

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 098**

51 Int. Cl.:
C12M 1/113 (2006.01)
C12M 1/107 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07022727 .7**
96 Fecha de presentación: **23.11.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1930404**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.06.2008**

54 Título: **Método y dispositivo para la fermentación anaeróbica de material orgánico**

30 Prioridad:
07.12.2006 BE 200600602

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.07.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.07.2012

73 Titular/es:
**ORGANIC WASTE SYSTEMS, NAAMLOZE
VENNOOTSCHAP
DOK NOORD 4
9000 GENT, BE**

72 Inventor/es:
**de Baere, Luc;
Smis, Jan y
Smis, Piet**

74 Agente/Representante:
Gallego Jiménez, José Fernando

ES 2 385 098 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

Método y dispositivo para la fermentación anaeróbica de material orgánico.

La presente invención se refiere a un método para la fermentación anaeróbica de material orgánico biodegradable, en el que el material orgánico fresco se mezcla con una cantidad de material que ha sido parcialmente fermentado como un inoculante activo para la fermentación anaeróbica.

El material orgánico es en este caso un material biodegradable no líquido, de forma concreta, diversas cosechas agrícolas, cultivadas o no de forma específica para la producción de energía, o la fracción orgánica de residuos domésticos o de residuos industriales similares u otras fracciones orgánicas, tal como, por ejemplo, los lodos de plantas de tratamiento de agua, los lodos de la industria del papel, residuos vegetales, residuos de jardinería, flujos de residuos orgánicos procedentes de la producción de energía biológica a partir de cosechas agrícolas u otras fracciones descomponibles biológicamente que comprenden al menos el 15% de materia seca o que pueden apilarse.

De forma general, existen diferentes formas de fermentación anaeróbica. Por lo tanto, dichos flujos orgánicos pueden fermentarse bajo condiciones de humedad (como máximo del 5 al 10% de materia seca en el depósito de fermentación) o bajo condiciones secas (más del 15% de materia seca en el depósito de fermentación), bajo condiciones mesófilas (aproximadamente de 30 a 40 °C) o termófilas (aproximadamente de 50 a 60 °C).

La fermentación de material orgánico bajo condiciones de humedad implica que grandes cantidades de agua se añaden al material orgánico para obtener un lodo líquido en el depósito de fermentación de los sistemas húmedos, de modo que el contenido de los depósitos de fermentación puede mezclarse fácilmente de forma interna y la masa fermentada puede descargarse fácilmente por desbordamiento o simplemente por bombeo.

En los sistemas secos, la cantidad de agua está limitada a un mínimo, o incluso no se añade agua en absoluto, de modo que se obtiene una masa pastosa. Esta masa pastosa puede ser fermentada posteriormente en depósitos de fermentación diseñados especialmente para la fermentación seca, con un contenido de materia seca superior al 15%. Debido a que la alta viscosidad del material de fermentación en una fermentación seca con más de un 15% de materia seca no facilita una mezcla suave, en los depósitos de fermentación están integrados unos sistemas de mezcla especiales que permiten llevar a cabo la mezcla en toda la longitud del depósito de fermentación (varias mezcladoras en las diferentes zonas o una única mezcladora en toda la longitud) o el material a mezclar se mezcla fuera del depósito de fermentación en un volumen limitado. Además, se inyecta biogás en diferentes zonas para producir una mezcla en estas zonas.

En los sistemas de fermentación en húmedo, se mezcla agua fresca o agua de procesamiento reciclada conjuntamente con el material orgánico y se bombea a los depósitos de fermentación, o el material orgánico es transportado directamente al depósito de fermentación y también se bombea agua fresca, agua de procesamiento reciclada o flujos orgánicos líquidos húmedos al depósito de fermentación, de modo que la masa entrante se mezcla en todo el depósito de fermentación para obtener una masa líquida. El objetivo consiste siempre en obtener una pulpa o "lodo" altamente líquidos que pueden ser bombeados fácilmente y que pueden mezclarse fácilmente en el depósito de fermentación.

Estos depósitos de fermentación en húmedo funcionan normalmente según el principio de un reactor totalmente mezclado, donde la masa entrante se mezcla totalmente con el material de fermentación en todo el volumen del depósito de fermentación mediante engranajes mezcladores o inyección de gas en el depósito de fermentación.

Debido a la pulpa o lodo líquido en los depósitos de fermentación y a la mezcla interna intensiva, el material de fermentación y el material fresco añadido se mezclan rápidamente en el depósito de fermentación en su conjunto.

Esto da como resultado el hecho de que es posible que una parte del material fresco añadido sea extraída nuevamente del depósito de fermentación en un periodo de tiempo muy corto, conjuntamente con el digestato fermentado. En otras palabras, una parte de alimentos frescos podría ser extraída nuevamente del depósito de fermentación en un periodo de tiempo de solamente unos minutos, mientras que el periodo de permanencia promedio en el depósito de fermentación del material a fermentar puede ser de 20 a 30 días.

Para resolver o al menos limitar este problema, tal como se describe en el documento de patente WO 98/24730, se incorpora una precámara separada parcialmente del resto del depósito de fermentación totalmente mezclado mediante una pared. El material fresco añadido se suministra en primer lugar a esta precámara, que tiene preferiblemente un periodo de permanencia de varios días, antes de que el material acabe en el espacio de fermentación real. De esta manera, ya se produce una fermentación parcial en la precámara, con un riesgo reducido de que el material suministrado abandone el depósito de fermentación casi inmediatamente a través de la salida, conjuntamente con el resto de la masa fermentada, como resultado de la mezcla continua en el depósito de fermentación.

Otra solución conocida al problema mencionado anteriormente se describe en EP 0 066 582, que representa una

planta de fermentación para materiales orgánicos que funciona con un contenido de materia seca del 6% y a una temperatura de 55 a 60 °C en varios reactores que funcionan de manera aeróbica o anaeróbica. Después de la fermentación anaeróbica, el material fermentado es bombeado normalmente a un depósito de almacenamiento para el lodo residual. En una realización especial de este dispositivo, dicho depósito de almacenamiento funciona de manera anaeróbica como un depósito de post-fermentación, de modo que se produce biogás adicional a partir del material fermentado. No obstante, esto requiere un depósito de fermentación adicional totalmente separado.

Además de la fermentación en húmedo, tal como se ha mencionado anteriormente, también es conocida la fermentación seca como un método para la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos.

