

(11) *Número de Publicação:* **PT 764610 E**

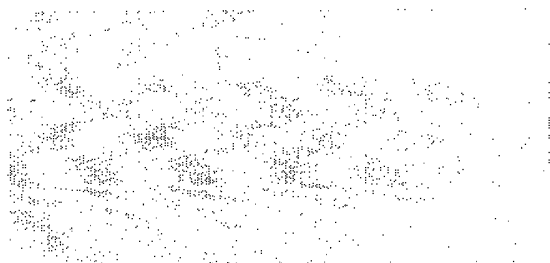
(51) *Classificação Internacional:* (Ed. 6)
C02F001/44 A B01D061/02 B

(12) *FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO*

(22) <i>Data de depósito:</i> 1996.04.08	(73) <i>Titular(es):</i> ALBERTO VAZQUEZ-FIGUEROA RIAL PENAS BLANCAS, 3 35340 TIAS ES
(30) <i>Prioridade:</i> 1995.04.07 ES 9500705 1995.08.04 RU 95113192 1995.12.12 ES 9502446	
(43) <i>Data de publicação do pedido:</i> 1997.03.26	(72) <i>Inventor(es):</i> ALBERTO VAZQUEZ-FIGUEROA RIAL ES
(45) <i>Data e BPI da concessão:</i> 1999.12.09	(74) <i>Mandatário(s):</i> JOSÉ EDUARDO LOPES VIEIRA DE SAMPAIO RUA DO SALITRE, 195 R/C DTO 1250 LISBOA PT

(54) *Epígrafe:* INSTALAÇÃO E PROCESSO PARA A DESSALINIZAR ÁGUA DO MAR POR OSMOSE INVERSA POR MEIO DE PRESSÃO HIDROSTÁTICA

(57) *Resumo:*



Descrição

“Instalação e processo para a dessalinizar água do mar por osmose inversa, por meio de pressão hidrostática”

A presente invenção refere-se ao campo técnico da potabilização da água residual e da dessalinização da água do mar. Mais especificamente, a invenção proporciona um sistema para a dessalinização que permite a obtenção de água fresca ou purificada, com uma instalação de construção de custo reduzido, que permite purificar ou dessalinizar a água a obter com custos de energia reduzidos e sem operações de manutenção complicadas.

A dessalinização da água salgada e a purificação de água residuais são feitas convencionalmente por dois sistemas gerais, por outras palavras, a evaporação de água e a recolha e condensação do vapor de água, e filtração da água, por meio de filtros ou, no caso de dessalinização, por osmose inversa através de membranas semipermeáveis.

A dessalinização por osmose é usada no equipamento de potabilização em barcos e em diversas áreas costeiras, em instalações de dessalinização usadas para fornecer água fresca à população e/ou à agricultura.

A dessalinização por osmose inversa implica que a água salgada tem de ser forçada a passar através de filtros ou membranas, por aplicação de uma pressão elevada (cerca de 70 at), cuja criação exige um elevado consumo de energia, além de equipamento caro e relativamente complexo. Isso afecta especialmente as grandes instalações de dessalinização, que fornecem grandes quantidades de água fresca em áreas costeiras, cuja construção exige investimentos muito elevados e cuja manutenção é complexa e cara, donde resulta, juntamente com o elevado consumo

de energia atrás referido, o elevado preço de custo da água dessalinizada.

Para contrariar os elevados custos da energia, a patente espanhola ES-A-488.215 descreve uma instalação de dessalinização da água com um sistema hidrostático de osmose inversa que, por meio de alguns poços, abertos no subsolo, estabelece uma coluna de água, cujo peso exerce uma pressão, nos módulos osmóticos, de modo que se produza o fenómeno da osmose inversa, substituindo desse modo o uso de bombas de hélice das instalações tradicionais. No entanto, embora reduza o custo da energia do metro cúbico de água dessalinizada, relativamente ao custo da energia das instalações de dessalinização tradicionais, ainda exige custos elevados de energia.

