

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 643 188**

51 Int. Cl.:

C02F 3/12	(2006.01) <i>C02F 101/16</i>	(2006.01)
C02F 1/20	(2006.01) <i>C02F 103/20</i>	(2006.01)
A01C 3/00	(2006.01)	
C05F 3/00	(2006.01)	
C05F 17/00	(2006.01)	
C12M 1/00	(2006.01)	
C02F 11/04	(2006.01)	
C02F 1/52	(2006.01)	
C02F 1/66	(2006.01)	
C02F 101/10	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.04.2009 PCT/FI2009/050328**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2009 WO09130396**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.04.2009 E 09735169 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2279153**

54 Título: **Método para el tratamiento y/o pretratamiento de estiércol líquido o rechazo de plantas de biogás para la eliminación de sustancias nocivas, en particular nitrógeno, fósforo y moléculas odoríferas**

30 Prioridad:

25.04.2008 FI 20085371

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.11.2017

73 Titular/es:

**PELLON GROUP OY (100.0%)
Yrittäjätie 10
62375 Ylihärmä, FI**

72 Inventor/es:

**ALITALO , ANNI;
AURA, ERKKI y
SEPPÄLÄ, RISTO**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 643 188 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 para el tratamiento y/o pretratamiento de estiércol líquido o rechazo de plantas de biogás para la eliminación de sustancias nocivas, en particular nitrógeno, fósforo y moléculas odoríferas

5 La presente invención se refiere a un método tal como se indica en el preámbulo de la reivindicación 1, para el tratamiento y/o pretratamiento de estiércol líquido o rechazo de plantas de biogás para la eliminación de sustancias nocivas, en particular nitrógeno, fósforo y moléculas odoríferas.

10 Como consecuencia de la intensificación general de la agricultura, el mayor tamaño de las explotaciones, la concentración de éstas en regiones determinadas y, por otra parte, su especialización en una línea de producción determinada, han resultado en una situación en la que se producen más nutrientes de los que pueden esparcirse en campos agrícolas. La situación ha culminado en instalaciones de biogás centralizadas, en las que se suministran al proceso de digestión, materiales de alimentación enriquecidos en nutrientes procedentes del exterior de la explotación. Se ha encontrado que los nutrientes de origen agrícola constituyen la causa principal de la eutrofización de los cursos de agua. La escorrentía de nitrógeno es el peligro medioambiental más importante causado por las pérdidas de nitrógeno. El nitrato resultante de la nitrificación presenta una especial tendencia a la escorrentía. La carga de nitrógeno de un sistema acuático causa el crecimiento excesivo de algas limitadas por el nitrógeno y, de esta manera, deteriora la calidad del agua. La escorrentía de nitrógeno hacia las reservas de agua potable podría provocar riesgos sanitarios en el caso de que el contenido de nitrógeno resulte excesivamente elevado.

25 En un esfuerzo particular por reducir la escorrentía de nutrientes hacia aguas naturales, la fertilización nitrogenada ha sido restringida por la legislación. La Directiva sobre nitratos publicada por la Unión Europea restringe la cantidad de nitrógeno que se permite esparcir sobre los campos agrícolas. Por lo tanto, algunas explotaciones se ven forzadas a eliminar los nutrientes a mayor distancia o por completo fuera de los límites de la explotación. Sin embargo, la mayor parte del volumen del estiércol líquido consiste en agua. Ello conlleva costes sustanciales de transporte y esparcimiento. Además de la producción cuantitativa, también existen otros problemas relacionados con la utilización del nitrógeno del estiércol líquido como fertilizante. El valor de fertilización del nitrógeno del estiércol líquido es difícil de estimar debido a que parte de éste se halla en un estado orgánico. El nitrógeno orgánico no se encuentra en una forma directamente útil para las plantas sino que es liberado gradualmente a una forma inorgánica que son capaces de utilizar las plantas. Por otra parte, parte del nitrógeno del estiércol líquido puede perderse en forma de emisiones gaseosas de nitrógeno, durante el almacenamiento, durante el esparcimiento o inmediatamente después de éste, en forma de emisiones de gas amonio o mediante desnitrificación en forma de óxidos de nitrógeno y/o gas nitrógeno. Por lo tanto, el valor de fertilización del nitrógeno del estiércol líquido fluctúa más que el de los fertilizantes minerales. Debido a que el efecto de fertilización de nitrógeno resulta difícil de estimar, ello conduce fácilmente a la sobre- o infra-estimación de la fertilización. A la luz de los motivos anteriormente expuestos, existe una demanda de métodos útiles para: I) concentrar o separar el nitrógeno de la fracción líquida, II) convertir el nitrógeno del estiércol líquido en una forma que permita utilizar el valor de fertilización del mismo de la manera más eficaz posible y reduzca de esta manera la necesidad de utilizar fertilizantes minerales.

