



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 182**

51 Int. Cl.:
C02F 1/72 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08787954 .0**

96 Fecha de presentación : **14.04.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2139818**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **06.01.2010**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de depuración de efluentes líquidos.**

30 Prioridad: **13.04.2007 FR 07 02700**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.04.2011

73 Titular/es: **OREGE Société Anonyme à Directoire et à Conseil de Surveillance**
1, rue Pierre Vaudenay
78350 Jouy-en-Josas, FR

72 Inventor/es: **Capeau, Patrice;**
Lopez, Michel y
Gendrot, Pascal

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 356 182 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).

ES 2 356 182 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de depuración de efluentes líquidos.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de depuración de efluentes líquidos cargados de sustancias orgánicas y/o minerales, disueltas o no, para llevarlos por debajo de una DCO y/o de una DBO determinada mediante agitación hidráulica violenta, oxidación y descremado.

10 Permite asimismo disminuir el índice de COT (carbono total) y de MES (materia en suspensión) a unos valores inferiores a un umbral establecido.

La invención se refiere asimismo a un dispositivo de purificación de dichos efluentes.

15 Encuentra una aplicación particularmente importante aunque no exclusiva en el dominio de la depuración de efluentes petroleros o de los efluentes que resultan de procedimientos de fabricación de productos procedentes de la agricultura, en particular de los efluentes con DCO inicial muy elevada [(> 30.000 mg O₂/l, o mg/l por escritura abusiva tal como se utiliza a continuación)] cuyas cadenas carbonadas son largas y circulares, es decir difíciles de degradar. Permite, asimismo y por ejemplo, realizar un tratamiento de las contaminaciones difusas que comprenden unas moléculas complejas, tales como las de los pesticidas complejos, o también unas mezclas de hidrocarburo y de agua de mar con una eficacia inigualada hasta ahora.

20 La DCO o Demanda Química de Oxígeno, es el consumo de oxígeno por los oxidantes químicos fuertes, necesaria para la oxidación de las sustancias orgánicas (y minerales) del agua. Permite evaluar la carga contaminante de las aguas residuales y medir la totalidad de las sustancias oxidables, lo cual incluye las que son biodegradables.

25 La cantidad de materias biodegradables por oxidación bioquímica (oxidación por bacterias aerobias que sacan su energía de reacción de oxidorreducción) contenidas en el agua a analizar está definida por su parte, por el parámetro DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

30 Se sabe que los efluentes líquidos, a menudo calificados como aguas residuales y que constituyen su ejemplo principal, tienen una naturaleza contaminante de los medios en los que son vertidos.

Ahora bien, una DCO o DBO muy elevada de efluentes es nociva.

35 En efecto, las materias no biodegradables que contienen están destinadas a ser lentamente oxidadas por el dióxido de oxígeno disuelto en el agua o por el del aire en la superficie del efluente.

40 Siendo el oxígeno gaseoso disuelto indispensable para la vida, una demanda demasiado importante en agua de río, o en la superficie de un estanque, será dañina para la vida animal o vegetal, por eso la necesidad del tratamiento.

Se conocen ya varios procedimientos de tratamiento de aguas residuales y/o de otros efluentes que resultan de procedimientos químicos con vistas a su vertido en el medioambiente.

45 Estos tratamientos se pueden llevar a cabo de manera colectiva en una estación de depuración o de manera individual.

Asimismo, existen unas estaciones de depuración que permiten obtener unas DCO y/o unas DBO aceptables que permiten la emisión en el medioambiente, en particular mediante tratamiento oxidante.

50 Dichas instalaciones adolecen sin embargo de ciertos inconvenientes.

55 Necesitan, en efecto, unos sitios de dimensiones importantes que deben estar situados en general a distancia de las zonas habitadas, teniendo en cuenta las emisiones de olores o de aerosoles molestos, incluso tóxicos. Tienen además unos costes de funcionamiento importantes y una eficacia limitada, cada vez menos aceptable teniendo en cuenta el crecimiento de las exigencias reglamentarias en materia de emisión.

60 En particular, unos índices inferiores a 1.000 mg/l de DCO, incluso claramente inferiores a este valor, se exigen cada vez más en la actualidad, lo cual resulta imposible de obtener en el caso de algunos efluentes, por ejemplo, que proceden de fábricas de producción de aceites.

Existen asimismo unos dispositivos y unos procedimientos más complejos pero que no permiten forzosamente obtener los rendimientos buscados, que necesitan sistemáticamente unos aditivos costosos, generadores a su vez de residuos.

65 Se conoce, por ejemplo, (documento WO 01/38325) un procedimiento de depuración de efluentes acuosos por oxidación catalítica que utiliza un reactor trifásico atravesado en continuo por los efluentes en el que se mantiene en suspensión el catalizador sólido reciclándolo.

ES 2 356 182 T3

El reactor comprende dos compartimentos, a saber un primer compartimento en el que se mantiene el agente reactivo en suspensión y se arrastra el efluente en circulación haciendo burbujear un gas vector y un segundo compartimento en el que la oxidación de los efluentes se realiza por inyección de ozono.

5 Dicho reactor presenta, en caso de aumento del caudal de burbujeo, unas obstrucciones que limitan así dicho caudal. Necesita además una evacuación organizada del gas motor que interfiere con un buen contacto entre el catalizador y el efluente.

10 Actualmente es frecuente no poder alcanzar los índices exigidos para la liberación en el medioambiente, lo cual genera la necesidad de diluir el efluente por el agua pura antes de su emisión. Dicha dilución, además de que es generalmente ilegal, no resulta satisfactoria, necesita unas instalaciones de bombeo y de reciclaje costosas y no cambian nada cuantitativamente en el volumen de los efluentes molestos vertidos.

15 Por otro lado, en el caso de los efluentes particulares aparecidos recientemente, los procedimientos clásicos resultan ineficaces.

Existe por lo tanto desde hace mucho tiempo una necesidad no subsanada de un procedimiento eficaz, general, compacto y no contaminante de depuración de efluentes líquidos.

20 La presente invención prevé proporcionar dicho procedimiento, y un dispositivo de tratamiento de los efluentes correspondientes, que responda mejor que los conocidos anteriormente a las exigencias de la práctica, en particular porque ésta permite un tratamiento compacto, claramente menos costoso y mucho más eficaz que el obtenido con las estaciones de tratamiento de la técnica anterior.

25 Una gran flexibilidad de funcionamiento del dispositivo permite por otra parte adaptarlo y regularlo en función del tipo de efluente a tratar, que nunca es el mismo de una instalación a otra, lo cual es una ventaja importante de la invención.

30 Con este fin, la invención propone esencialmente un procedimiento de depuración de efluentes líquidos cargados de sustancias orgánicas y/o minerales, disueltas o no, para llevarlos por debajo de un umbral de DCO determinado, en el que se separa el agua de las sustancias efectuando en un mismo recinto vertical que comprende por lo menos dos compartimentos, un burbujeo vertical en los efluentes introducidos a un caudal d , y simultáneamente en el mismo recinto una oxidación química hidráulica o gaseosa de dichos efluentes, caracterizado porque siendo el recinto de superficie libre y comprendiendo por lo menos tres compartimentos que comunican entre sí para permitir una circulación entre compartimentos sucesivamente desde arriba hacia abajo y así sucesivamente, se introducen los efluentes por un lado y se retiran por el otro lado en la parte alta del recinto a dicho caudal d , se hace circular, por medio de un circuito hidráulico externo, los efluentes a través de los compartimentos entre la parte baja y un nivel medio a un caudal general D por lo menos tres veces superior al caudal d , y se evacua en continuo la fase sobrenadante, estando el caudal de oxidación química, así como el caudal y el tamaño de las burbujas dispuestos para obtener progresivamente una separación de fases sólido/líquido y/o líquido/líquido en la superficie del recinto que permite la obtención de una DCO por debajo del umbral determinado.

45 La circulación por medio de un circuito hidráulico externo permite reinyectar donde se desee, el caudal global D , lo cual garantizará una gran flexibilidad de funcionamiento tal como se describirá a continuación con más precisión.

La evacuación en continuo de la fase sobrenadante libera por su parte la superficie libre del reactor que puede así desempeñar un papel de captador de las cabezas hidrófobas de las estructuras a extraer.

50 Se debe observar que una separación líquido/líquido se obtiene en presencia de dos o varios líquidos no miscibles, y en particular en caso de presencia de coloides.

Dicho procedimiento permitirá asimismo, si ha lugar, disminuir la DBO y/o el índice de MES por debajo respectivamente de un segundo y de un tercer umbral determinado.

55 Permite además buscar una relación DBO/DCO por debajo de un valor particular, lo cual es interesante para facilitar a continuación la descontaminación biológica.

60 Mediante la expresión “nivel medio”, se debe entender un nivel intermedio entre la parte baja del compartimento y la superficie libre de los efluentes en el recinto, nivel que debe por lo menos estar situado por debajo de las derivaciones de entrada y de salida de los efluentes al caudal d , por ejemplo un poco por debajo (algunos centímetros), o más abajo, por ejemplo un poco por encima de la mitad de las paredes de los compartimentos, o entre los dos, de manera que se disponga de una zona más tranquila por encima de dicho nivel medio entre este último y la superficie libre, tal como se verá a continuación.

65 El caudal D es, por su parte y por ejemplo en unos modos de realización ventajosos, superior a cuatro veces, cinco veces o también ocho veces el caudal d .

ES 2 356 182 T3

Con dicho procedimiento, se llevan así acabo unos flujos verticales organizados en detrimento de los flujos horizontales, que están prácticamente excluidos, de manera que se maximizan los encuentros entre los elementos que interactúan. El agua a depurar se utiliza a su vez como agente reactivo, gracias al bombeo en el compartimento final, situado corriente abajo, y las reinyecciones en los compartimentos corriente arriba, del propio producto purificado y portador de una función oxidante.

En unos modos de realización ventajosos, se recurre además a una y/o a otra de las siguientes disposiciones:

- el oxidante químico es, solo o en combinación, seleccionado de entre los oxidantes H₂O₂, O₃, O^o u OH^o;
- el oxidante químico se inyecta en un circuito en derivación con uno de los compartimentos;
- el procedimiento comprende la realización de una circulación en cuatro compartimentos;
- se evacua en continuo la fase sobrenadante mediante raspado en la parte superior de los lodos que flotan en un compartimento de desagüe;

Dicho sistema gravitatorio presenta la ventaja de limitar los riesgos de taponamiento;

- la oxidación química se realiza esencialmente en el último compartimento de circulación de los efluentes del recinto;
- la oxidación química contiene un burbujeo de microburbujas obtenido por electrólisis, denominado nanoburbujeo;
- la dimensión de las burbujas del nanoburbujeo en el momento de su creación está comprendida entre 0,01 mm y 0,1 mm, por ejemplo del orden de 0,05 mm;
- el caudal del nanoburbujeo está comprendido entre 2 \underline{d} y 15 \underline{d} ;
- el nanoburbujeo se obtiene mediante la circulación de una parte de los efluentes reciclados en unos electrodos planos paralelos, ventajosamente unos electrodos que producen unas sustancias radicalarias en la superficie de dichos electrodos y más particularmente unos electrodos enriquecidos con diamante;
- el caudal D de circulación de los efluentes a través de los compartimentos es superior a diez veces el caudal \underline{d} ;
- el burbujeo vertical se efectúa con aire, estando la dimensión media de las burbujas en su emisión comprendida ente 0,5 mm y 5 mm;
- el burbujeo vertical se obtiene mediante la cavitación en el circuito de derivación de los efluentes;
- el caudal D se reinyecta de manera determinada y regulable en la parte baja de uno o varios de los compartimentos;
- el régimen hidráulico vertical en el recinto está dispuesto para que la parte baja esté en régimen muy turbulento ($Re \gg 3.000 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$) y la parte alta próxima a la superficie libre esté en régimen laminar ($Re < 2.000 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$);
- se realiza una agitación complementaria en uno o varios de los compartimentos mediante la recirculación a caudal fuerte a través de un circuito de derivación unido al compartimento en cuestión.