En un método de fermentación seca, la cantidad de agua añadida está limitada, de modo que en el depósito de fermentación 'seca' está presente una mezcla relativamente sólida que se desplaza a través del depósito de fermentación según el principio de flujo de fluidos lentos. Para procesar fracciones orgánicas de residuos domésticos, con altos contenidos de materia seca, por ejemplo, más del 25% en el digestato fermentado, ya no es posible realizar una mezcla intensiva del material de fermentación en el depósito de fermentación, de modo que el material orgánico fresco deberá ser mezclado previamente externamente con respecto al depósito de fermentación "seca" con material ya fermentado mediante unidades de mezcla especiales. A continuación, la mezcla espesa es bombeada o transportada al depósito de fermentación mediante bombas especiales. Otros sistemas de fermentación seca funcionan con contenidos de materia seca de hasta el 25% en el material fermentado, lo que hace posible la mezcla en zonas mediante diferentes mezcladoras o en zonas en las que se inyecta gas a través de la parte inferior, aunque solamente con sistemas de mezcla especiales. El depósito de fermentación seca también puede estar diseñado de modo que una mezcladora puede mezclar la masa total con un contenido de materia seca inferior al 25% en el material fermentado al procesar fracciones orgánicas de recogida selectiva procedentes de residuos domésticos. En el caso de fracciones orgánicas procedentes de residuos orgánicos, el contenido de materia seca de la mezcla de residuos orgánicos y el inoculante fermentado suministrada al depósito se sitúa entre el 15 y el 50%, de forma más específica, entre el 20 y el 45%. En el caso de otras fracciones orgánicas, tal como lodo deshidratado, la mezcla en el depósito de fermentación ya no es posible a partir del 15 o 20%, y la mezcla fuera del depósito de fermentación ya debe ser aplicada a partir del 20% de materia seca en el residuo fermentado. El contenido promedio de materia seca en los depósitos de fermentación seca es de más del 15%, siendo más seco el material cuando entra en el depósito de fermentación que cuando abandona el depósito de fermentación debido a la transformación de la materia seca en biogás.

EP 1.397.482 describe la manera en la que esta mezcla de material orgánico fresco y material fermentado es bombeada a la parte superior de un depósito de fermentación vertical, donde queda dispuesta la masa de fermentación mediante unos tubos de subida. La mezcla suministrada desciende de la parte superior a la parte inferior durante la fermentación seca, de modo que el material fermentado es extraído de la parte inferior del depósito de fermentación. De esta manera, se obtiene un flujo denominado lento, en el que el material que es suministrado en primer lugar al depósito lo abandona también en primer lugar según el principio FIFO (primero en entrar - primero en salir).

En este tipo de fermentación seca, es necesario mezclar una parte suficientemente grande de material fermentado con el material orgánico fresco suministrado fuera de la fermentadora, por ejemplo, cinco unidades de inoculante por unidad de material orgánico fresco, a efectos de que exista un contacto suficiente entre las bacterias anaeróbicas y el material orgánico fresco, ya que no es posible seguir mezclando la mezcla después de que la misma ha quedado dispuesta en la fermentadora anaeróbica seca.

Debido a que la mayor parte del material fermentado está principalmente reciclado, el tiempo que pasa en el depósito de fermentación se reduce y, dependiendo de la cantidad reciclada, el tiempo de paso será aproximadamente de 10 días o incluso de 2 a 3 días. De esta manera, una parte del material fresco suministrado será descargada conjuntamente con el material fermentado después de 10 o incluso de dos o tres días de fermentación, mientras que el periodo de permanencia promedio en el depósito de fermentación es aproximadamente de 12 a 30 días o más. No obstante, esto ya constituye una gran mejora en comparación con los depósitos de fermentación totalmente en húmedo, ya que se garantiza que el material suministrado permanezca de 2 a 3 días o incluso una semana en el depósito de fermentación, a diferencia de la extracción casi inmediata que se produciría en dichos sistemas líquidos sencillos.

Al fermentar materiales orgánicos frescos con una elevada producción de biogás por tonelada, el periodo de permanencia promedio en el depósito de fermentación puede aumentar de 50 a 100 días y más. De este modo, el tiempo de paso solamente es el 10% o incluso del 2 al 3% del periodo de permanencia promedio.

Cuando las fermentadoras secas tienen una carga grande, tal como, por ejemplo, al fermentar cosechas con un elevado nivel energético, tal como maíz, el material fermentado, que se supone que ha fermentado totalmente, del mismo modo que en los métodos conocidos de fermentación anaeróbica de material orgánico, sigue produciendo una cantidad reducida de biogás. Esto representa una pérdida de energía renovable.

Además, al aplicar tales métodos conocidos, es posible que los gérmenes sobrevivan después de un tiempo de paso corto en el caso de que los mismos sean extraídos inmediatamente de la fermentadora y sean descargados para un

tratamiento posterior conjuntamente con el resto del digestato.

US 5.601.720 describe un proceso de fermentación anaeróbica continuo para residuos biogénicos, en el que el control del proceso es mejorado mediante la medición del pH y de las partes de sustancia seca en diversos puntos de la fermentadora horizontal. El pH y la fracción de sustancia seca son controlados introduciendo agua a presión como inoculante en puntos de inoculación en la fermentadora. De forma específica, el suministro de agua a presión que contiene metanobacterias en los segmentos de transporte y mezcla del tubo de suministro permite ajustar el pH del material de entrada, que consiste principalmente en materia fresca, al nivel deseado ya en la entrada de la fermentadora, haciendo por lo tanto que intervenciones correctoras posteriores sean en gran medida innecesarias. Como producto final de la fermentación anaeróbica se obtiene un material degradado biológicamente en gran medida.

Un inconveniente del anterior proceso de digestión anaeróbica consiste en que la fermentación sigue siendo incompleta al final del proceso y en que sigue existiendo material fermentable en el producto final.

La invención se refiere a un método para la fermentación anaeróbica de material orgánico que no presenta los inconvenientes mencionados anteriormente ni otros inconvenientes adicionales.

Con este objetivo, el método según la invención para la fermentación anaeróbica de material orgánico empieza con material orgánico a fermentar que se mezcla con inoculante y se suministra a un depósito de fermentación, y que se desplaza de una entrada del depósito de fermentación a una salida del mismo, en el que el material fermentado se extrae del depósito a través de la salida, caracterizado por el hecho de que una fracción del material de fermentación que está situada entre la entrada y la salida se extrae prematuramente del depósito de fermentación a través de una abertura de retorno, es transportada al dispositivo de suministro entre el orificio de entrada y el orificio de salida y se usa como un inoculante, mientras que el material parcialmente fermentado entre la abertura de retorno y la salida sigue siendo post-fermentado durante cierto tiempo antes de ser extraído del depósito de fermentación a través de la salida.

Gracias a la aplicación de este método según la invención, una parte de material orgánico fresco permanecerá más tiempo en el depósito de fermentación, ya que el tiempo de paso aumenta en el caso de que tal parte de material orgánico se descargue al post-tratamiento a través de la salida después del primer paso; se maximiza el reciclaje energético, ya que se recoge el biogás adicional producido; y los gérmenes son eliminados de forma más eficaz.