40 Con respecto al fósforo del estiércol líquido, existen varios métodos viables para reducir su contenido o su separación total. El contenido de fósforo puede reducirse eficazmente mediante simplemente la separación de sólidos y líquidos unos respecto a otros, por ejemplo mediante la separación mecánica, de manera que una parte considerable del fósforo quede en la fracción sólida. Por otra parte, el fósforo puede precipitarse eficazmente a partir del estiércol líquido químicamente, con fosfato de magnesio y amonio (estruvita), en cuyo caso los nutrientes en el precipitado se encuentran en una forma útil para las plantas, o mediante un método utilizado generalmente en las instalaciones de tratamiento de aguas residuales, mediante la precipitación con una sal de hierro trivalente o de aluminio (Fe^{3+} , Al^{3+}). El nitrógeno es considerablemente más difícil que el fósforo en términos de concentración o separación. En la separación mecánica, la mayor parte del nitrógeno se mantiene en la fracción líquida. En la práctica, la unión química mediante la utilización de un reactivo resulta difícil y sólo puede separarse parte del nitrógeno. La separación del amonio del estiércol líquido basándose en un principio de torre de contracorriente (despojamiento o 'stripping' de amonio) no ha sido implementable hasta el momento de manera económicamente viable.

55 Nitrógeno en el estiércol líquido

El estiércol líquido contiene nitrógeno en forma tanto orgánica como inorgánica a altas concentraciones. El contenido medio de nitrógeno soluble en el estiércol líquido porcino es de 2,5 kg/tonelada, siendo el contenido medio de nitrógeno total de 3,8 kg/tonelada. El estiércol líquido bovino presenta un contenido de nitrógeno total de 3,0 kg/tonelada, siendo el contenido de nitrógeno soluble de 1,8 kg/tonelada (datos del Servicio de Análisis del suelo).

La diferencia entre el nitrógeno total y el nitrógeno soluble representa la cantidad de nitrógeno orgánico contenido en el estiércol líquido. El origen de la mayor parte del nitrógeno es la orina y se hidroliza enzimáticamente en amonio ya en los primeros pocos días desde el inicio del almacenamiento. Mayoritariamente el nitrógeno soluble contenido en el estiércol líquido consiste en amonio. Con respecto a las aguas residuales, el contenido de nitrógeno del estiércol líquido es aproximadamente diez veces superior.

Métodos utilizados para separar el nitrógeno del estiércol líquido

5 La separación del nitrógeno del estiércol líquido ha resultado en el desarrollo y ensayo de una multitud de diversos métodos. Entre ellos se incluyen, entre otros, diversos métodos de precipitación química, intercambio iónico, diversos métodos de filtración de membrana, métodos de separación biológica, así como la separación del amonio basada en un principio de torre de contracorriente (despojamiento de amonio). Lo que es típico de la mayoría de métodos es que resultan inadecuados para conseguir un estándar aceptable respecto a la separación del amonio y el precio bastante elevado.

10

Separación de sólidos y líquido

Se ha encontrado que la separación física presenta sólo un efecto pequeño sobre la fracción de nitrógeno disuelta en el líquido.

15

Sedimentación y separación mecánica

En la separación mecánica, la mayor parte del nitrógeno permanece dentro de la fracción líquida.

20

Métodos biológicos

25 Con respecto a los métodos biológicos, el método mejor conocido y utilizado comúnmente, en particular como método de separación del nitrógeno del efluente, es un procedimiento de nitrificación/desnitrificación. La nitrificación-desnitrificación es un proceso de oxidación-reducción en dos etapas. En él, el nitrógeno en primer lugar se oxida a una forma nitrato, es decir, se nitrifica. A continuación, se necesita una etapa de desnitrificación en ausencia de oxígeno, en la que el nitrógeno del nitrato se reduce a gas nitrógeno. El método requiere las condiciones óptimas precisas para funcionar.

30

También se han desarrollado otros métodos biológicos de separación del nitrógeno. Respecto a ellos, la reacción anaeróbica de oxidación del amonio (anammox), todavía en desarrollo, ha sido la que ha atraído más atención. El método comprende la oxidación del amonio directamente a gas nitrógeno (N₂), mientras que NO₂ actúa de aceptor de electrones. El método sólo se encuentra en una etapa de desarrollo.