Mediante la expresión “caudal fuerte” se debe entender un caudal superior a 3 \underline{d} , por ejemplo 4 a 10 veces superior;

- se realiza además una oxidación complementaria en el circuito de derivación.

En este caso, ventajosamente el sistema de oxidación utilizado es un sistema de electrólisis que produce unas sustancias oxidantes radicalarias en la superficie de los electrodos. De manera sorprendente, la eficacia de la operación mejora aún cuando el caudal de recirculación es por lo menos tres veces superior al caudal teórico de cruce del sistema de electrólisis;

- el procedimiento comprende además una filtración biológica. Gracias a la ruptura o al corte de la longitud de las moléculas obtenidas en las etapas precedentes del procedimiento, la relación DBO₅/DCO es muy favorable y dicho tratamiento biológico suplementario permite un resultado aún mas excepcional.

ES 2 356 182 T3

La invención propone asimismo un dispositivo que utiliza el procedimiento tal como se ha descrito anteriormente.

Propone asimismo un dispositivo depurador de efluentes líquidos cargados de sustancias orgánicas y/o minerales, disueltas o no, para llevarlos por debajo de un umbral de DCO determinado, que comprende un recinto vertical que comprende por lo menos dos compartimentos verticales adyacentes que comunican entre sí, unos medios de alimentación con aire de burbujeo vertical en la parte baja de los compartimentos, unos medios de introducción de los efluentes por un lado y del trasiego por el otro lado en la parte alta del recinto a un caudal d , y unos medios de alimentación con fluido de oxidación química hidráulica o gaseosa de dichos efluentes, caracterizado porque el recinto comprende por lo menos tres compartimentos que comunican entre sí mediante una o varias aberturas practicadas en la pared por un lado en su parte baja y por otro lado a un nivel medio, para permitir una circulación entre los compartimentos sucesivamente desde arriba hacia abajo y desde abajo hacia arriba y así sucesivamente, unos medios de puesta en circulación mediante un circuito hidráulico externo de los efluentes entre las aberturas en la parte baja de las paredes y las de un nivel medio a un caudal global D por lo menos tres veces superior al caudal d , unos medios de evacuación en continuo de la fase sobrenadante, y unos medios de regulación que permiten ajustar el caudal de oxidación química así como el caudal y el tamaño de las burbujas de burbujeo vertical para obtener una separación de las fases sólido/líquido y/o líquido/líquido de los efluentes en la superficie del recinto permitiendo la obtención de una DCO por debajo del umbral determinado.

Ventajosamente, el recinto contiene cinco compartimentos de los cuales cuatro son de circulación de los efluentes y uno es de evacuación de los lodos que flotan por gravedad.

Asimismo ventajosamente, los compartimentos tienen una altura útil H comprendida entre 2 m y 6 m, por ejemplo del orden de 4 m.

En un modo de realización ventajoso, la relación entre la altura útil H y la sección S de cada compartimento está comprendida entre 4 y 10.

En otro modo de realización ventajoso, la oxidación química se efectúa mediante la producción de radicales libres hidroxilos OH° a partir de la molécula de agua H_2O , pudiendo esta producción efectuarse mediante electrólisis.

Ventajosamente, las burbujas de aire para el burbujeo vertical se realizan en el circuito hidráulico externo de puesta en circulación de los efluentes mediante unos medios de cavitación.

Asimismo ventajosamente, por lo menos un compartimento comprende un circuito de derivación de recirculación a caudal fuerte que le está unido, en el que se realiza o no una oxidación complementaria, ventajosamente mediante electrólisis.

En otro modo de realización ventajoso, el dispositivo comprende además unos medios de tratamiento por filtración biológica.

La invención se pondrá más claramente de manifiesto a partir de la descripción siguiente de modos de realización proporcionados a continuación a título de ejemplos no limitativos. La descripción se refiere a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista en perspectiva esquemática de un modo de realización del dispositivo según la invención.

La figura 2 es un esquema desarrollado que muestra los flujos internos y externos del dispositivo de la figura 1.

La figura 3 es una vista por encima esquemática del recinto de la figura 1 que muestra los sentidos de circulación de los flujos.

La figura 4 es una vista en perspectiva del recinto de la figura 1 que ilustra en este caso una vez más los flujos.

La figura 5 muestra esquemáticamente en perspectiva explosionada un modo de realización del dispositivo de oxidación por electrólisis.

La figura 6 es un esquema de funcionamiento de un dispositivo según otro modo de realización de la invención con varios compartimentos adyacentes.

Las figuras 7 a 10 muestran unas curvas de depuración que muestran la DCO obtenida, en función del tiempo de tratamiento, en diferentes ejemplos, con el procedimiento según invención.

La figura 11 es un esquema desarrollado del funcionamiento de un dispositivo según otro modo de realización de la invención.

Las figuras 12 a 15 son unos diagramas de resultados obtenidos con el dispositivo de la figura 11, con un mismo tipo de efluentes pero de composición variable y en función de varias DCO de partida.

ES 2 356 182 T3

Las figuras 1, 2 y 4 muestran un dispositivo 1 de depuración de efluentes líquidos 2 a un caudal d , por ejemplo de $2 \text{ m}^3/\text{h}$ que comprende un recinto cilíndrico vertical 3 en acero inoxidable, de altura útil H , por ejemplo de 5 m y de diámetro D , por ejemplo de 2 m.

5 El recinto comprende cinco compartimentos verticales de los cuales cuatro son de circulación de los efluentes sustancialmente idénticos, 4, 5, 6 y 7 por un lado, y un compartimento de evacuación de los lodos 8 por otro lado, cuyas secciones forman unas porciones de disco sustancialmente triangulares de superficies S iguales. Otras secciones, por ejemplo circulares, suficientemente ensanchadas para evitar cualquier obstrucción debida al burbujeo, permiten una eficacia similar.

10 Los compartimentos están separados entre sí respectivamente por unas paredes internas 9, 10, 11, 12 y 13 dispuestas de manera radial y regularmente alrededor de un núcleo central cilíndrico 14 de eje 15 provisto en la parte alta, por encima (1 a 2 mm) del borde superior de las paredes internas, de un sistema 16 de raspado de cuatro palas 17 idénticas en forma de placas planas rectangulares colocadas de manera radial y repartidas angularmente. El sistema 16 está accionado por un motor giratorio 18 mandado de manera conocida por un autómatas 19 programable de mando del conjunto del dispositivo.

20 El dispositivo 1 comprende además un sistema 20 de circulación hidráulica externa entre los compartimentos 4, 5, 6, y 7 (véanse asimismo las figuras 2, 4, y 11), de los efluentes líquidos a un caudal global $D = x \times d$, siendo por ejemplo $x = 10$, para permitir después de la repartición de este caudal total entre los diferentes compartimentos una circulación 21 entre dichos compartimentos sucesivamente desde abajo hacia arriba y desde arriba hacia abajo y así sucesivamente gracias a unas aberturas de diámetro suficiente para permitir el paso de los caudales parciales, y/o más generalmente del caudal D , en el caso en el que todo el caudal D fuera enviado al primer compartimento solo.

25 Las aberturas están dispuestas en las paredes, a saber en el ejemplo descrito más particularmente en este caso, una abertura 22 en la parte baja de la pared 9, a una distancia k del fondo, por ejemplo a 30 cm, una abertura 23 practicada en la parte alta de la pared 10 a una distancia K del fondo, por ejemplo de 4 m 50, y una abertura 24 realizada en la parte baja de la pared 11, a dicha distancia k del fondo. El caudal D se recoge a continuación por una abertura intermedia 25 situada a la distancia I del fondo, por ejemplo a 1 m 50, en el compartimento 7 por la bomba 26 de circulación a caudal elevado D , para ser inyectado en la parte inferior, por debajo de las aberturas más bajas 22 y 24, por ejemplo a una distancia i del fondo de 10 cm, por cuatro derivaciones 27 idénticas, asignadas a cada compartimento 4, 5, 6 y 7, estando dichas derivaciones unidas entre sí por una canalización 28 de repartición. Unos medios de regulación, por ejemplo, unas electroválvulas controladas por el autómatas 19, no representados en este caso pero bien conocidos están previstos para regular los caudales y/o equilibrar las pérdidas de cargas entre los diferentes compartimentos.

35 El sistema 20 de circulación comprende además un dispositivo 26' de cavitación que permite inyectar burbujas de aire de pequeño diámetro (inferiores al milímetro) en el caudal, que constituye así la alimentación con aire de burbujeo vertical mencionado anteriormente.

40 Este aire de burbujeo no desempeña ningún papel motor, y desempeña más bien un papel de freno cuando está a contra corriente, por ejemplo, en los compartimentos 4 y 6.

45 El dispositivo 1 comprende asimismo unos medios 29 de introducción de los efluentes 2 en la parte alta del primer compartimento 4 al caudal d mediante una derivación 30 situada a una altura h un poco inferior a H , por ejemplo, situada a $H-20$ cm sustancialmente sobre la generatriz de la mitad de la pared externa.

Los medios 29 comprenden una bomba 31 controlada por el autómatas 19 y unos circuitos 32 y 33 de adición de agentes reactivos bien conocidos, por ejemplo en forma líquida, y dependientes del tipo de efluentes tratados para permitir mejor la oxidación y/o la ruptura de las moléculas largas.

50 Por el otro lado, comprende unos medios 34 de extracción de efluentes tratados 35 al caudal d a la altura h en la parte alta del último compartimento 7 por una derivación 36, que comprende una bomba 36'. El dispositivo 1 descrito más particularmente en este caso comprende asimismo un circuito 37 de alimentación con fluido de oxidación química, hidráulica o gaseosa, de los efluentes en el último compartimento 7.

55 Este circuito comprende una bomba 38 de circulación de un agente reactivo desde abajo hacia arriba en el compartimento 7. Comprende un sistema de alimentación con agente reactivo 39 y/o unos medios 40 en línea de oxidación por electrólisis química.

60 Estos medios 40 (véase la figura 5) están formados por ejemplo por una serie de varios electrodos planos paralelos 41.

Los iones OH^\ominus 42 se producen en la superficie de los electrodos en un espesor de varias decenas de μ , estando un flujo 43 turbulento formado en una superficie suficiente, estando los electrodos separados algunos milímetros.

65 El dispositivo 1 comprende por último el compartimento 8 de evacuación gravitatoria de los lodos, que comprende una tolva de recolección con un embudo de guiado (no representado). Los lodos se recuperan a continuación por la parte baja 44, por ejemplo, por bombeo (no representado), realizándose la circulación de los efluentes en el sentido 45 (véase la figura 3) y la del raspado de los lodos en la parte alta en el sentido inverso 46.

ES 2 356 182 T3

Se completará ahora la descripción precisando el funcionamiento del procedimiento, según el modo de realización descrito más particularmente en este caso, haciendo referencia a las figuras 1 a 5, y en particular a las figuras 2 a 4 en las que las circulaciones están representadas más precisamente.

5 Las aguas 2 a tratar mediante el procedimiento son aguas con carga contaminante constituida por sustancias orgánicas, minerales, disueltas o no.

Se recuperan en la parte alta, eventualmente después de un primer tratamiento de tipo conocido (filtración, desarenado, eliminación de aceites, etc.), y después se transfieren hacia el dispositivo para ser introducidas con un caudal d ,
10 por ejemplo comprendido entre $1 \text{ m}^3/\text{h}$ y $15 \text{ m}^3/\text{h}$.

Por otro lado, unos reactivos son introducidos directa o indirectamente en los cuatro compartimentos 4, 5, 6 y 7 en forma líquida o gaseosa en 32, 33 y 37.