El material parcialmente fermentado es fermentado adicionalmente entre la abertura de retorno y la salida durante un periodo de tiempo adicional hasta que se obtiene un digestato fermentado estable en un mismo reactor. Gracias a esta post-fermentación interna, que se produce en el propio depósito de fermentación, no es necesario disponer un depósito de fermentación adicional con accesorios, lo que representa un factor económico considerable. Esta post-fermentación puede aplicarse en sistemas de fermentación en húmedo, así como secos, en los que la zona de post-fermentación no se mezcla nuevamente con la zona entre la entrada y la abertura de retorno.

Esto también permite obtener más certidumbre en cuanto a la eliminación de gérmenes o malas hierbas, ya que todos los gérmenes o malas hierbas que podrían estar presentes quedan sujetos a un tiempo de paso más largo que si los mismos fuesen descargados inmediatamente al post-tratamiento a través de la salida.

Disponiendo una abertura de retorno para el reciclaje del inoculante se crean dos zonas en el depósito de fermentación, es decir, una primera zona situada corriente arriba con respecto a la zona en la que se extrae una fracción del material parcialmente fermentado del depósito de fermentación a través de la abertura de retorno, y una segunda zona situada corriente abajo con respecto a la misma, siendo extraído el material de la segunda zona a través de la salida para el digestato fermentado.

Normalmente, el digestato totalmente fermentado no se recicla, pero es posible someterlo a un post-tratamiento o disponerlo directamente en los campos. No obstante, si la fermentación pareciese ser menos estable biológicamente, sería posible añadir una cantidad de material estable fermentado al inoculante, es decir, al material parcialmente fermentado, para ajustar el proceso biológico.

En la primera zona, se suministra el material inoculado orgánicamente y se fermenta anaeróbicamente. Una parte de este material de fermentación que está situada en la primera zona es reciclada a través de la abertura de retorno y se mezcla como un inoculante con material orgánico fresco a fermentar. El resto del material de fermentación acaba en la segunda zona, corriente abajo con respecto a la abertura de retorno.

El material parcialmente fermentado que está situado en la segunda zona ha pasado la primera zona, posiblemente varias veces, ya que el mismo ha sido reciclado una o varias veces y ha sido usado como inoculante. Normalmente, tan pronto acaba en la segunda zona, el material parcialmente fermentado ya no es adecuado para su reciclaje. El mismo sigue desplazándose a un ritmo constante hacia la salida del depósito de fermentación, preferiblemente con un flujo lento, dependiendo de si el material totalmente fermentado es extraído del depósito de fermentación.

El material parcialmente fermentado queda sujeto a una post-fermentación que se produce en esta segunda fase en

el mismo depósito de fermentación y que se reduce a la simple finalización de la fase metanógena durante un periodo en el que no se suministra ningún material adicional. La actividad biológica disminuye rápidamente a medida que el material se aproxima a la salida. El material permanece con certidumbre durante un tiempo mínimo determinado en esta segunda zona y, al final, es descargado a través de la salida.

- 5 Preferiblemente, el volumen de la segunda zona es al menos una cincuentava parte del volumen total del depósito de fermentación, de modo que exista un volumen suficiente en la segunda zona para una post-fermentación de al menos medio día o incluso de unos cuantos días, por ejemplo, de 2 a 4 días o más si resulta útil.

10 Una ventaja adicional de aplicar tal método según la invención consiste en que el material parcialmente fermentado que es extraído del depósito a través de la abertura de retorno y que es reciclado y usado a continuación como inoculante es incluso más activo biológicamente que el material totalmente fermentado que se usa como un inoculante según los métodos conocidos.

15 Asimismo, las características del material fermentado habrán cambiado más que las del material parcialmente fermentado después de la post-fermentación. Por ejemplo, el material parcialmente fermentado que se extrae a través de la línea de reciclaje como un inoculante activo tiene un pH de 7,5 a 7,8, mientras que el material totalmente fermentado tiene un pH de 8,2 a 8,5. Durante el suministro, el pH disminuye aproximadamente a 7, de modo que la transición de acidez, denominada shock de pH, es menos grande con el material parcialmente fermentado de lo que sería en el caso de que el material totalmente fermentado fuese recirculado antes de ser mezclado con el material orgánico fresco.

20 Seleccionando la posición correcta para drenar el inoculante a través de la abertura de retorno es posible reciclar un inoculante con una actividad máxima y, suministrando un volumen suficientemente grande para la post-fermentación del material parcialmente fermentado no reciclado como inoculante, corriente abajo con respecto a la abertura de retorno, es posible producir un material fermentado estabilizado de forma óptima. Además, es posible reciclar una cantidad óptima de biogás durante la post-fermentación en las dos fases.

25 Si la fermentación empezase a funcionar de forma menos óptima desde un punto de vista biológico, parte del material totalmente fermentado descargado a través de la salida podría seguir siendo añadida a la mezcla de inoculante y material orgánico fresco a suministrar, a efectos de obtener una inoculación adicional. De esta manera, es posible ajustar rápidamente la fermentación limitando parcialmente la post-fermentación. De este modo, el volumen en la segunda zona puede considerarse como una reserva de capacidad de fermentación intensiva. En caso necesario, es posible usar solamente material totalmente fermentado como inoculante con el material orgánico fresco a suministrar, por ejemplo, para compensar fluctuaciones estacionales o desequilibrios biológicos.

30 La presente invención también se refiere a un dispositivo para implementar dicho método según la invención y, con ese fin, el mismo comprende un depósito de fermentación con una cámara de fermentación en la que es posible fermentar material orgánico, un dispositivo de suministro que puede mezclar material orgánico fresco con inoculante y que puede suministrarlo a través de una entrada al depósito de fermentación, que también está dotado de una salida a través de la que el material fermentado puede ser descargado y de una salida para biogás, y en el que el dispositivo también está dotado de una abertura de retorno a través de la que una fracción del material de fermentación, situada entre la entrada y la salida, puede ser extraída del depósito de fermentación y puede ser transportada al dispositivo de suministro.

35 A efectos de explicar mejor las características de la invención, se describen las siguientes realizaciones preferidas de un método y un dispositivo para la fermentación anaeróbica de material orgánico según la invención, solamente a título de ejemplo y en ningún caso limitativo, haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

las figuras 1 a 3 muestran esquemáticamente varias realizaciones de un dispositivo para la fermentación anaeróbica según la invención, visto en sección;

la figura 4 es una sección según la línea IV-IV de la figura 3;

45 la figura 5 muestra esquemáticamente una variante adicional de una realización de un dispositivo para la fermentación anaeróbica según la invención, visto en sección.