35

Un problema de todos los métodos biológicos de separación del nitrógeno es que presentan costes de inversión y mantenimiento bastante elevados. En los métodos, el nitrógeno no se recupera, sino que es liberado en forma de gas a la atmósfera.

Filtración

40 Aunque la filtración ha sido utilizada principalmente para la retención de sólidos, las propiedades químicas y, posiblemente, también biológicas, de una solución filtrada también resultan influidas por la filtración. Sin embargo, las reducciones de los compuestos de nitrógeno presentes en una forma disuelta en el líquido no han sido más altos que 10% en el mejor de los casos.

45

Ósmosis inversa

La ósmosis inversa es una técnica de purificación por membrana presurizada. El principio se basa en la utilización de la presión para forzar un solvente (habitualmente agua pura) a que pase por una membrana semipermeable desde una solución de concentración más alta hacia una de concentración más baja, es decir, el sentido contrario al de la ósmosis. Para que el método resulte aplicable al nitrógeno del estiércol líquido la separación requiere un pretratamiento del estiércol líquido (sedimentación, precipitación y microfiltración).

50

Métodos electroquímicos

55 La electroflotación es un método de separación, en el que las partículas más ligeras suben a la superficie del agua residual junto con pequeñas burbujas de gas. En este método, las superficies de los electrodos (ánodo y cátodo) desarrollan mediante electrólisis del agua, pequeñas burbujas de gas de hidrógeno y de oxígeno (diámetro de 22 a 50 micrómetros). Las burbujas suben a la superficie del líquido y actúan simultáneamente como colectores de partículas pequeñas finamente divididas. La electrólisis exige una corriente eléctrica potente. El procedimiento está limitado por el contenido elevado de materia seca del estiércol líquido. Con el fin de permitir también una eliminación eficaz del nitrógeno soluble, el método requiere la oxidación electroquímica simultánea.

60

Oxidación electroquímica

65 Existe una diversidad de maneras de llevar a cabo la oxidación electroquímica. Un método común bien conocido es la utilización de cloro e hipoclorito formado en el ánodo para la oxidación del amonio. En el método, la

descomposición del amonio se produce mediante una reacción de oxidación indirecta. La descomposición tiene lugar mediante intermediarios oxidantes potentes generados en una solución líquida en una reacción electroquímica.

5 En presencia de cloro, se genera gas cloro en el ánodo. Después de la reacción en el ánodo se produce la difusión del gas cloro en la solución líquida (disolución) y además una protonación formando hipoclorito y ácido hipocloroso, según el pH. El método presenta su eficacia según la sal que debe añadirse y la intensidad de la corriente eléctrica. Una oxidación eficaz del amonio requiere típicamente una dosis de cloro de 30 g/l. El problema es la posible formación de intermediarios orgánicos clorados.

10 Separación del nitrógeno mediante despojamiento

15 El método comprende reducir el contenido de amonio en una fase líquida pasándola en una torre por una fase gaseosa. El método se basa en elevar en primer lugar el pH del estiércol líquido para convertir el nitrógeno del amonio contenido en el mismo en amoníaco. A continuación, se pasa el estiércol líquido por una torre rellena con un material de relleno estimulando la evaporación del NH_3 , de manera que el estiércol líquido se alimenta al interior de la torre por su extremo de tope, soplando simultáneamente aire por la torre desde su parte de fondo, resultando en la desorción del amoníaco, es decir, su paso a fase gaseosa desde la superficie (límite) de la suspensión que percola hacia abajo por el material de relleno. El gas amonio separado en la fase gaseosa se pasa adicionalmente por agua o ácido, en el que el gas amonio se adsorbe en el líquido.

20 La evaporación del amonio depende del pH y la temperatura de la solución. Con la elevación del pH, el ión amonio se disocia y forma iones hidrógeno y amoníaco. Los iones hidrógeno resultantes se unen a iones OH negativos, produciendo agua. $[\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}]$. Este equilibrio depende del pH y de la temperatura. En una solución neutra (pH 7), la cantidad de moléculas de amoníaco está en proporción a la cantidad total de iones amonio y moléculas de amoníaco es sólo de 0,39%, mientras que la proporción a pH 9 es de 28,4% a la temperatura de 20 grados.

30 El amoníaco es muy volátil pero también es altamente soluble en agua. Según la ley de Henry, a temperatura constante, la cantidad de un gas dado disuelto en un tipo y volumen dados de líquido es directamente proporcional a la presión parcial de dicho gas en el equilibrio con dicho líquido. De esta manera, es una consecuencia de la ley de Henry que la presión parcial del gas amonio sobre la superficie de una solución en suspensión es directamente proporcional a la proporción molar de amoníaco en la suspensión.