15 Durante su circulación a través de los compartimentos 4, 5, 6 y 7, las aguas se beneficiarán de varias acciones simultáneas que prevén la separación entre los elementos contaminantes y la propia agua, así como su tratamiento por oxidación.

Asimismo, será posible así limitar la carga de contaminantes del agua que sale en 36, para someterla a las normas de emisión en la estación de depuración (el procedimiento interviene entonces como pretratamiento) o en el medioambiente natural (el procedimiento interviene entonces como tratamiento completo).

Asimismo, permite reducir el lodo producido y preparar el producto para su tratamiento final, gracias a una reducción del tamaño de las moléculas, que proceden de su oxidación/corte a nivel de los enlaces C-C y una desestabilización de los cúmulos moleculares.
25

En el modo de realización descrito más particularmente, cada compartimento 4, 5, 6 y 7 desempeña un papel.

Este papel prevé en primer lugar la extracción de la cantidad máxima de materia contaminante, utilizando, si se necesitan, las técnicas de coagulación y floculación de esta materia. El procedimiento según la invención permite así
30 una aportación secuenciada, compartimento tras compartimento induciendo varias acciones de orden físico y químico que se podrán optimizar en función de los efluentes.

Así, con algunos efluentes se apreciará, después de varias pruebas, que se debe buscar un efecto de oxidación química fuerte desde el principio, y a continuación, estando el producto ya pretratado, atacarlo de otra manera modificándolo por reinyección del efluente pretratado en los siguientes compartimentos cuyo contenido es diferente, conteniendo cada compartimento en efecto un efluente diferente, proporcionando la separación entre compartimento un producto no homogéneo en el interior del reactor.
35

40 La oxidación química se obtiene en primer lugar mediante el oxígeno del aire en sí, pero igualmente (véase anteriormente) por la introducción de oxidantes químicos, moleculares o radicalarios.

Conviene observar que los modos de realización de estas oxidaciones son sustancialmente diferentes.

45 El oxígeno del aire, que no está destinado a tener un efecto motor, es, por su parte, introducido por burbujeo gracias a la cavitación preparada en 29.

El dispositivo, debido a su configuración, permite un tiempo de contacto largo entre las burbujas y el agua.

50 El tamaño de las burbujas es además significativamente pequeño (es decir en el modo de realización descrito más particularmente, inferior a 1 mm de diámetro) de manera que asegura una gran superficie de contacto. Además, siendo la formación (producción) de burbujas llevada a cabo sobre un circuito hidráulico a un fuerte caudal y fuerte velocidad, permite una mezcla eficaz entre el aire y el agua.

55 El oxidante radicalario o molecular está introducido en el circuito hidráulico 37 a gran velocidad.

Se utiliza en este caso un oxidante de tipo H_2O_2 u O_3 o una combinación de los dos, o también unos radicales O^\bullet u OH^\bullet .

60 Si los oxidantes se producen por electrólisis, siendo el agua tratada el electrolito, se beneficia así de una fuerte dispersión con el contacto de los ánodos y de los cátodos.

El modo de funcionamiento de la introducción de los oxidantes moleculares permite, en función de los efluentes tratados y de manera fácilmente optimizable por un experto en la materia, un tiempo de contacto tan largo como se
65 posible. El gas o el líquido oxidante se benefician así de una mezcla con el agua tratada por el mismo principio que el oxígeno del aire.

ES 2 356 182 T3

Una separación de las fases contaminantes y del agua se obtiene por otra parte mediante la utilización del carácter tensoactivo de las burbujas de aire.

5 Al paso de las burbujas de aire (flechas onduladas que suben de la figura 2), los cúmulos y las moléculas son así captadas y suben a la superficie de los compartimentos en la que se efectúa la extracción en zona calmada.

En la superficie de los compartimentos, a presión atmosférica, las burbujas estallan, desempeñando la superficie libre del agua el papel de captador de las cabezas hidrófobas de las estructuras a extraer.

10 El sistema de raspado regular, realizado con las palas 17, permite liberar la superficie con el fin de mantener su carácter activo. El raspado se efectúa de manera muy lenta, a una velocidad de algunas rpm.

Los productos raspados están en forma de espumas pastosas, y se recuperan en el compartimento 8 en forma de canal de evacuación.

15 Se debe observar que los polos hidrófobos se encuentran algunas veces físicamente protegidos por los polos hidrófilos de los cúmulos moleculares. Estas disposiciones que aseguran una gran solubilización de estas estructuras químicas dificultan entonces su tratamiento y su extracción del agua y por consiguiente su descontaminación.

20 La cohesión de estos cúmulos moleculares está asegurada en efecto por las fuerzas muy significativas de tipo culombio y Van der Waals.

El dispositivo según la invención permite intervenir a nivel de estos enlaces:

25 - mediante la introducción y la optimización de la acción de estructura química con fuerte carga, efectuando un trabajo de desestabilización de estas estructuras (burbujeo, reactivo químico oxidante hidráulico o gaseoso);

30 - mediante la producción de choques que generan una energía elevada a nivel de los cúmulos moleculares. Estas energías elevadas se producen por la transformación de la energía cinética en choques sobre las paredes o sobre los cúmulos debido a la fuerte agitación debida a la recirculación a caudal fuerte $D \geq 3$ a 5 d.

35 Como el conjunto de estas acciones se producen en el seno de un dispositivo que presenta varios compartimentos que presentan una columna de agua suficiente, se obtienen entonces, de manera sorprendente, los resultados excepcionales del tipo de los que se detallarán a continuación haciendo referencia a las tablas I a V y VII a IX y a las figuras 7 a 11 y 13 a 15.

40 Se observará en este caso que la existencia de una distancia física entre las partes altas y bajas de los compartimentos, permite que los regímenes hidráulicos de estas dos zonas sean diferentes.

45 La parte alta de los dos compartimentos presenta en efecto un flujo laminar de dos dimensiones, mientras que la parte baja es por el contrario una zona de fuerte turbulencia hidráulica, con flujo tridimensional y movimientos brownianos.

50 Más precisamente, la parte baja de los compartimentos es la zona de retorno de los circuitos hidráulicos, y de las aportaciones directas de burbujas de aire y de oxidantes, a fuerte caudal y fuerte velocidad, sabiendo que los compartimentos 4, 5, 6 y 7 se comunican por el contrario entre sí a unos niveles medios, y en parte baja, por un juego de flujos en zigzag. Las zonas superiores se benefician así de la calma necesaria para las aportaciones físicas y químicas que permiten una buena depuración.

55 El régimen de flujo del dispositivo está también precisado a continuación haciendo referencia a la figura 4. El primer compartimento 4 (que se beneficia de la introducción de las aguas en bruto) por la parte de arriba, ve fluir estos últimos hacia abajo (por encima de la zona de entrada) del circuito hidráulico más fuerte. El segundo compartimento 5 fluye hacia el tercero por la parte de arriba, a un nivel inferior al nivel alto del agua.

60 El último compartimento 6 es el que precede a la salida de la línea completa que se efectúa en el compartimento 7. Una vez más, este flujo en zigzag garantiza un tiempo de contacto importante y una mayor eficacia de la extracción por las burbujas, gracias a la producción de contra-corrientes (ascendente/descendente).

Del primer compartimento 4 al último 7, se observa entonces de manera espectacular que se establece un gradiente negativo de contaminación del agua.

65 En el modo de realización de la invención descrito más particularmente en este caso, el circuito de oxidación química se lleva a cabo solamente en el último compartimento 7.

ES 2 356 182 T3

El procedimiento según la invención permite así o bien el tratamiento completo del agua, o bien un trabajo de preparación de las aguas antes de su recepción por un proceso complementario, por ejemplo biológico.

5 Gracias a las circulaciones ascendentes de las burbujas y de los oxidantes, mientras que los flujos líquidos son, sucesivamente, ascendentes o descendentes, pero verticales, el flujo atraviesa bien el dispositivo permitiéndole al mismo tiempo organizar unos flujos exclusivamente verticales.

10 Según una de las particularidades del procedimiento, el efluente, tal como se ha mencionado, se utiliza para efectuar el trabajo físico y químico deseado.

Es así que la energía cinética generada en un volumen es la que permite la producción de burbujas, pero también es esta energía la que permite romper las emulsiones del propio producto.

15 Por último, es la capacidad del producto para conducir la electricidad, la que permite la introducción de los agentes reactivos oxidantes producidos en la molécula de agua contenida en el efluente, tal como es el caso en una oxidación por electrólisis.

Se obtiene así un gran ahorro de materia y de energía, lo cual es una de las grandes ventajas de la presente invención.

20 Se describirá ahora otro modo de realización de un dispositivo según la invención haciendo referencia a la figura 6.

En la continuación de la descripción, se utilizarán los mismos números de referencia para designar los mismos elementos o elementos similares a los descritos en las figuras anteriores.

25 La figura 6 muestra un dispositivo 50 que comprende unos medios de alimentación 51 con efluentes por medio de una bomba 52 después del pretratamiento 53. Los medios 51 comprenden diversos dispositivos de alimentación con reactivo 54, 55.

30 Los efluentes siguen un trayecto 56 entre los compartimentos adyacentes 57, 58, 59, 60, 61, 62 (número no limitativo) unidos entre sí por unas aberturas dispuestas alternativamente en la parte baja 63 y en la parte alta 64, para formar un zigzag.

35 En los primer y último compartimentos 57 y 62, están previstos además dos circuitos 37 de oxidación de tipo idéntico.

40 La circulación de efluentes a gran caudal es recogida por el circuito 20, y reinyectada en la parte baja de cada compartimento, de manera idéntica, después del tratamiento por cavitación, lo cual permitirá el burbujeo 65. Los lodos 66 se recuperan en la superficie de líquido 67 para ser evacuados hacia un desagüe 68 y almacenados o tratados en 69.

Los efluentes depurados se recuperan en la parte alta del último compartimento 62, para ser almacenados o tratados por unos medios en 70.

45 Se proporcionarán ahora diferentes ejemplos de tratamiento de efluentes según la invención para ilustrar los resultados excepcionales obtenidos con el procedimiento según la invención.

50 Se proporciona un primer ejemplo, haciendo referencia a un efluente constituido mayoritariamente por almidón. El almidón es un polisacárido cuya masa molecular está comprendida entre 100.000 uma y más de 1.000.000 uma.

El polisacárido es un azúcar constituido por otra parte por una cadena recta de moléculas de glucosa reunidas por una molécula de oxígeno entre el primer carbono de una primera molécula, y el cuarto carbono de una segunda molécula y así sucesivamente, siendo la unión glucosa-glucosa de un tipo particularmente difícil de romper.

55 Gracias al procedimiento según la invención, y a un dispositivo tal como se ha descrito anteriormente, se podrán obtener un índice de MES (Materia en Suspensión) inferior a 10 mg/l y una DCO < 120 mg/l. Asimismo, se podrá constatar una relación DCO/DBO5 favorable a la biodegradación del efluente. La DBO5 es la Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días.

60 Para ello, y según un modo de realización de la invención, descrito más particularmente a continuación, se efectúa en primer lugar un tratamiento físico-químico con catálisis, flotación, microburbujeo en los cuatro compartimentos con agua del dispositivo, lo cual permite disminuir la DCO de 80% a 90% provocando por ejemplo la obtención de una DCO comprendida entre 500 y 1.000 mg/l.

65 Además y simultáneamente se efectúa una hiperoxidación en el último compartimento, que se recoge parcialmente en los otros, debido al arrastre de los productos por el circuito de derivación de gran caudal que gira en bucle.

ES 2 356 182 T3

Esta fase es capaz sola de destruir las moléculas complejas. Permite romper el talón de la DCO y disminuirla por debajo de 120 mg/l de DCO.

5 Aumenta además la relación DBO5/DCO y muestra así una gran biodegradabilidad del sustrato para un corte de las cadenas moleculares que permite obtener *in fine* la estructura orgánica más pequeña posible, es decir CO₂.