A presente invenção é usada para eliminar os inconvenientes atrás referidos das instalações de dessalinização convencionais, bem como reduzir ainda mais o custo da energia para obter cada metro cúbico de água dessalinizada e os custos da construção da instalação.

Como o seu título indica e se define nas reivindicações, a presente invenção, refere-se a uma instalação de dessalinização por osmose inversa que, para criar a pressão necessária nos módulos de osmose inversa, lança mão da pressão que o peso de uma coluna de água salgada formada exerce nos referidos módulos. A instalação de dessalinização fica situada em terra, com os seus módulos de osmose inversa colocados a um nível inferior ao nível do mar, a fim de obter a altura necessária da coluna de água salgada para obter a pressão desejada nos módulos.

Uma característica principal da instalação de dessalinização é que tem um depósito elevado, para a acumulação de água salgada. O referido depósito permite a acumulação de uma certa quantidade de água salgada, que é bombeada durante as

horas de energia eléctrica mais barata, de modo tal que a instalação funciona no resto do dia sem necessidade de consumir energia eléctrica, tornando-se a energia consumida para a bombagem mais barata. Além disso, torna possível garantir uma pressão constante, estável, nos módulos osmóticos por não estar dependente do funcionamento constante de uma série de bombas, como sucede no caso das instalações tradicionais.

Por outro lado, a elevação do depósito superior permite que a salmoura resultante do processo de osmose inversa suba até uma certa altura, pela pressão natural, sem necessidade de qualquer bombagem. Por outro lado, isso tem a vantagem de não ser necessário incluir bombas expostas a uma grande agressividade corrosiva da salmoura e, por outro lado, permite a realização das operações de manutenção e reparação, sem ter de interromper o funcionamento da instalação de dessalinização.

A coluna de água é estabelecida em furos no solo, abaixo do nível do mar.

O resultado do processo descrita é que o custo total da energia para o metro cúbico de água dessalinizada pode reduzir-se substancialmente.

As figuras dos desenhos representam:

A fig. 1, um corte de uma forma de realização possível das condutas tubulares que alojam as condutas ou canais de transporte da água dessalinizada, pré-tratada, da água salgada e da salmoura;

A fig. 2, uma primeira forma de realização da invenção;

A fig. 3, uma segunda forma de realização da invenção; e

A fig. 4, uma forma de realização da parte subterrânea de uma forma de realização de acordo com as fig. 1 e 3.

A seguir, e com referência às figuras, faz-se uma descrição de algumas formas de realização da invenção.

A fig. 2 mostra uma primeira forma de realização da presente invenção. De acordo com esta forma de realização, a instalação de dessalinização compreende primeiros poços (104), que recebem água salgada do mar. Na base destes primeiros poços (104) há baterias de membranas semipermeáveis, do tipo apropriado para a realização do fenómeno da osmose inversa. Enquanto que os poços (104) estão cheios de água salgada, produz-se o fenómeno da osmose inversa, por meio do qual uma parte, tipicamente 55% da água salgada, introduzida na poço é convertida em resíduos líquidos ("água retida" ou salmoura), que estão carregados com todos os sais presentes na água salgada e que sai do sistema de membranas (105) com uma pressão elevada, a cerca de 68 atm., no caso de a coluna de água sobre as membranas (105) ter uma altura de cerca de 702 metros (com base numa densidade da água do mar de $1,03 \text{ g/cm}^3$), que cria uma pressão de 70 at, na base dos poços (104) onde se localizam as membranas (105).

Os resultantes 45% do caudal de água salgada introduzida nos poços são convertidos em água potável totalmente isenta de sal, com uma pressão residual que é relativamente baixa na saída, de 1 a 2 atm, tendo uma coluna de água de cerca de 702 m sobre as membranas (105).