35 Se lleva a cabo el despojamiento mediante la utilización de una torre o de una torre que está rellena de un material con capacidad de alcanzar un área superficial específica máxima, generando simultáneamente una resistencia al aire tan baja como resulte posible. En consecuencia, la desorción, es decir, el paso del amoníaco desde una superficie límite al interior de una fase gaseosa, se consigue eficazmente. En la torre, el aire y el agua fluyen en contracorriente uno respecto al otro, de manera que a medida que el agua fluye hacia abajo a lo largo de la superficie de un material de relleno en forma de película, el aire fluye hacia arriba en forma de una fase continua. El flujo de aire debe ser suficientemente potente y turbulento para evitar que el aire en proximidad a la superficie del material de relleno incremente su concentración de gas amonio y proporcionar una eliminación eficaz del amonio. También resultaría ventajosa una turbulencia del flujo de líquido.

45 Se ha sometido a ensayo una torre de despojamiento para la separación del nitrógeno del estiércol líquido, aunque ello ha comportado problemas debido a los cuales el método no ha ganado el estatus de práctica general, con la excepción de los experimentos de investigación. Los motivos pueden desglosarse del modo siguiente:

50 1) El contenido elevado de materia seca del estiércol líquido provoca el atascamiento de la torre y dificulta el avance del despojamiento, 2) el despojamiento requiere un pH suficientemente elevado para que la solución permita la separación del amonio en la torre en forma de gas amoníaco. El estiércol líquido no tratado presenta un pH de aproximadamente 7,4. A este pH, la cantidad de moléculas de amonio es sólo de aproximadamente 1% en proporción a la cantidad total de iones amonio y de moléculas de amoníaco, mientras que la proporción respectiva a pH 8,8 ya ha subido a aproximadamente 20%. La modificación del pH del estiércol líquido resulta difícil debido a la elevada capacidad tamponadora contenida en el mismo. La elevación del pH del estiércol líquido crudo requiere la utilización de una gran cantidad de compuestos químicos, provocando que el procedimiento resulte económicamente no viable, 3) La eliminación del nitrógeno supone un problema de olores potentes al pasar el estiércol líquido no tratado por el interior de la torre y viajar el olor junto con el flujo de aire, 4) en la industria, el despojamiento generalmente se lleva a cabo mediante la utilización de una única torre alta (de por lo menos 7 m de altura; USEPA, 2000). Una condición en este tipo de tecnología es que la solución suministrada presenta su nitrógeno en la máxima medida en forma de amoníaco. Con la separación del amoníaco, baja el pH de la solución y cae la capacidad de la torre de separar el nitrógeno. En la industria, las soluciones con frecuencia son de 100% amoníaco. La implementación de una única torre alta incurre en costes adicionales debido a soluciones técnicas demandadas por la altura de la torre, resultando en un diseño técnico que resulta bastante caro.

65

En la publicación de Anni Kokkonen et al. ("A new technology to process swine manure", International Symposium on Air Quality and Waste Management for Agriculture, 16-19.09.2007, Broomfield, Colorado) se representa un método para tratar el estiércol líquido, en el que se utiliza un tratamiento biológico antes de la separación del amoníaco. El propósito de la presente invención es desarrollar adicionalmente dicha solución conocida y permitir que el procedimiento resulte más eficaz.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método para el tratamiento y/o pretratamiento de estiércol líquido o rechazo de una planta de biogás para la eliminación de sustancias nocivas, en particular nitrógeno, fósforo y moléculas odoríferas, comprendiendo dicho método la utilización de un aparato que incluye por lo menos dos tanques de procedimiento funcionalmente secuenciales (5) para llevar a cabo un tratamiento biológico de una materia que debe tratarse, comprendiendo dichos tanques de procedimiento medios de introducción (4) para suministrar al tanque de procedimiento (5) una sustancia que debe tratarse, medios de salida para pasar la materia post-tratamiento hacia el exterior del tanque y medios de entrada de aire (2) para suministrar al tanque de procedimiento el aire requerido para un procedimiento biológico aeróbico, en el que el método comprende proporcionar a cada tanque de procedimiento (5) en primer lugar una población microbiana adaptada para el procesamiento de la materia que debe tratarse, incluyendo dicha adaptación una etapa de aislamiento de una población microbiana del suelo, en el que el aislamiento de la población microbiana incluye: (i) convertir la tierra en una suspensión de tierra- agua, e (ii) añadir lentamente la materia que debe tratarse a la suspensión de tierra-agua durante un periodo de tiempo para producir una población microbiana adaptada para un tratamiento de desodorización de la materia que debe tratarse; suministrar la materia que debe tratarse gradualmente al primer tanque de procedimiento y, de esta manera, adicionalmente en uno o más tanques de procedimiento posteriores, de manera que la población microbiana proporcionada en primer lugar a los tanques de procedimiento desplaza paso a paso la población microbiana original presente en la materia que debe tratarse, llevando a cabo, después de por lo menos un tanque de procedimiento, un tratamiento de eliminación del nitrógeno mediante el suministro a una torre de despojamiento (22A) de la materia que debe tratarse procedente del tanque de procedimiento (5), en el que el pH de la materia que debe tratarse ha sido elevado mediante el tratamiento microbiológico aeróbico hasta un nivel no inferior a pH 8,5, que resulta suficiente desde el punto de vista de la eliminación del nitrógeno en la torre de despojamiento (22A) sin una adición química, devolviendo la materia sustancialmente libre de microbios originales de la torre de despojamiento (22A) al primer tanque de procedimiento para la dilución de la materia que debe tratarse y alimentarse al primer tanque de procedimiento.

