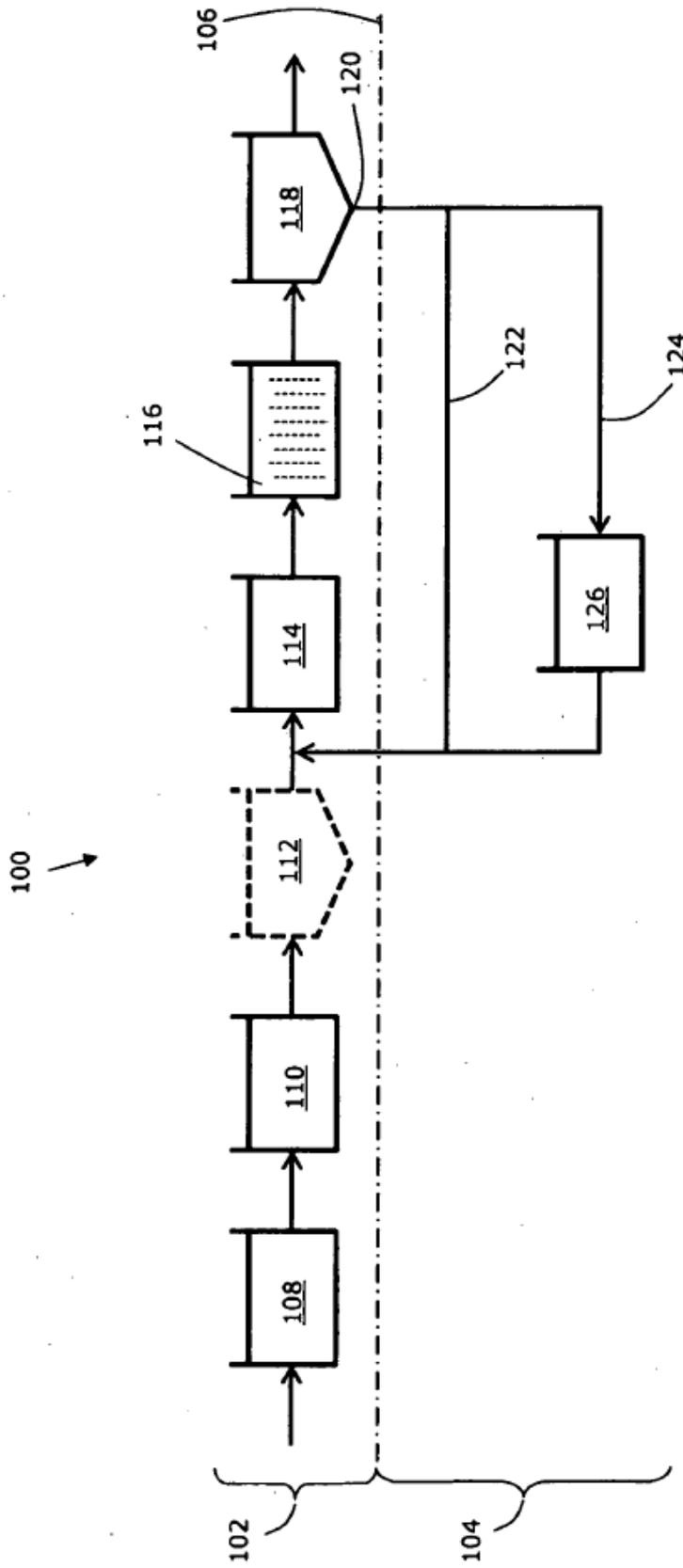


Fig. 1

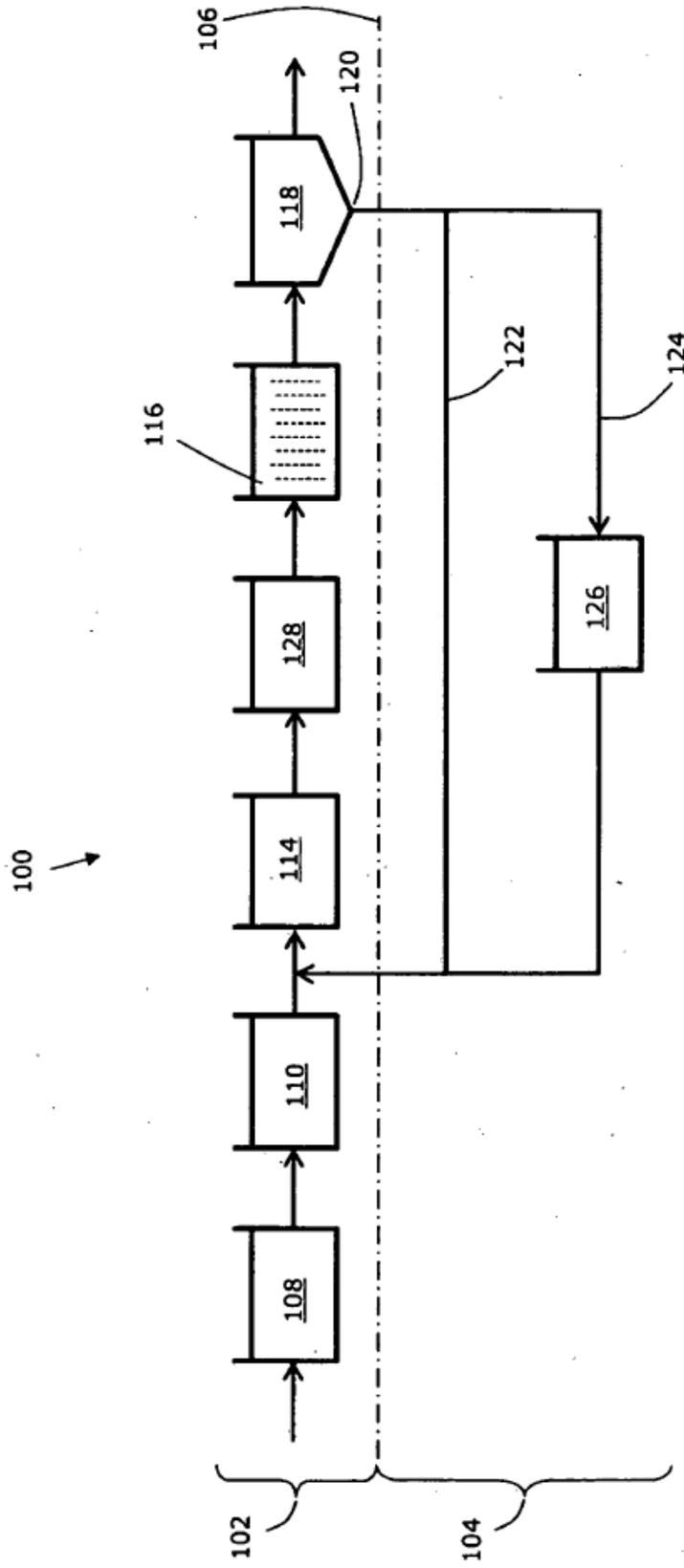