Según un modo de realización particular de la invención, la hiperoxidación se realiza a partir de iones de OH^o, obtenidos por catálisis.

10 Estos últimos se producen por ejemplo en la superficie de los electrodos planos apilados en paralelo, insertados en un módulo sobre un espesor de algunas decenas de mm, por ejemplo unos electrodos fabricados por la compañía alemana CONDIAS. Una transferencia de masa es provocada con el contacto de los electrodos y la presencia de un flujo lo más turbulento posible al paso de éstos, provoca un arrastre de microburbujas.

15 Como ya se ha mencionado, se ha representado un modo de realización esquemático del modulo, a título de ejemplo no limitativo, haciendo referencia a la figura 5. Los electrodos están colocados en paralelo, en pila. Su longitud, por ejemplo del orden de 5 cm, permite una buena dispersión del fluido a nivel de la superficie activa de los electrodos y evita los flujos laminares que minimizan el efecto de dispersión al contacto de la superficie de los electrodos.

20 El modulo está formado por un pequeño recinto de superficie por ejemplo oval, siendo el caudal de paso a través de los electrodos por ejemplo de 20 m³/h para que el fluido resulte eficaz y se cargue suficientemente con oxidante OH^o.

25 Debido a esta electrólisis, el fluido se convierte en hiperoxidante. Se observa entonces que las relaciones químicas se vuelven fugaces y violentas, arrancando el radical hidroxilo un protón y un electrón (H⁺) de la primera estructura orgánica que encuentra, con el fin de reformar una molécula de agua estable.

30 Se entiende entonces que este fenómeno está acompañado de un corte de la estructura carbonada produciendo una estructura radicalaria en búsqueda de un hidrógeno a extraer. Se produce así una cadena de reacciones de oxidación de la materia orgánica, que puede ser aprovechada.

La hidrólisis produce además una concentración muy grande de microburbujas que funcionarán como unas estructuras tensoactivas de la molécula orgánica.

35 Con el paso de las microburbujas, se constata entonces que la molécula se engancha por su polo hidrófobo y sube hacia la superficie. Cuanto más denso es el burbujeo, más se constata que la extracción es buena y que el proceso de espumado es competente.

40 Se ha representado haciendo referencia a las figuras 7 a 11 los resultados de pruebas efectuadas en "aguas blancas". Se trata de un efluente de aspecto lechoso, con pH próximo a la neutralidad (pH = 6,8), producido por la centrifugación, y de una flotación que ha permitido la separación de los aceites. Esta entonces a una temperatura del orden de 60°C.

Más precisamente, los productos tratados son las materias orgánicas que resultan del tratamiento de los granos oleaginosos después de la sustracción de las materias lipídicas.

45 Estos residuos proceden del refinado de los granos y de una fase de centrifugación utilizada para sustraer el complemento aceitoso.

El efluente a tratar está así constituido:

- 50
- por proteínas, 2 a 3% de la materia seca;
 - por residuos aceitosos no recuperados por centrifugación de los cuales las ceras (ácidos grasos con 30 carbonos), representan de 20 a 30% de la materia seca; y
 - por glúcidos (almidones en su mayoría), y el resto por materia seca.
- 55

60 En otras palabras, el efluente está mayoritariamente constituido por estructuras carbonadas de cadenas largas o de ensamblajes de estas estructuras moleculares.

Está en forma emulsionada de una DCO de referencia que se sitúa entre 15.000 y 30.000 mg/l.

65 Asociado a esta fuerte DCO, se puede constatar además una relación DCO/DBO5 favorable a la biodegradación del efluente, pero una relación DCO/DBO21 particularmente desfavorable que explica las dificultades encontradas por las disoluciones usuales.

ES 2 356 182 T3

El equilibrio orgánico de la materia constituida por el efluente genera un consumo biológico en bucle que produce y que reproduce una materia orgánica sin depurarla verdaderamente.

5 Ejemplo: se ha constatado asimismo, en los modos de funcionamiento de las estaciones, la formación de moléculas de dextrinas y en particular de ciclodextrinas (dextrinas organizadas en ciclos de forma cónica). Estas estructuras son bio-resistentes, muy solubles y difusas. En un tratamiento clásico, el fenómeno de plastificación de la materia orgánica sólo se amplifica, siendo sin embargo el objetivo detenerlo.

10 Estos fenómenos confieren al producto un talón de no biodegradabilidad con una DCO que parece inextricable que se sitúa en aproximadamente 1.000 mg/l (+ o - 300 mg).

Con el dispositivo según la invención de cuatro compartimentos de aguas, se han podido observar los resultados excepcionales que corresponden a las tablas I a V, (series 1 a 5).

15 El tratamiento industrial de los efluentes se ha realizado a un caudal comprendido entre 1 y 2 m³/h, un volumen total de recinto de 5,5 m³ y un caudal de recirculación (denominado bucle) de 60 m³/h.

20 El sistema de oxidación es un sistema por electrólisis del tipo descrito anteriormente que se realiza en el bucle propiamente dicho.

El funcionamiento del dispositivo está completado por una acción biológica en lecho fijo de 100 litros.

Haciendo referencia a la figura 7, se ha obtenido la siguiente Tabla I siguiente:

25

TABLA I

Muestra	Número	DCO mg/l	Reducción
Efluente bruto	1	18240	
Tratamiento en lote de 5,5 m ³ : 1h/flotación + oxidación	2	1320	0,928
Tratamiento en lote de 5,5 m ³ : 2h/flotación + oxidación	3	1280	0,930
35 Tratamiento en lote de 5,5 m ³ : 3h/flotación + oxidación	4	1190	0,935
Tratamiento en lote de 5,5 m ³ : 4h/flotación + oxidación	5	1180	0,935
Tratamiento en lote de 5,5 m ³ : 5h/flotación + oxidación	6	1170	0,936
+ biología durante 10 h	7	528	0,971

40

Se observa que, para un tratamiento de 5 horas en lote, los resultados muestran una reducción de:

- 16920 mg/l de DCO la 1^a hora, lo cual representa un rendimiento de 93% de reducción
- 150 mg/l de DCO durante las 4 horas siguientes.

45

El tratamiento físico-químico alcanza por lo tanto un límite de aproximadamente 1.100 mg/l.

50 La fase biológica permite por el contrario retomar la reducción de DCO.

En un plazo muy corto (con respecto al bajo volumen del filtro biológico), la reducción de DCO es de 645 mg/l (55%), es decir 645 g de DCO para el conjunto del lote biológico. Esto es más competente que el ratio máximo teórico (415 g para 10 h).

55

Se ha realizado un segundo ejemplo haciendo referencia a la figura 8 y permite obtener la Tabla II siguiente:

60

TABLA II

Muestra	Número	DCO mg/l	Reducción
Efluente bruto	1	27840	
Tratamiento en continuo a 1 m ³ /h durante 1h	2	1160	0,958
65 Biología en 10h	3	628	0,977
Biología en 10h + pasaje de oxidación	4	420	0,985

ES 2 356 182 T3

Esta vez, con la misma instalación, en funcionamiento en continuo a 1 m³/h y mejorando el modo de funcionamiento de manera clásica con referencia al modo de introducción y de mezcla de los agentes reactivos (un coagulante específico dosificado a 60 mg/l y un floculante específico dosificado a 40 mg/l), se obtiene una reducción de DCO (96%) aún mejor pasando de 27840 a 1160 mg/l.

5 Sea cual sea la DCO de entrada, la fase fisicoquímica alcanza en este caso un límite de aproximadamente 1.100 mg/l.

10 A pesar del modo continuo (a 1 m³/l para 5,5 m³ de volumen de recinto), la reducción en DCO es tan eficaz como en lote.

En 10 horas de filtro biológico, la reducción ha sido de 45%, es decir 532 mg/l o 532 g de DCO para el lote biológico, es decir siempre más competente que el óptimo teórico (415 g para 10 h).

15 Este fenómeno que se realizó mientras que la biopelícula consumidora de materia estaba muy poco constituida, es la consecuencia de la oxidación realizada durante la fase fisicoquímica.

20 Además, si se extrae una muestra de efluente en fase biológica y que ha sufrido un paso a través de los electrodos oxidantes, se obtiene una reducción asegurada de 740 mg/ (es decir 64%) con respecto al producto antes de entrar al bio. La oxidación ha permitido obtener una reducción de 208 mg/l de DCO, es decir 208 g de DCO.

Las figuras 9 y 10 hacen referencia a las tablas IV y V siguientes.

25 TABLA IV

Muestra	Número	DCO mg/l	Reducción
Efluente bruto emulsión aceites de taller	1	8500	
Tratamiento fisicoquímico de 1/2 hora sin oxidación	2	2.000	0,933
Tratamiento fisicoquímico + 1/2 hora con oxidación	3	650	0,978

35 Se trata en este caso del tratamiento de una emulsión de aceites orgánicos y minerales, emulsión muy estable, estabilizada mediante la adición de tensoactivos exógenos.

Los datos son los siguientes:

40 Dispositivo: 1,3 m³.

Caudal de funcionamiento: 1 m³/h.

Tiempo de estancia: 1 hora y 20 minutos.

45 Bombeo de recirculación de producción de burbujas de 40 m³/h.

Oxidación sobre la recirculación de 40 m³/h mediante electrólisis de producción de radicales libres hidroxilos.

50 Efluente: emulsión de 8500 mg O₂/l de DCO, MES: 150 mg/l.

Hidrocarburos totales: 5 mg/l.

55 Agua después del tratamiento:

MES: 35 mg/l.

DCO: 600 mg/l.

60 Hidrocarburos totales: < 0,05 mg/l.

65

ES 2 356 182 T3

TABLA V

Muestra	Número	DCO mg/l	Reducción
Efluente bruto, agua hidrocarbonada	1	16000	
Tratamiento fisicoquímico de 1 h 20 min.	2	600	0,943
Lecho fijo biológico 9 m3	3	100	0,990

En este caso, el agua tratada es un agua cargada de hidrocarburos.

Los parámetros utilizados son los siguientes:

Dispositivo: 5,5 m³.

Caudal de funcionamiento: 4 m³/h.

Tiempo de estancia: 1 hora y 20 minutos.

Bomba de recirculación de producción de burbujas: 50 m³/h.

Oxidación en la recirculación de 50 m³/h mediante electrólisis de producción de radicales libres hidroxilos (OH^o), de H₂O₂ y O₃.

Efluente:

DCO: 16000 mg O₂/l.

Agua después del tratamiento:

DCO: 600 mg O₂/l.

Agua después del tratamiento complementario por lecho fijo biológico de 9 m³ de volumen con un caudal de funcionamiento de 0,5 m³/h.

DCO 100 mg/l.

Se describirá ahora haciendo referencia a la figura 11, otro modo de realización de un dispositivo 71 con cuatro compartimentos 72, 73, 74, 75, así como su funcionamiento según la invención.

El dispositivo 71 comprende una bomba 76 que aspira el efluente.

Se prevé en este caso también la admisión de agentes reactivos R1 y R2 en dosis deseadas (bombas dosificadoras 77) a caudales PD1 y PD2 mediante la introducción antes y después del cuerpo de la bomba 76.

La introducción se lleva a cabo después en el reactor 78 del dispositivo por el compartimento 72 en la parte alta con una introducción en dirección de la parte baja del reactor para evitar un efecto de reflexiones sobre los bordes del compartimento.

El paso entre los compartimentos 72 y 73 se efectúa por transferencia T1 situada en la parte baja de la cuba.

Durante su descenso en el compartimento 72, el efluente encuentra un flujo ascensional 79 del fluido tratado aspirado a un caudal P1 (por ejemplo 100 m³/h) en el último compartimento 75 por la bomba 80.

Esta mezcla mejora por la creación de un vórtice de manera conocida, optimizando el tiempo de contacto. Esta mezcla tiene un interés físico puesto que el flujo ascensional se ha beneficiado de la producción de pequeñas burbujas creadas por cavitación por ejemplo basada en la velocidad del fluido a través de un sistema Venturi 81.