El sistema de tratamiento microbiológico desarrollado para el estiércol líquido se basa en: i) añadir estiércol líquido en una cantidad apropiada a un crecimiento/colonia microbiano existente en lugar de añadir una preparación microbiana en una cantidad pequeña ('inoculación' microbiana) al estiércol líquido. El principio es que resulta posible desplazar la colonia microbiana existente de estiércol líquido, con la condición de que presente una presencia infrarepresentada en una comunidad microbiana dominante con una gran diversidad e especies en condiciones que favorezcan la comunidad microbiana dominante, ii) tras desarrollar en torno a la desodorización del estiércol líquido un sistema técnico para proporcionar soporte a la actividad de una colonia microbiana en el procedimiento de desodorización. El sistema permite: a) crear y mantener las condiciones óptimas para la comunidad microbiana desarrollada, b) y condiciones que permite el desarrollo adicional de la comunidad. En la etapa inicial de procedimiento, el sistema se rellena con el crecimiento microbiano desarrollado.

La comunidad microbiana desarrollada se aisló a partir del suelo y se adaptó para el tratamiento del estiércol líquido. El suelo, a partir del que se ha llevado a cabo el aislamiento, ha existido en las explotaciones durante décadas y ha sido fertilizado con estiércol líquido. El suelo también presenta una presencia muy abundante de lombrices de tierra.

Durante el procedimiento de aislamiento, la tierra se ha convertido en una suspensión de tierra-agua, añadiendo lentamente estiércol líquido a la misma. La comunidad ha sido mejorada bajo condiciones de laboratorio durante varios años para que resulte adecuada para el tratamiento de desodorización del estiércol líquido. La comunidad no incluye organismos genéticamente manipulados sino que se ha desarrollado mediante mutación, selección natural y recombinación genética, los cuales han tenido lugar espontáneamente en la naturaleza. Las cepas microbianas capaces de descomponer los compuestos odoríferos han sido identificadas y se conocen muy bien (p.ej. Rappert and Muller, 2005, United States Pat. nº 5811287). A continuación, se describe la invención más en detalle haciendo referencia al dibujo adjunto, que muestra en la fig. 1 una representación esquemática de un aparato útil para llevar a cabo el método.

El aparato mostrado en la fig. 1 comprende tanques de procedimiento 5, que están destinados al tratamiento microbiológico y que se rellenan inicialmente con una población microbiana aislada a partir del suelo. En la realización ilustrada hay seis ejemplos de tanques de procedimiento y están interconectados de manera que la materia que debe tratarse, tal como, por ejemplo, estiércol líquido o rechazo de planta de biogás, puede fluir de un tanque al siguiente. Cada tanque de procedimiento 5 está provisto de medio de entrada de aire en comunicación con una fuente de aire comprimido 2. La materia que debe tratarse se suministra en primer lugar mediante una bomba de alimentación 1 a un tanque colector 3, en el que se lleva a cabo una separación de la materia gruesa. Desde el tanque colector 3, la materia que debe tratarse se envía mediante una bomba de alimentación 4 a un primer tanque de tratamiento 5 y desde éste adicionalmente a tanques posteriores, de manera que la población microbiana proporcionada inicialmente en los tanques desplaza de manera escalonada la población microbiana original presente

en la materia que debe tratarse. Desde una torre de despojamiento 22A se proporciona una retroalimentación mediante una bomba de alimentación 8 al primer tanque de tratamiento 5 para devolver la materia sustancialmente libre de microbios originales al primer tanque de tratamiento 5 para diluir la materia que debe tratarse y alimentarse al mismo. La retroalimentación tiene lugar preferentemente en una proporción 1:1 para potenciar el procedimiento.