Fig. 2

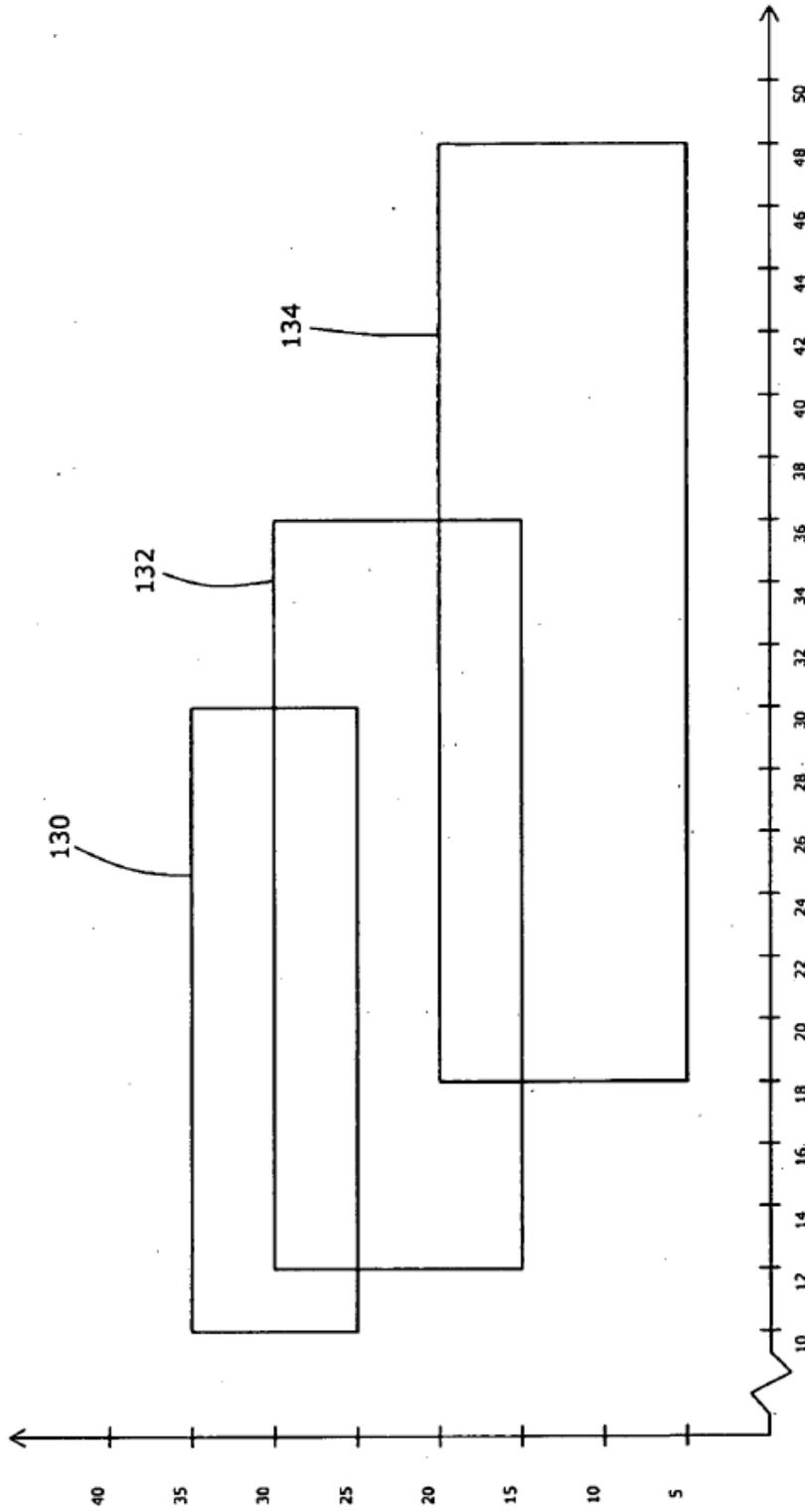


Fig. 3