50 El dispositivo para la fermentación anaeróbica de material orgánico, mostrado en la figura 1, consiste principalmente en un depósito 1 de fermentación vertical cerrado que comprende una cámara 2 de fermentación y un dispositivo 3 de suministro que, en este caso, consiste en una bomba 4 de mezcla para mezclar material orgánico fresco con inoculante y para bombear esta masa mezclada que, en este caso, va a parar, a través de unas líneas 5 de suministro, a una entrada 6 en la parte superior del depósito 1 de fermentación. En la parte superior, el depósito 1 de fermentación también está dotado de una salida 7 para biogás.

En la parte inferior del depósito 1 de fermentación, en el centro de la parte 8 inferior, está dispuesta una salida precintable 9.

55 Esta salida 9 está abierta a una bomba 10 de extracción que puede descargar el material totalmente fermentado a

través de unas líneas 11 para el post-tratamiento.

5 Según la invención, el depósito 1 de fermentación está dotado de una abertura 12 de retorno entre la entrada 6 y la salida 9, lo que hace posible descargar una fracción del material parcialmente fermentado, situada entre la entrada 6 y la salida 9, del depósito 1 de fermentación y transportarla a través de unas líneas 13 de reciclaje al dispositivo 3 de suministro, en este caso, a la bomba 4 de mezcla, donde es mezclada con material orgánico fresco suministrado antes de que la mezcla obtenida de este modo vaya a parar al depósito 1 de fermentación a través de la entrada 6.

En esta realización, la abertura 12 de retorno está situada a cierta altura encima de la salida 9 en el depósito 1, de forma específica, de modo que el volumen situado corriente abajo con respecto a la abertura 12 de retorno ocupa una quinta parte del volumen total del depósito 1 de fermentación.

10 Es posible disponer dos o más aberturas 12 de retorno o aberturas 12 de retorno que son ajustables en altura, de modo que el material parcialmente fermentado puede ser reciclado después de varios periodos de permanencia.

El funcionamiento de tal dispositivo descrito anteriormente y mostrado en la figura 1, así como el método para fermentar material orgánico de manera anaeróbica, es sencillo y se describe a continuación mediante un ejemplo en las figuras.

15 EJEMPLO:

20 Empezando por un depósito 1 de fermentación que tiene un volumen de fermentación total de 2000 m³ (volumen activo), que se llena con material orgánico de fermentación, se mezclan 100 m³ de material orgánico fresco con 300 m³ de material parcialmente fermentado que se usa como un inoculante durante el suministro diario. Se asume que la cantidad del suministro de agua y/o vapor necesaria para obtener el contenido deseado de materia seca en la bomba de mezcla es igual al tonelaje de biogás húmedo que se produce.

25 De esta manera, cada día se extraen 300 m³ de material parcialmente fermentado del depósito 1 de fermentación a través de la abertura 12 de retorno y la línea 13 de reciclaje. Debido a que la línea 13 de reciclaje se abre a una altura encima de la salida 9 en el depósito 1, el inoculante está formado por material parcialmente fermentado rico en bacterias activas, a diferencia del material orgánico que está totalmente descompuesto al ser extraído del depósito 1 de fermentación a través de la salida 9, en el que las bacterias ya son significativamente menos activas.

El material fresco y el inoculante siguen siendo transportados y son mezclados mediante la bomba 4 de mezcla.

La mezcla es suministrada al interior del depósito 1 de fermentación a través de las líneas 5 de suministro y de la entrada 6.

30 Gracias a una relación de mezcla adecuada entre el material orgánico fresco y el inoculante, la mezcla es suficientemente bombeable y puede ser bombeada o transportada al interior de un depósito de fermentación cerrado. Además, la mezcla incluye una gran cantidad de bacterias anaeróbicas, de modo que el proceso de fermentación puede comenzar inmediatamente y sin retrasos considerables.

De hecho, gracias a que el inoculante está formado por material orgánico parcialmente fermentado extraído del depósito de fermentación a una distancia de la salida 9, la materia presenta actividad bacteriana.

35 En el depósito 1 de fermentación la mezcla se añade a la masa de fermentación y se desplaza en la dirección de la salida 9.

40 El material parcialmente fermentado que, posiblemente, ya ha sido reciclado adicionalmente a través de las líneas 13 de reciclaje y que se usa como un inoculante, queda dispuesto en la zona situada corriente arriba con respecto a las líneas 13 de reciclaje o encima de las mismas, denominada a continuación la primera zona A. En este ejemplo, esta primera zona A representa un volumen aproximadamente de 1600 m³.

45 Debido a que cada día se bombea un promedio de 400 m³ de material mezclado en la parte superior del depósito de fermentación y en la primera zona A y también se extraen 300 m³ de material parcialmente fermentado de la zona 1 a través de las líneas 13 de reciclaje, y también se extraen 100 m³ de material totalmente fermentado de la zona 2 en la parte inferior del depósito 1 de fermentación a través de la salida 9, de modo que 100 m³ de material parcialmente fermentado descienden simultáneamente a través de la zona 1 a la zona 2, se obtiene un periodo de permanencia adicional de 4 días. Después de este periodo de permanencia promedio de 4 días, la mezcla obtenida de material orgánico e inoculante es extraída del depósito 1 de fermentación a través de las líneas 13 de reciclaje como material parcialmente fermentado que será añadido en la bomba 4 de mezcla como inoculante.

50 El material parcialmente fermentado que no ha sido extraído del depósito 1 de fermentación en la línea 13 de reciclaje se sigue desplazando hacia abajo en la dirección de la salida 9. En esta zona, denominada a continuación la segunda zona B, y que representa un volumen aproximadamente de 400 m³, el material parcialmente fermentado ya no es adecuado para su reciclaje. El mismo sigue descendiendo lentamente con un flujo lento hacia la salida 9 del depósito 1 de fermentación. El material queda sujeto a una post-fermentación que se lleva a cabo en el mismo