5 En el primer tanque de tratamiento 5 se produce la descomposición de los compuestos tóxicos con enzimas, que son los primeros en funcionar. El desplazamiento de una población microbiana presente en el estiércol líquido no empieza a producirse más eficazmente hasta encontrarse en un segundo tanque de tratamiento. Durante un procedimiento biológico aeróbico, el pH del estiércol líquido se eleva desde un valor de pH de 7,5 preferentemente hasta un valor no inferior a 8,5, típicamente hasta un valor de entre 8,8 y 9,0. Éste es un pH suficientemente elevado para permitir enviar la materia que debe tratarse al interior de la torre de despojamiento 22A, que se encuentra situada cadena abajo de un tanque final de tratamiento y en el que puede separarse aproximadamente 1/3 del contenido de nitrógeno sin ninguna adición química.

15 En la realización de la fig. 1, la materia que debe tratarse se envía cadena abajo de la primera de despojamiento 22A mediante una bomba de alimentación 9 a un tanque de tratamiento 10, en el que se lleva a cabo la adición de óxido de magnesio (MgO) desde un tanque de óxido de magnesio 12 mediante una bomba química 11.

20 El número de referencia 13 representa un mezclador. Desde el tanque de tratamiento 10, la materia que debe tratarse se envía mediante una bomba de alimentación 14 a una segunda torre de despojamiento 22, en la que se recoge la suspensión en un tanque igualador 25 y se lleva adicionalmente a través de un calentador 26 mediante una bomba de alimentación 20 a una tercera torre de despojamiento 22. Cadena arriba de la tercera torre de despojamiento 22, la materia de tipo suspensión que debe tratarse se complementa, para elevar el pH, con cal química (Ca(OH)₂) o hidróxido sódico (NaOH) desde un tanque 18 mediante una bomba de alimentación 16.

25 Después de este complemento, la materia que debe tratarse se envía a la tercera torre de despojamiento 22. El número de torres de despojamiento secuenciales puede ser incluso superior. El suministro de aire a la eliminación de nitrógeno (a las torres de despojamiento) se lleva a cabo mediante un ventilador 21. El aire suministrado a la eliminación de nitrógeno se calienta mediante un calentador 27. Desde la torre de despojamiento, se pasa el aire para el lavado a un tanque de agua o ácido sulfúrico 24 para la recolección de nitrógeno. El estiércol líquido se envía desde la torre de despojamiento final 22 mediante una tubería 28 a un fraccionamiento adicional, por ejemplo mediante tanques de precipitación, y el agua purificada se elimina de un tanque final de precipitación.

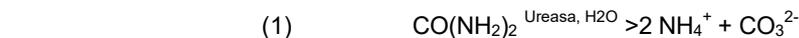
35 El número de referencia 25 se utiliza para representar recipientes igualadores para el flujo de la suspensión, y el número de referencia 26 representa el calentamiento de la suspensión antes de cada una de las torres de despojamiento 22A y 22. El número de referencia 28 se utiliza para representar una tubería, mediante la que la suspensión tratada ahora no odorífera, de la que se ha eliminado el nitrógeno, se envía para un fraccionamiento adicional, por ejemplo mediante compuestos químicos en los tanques de precipitación. Los compuestos químicos pueden comprender, por ejemplo, sulfato férrico (Fe₂(SO₄)₃), sulfato de aluminio (Al₂(SO₄)₃) y carbonato de calcio (CaCO₃). Desde el tanque de precipitación, el precipitado se envía mediante una bomba de transferencia de precipitado a un silo de secado del precipitado, desde el cual se pasan los líquidos comprimidos al inicio del procedimiento al interior del tanque recolector 3.

45 Durante un procedimiento biológico aeróbico, se eleva el pH del estiércol líquido. A medida que el amoníaco es liberado, el pH de la solución cae, de manera que el equilibrio entre el bicarbonato y el dióxido de carbono cambia en favor del dióxido de carbono, liberándose también algo de dióxido de carbono a partir de la solución en forma de un gas en la atmósfera. La eliminación/liberación de amonio y carbonato a partir del estiércol líquido permite una considerable reducción del efecto tamponador del estiércol líquido.

50 En el estiércol líquido, el cambio de pH se somete a un complejo sistema tamponador, que consiste en amonio, carbonatos, ácidos grasos volátiles y otros compuestos orgánicos. La mayor parte del nitrógeno del estiércol líquido se encuentra en la urea contenida en la orina. Uno de los factores bloqueantes más esenciales para la separación del nitrógeno está relacionado con la elevada capacidad tamponadora del estiércol líquido.