Isto significa que, exactamente com o mesmo caudal que o da água salgada proveniente do mar e, uma vez sujeita ao mesmo sistema de pré-tratamento (116) que numa instalação convencional, a água é introduzida nos primeiros poços (104), quase metade da água é convertida em água fresca, enquanto que a salmoura sobe, tendo em conta a sua densidade (cerca de $1,06 \text{ g/cm}^3$, no caso de a água salgada

introduzida nos poços verticais (104) ser água do mar normal), por uma segunda bateria de poços (109) construída próximo dos primeiros poços (104) que recebem a água salgada, a cerca de 646 m (quando os primeiros poços de tomada (104) tiverem uma profundidade de 702 m) acima do nível de saída das membranas (105).

Com a finalidade de evitar a bombagem da salmoura a partir do nível estático que ela atinge no interior dos segundos poços (109) até à superfície e, portanto, o custo da energia que essa bombagem implica, bem como o custo das próprias bombas, muito caras e delicadas, quando é necessário bombear a salmoura, na forma de realização preferida representada na fig. 2, o dispositivo é concebido de modo tal que a salmoura atinge o dreno através da boca dos segundos poços (109) da segunda bateria, por pressão natural. Para conseguir este efeito, é necessário aumentar a carga na boca dos primeiros poços (104) de injeção de água salgada, de 63 m, no caso da densidade da água do mar considerada. Para isso a instalação de dessalinização foi provida de um depósito superior (117) que, desde que se considerem as diferentes densidades dos fluidos que estamos a tratar, bem como as perdas de carga produzidas no sistema, seria colocado a cerca de 70 m acima do nível da boca dos poços, com a finalidade de obter uma pressão constante nas membranas (105), o que é fundamental para o seu bom funcionamento e a sua duração, ao mesmo tempo que se consegue que a salmoura atinja a superfície, sem qualquer tipo de bombagem. Logicamente, pela utilização do depósito superior (117), colocado a uma altura em relação à superfície, a profundidade dos primeiros poços (104) que recebem a água salgada em bruto pode ser reduzida, em correspondência com a referida altura.

A água salgada do mar, uma vez sujeita a um pré-tratamento pertinente num sistema de pré-tratamento (116) é bombeada, por bombas (118), para o depósito

superior (117).

A água fresca que, tipicamente, no caso descrito poderia corresponder a 45% do total da água em bruto que atravessa as membranas a uma pressão residual de 1 a 2 atm, que correspondem a cerca de 10 a 20 m de altura acima do nível do sistema de membranas. A partir desta profundidade, a água é bombeada, através de um terceiro sistema de poços (107), para um depósito (110) à superfície, que fica pronto para a sua distribuição.

De acordo com uma segunda forma de realização da invenção, representada nas fig. 1, 3 e 4, os primeiros poços (104), os segundos poços (109) e os terceiros poços (107) para água salgada, salmoura e água dessalinizada, respectivamente, podem ser alojados no interior de um poço principal (119), com um diâmetro maior. Os primeiros poços (104), os segundos poços (109) e os terceiros poços (107) podem, neste caso, ser constituídos por condutas tubulares, situadas no referido primeiro poço (119) e/ou paredes verticais interiores do primeiro poço (119) por meio das quais são formadas condutas correspondentes aos referidos primeiros (104), segundos (109) e terceiros (107) poços.

Na fig. 3 pode ver-se, esquematicamente, a instalação de dessalinização de acordo com a segunda forma de realização. Esta forma de realização corresponde essencialmente à forma de realização ilustrada na fig. 2, mas inclui o poço principal no qual se situam os primeiros (104), os segundos (109) e os terceiros (107) poços. Esta maneira de construir a estrutura dos poços pode facilitar a implementação prática dos poços, com a consequente redução de custos que isso implica. Na fig. 3 podemos também ver um depósito de água dessalinizada subterrâneo (115).