Esta mezcla tiene un papel químico de oxidación puesto que el agua del cuarto compartimento tiene un nivel de oxidación muy elevado, por ejemplo de 300 a 900 mV.

Las acciones de oxidación y de separación de fase sólido/líquido y coloide/líquido se perpetúan después en el segundo compartimento, y después en el tercero y en el cuarto.

ES 2 356 182 T3

El usuario ajusta las válvulas de fondo de los compartimentos 82, 83, 84 y 85 con el fin de producir un efecto de vórtice y de turbulencia necesaria para el buen funcionamiento del procedimiento, de repartir las pérdidas de carga y de ajustar los caudales respectivos en función de parámetros optimizados por el experto en la materia.

5 Para disponer de un tiempo de contacto suficiente, procede en efecto gracias a unas pruebas de aproximación sucesivas actuando en los puntos de regulación de su instalación de manera accesible al operario y/o al técnico de ingeniería química de la materia, y teniendo en cuenta las especificaciones de entrada/salida de los efluentes a tratar.

10 Esta regulación debe además permitir que la parte alta de la cuba permanezca muy calmada, sin desorden, salvo el provocado por la elevación de la materia transportada por las burbujas ascendentes, que atraen las cabezas hidrófobas del agua.

15 En el modo ventajoso descrito haciendo referencia a la figura 11, particularmente eficaz, se prevén además unos circuitos hidráulicos externos suplementarios (bucles de oxidación), 87, 88 y 89 de derivación. Éstos permiten una fuerte agitación suplementaria en cada uno de los compartimentos 73, 74 y 75 a fuertes caudales P42, P43, P44, por ejemplo de 40 m³/h con reactores de electrólisis y/o un dispositivo de oxidación suplementario (reactores 90, 91, 92).

20 En otras palabras, mientras que el caudal teórico que atraviesa los reactores de electrólisis es por ejemplo de 10 m³/h, se organiza una recirculación a un caudal de más de tres veces superior al caudal teórico del reactor. El explotador actúa entonces sobre el cierre de la electroválvula situada en una canalización paralela a la del reactor para aumentar dicho caudal.

25 Este sistema permite además ser el más turbulento posible que atraviesa el reactor y por lo tanto en contacto con los electrodos con el fin de maximizar la probabilidad de encuentro de los oxidantes. Permite asimismo recircular un mayor número de veces el conjunto del volumen a tratar, lo cual aumenta todavía más la probabilidad de oxidación de la materia.

30 Al llegar a la superficie, las burbujas estallan y es la superficie la que desempeña entonces un papel de captación de la materia orgánica.

Según la invención, es necesario en este caso que esta superficie esté despejada eficazmente de esta materia por rascado o aspiración de la fase sobrenadante.

35 Esta materia densa pero cremosa, es casi el único residuo de tratamiento, lo cual es una ventaja importante de la invención.

La velocidad de raspado o el caudal de aspiración de cremas se debe utilizar con el fin de extraer la materia con eficacia pero sin perturbar el carácter estático de la lámina de agua.

40 El efluente se beneficia de una fuerte aspiración T2 desde el segundo compartimento 73, efectuándose esta aspiración en una zona 86 de cúmulo de materias y de burbujas de la parte alta del compartimento.

Una vez más se debe evitar perturbar la calma de la zona alta del compartimento situada por encima.

45 De vuelta al compartimento siguiente 74, el agua ha podido entonces beneficiarse de una oxidación muy fuerte, y esta oxidación ha producido unas burbujas.

50 Esta agua se introduce después nuevamente en la parte baja T3 del compartimento 75 con el fin de que se beneficie de nuevo del burbujeo favorable para la separación de fases. Es en este compartimento donde la fase de contaminación disuelta se precipita entonces sobre todo por la oxidación y en particular por la electrólisis si la electrólisis es la técnica utilizada para producir los oxidantes.

55 Una vez precipitada, esta materia es una vez más captada por las burbujas en su curso hacia la superficie del compartimento y es extraída del medio.

A lo largo de su camino hacia el compartimento 75, el agua puede beneficiarse de una oxidación muy fuerte que reduce su porcentaje de materia contaminante, rompiendo en frío las moléculas.

60 Se constata entonces que las moléculas que no se podían tratar hasta entonces vuelven hacia moléculas de CO₂ o hacia moléculas más pequeñas que a continuación podrán ser finalmente y más fácilmente consumidas por las bacterias.

65 Esta es la razón por la cual dicho procedimiento no es solamente eficaz y utilizable solo, sino también un pre-tratamiento antes de una estación de depuración biológica más clásica.

El agua pierde así progresivamente su carga contaminante, orgánica, su color y su olor.

ES 2 356 182 T3

Los efluentes son aspirados a continuación por la bomba 80 para ser inyectados en el bucle de oxidación 93 que comprende un dispositivo 94 de electrólisis (reactor) y de cavitación 95 (caudal de aire CA), en paralelo.

A continuación se muestra una tabla de los parámetros utilizados por el experto en la materia para regular el dispositivo descrito anteriormente con el fin de obtener los excelentes resultados del tipo de los que se presentarán haciendo referencia a las figuras 12 a 15.

TABLA VI

Funciones		Parámetros
Hidrodinámica	1	Caudal de tratamiento P2 , m ³ /h Caudales de recirculación P1, P42, P43, P44 : m ³ /h Vórtice, abertura de las válvulas de fondo de cuba, 82, 83, 84, 85 Posición de los bucles de oxidación, 93, 87, 88, 89 Repartición de los flujos de la derivación general, 82, 83, 84, 85
Cavitación, oxidación	2	Caudal de aire CA , 3/h Repartición del flujo en los compartimentos del reactor (<i>apertura de las válvulas en la parte baja de los 4 compartimentos activos</i>) 82, 83, 84, 85
Oxidación radicalaria	3	Intensidad en los extremos de los reactores 90, 91, 92, 94 EL en A/cm ² Superficie activa SA en m ² por reactor EL Localización de los reactores EL en los bucles 93, 87, 88, 89 Caudal de las recirculaciones a través de los reactores, velocidad del fluido, 82, 83, 84, 84 .
Separación de fases	4	Introducción de la oxidación compartimentos 72 a 75 Coagulación, PD1 , caudal l/h Floculación, PD2 , caudal l/h Descremado, VR velocidad de rotación del dispositivo de descremado

Para el conjunto del dispositivo, el tiempo de estancia es variable en función del efluente tratado de 30 minutos hasta algunas horas, 3 ó 4 horas por ejemplo.

El efluente llega por lo tanto al último compartimento después de beneficiarse de un flujo vertical en cada compartimento anterior y por lo tanto haber tenido un tiempo de estancia máximo y un tiempo de contacto óptimo.

Un ejemplo de depuración se proporciona a continuación con el dispositivo descrito haciendo referencia a la figura 11 sobre un agua cargada de materia orgánica (carga baja) e inorgánica (cloruros muy variables).

Se trata de un efluente muy específico de gran variabilidad:

- *Aguas de mar mezcladas con hidrocarburos brutos.*
- *Gran variedad de brutos.*
- *DCO baja y variable de 30 a 3.000 ppm.*
- *DCO soluble mayoritaria.*
- *Cloruros (NaCl, MgCl, CaCl₂ ...) variables de 3 (dilución) a 30 g/l.*

Los resultados obtenidos se proporcionan en la figura 12, indicando la zona rayada el efluente antes del tratamiento, y la zona clara después de tratamiento.

Se constata en este caso que las condiciones iniciales para el efluente 100 son muy diferentes del efluente 101, o también 102 y 103.

Otros tres ejemplos de resultados se proporcionan asimismo haciendo referencia a las tablas siguientes VII, VIII y IX, y a las figuras 13 a 15, que muestran que incluso con una gran variabilidad en las DCO iniciales, la invención permite obtener unos resultados en los que la DCO final está por debajo de un valor determinado y con la misma instalación.

La tabla VII corresponde a la figura 13 (DCO de partida media).

La tabla VIII corresponde a la figura 14 (DCO de partida baja).

La tabla IX corresponde a la figura 15 (DCO de partida más fuerte).

Tabla VI

Parámetros	1	2	3	4	5	6
Funcionamiento	Lote	Lote	Lote	Lote	Lote	Lote
Tiempo de estancia (horas)	7	8	7	9	8	8
Superficie de electrodos (m ²)	4	4	4	4	4	4
Intensidad/reactor (A)	150	200	125	250	250	150
Caudal P1 (m3/h)	20	20	30	30	30	20
Caudal P4 (m3/h)	10	10	10	10	10	10
Velocidad de descremado (rpm)	1	1	1,5	1,5	1	1
Inyección de coagulante ppm/tiempo	15 ppm de arranque 5 ppm mitad del ciclo	10 ppm de arranque 10 ppm mitad del ciclo	20 ppm arranque 5 ppm mitad del ciclo	20 ppm arranque 5 ppm mitad del ciclo	20 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo	20 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo
Inyección de floculante ppm/tiempo	2 ppm de arranque 2 ppm mitad del ciclo	5 ppm de arranque 3 ppm mitad del ciclo	2 ppm arranque 1 ppm mitad del ciclo	3 ppm arranque 1 ppm mitad del ciclo	1 ppm arranque 1 ppm mitad del ciclo	1 ppm arranque 1 ppm mitad del ciclo
Cavitación	65%	50%	50%	50%	50%	65%
Posición de oxidación general (G) o particular (C _i)	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento

ES 2 356 182 T3

TABLA VIII

Parámetros	1	2	3	4
Funcionamiento	Lote	Lote	Lote	Lote
Tiempo de estancia (horas)	7	8	8	9
Superficie de electrodos (m ²)	4	4	4	4
Intensidad/reactor (A)	150	150	200	150
Caudal P1 (m3/h)	205	20	30	30
Caudal P4 (m3/h)	10	10	10	10
Velocidad de descremado (rpm)	1	1	1,5	1,5
Inyección de coagulante ppm/tiempo	20 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo	10 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo	20 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo	20 ppm arranque 20 ppm mitad del ciclo
Inyección de floculante ppm/tiempo	2 ppm arranque 2 ppm mitad del ciclo	5 ppm arranque 3 ppm mitad del ciclo	2 ppm arranque 1 ppm mitad del ciclo	3 ppm arranque 1 ppm mitad del ciclo
Cavitación	65%	50%	50%	50%
Posición de la oxidación sobre derivación general o particular i	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento

TABLA IX

Parámetros	1	2	3	4
Funcionamiento	Lote	Lote	Lote	Lote
Tiempo de estancia (horas)	7:30	8	8h30	9
Superficie de electrodos (m ²)	4	4	4	4
Intensidad/reactor (A)	50	75	200	100
Caudal P1 (m3/h)	35	20	30	40
Caudal P4 (m3/h)	10	10	10	10
Velocidad de descremado (rpm)	1	2	1	2
Inyección de coagulante ppm/tiempo	20 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo	10 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo	20 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo	20 ppm arranque 10 ppm mitad del ciclo
Inyección de floculante ppm/tiempo	2 ppm arranque 1 ppm mitad del ciclo	2 ppm arranque 2 ppm mitad del ciclo	2 ppm arranque 1 ppm mitad del ciclo	3 ppm arranque 2 ppm mitad del ciclo
Cavitación	50%	50%	50%	100%
Posición de oxidación sobre derivación general o particular i	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento	G+C4 Derivación general y derivación en el 4º compartimento

ES 2 356 182 T3

Resulta evidente que el experto en la materia, en función de los efluentes a tratar, adaptará el tamaño de las diferentes burbujas de inicio y el (los) caudal(es) de oxidación de manera que se obtenga la DCO buscada, mejorando sucesivamente, si ha lugar, en el momento los preajustes de la instalación durante el arranque antes de su explotación industrial, de manera conocida.