55 Teoría sobre la reacción tampón de un sistema de carbonato amónico

La hidrólisis enzimática de urea obtenida a partir de orina en carbonato amónico:



la descomposición adicional del carbonato amónico en amoníaco:



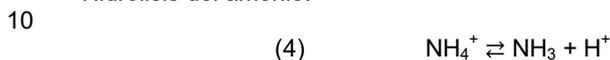
65

y en dióxido de carbono:

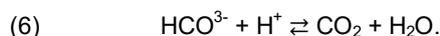


5 En el caso de que los gases liberados escapen a la atmósfera, las ecuaciones (2) y (3) se desplazan hacia la derecha. Las ecuaciones demuestran cómo, por una parte, los protones son liberados en la hidrólisis y, por otra parte, cómo los protones se unen por la liberación de dióxido de carbono.

Hidrólisis del amonio:

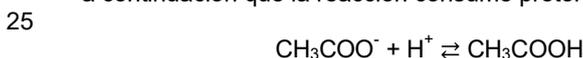


Liberación de dióxido de carbono:



20 La constante de equilibrio de la hidrólisis del amonio $\text{pK}_a \text{NH}_4=9,3$; la evaporación del amoníaco sólo se produce bajo condiciones neutras o alcalinas. Los protones son liberados durante la evaporación del amoníaco.

Durante un procedimiento microbiológico aeróbico, la cantidad de ácidos grasos presente en el estiércol líquido se reduce como resultado de la actividad microbiológica de descomposición. Puede observarse a partir de la ecuación a continuación que la reacción consume protones.



30 Tras hacer pasar el estiércol líquido por una torre de despojamiento, puede modificarse su pH con una cantidad significativamente más pequeña de compuestos químicos que antes de la eliminación del amonio y el carbonato del estiércol líquido, o puede elevarse nuevamente el pH del estiércol líquido mediante la utilización de un procedimiento biológico aeróbico. En este caso, la separación del amoníaco mediante despojamiento puede llevarse a cabo en etapas mediante la utilización de varias torres más bajas en lugar de la comúnmente utilizada torre alta única (ver USEPA, 2000). La separación del amoníaco en torres interconectadas en serie y/o en paralelo resulta más eficiente que el despojamiento realizado en una única torre alta. El estiércol líquido en el que se ha reducido el contenido de amonio todavía puede utilizarse en el procedimiento para la retroalimentación. El amoníaco resulta tóxico a los organismos y células. En el crecimiento celular, se ha encontrado que el amoníaco contribuye a la apoptosis celular (muerte celular programada). Aunque los mecanismos de toxicidad del amoníaco no han llegado a entenderse por completo, es conocido que interfiere con el gradiente electroquímico de la célula. Una concentración elevada de amoníaco en el medio de crecimiento induce la acidificación citoplasmática. De esta manera, con el fin de mantener la homeostasis del pH, se incrementa el consumo energético de las células. En los procesos enzimáticos, la acumulación del producto puede empezar a inhibir la reacción (inhibición por el producto final). Al iniciar la retroalimentación con estiércol líquido, el contenido de amonio del cual se ha reducido, permite reducir la toxicidad e inhibición por el producto del amoníaco, potenciando de esta manera el procedimiento biológico. La capacidad de potenciar el procedimiento resulta en un tiempo de residencia del procedimiento más corto, en el que puede reducirse el tamaño de los reactores. Durante un procedimiento biológico aeróbico, el estiércol líquido se vuelve inodoro y más fluido. De esta manera, el estiércol líquido resulta fácil de suministrar y expulsar de la torre, y el aire propulsado por la torre no causa problemas de olores en zonas próximas. La materia que debe tratarse preferentemente se adapta para la circulación en por lo menos una torre de despojamiento en varios ciclos, antes de transferirlo a la siguiente etapa del procedimiento.

55 En la realización anteriormente descrita, las torres de despojamiento se muestran cadena abajo del tanque final del procedimiento, aunque resulta preferente que se sitúe una o más torres de despojamiento funcionalmente entre dos tanques de procedimiento sucesivos. Las torres de despojamiento sin una adición química funcionan esencialmente también como tanques de procedimiento, proporcionando una posibilidad de reducción del número de tanques de procedimiento desde los seis tanques ejemplificados a, por ejemplo, tres tanques para alcanzar la misma eliminación de nitrógeno total. Preferentemente, el número de torres de despojamiento 22A no es inferior a tres antes de la elevación del pH a un valor >9 mediante una adición química. El número de torres de despojamiento sin adición química también puede ser de uno o más cadena abajo del último tanque de procedimiento. Tras la adición química, el pH se eleva a un valor >9 , momento en el que deja de funcionar el procedimiento biológico con la muerte de la población microbiana.