- depósito 1 de fermentación y que simplemente se reduce al final de la fase metanógena, donde no se suministra material adicional. La actividad biológica disminuye a medida que el material se aproxima a la salida 9. En este caso, el material permanece otros 4 días en esta segunda zona B, ya que es necesario extraer cada día 100 m³ de material totalmente fermentado a través de la salida 9 para dejar espacio para los 100 m³ de material orgánico fresco que se añaden cada día al depósito 1 de fermentación.
- 5 La bomba 10 de extracción extrae el material fermentado para su tratamiento posterior a través de las líneas 11.
- El periodo de permanencia promedio es de hasta 20 días en esta realización, ya que se suministran 100 m³ de material orgánico fresco a la planta, aunque con un tiempo de reciclaje interno del material parcialmente fermentado de 4 días en la primera zona A y una post-fermentación de 4 días en la segunda zona B, el periodo de permanencia mínimo es de 8 días para cualquier parte de material orgánico suministrada al depósito de fermentación.
- 10 Como promedio, el material parcialmente fermentado se recicla 4 veces como inoculante. No obstante, es posible que una parte de material orgánico fresco suministrado pase accidentalmente la salida a partir de la primera vez y no sea reciclada. Sin embargo, esta parte de material orgánico se fermentará posteriormente otros 4 días, sumando un periodo de permanencia mínimo de 8 días. Otras partes de material orgánico se reciclarán de 2 a 6 veces y más para su inoculación. Si no se hubiese previsto la división en dos zonas y fases adicionales, con este depósito 1 de fermentación se habría obtenido un tiempo de reciclaje o un tiempo de paso de 5 días.
- 15 Disponiendo una abertura 12 de retorno y una línea 13 de reciclaje, se crea un volumen de 400 m³ para la post-fermentación, que da como resultado un aumento del periodo de permanencia mínimo garantizado de 5 a 8 días, sin que sea necesario un segundo depósito de fermentación separado.
- 20 El biogás producido en el depósito 1 de fermentación se descarga a través de la salida 7 para biogás dispuesta en la parte superior del depósito 1 de fermentación.
- Resulta evidente que la bomba 4 de mezcla puede ser sustituida por una mezcladora y una bomba o por cualquier sistema deseado para mezclar parcialmente el material, así como un sistema o dispositivo para transportar el material mezclado a la entrada 6 del depósito 1 de fermentación o un sistema en el que el material orgánico fresco y el material parcialmente fermentado se unen entre sí o son suministrados al depósito 1 de fermentación a través de una entrada separada en una proporción específica, incluso sin que se produzca ninguna mezcla activa. También es posible instalar una mezcladora o varias mezcladoras (mecánicas o con gas) en la zona de fermentación activa y en la zona de fermentación final, aunque de tal manera que ambas zonas no puedan mezclarse, es decir, de modo que el material situado después de la línea 13 de reciclaje no se mezcle nuevamente con el material situado frente a la línea 13 de reciclaje.
- 25 30 También resulta evidente que, si en un depósito 1 de fermentación que tiene el mismo volumen de 2000 m³, las líneas 13 de reciclaje estuviesen colocadas más cerca de la salida 9, por ejemplo, de modo que la primera zona A ocupase un volumen de 1700 m³, mientras la segunda zona B ocupase un volumen de 300 m³, y con un suministro y una descarga correspondiente de 150 m³ y un volumen de reciclaje de 700 m³, se obtendría un tiempo de reciclaje de 2 días, un tiempo de post-fermentación de 2 días y un tiempo de paso mínimo total de 4 días, mientras que el periodo de permanencia total promedio sería de $2000:150 = 13,33$ días. De esta manera, es posible mantener una carga muy alta mientras, no obstante, se produce material fermentado que ha permanecido en el depósito de fermentación un mínimo de 4 días.
- 35 Resulta evidente que el dispositivo 3 de suministro puede comprender medios que determinan la proporción entre material orgánico fresco e inoculante reciclado y que esta proporción puede establecerse o ajustarse mediante un control.
- También resulta evidente que los volúmenes de las zonas, las relaciones de reciclaje y los periodos de permanencia promedio deberían ajustarse y optimizarse dependiendo del material orgánico a procesar, la carga orgánica deseada y la producción deseada de biogás, así como de la estabilidad del material parcialmente o totalmente fermentado.
- 45 Finalmente, también resulta evidente que un depósito 1 de fermentación según la invención también puede estar dotado de varias aberturas 12 de retorno situadas a diversas distancias entre la entrada 6 y la salida 9 y de líneas 13 de reciclaje correspondientes que van a parar al dispositivo 3 de suministro, creándose una zona adicional por abertura 12 de retorno adicional entre las zonas A y B mencionadas anteriormente. El material en cada zona tiene unas características específicas que permiten obtener un efecto deseado mediante un control adecuado del retorno correspondiente del material orgánico.
- 50 El dispositivo para la fermentación anaeróbica de material orgánico mostrado en la figura 2 difiere del dispositivo descrito anteriormente por el hecho de que la parte inferior 8 es cónica en este caso. La salida 9 está conectada al punto central más bajo y la línea 13 de reciclaje está conectada a una parte más alta de la parte inferior 8, de forma específica, a una altura encima de la salida 9.
- 55 Asimismo, este dispositivo difiere del dispositivo descrito anteriormente mostrado en la figura 1 por el hecho de que

la bomba 10 de extracción está dotada de una línea 14 de retorno que conduce a la bomba 4 de mezcla en esta realización.

5 El funcionamiento del depósito 1 de fermentación mostrado en la figura 2 difiere del depósito 1 de fermentación descrito anteriormente mostrado en la figura 1 por el hecho de que la parte inferior 8 cónica evita la presencia de una posible zona muerta de material fermentado en las esquinas, junto a la conexión de las paredes verticales y la parte inferior 8 plana, tal como sucede en la figura 1. La parte inferior cónica también puede estar redondeada.

10 La línea 14 de retorno puede usarse en caso de cualquier inestabilidad biológica debida a fluctuaciones estacionales, un cambio en la calidad de los residuos y similares en la primera fase encima de la abertura 12 de retorno. Un reciclaje y una recirculación parciales del material totalmente fermentado obtenido a través de la salida 9, la bomba 10 de extracción y la línea 14 de retorno aseguran que el periodo de permanencia se alarga en la primera zona A y se acorta en la segunda zona B en la que se produce la post-fermentación. Por ejemplo, en un caso extremo, solamente se reciclaría temporalmente material totalmente fermentado a través de la salida 9, de modo que la fermentación activa se prolongaría 5 días en vez de hacerlo 4 días y de modo que es posible compensar una inhibición biológica o un suministro adicional temporal de material orgánico fresco.

15 Las figuras 3 y 4 muestran un dispositivo que difiere del dispositivo descrito anteriormente para la fermentación anaeróbica de material orgánico mostrado en la figura 2 por el hecho de que las líneas 5 de suministro entre la bomba 4 de mezcla y la entrada 6 están situadas parcialmente y verticalmente en el depósito 1 de fermentación. Las líneas 5 de suministro, así como las líneas de reciclaje, pueden ser parcial o totalmente horizontales, dependiendo de la posición de la bomba 4 de mezcla.

20 En este caso, la salida 12 consiste en varios puntos de salida que conducen a la bomba 4 de mezcla a través de líneas 13 de reciclaje.

También estas líneas 13 de reciclaje entre la bomba 4 de mezcla y la conexión a la parte inferior 8 del depósito 1 de fermentación discurren verticalmente, de forma específica, hasta una altura encima de la salida 9 en la parte cónica del depósito 1 de fermentación.

25 La figura 4 muestra la manera en la que están dispuestas las tres líneas 5 de suministro, en este caso, cada una separada angularmente entre sí 120° , y la manera en la que están dispuestas las tres líneas 13 de reciclaje, de manera similar, presentando en este caso cada una una separación angular α de 60° con respecto a una línea 5 de suministro.