5

Evidentemente, y tal como se desprende asimismo de lo expuesto anteriormente, la presente invención no está limitada a las formas de realización descritas más particularmente. Abarca por el contrario todas sus variantes y en particular aquellas en las que, por ejemplo, el recinto no es cilíndrico y también en las que se evacuan los lodos por aspiración y no por raspado.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 356 182 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de depuración de los efluentes líquidos cargados de sustancias orgánicas y/o minerales, disueltas o no, para llevarlos por debajo de un umbral de DCO determinado, en el que se separa el agua de las sustancias efectuando en un mismo recinto (3) vertical, que comprende por lo menos dos compartimentos, un burbujeo vertical en los efluentes introducidos a un caudal d , y simultáneamente en el mismo recinto una oxidación química hidráulica o gaseosa de dichos efluentes, **caracterizado** porque, siendo el recinto (3) de superficie libre y comprendiendo por lo menos tres compartimentos (4, 5, 6, 7) que se comunican entre sí para permitir una circulación entre los compartimentos sucesivamente desde la parte alta hacia la parte baja y desde la parte baja hacia la parte alta y así sucesivamente, se introducen los efluentes por un lado y se retiran por el otro lado en la parte alta del recinto a dicho caudal d , se hace circular, por medio de un circuito hidráulico externo (26), los efluentes a través de los compartimentos entre su parte baja y un nivel medio a un caudal global D por lo menos tres veces superior al caudal d , y se evacua en continuo la fase sobrenadante, estando el caudal de oxidación química así como el caudal y el tamaño de las burbujas dispuestos para obtener progresivamente una separación de fases sólido/líquido y/o líquido/líquido en la superficie del recinto permitiendo la obtención de una DCO por debajo del umbral determinado.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el oxidante químico se selecciona, solo o en combinación, de entre los oxidantes H_2O_2 , O_3 , O° u OH° .
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el oxidante químico se inyecta en un circuito de derivación con uno de los compartimentos.
- 20 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se evacua en continuo la fase sobrenadante por raspado en las partes superiores de los lodos flotantes en un compartimento de desagüe (8).
- 25 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la oxidación química se lleva a cabo esencialmente en el último compartimento (7) de circulación de los efluentes del recinto.
- 30 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la oxidación química comprende un burbujeo de microburbujas obtenido mediante electrólisis, denominado nanoburbujeo.
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el nanoburbujeo se obtiene mediante la circulación de una parte de los efluentes reciclados en los electrodos planos paralelos que producen unas sustancias radicalarias en la superficie de dichos electrodos.
- 40 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizado** porque el caudal del nanoburbujeo está comprendido entre $2 d$ y $15 d$.
- 45 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el caudal D de circulación de los efluentes a través de los compartimentos es superior a diez veces el caudal d .
- 50 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el burbujeo se efectúa con aire, estando la dimensión media de las burbujas en su emisión comprendida entre 0,5 mm y 5 mm.
- 55 11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el burbujeo vertical se obtiene mediante cavitación en el circuito de derivación de los efluentes.
- 60 12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el caudal D se reinyecta en la parte baja de uno o varios de los compartimentos.
- 65 13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el régimen hidráulico vertical en el recinto (3) está dispuesto para que la parte baja esté en régimen fuertemente turbulento ($Re \gg 3.000 m^2 s^{-1}$) y la parte alta próxima de la superficie libre esté en régimen laminar ($Re < 2.000 m^2 s^{-1}$).
14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se realiza una agitación complementaria a caudal fuerte en uno o varios de los compartimentos mediante recirculación a través de un circuito de derivación unido al compartimento en cuestión.
15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque se realiza además una oxidación complementaria en el circuito de derivación.
16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque comprende además una filtración biológica.
17. Dispositivo (1) depurador de efluentes líquidos cargados de sustancias orgánicas y/o minerales, disueltas o no, para llevarlos por debajo de un umbral de DCO determinado, que comprende un recinto vertical (3) que comprende por lo menos dos compartimentos (4, 5, 6, 7) verticales adyacentes que se comunican entre sí, unos medios de alimentación

ES 2 356 182 T3

con aire de burbujeo vertical en la parte baja de los compartimentos, unos medios de introducción (29) de los efluentes por un lado y de extracción (34) por el otro lado en la parte alta del recinto a un caudal d , y unos medios (37) de alimentación con fluido de oxidación química hidráulica o gaseosa de dichos efluentes, **caracterizado** porque el recinto contiene por lo menos tres compartimentos que se comunican entre sí por una o varias aberturas (22, 23, 24) practicadas en la pared por un lado en su parte baja y por otro lado a un nivel medio, para permitir una circulación entre los compartimentos sucesivamente desde la parte alta hacia la parte baja y de la parte baja hacia la parte alta y así sucesivamente, unos medios (20) de puesta en circulación por un circuito hidráulico externo (26) de los efluentes entre las aberturas en la parte baja de las paredes y aquellas a un nivel medio a un caudal D de por lo menos tres veces superior al caudal d , unos medios de evacuación en continuo de la fase sobrenadante, y unos medios (19) de ajuste que permiten ajustar el caudal de oxidación química así como el caudal y el tamaño de las burbujas para obtener una separación de fase sólido/líquido y/o líquido/líquido de los efluentes en la superficie del recinto permitiendo la obtención de una DCO por debajo del umbral determinado.

18. Dispositivo según la reivindicación 17, **caracterizado** porque comprende cinco compartimentos (4, 5, 6, 7, 8) de los que cuatro (4, 5, 6, 7) son de circulación de los efluentes y uno (8) de evacuación de los lodos flotantes.

19. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 17 y 18, **caracterizado** porque los compartimentos tienen una altura útil comprendida entre 2 m y 6 m.

20. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, **caracterizado** porque la relación entre la altura útil H y la sección S de cada compartimento está comprendida entre 4 y 10.

21. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20, **caracterizado** porque la oxidación química se lleva a cabo mediante la producción de radicales libres hidroxilos OH° a partir de la molécula de agua H_2O mediante una técnica de electrólisis.

22. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 21, **caracterizado** porque las burbujas de aire para burbujeo vertical se realizan en el circuito (20) de puesta en circulación de los efluentes por unos medios de cavitación.

23. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 22, **caracterizado** porque por lo menos un compartimento comprende un circuito de derivación unido de recirculación a fuerte caudal.

24. Dispositivo según la reivindicación 23, **caracterizado** porque el circuito de derivación comprende unos medios de oxidación complementaria por electrólisis.

25. Dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 24, **caracterizado** porque comprende además unos medios de tratamiento por filtración biológica.