Referencias:

Rappert, S., Muller, R. 2005. Microbial degradation of selected odorous substances. Waste Management 25:940-954.

5

Patente US nº 5811287. Biologically pure Bacillus badius ferm BP-4493 having deodorizing activity.

Cultivation service statistics, manure statistics. 2002-2004. http://www.viljavuuspalvelu.fi/-viljavuuspalvelu/user_files/files/kotielain/lanta_tilastot.pdf

10

REIVINDICACIONES

1. Método para el tratamiento y/o pretratamiento de estiércol líquido o rechazo de una planta de biogás para la eliminación de sustancias nocivas, en particular nitrógeno, fósforo y moléculas odoríferas, comprendiendo dicho método la utilización de un aparato que incluye por lo menos dos tanques de procedimiento funcionalmente secuenciales (5) para llevar a cabo un tratamiento biológico de una materia que debe tratarse, comprendiendo dichos tanques de procedimiento medios de introducción (4) para suministrar al tanque de procedimiento (5) una sustancia que debe tratarse, medios de salida para pasar la materia post-tratamiento hacia el exterior del tanque y medios de entrada de aire (2) para suministrar al tanque de procedimiento el aire requerido para un procedimiento biológico aeróbico, en el que el método comprende proporcionar a cada tanque de procedimiento (5) en primer lugar una población microbiana adaptada para el procesamiento de la materia que debe tratarse, incluyendo dicha adaptación una etapa de aislamiento de una población microbiana del suelo, en el que el aislamiento de la población microbiana incluye: (i) convertir la tierra en una suspensión de tierra-agua, e (ii) añadir lentamente la materia que debe tratarse a la suspensión de tierra-agua durante un periodo de tiempo para producir una población microbiana adaptada para un tratamiento de desodorización de la materia que debe tratarse; suministrar la materia que debe tratarse gradualmente al primer tanque de procedimiento y, de esta manera, adicionalmente en uno o más tanques de procedimiento posteriores, de manera que la población microbiana proporcionada en primer lugar a los tanques de procedimiento desplaza paso a paso la población microbiana original presente en la materia que debe tratarse; llevando a cabo, después de por lo menos un tanque de procedimiento, un tratamiento de eliminación del nitrógeno mediante el suministro a una torre de despojamiento (22A) de la materia que debe tratarse procedente del tanque de procedimiento (5), en el que el pH de la materia que debe tratarse ha sido elevado mediante tratamiento microbiológico aeróbico hasta un nivel no inferior a pH 8,5, que resulta suficiente desde el punto de vista de la eliminación del nitrógeno en la torre de despojamiento (22A) sin una adición química, y devolviendo la materia sustancialmente libre de microbios originales de la torre de despojamiento (22A) al primer tanque de procedimiento para la dilución de la materia que debe tratarse y alimentarse al primer tanque de procedimiento.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la materia que debe tratarse se alimenta del tanque de procedimiento (5) a una primera torre de despojamiento (22A) de una pluralidad de torres de despojamiento sin una adición química.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la materia presente en la torre de despojamiento se hace circular internamente varias veces.
4. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que el método comprende elevar el pH en un tanque de procedimiento cadena arriba de la torre de despojamiento mediante un tratamiento biológico hasta un valor de aproximadamente 8,8 a 9,0.
5. Método según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el número de torres de despojamiento (22A) que funcionan sin una adición química es de por lo menos 3 antes de elevar el pH hasta un valor >9 mediante una adición química en por lo menos una torre de despojamiento adicional (22).
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que, además de una o más torres de despojamiento (22A) que funcionan sin una adición química, el método comprende la utilización de por lo menos una torre de despojamiento adicional (22), en el que se lleva a cabo una adición química para elevar el pH de la materia que debe tratarse y alimentarse a la misma hasta un valor de pH requerido por el procedimiento.
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la materia que debe retornarse al primer tanque de procedimiento (5) se aspira cadena abajo de la torre de despojamiento (22A) funcionando sin una adición química.
8. Método según la reivindicación 6, caracterizado por que el compuesto químico elevador del pH proporciona mediante la utilización de óxido de magnesio (MgO) o hidróxido de calcio Ca(OH)_2 , en el que el pH se eleva hasta un valor de aproximadamente 9,5 a 10.
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se sitúa funcionalmente por lo menos una torre de despojamiento, que funciona sin ninguna adición química, en una localización entre dos tanques.