30 Las líneas 5 de suministro están situadas junto a la pared vertical del depósito 1 de fermentación en esta realización, mientras que las líneas 13 de reciclaje están situadas algo más cerca de la salida central 9.

Esta configuración también puede ser inversa, estando dispuestas las líneas 13 de reciclaje más cerca de la pared y estando dispuestas las líneas 5 de suministro más centralmente en la parte cónica del depósito 1 de fermentación.

35 Posiblemente, el suministro puede obtenerse a través de uno o varios puntos en el techo o en la parte superior del reactor, a través de líneas de suministro externas. Además, las líneas de reciclaje pueden estar dispuestas a más o menos altura en la parte cónica o incluso en la parte vertical de la pared del depósito 1 de fermentación, o a mayor altura con respecto a la parte inferior 8 plana en el caso de un depósito 1 de fermentación cilíndrico.

La realización mostrada en las figuras 3 y 4 resulta ventajosa a este respecto por el hecho de que la colocación vertical de las líneas 13 de reciclaje y de las líneas 5 de suministro, dispuestas parcialmente en el depósito 1 de fermentación, permite su suministro por gravedad y no requiere espacio adicional fuera del depósito.

40 Gracias a la colocación mutua especial de las líneas mencionadas anteriormente, bien distribuidas y, en este caso, con una separación angular mutua de 60° , quedando situadas las líneas de reciclaje de forma algo más centrada o más hacia la pared, se obtiene un buen flujo de paso del material de fermentación.

45 Tal como se muestra en las figuras 3 y 4, la abertura 12 de retorno también puede estar formada por diferentes puntos de salida. Posiblemente, los diferentes puntos de salida están dispuestos a distancias mutuamente diferentes de la salida 9 o, en este caso, a alturas distintas encima de la misma. Posiblemente, la distancia de un punto de salida a la salida 9 es ajustable.

Finalmente, la figura 5 muestra una realización diferente de un dispositivo para la fermentación anaeróbica de residuos orgánicos en la que el depósito 1 de fermentación está colocado horizontalmente.

50 El material de fermentación se desplaza horizontalmente según el principio de flujo lento desde la entrada 6 situada en el lado izquierdo de la figura 5 a la salida 9 situada en el lado derecho.

El funcionamiento del depósito 1 de fermentación mostrado en la figura 5 es totalmente similar al funcionamiento del depósito 1 de fermentación vertical mostrado en la figura 1 aunque, en esta realización, el material se desplaza horizontalmente de la entrada 6 a la salida 9.

Resulta evidente que, en todas las realizaciones descritas, el dispositivo 3 de suministro también puede tener una configuración diferente y puede contener, por ejemplo, una bomba y una mezcladora separadas, o la bomba puede ser sustituida por otros medios para desplazar el material orgánico fresco y el inoculante en una proporción determinada, posiblemente sin ninguna mezcladora activa.

- 5 El material orgánico fresco también puede añadirse al depósito 1 de fermentación o a la línea 5 de suministro a través de una bomba separada, del mismo modo que el material parcialmente fermentado puede añadirse por separado a través de otra bomba y otra línea 5 de suministro. De forma adicional, una mezcladora o tornillo transportador pueden estar integrados en el depósito 1 de fermentación para mezclar o desplazar el material. También es posible inyectar biogás para desplazar y/o mezclar parcialmente el material de fermentación.
- 10 Preferiblemente, el sistema de desplazamiento o mezcla horizontal está diseñado de modo que entre la primera zona A y la segunda zona B no se produce una mezcla o la mezcla es solamente limitada.

También resulta evidente que la abertura 12 de retorno puede estar conectada al dispositivo 3 de suministro de diferentes maneras y que las líneas 13 de reciclaje pueden ser sustituidas por otros medios que permiten transportar material parcialmente fermentado como un inoculante.

15

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la fermentación anaeróbica de material orgánico, en el que el material orgánico a fermentar se dispone en un depósito (1) de fermentación conjuntamente con un inoculante y se desplaza o es desplazado de una entrada (6) del depósito (1) de fermentación a una salida (9) del mismo, en el que el material fermentado se extrae del depósito (1) a través de la salida (9), **caracterizado por el hecho de que** una fracción del material parcialmente fermentado situada entre la entrada (6) y la salida (9) se extrae del depósito (1) de fermentación al menos a través de una abertura (12) de retorno, es transportada al dispositivo (3) de suministro entre el orificio (6) de entrada y el orificio (9) de salida y se usa como un inoculante, mientras que el material parcialmente fermentado entre la abertura (12) de retorno y la salida (9) sigue siendo post-fermentado durante cierto tiempo antes de ser extraído del depósito (1) de fermentación a través de la salida (9).
- 10 2. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** la fracción de material parcialmente fermentado mencionada anteriormente se extrae a través de la abertura (12) de retorno después de al menos 12 horas y, preferiblemente, después de al menos 2 días, y en el que el material parcialmente fermentado se extrae después de al menos 6 horas y, preferiblemente, después de al menos 2 días a través de la salida (9).
- 15 3. Método según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** una parte del material fermentado que se extrae del depósito (1) de fermentación a través de la salida (9) es recirculada a la entrada del depósito (1) de fermentación y, posiblemente, se mezcla con material orgánico fresco a fermentar y, posiblemente, también con el inoculante que fue extraído del depósito (1) de fermentación a través de la abertura (12) de retorno.
- 20 4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por el hecho de que** el material se desplaza de la parte superior a la parte inferior a través del depósito (1) de fermentación por gravedad.
5. Método según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** no se produce ninguna mezcla mecánica en el depósito (1) de fermentación ni ninguna mezcla con inyección de gas.
6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por el hecho de que** el material se desplaza horizontalmente de un extremo al otro extremo a través del depósito (1) de fermentación.
- 25 7. Dispositivo para implementar un método según una cualquiera o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por el hecho de que** comprende un depósito (1) de fermentación con una cámara (2) de fermentación en la que es posible fermentar material orgánico, un dispositivo (3) de suministro que puede mezclar material orgánico fresco con inoculante y puede transportarlo a una entrada (6) en el depósito (1) de fermentación, que también está dotado de una salida (9) a través de la que el material fermentado puede ser descargado y de una salida (7) para biogás, en el que el dispositivo también está dotado de una abertura (12) de retorno a través de la que una fracción del material parcialmente fermentado, situada entre la entrada (6) y la salida (9), puede ser extraída del depósito (1) de fermentación y puede ser transportada al dispositivo (3) de suministro.
- 30 8. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** la abertura (12) de retorno divide el depósito (1) de fermentación en una primera zona (A) situada corriente arriba con respecto a la abertura (12) de retorno y en una segunda zona (B) situada corriente abajo con respecto a la misma, y **por el hecho de que** la abertura (12) de retorno está situada a una distancia suficientemente grande de la salida (9), preferiblemente de modo que el volumen de la segunda zona (B) ocupa al menos una cincuentava parte o incluso una veinteava parte, una quinta parte, una cuarta parte, una tercera parte o la mitad del volumen total del depósito (1) de fermentación para poder garantizar una post-fermentación de al menos 6 horas y, preferiblemente, de al menos 2 días.
- 35 9. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** el dispositivo (3) de suministro comprende una bomba (4) de mezcla.
- 40 10. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** el dispositivo (3) de suministro comprende una mezcladora.
- 45 11. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** el dispositivo (3) de suministro comprende una bomba.
12. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** el dispositivo (3) de suministro tiene dos sistemas de suministro, en el que el material orgánico fresco se dispone en el depósito (1) de fermentación conjuntamente con el material parcialmente fermentado o cada uno a través de una línea separada, a través de una línea (5) de suministro común o a través de dos líneas (5) separadas.
- 50 13. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** un sistema de mezcla está dispuesto en la primera zona (A).
14. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** un sistema de mezcla está dispuesto en la primera zona (A) y la segunda zona (B), en el que entre las dos zonas no se produce una mezcla o la mezcla es reducida.

15. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** el dispositivo (3) de suministro comprende medios que determinan la proporción entre material orgánico fresco e inoculante reciclado, y por el hecho de que esta proporción puede establecerse o ajustarse mediante un control.
- 5 16. Dispositivo según la reivindicación 6, **caracterizado por el hecho de que** el dispositivo (3) de suministro comprende líneas (5) de suministro.
17. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** el depósito (1) de fermentación comprende dos o más aberturas (13) de retorno.
18. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** el depósito (1) de fermentación comprende aberturas (13) de retorno ajustables en altura.
- 10 19. Dispositivo según la reivindicación 10, **caracterizado por el hecho de que** las líneas (5) de suministro se abren en una entrada (6) en el depósito (1) de fermentación.
20. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** entre la abertura (12) de retorno y el dispositivo (3) de suministro están dispuestas líneas (13) de reciclaje.
- 15 21. Dispositivo según la reivindicación 4, **caracterizado por el hecho de que** entre la bomba (10) de extracción y el dispositivo (3) de suministro está dispuesta una línea (14) de retorno.

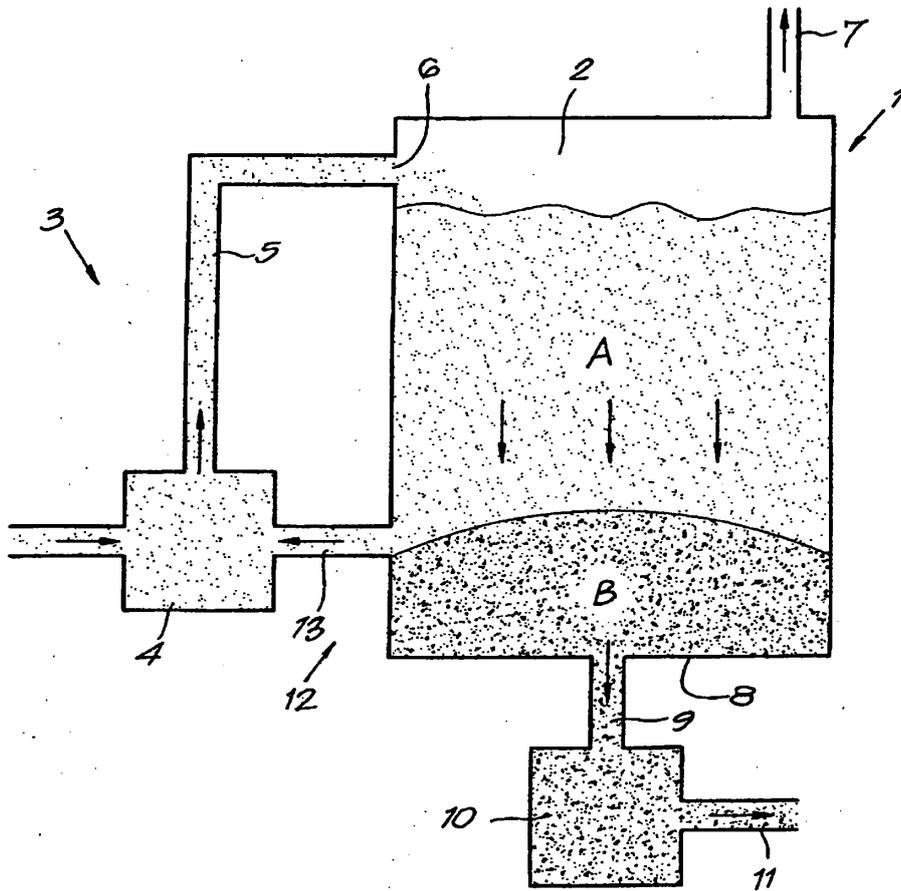


Fig. 1

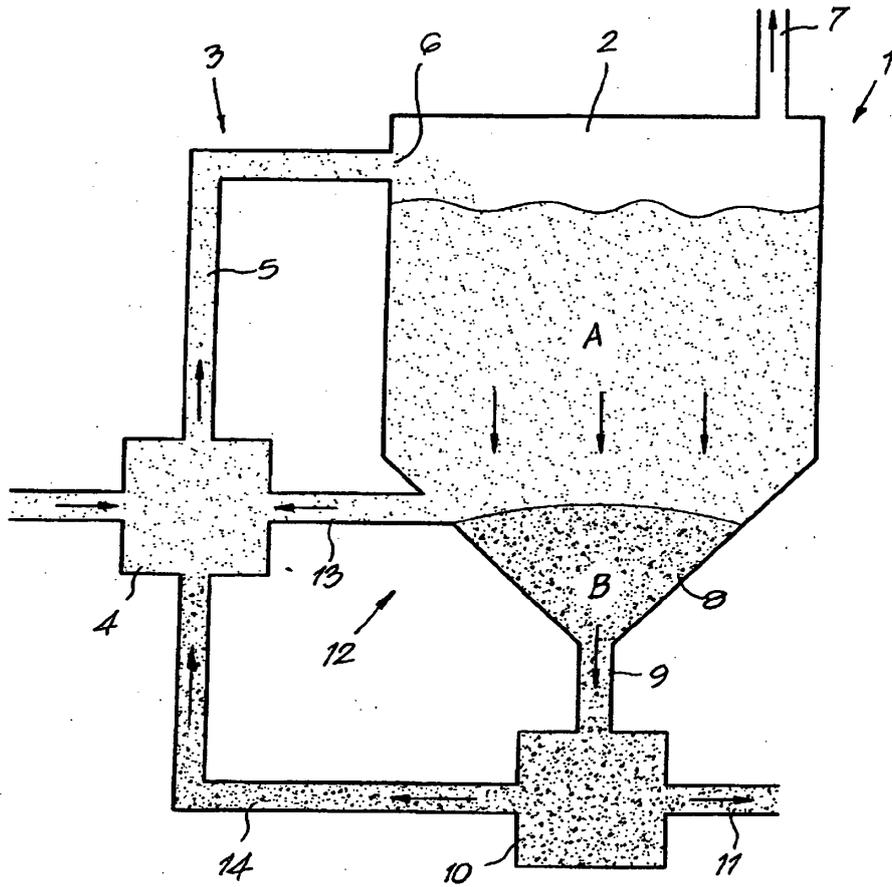


Fig. 2

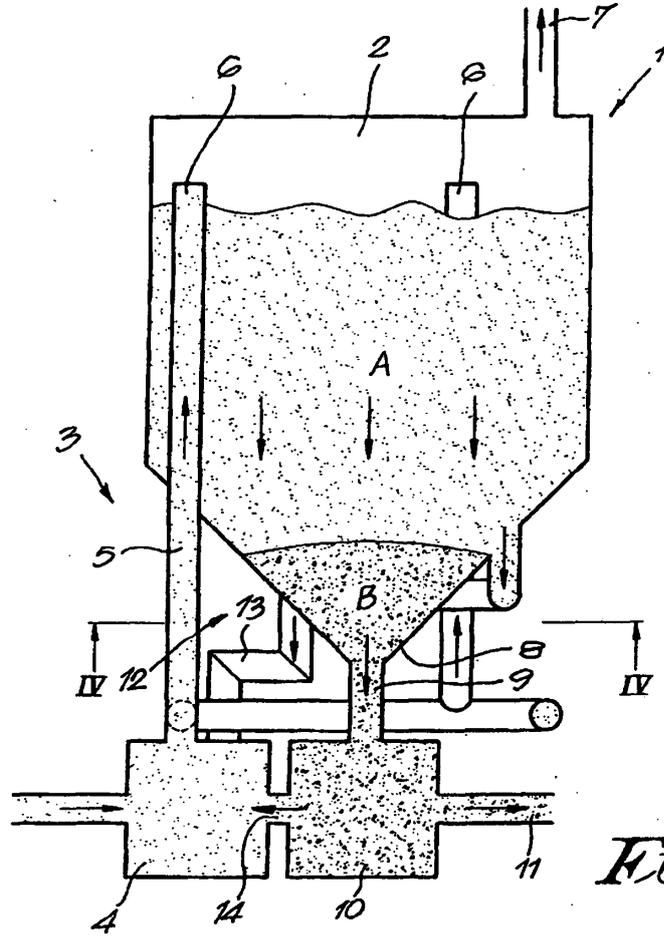


Fig. 3

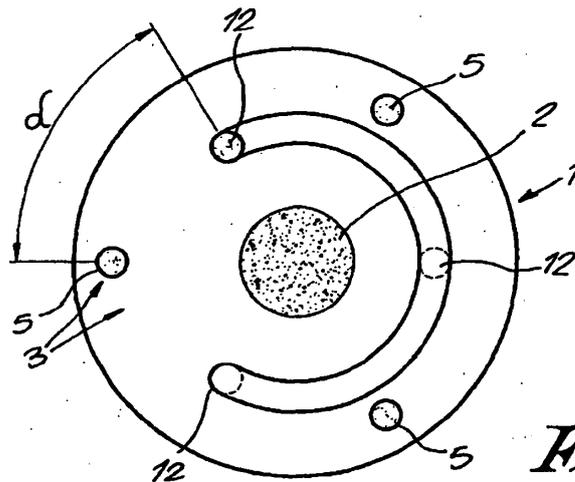


Fig. 4

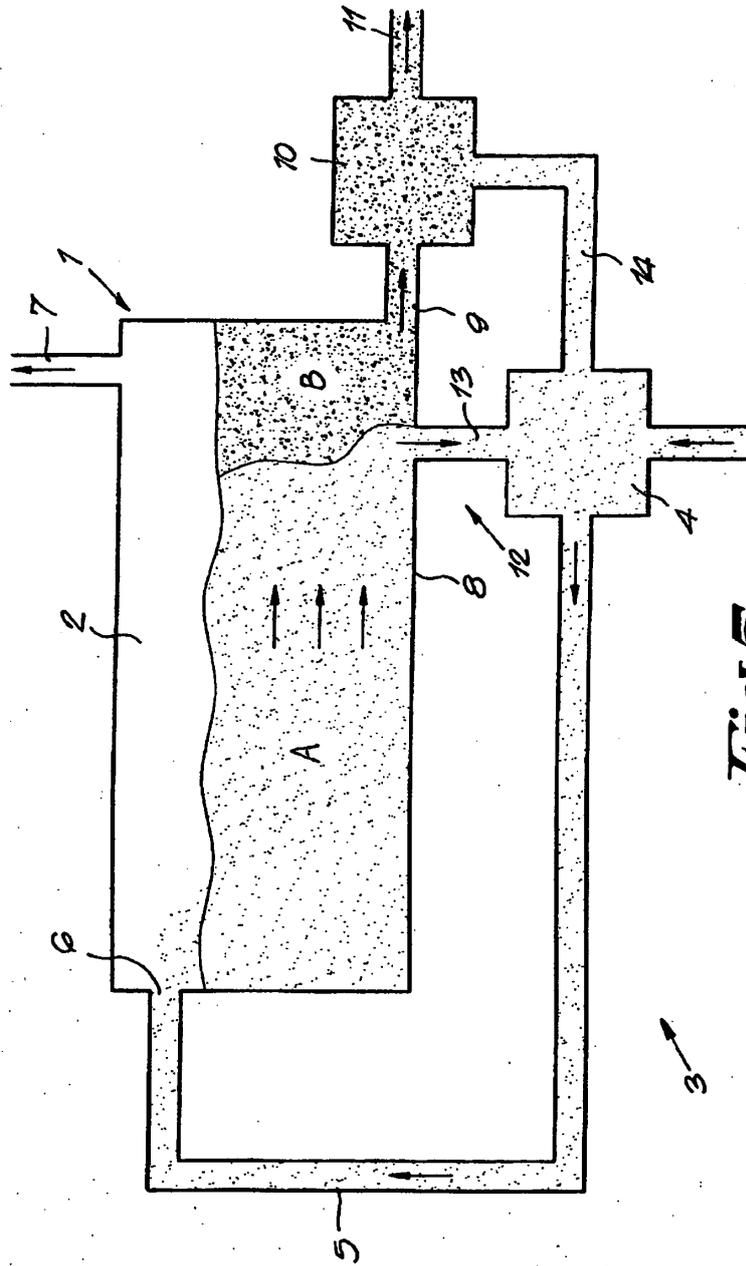


Fig. 5