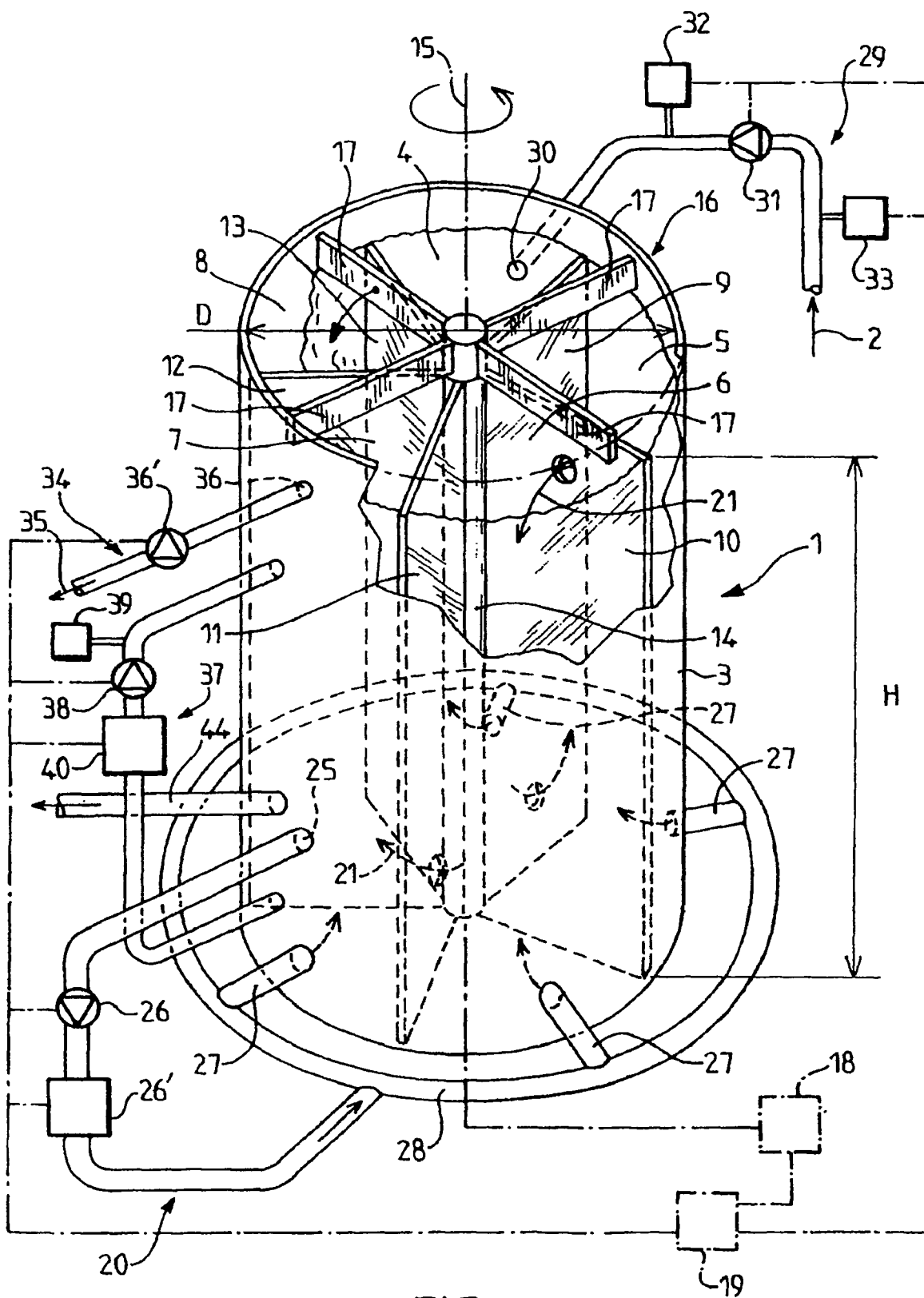


FIG.1

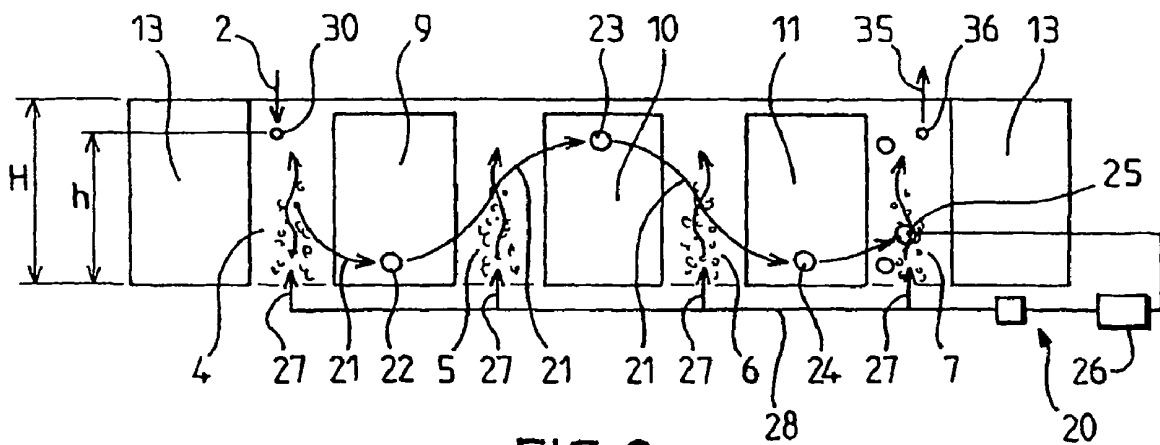


FIG. 2

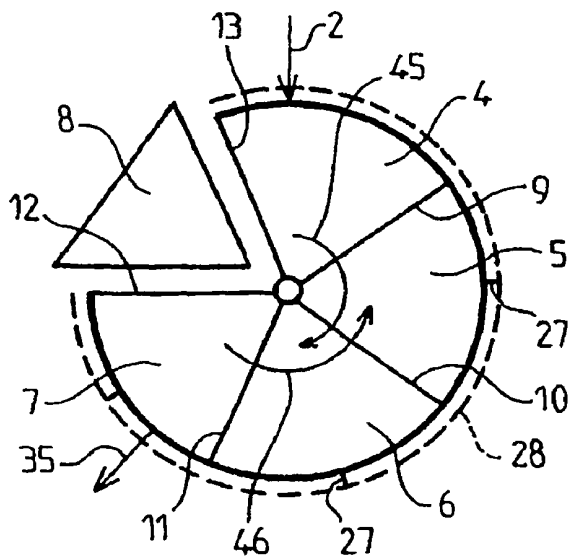


FIG. 3

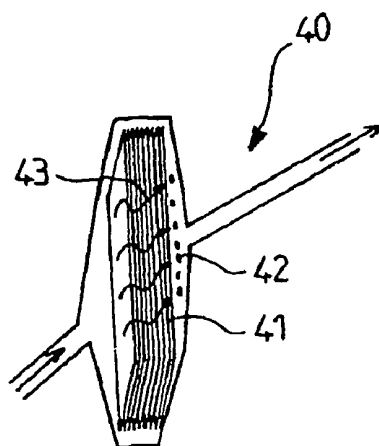


FIG. 5

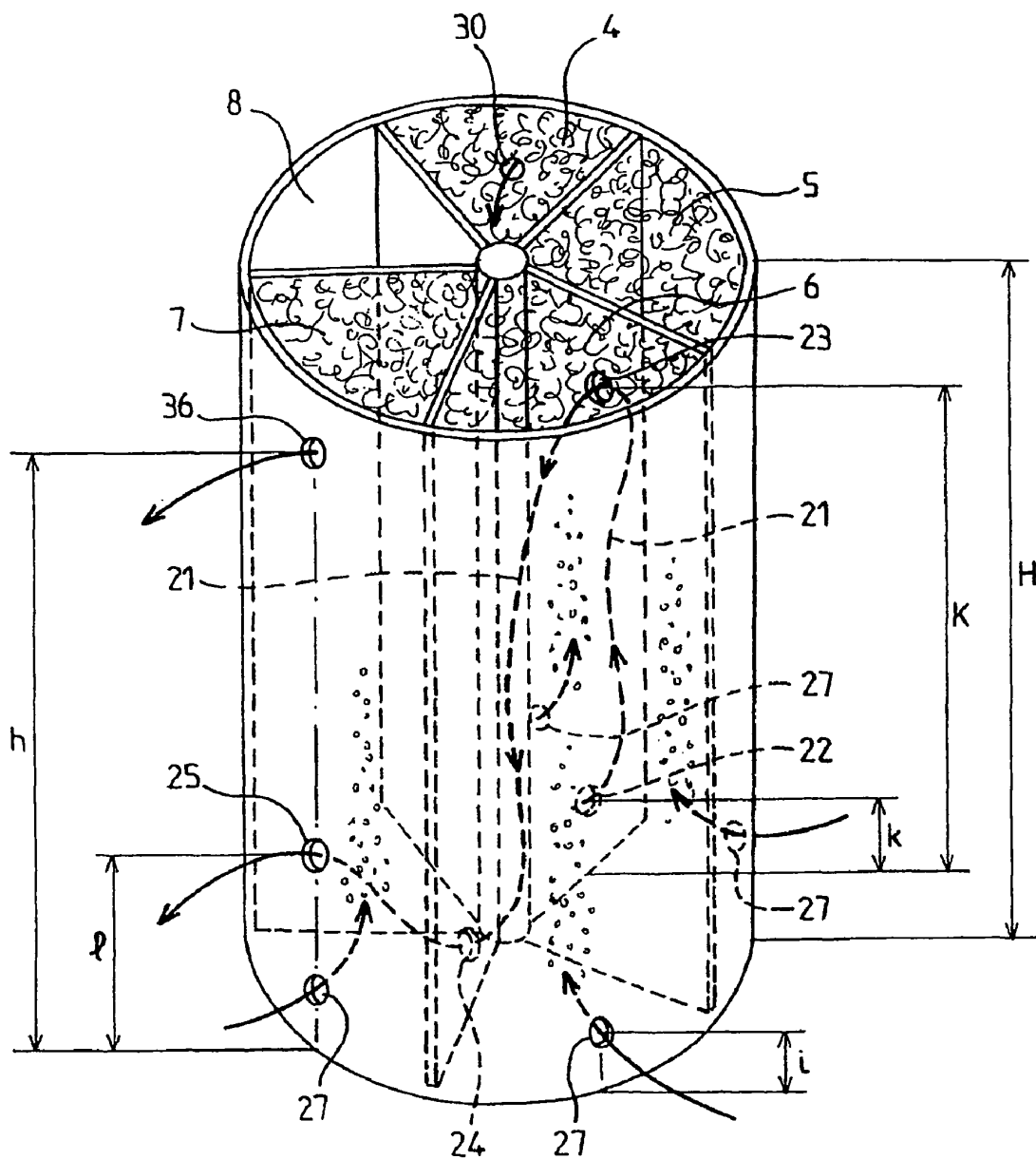


FIG.4

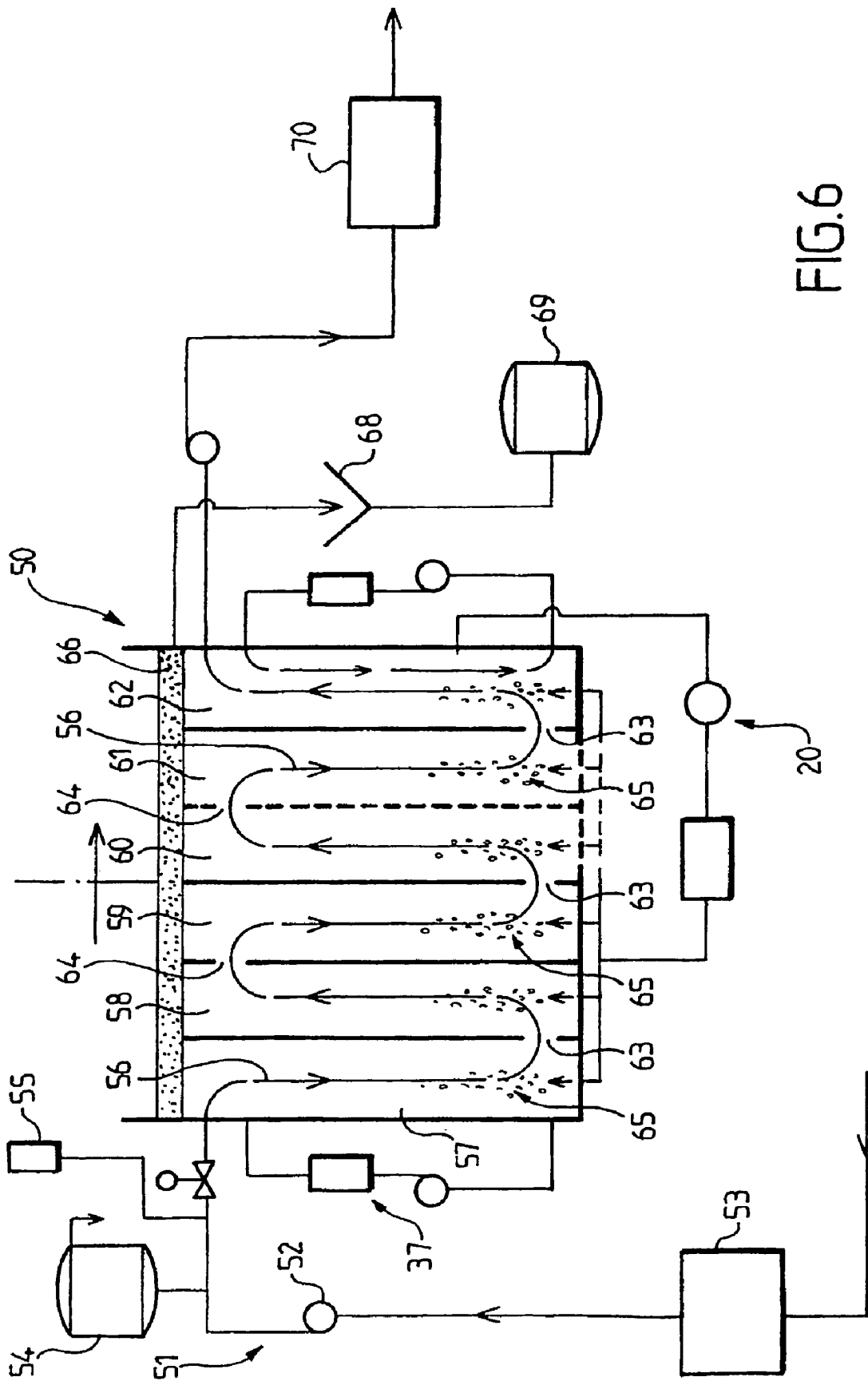


FIG.6

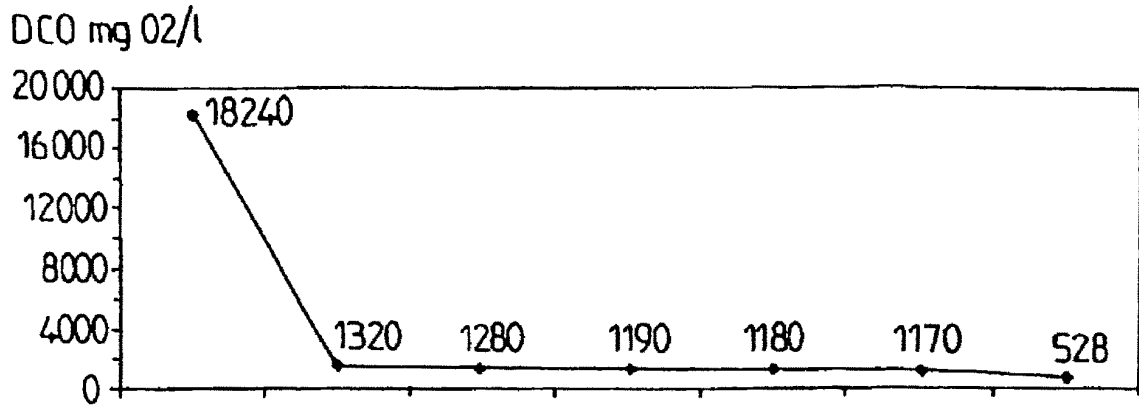


FIG. 7

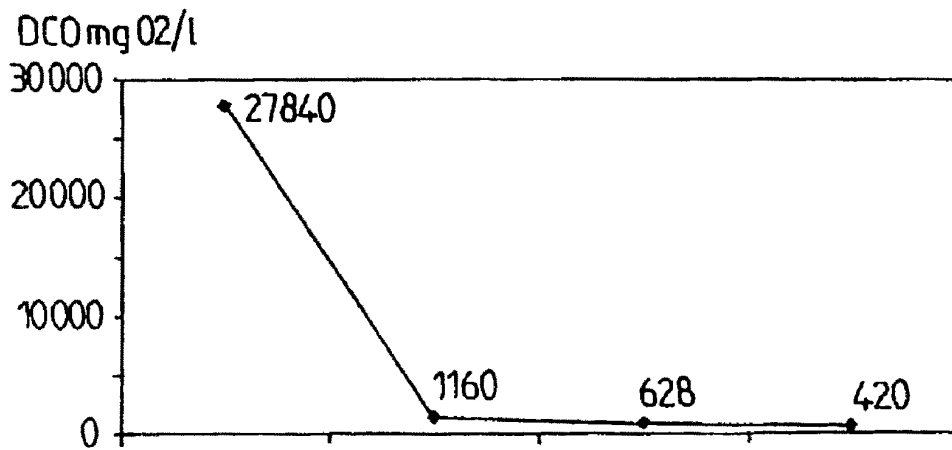


FIG. 8

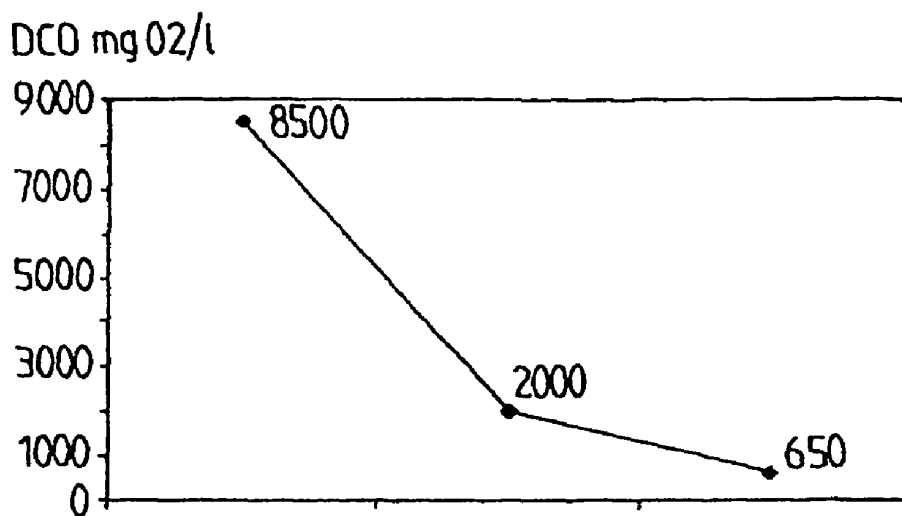


FIG.9

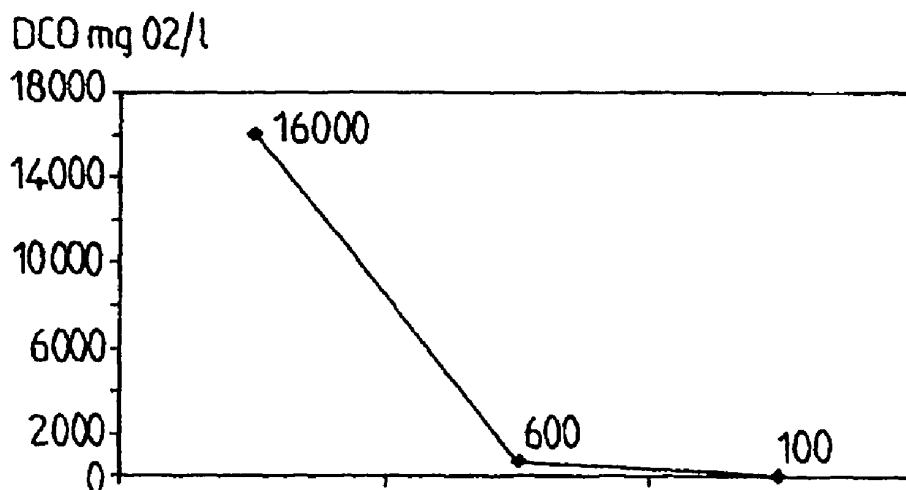


FIG.10

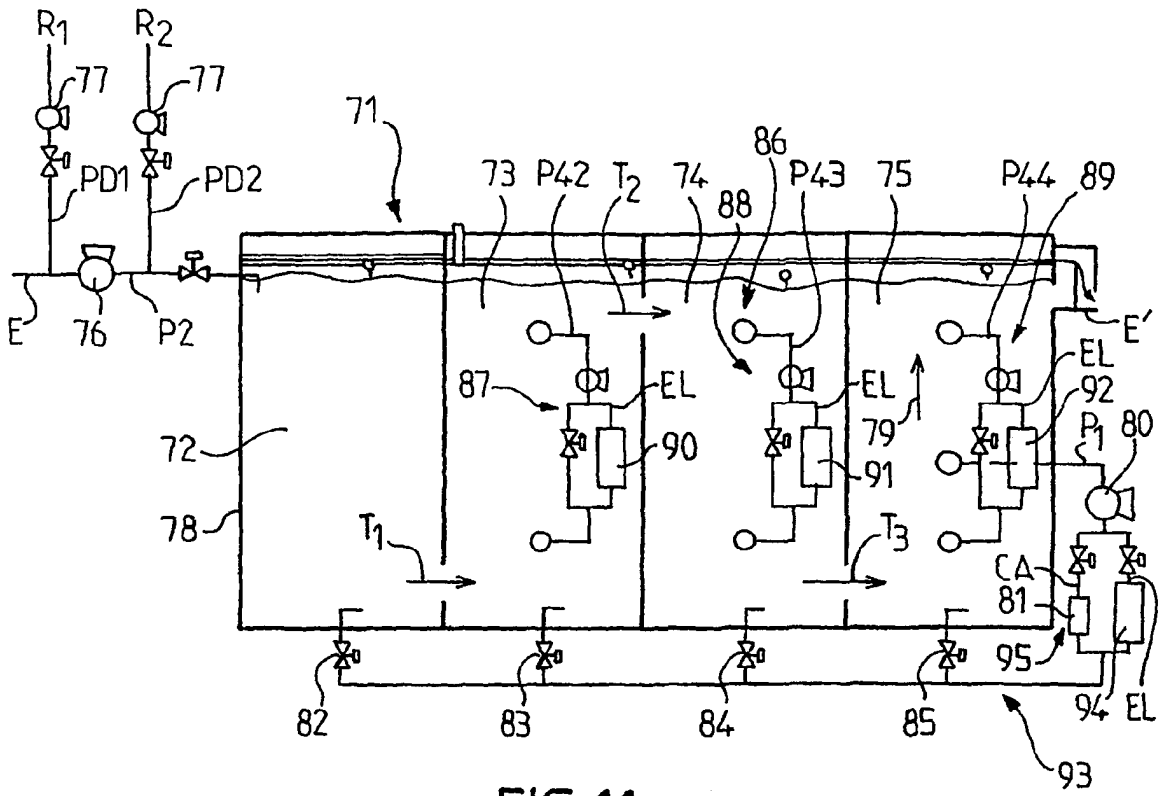


FIG.11

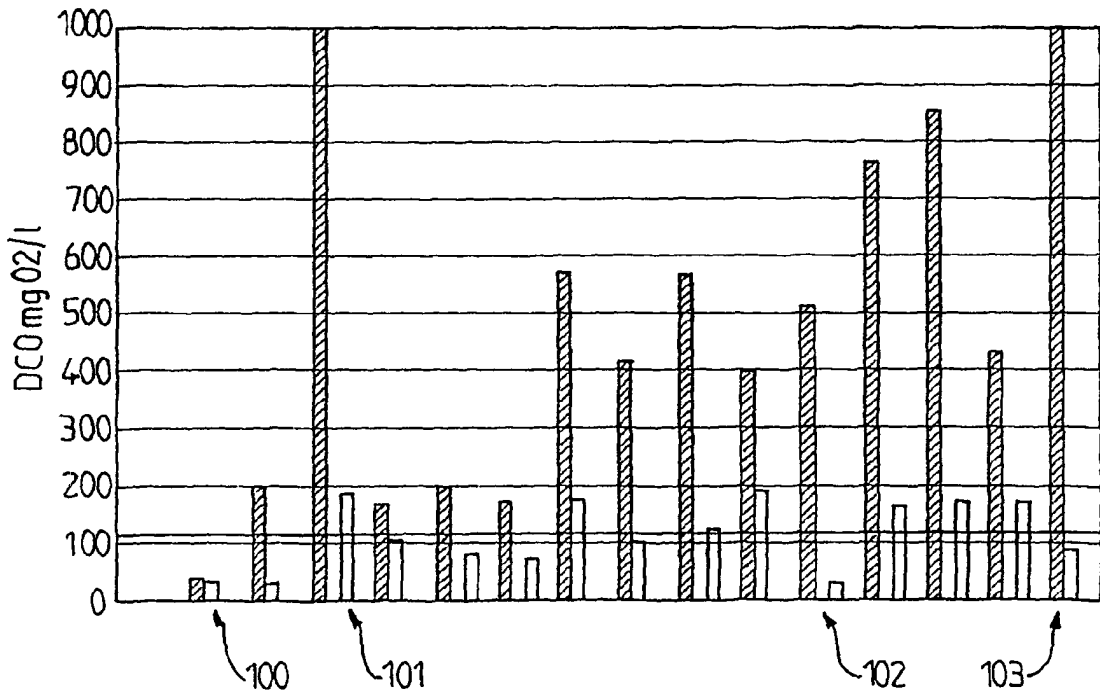


FIG.12



FIG.13

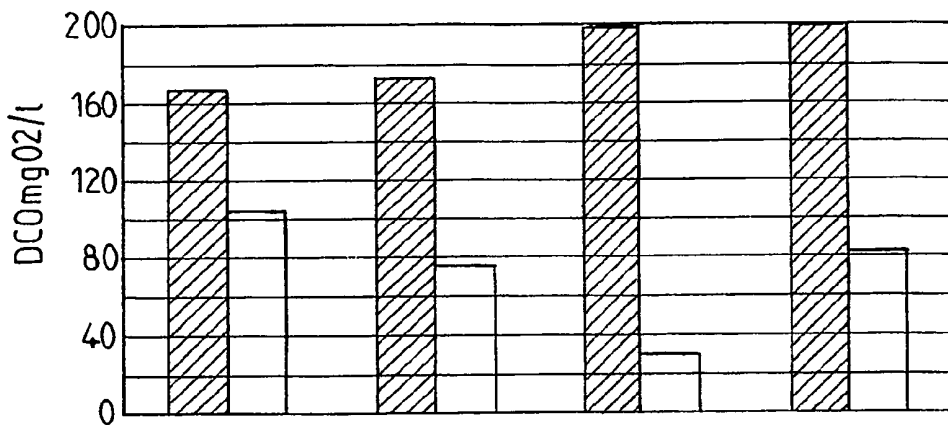


FIG.14

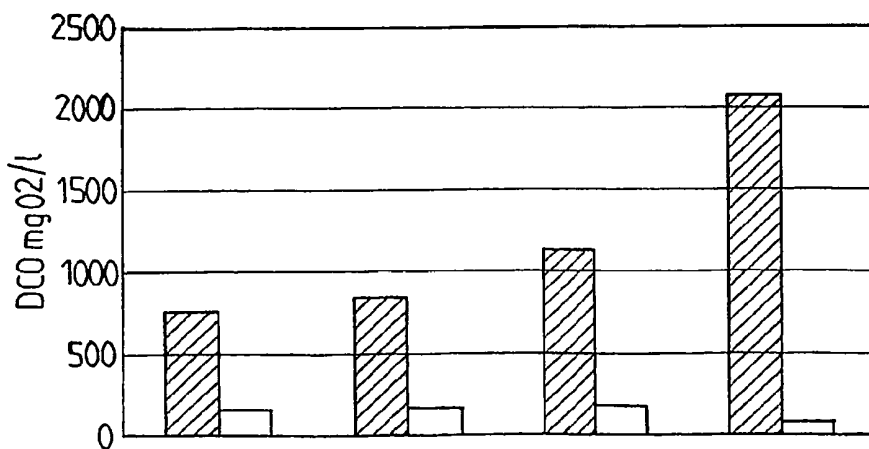


FIG.15