Na fig. 4, pode ver-se uma vista em perspectiva de uma forma de realização

de uma parte subterrânea da presente invenção, de acordo com a forma de realização representada na fig. 3. Um poço mais (119) compreende um primeiro poço (104) e um segundo poço (109), separado por uma parede vertical, que divide o interior do referido poço mais (119) em dois. O primeiro poço (104) e o segundo poço (109) estão em comunicação pela sua parte inferior com uma câmara de dessalinização (112), em cujo interior se alojam os filtros ou membranas semipremeáveis (105). Os filtros ou membranas semipremeáveis (105) estão, de acordo com esta forma de realização, colocados entre uma conduta (123), substancialmente horizontal, que comunica com o primeiro poço (104), e uma conduta substancialmente horizontal (124), que comunica com o segundo poço (109). A câmara de dessalinização (122) tem uma saída de água dessalinizada, que comunica, por meio de uma conduta (125), com um quarto poço (126) e, através deste, com uma câmara de bombagem dessalinizada (121), que comunica com uma série de depósitos de água dessalinizada subterrâneos (115). A câmara (121) de bombagem de água dessalinizada pode estar situada a uma certa altura (por exemplo, 15 metros) acima do nível da saída de água dessalinizada dos filtros ou membranas (5), dado que a água sai deles sob uma certa pressão e, portanto, pode elevar-se até à câmara de bombagem da água dessalinizada (121), sem necessidade de bombagem. A partir dos depósitos subterrâneos (115) de água dessalinizada e da câmara de bombagem (121), a água dessalinizada é bombeada para a superfície, através de condutas ou segundos poços (107), alojados no interior do quarto poço (126). O quarto poço (126) pode também alojar um elevador (112).

O custo da energia para produzir um metro cúbico de água potável à superfície, pronta para a subsequente distribuição, pode ser calculado, por exemplo

para uma instalação de acordo com a segunda forma de realização preferida atrás descrita e para uma produção de 200 000 m³/dia. Este cálculo baseia-se no equipamento comercial actualmente existente.

Com dimensões apropriadas do depósito subterrâneo de água fresca (115) e do depósito superior (117), pode armazenar-se água suficiente nestes depósitos, de modo a bombear a água salgada para cima até ao depósito superior (117), podendo a bombagem de água fresca para a superfície ser feita principalmente à noite, o que implica a possibilidade de utilizar as tarifas nocturnas. A produção da instalação durante o dia pode portanto ser feita essencialmente sem qualquer bombagem, dado que os resíduos líquidos sobem à superfície através dos segundos poços (109) sem necessidade de qualquer bombagem.

Basicamente, podemos calcular o custo da energia de 0,7 KWh, correspondente ao consumo das bombas que, no primeiro estágio de operação, tomam a água do mar, e por meio de um sistema de filtração, a libertam de impurezas. Este consumo é o máximo que, actualmente e para as piores condições de filtração, corresponde a uma instalação clássica. Além disso, calcula-se um consumo de 0,5 KWh para elevar toda a água em bruto para o depósito superior.

Finalmente, calcula-se um consumo de 2,01 KWh para elevar água potável dessalinizada de uma profundidade de 640 m, para o depósito de distribuição.

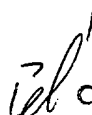
O consumo total corresponde portanto a 3,21 KWh.

Presentemente, numa instalação de dessalinização convencional e devido à necessidade de bombear 100% da água em bruto através do sistema de membranas a uma pressão de 70 atm, consome-se, para as mesmas condições de filtração e considerando a recuperação máxima de energia que pode obter-se nas bombas de

turbina usualmente utilizadas, no mínimo um consumo total correspondente de 4,6 KWh.

Como pode ver-se, a poupança de energia obtida pela presente invenção é substancial.

Lisboa, 29 de Fevereiro de 2000

 O Agente Oficial da Propriedade Industrial


JOSÉ DE SAMPAIO
A.O.P.I.
Rua do Salitre, 195, r/c-Drt.
1250 LISBOA

Reivindicações

1. Instalação de dessalinização, que compreende:

- pelo menos uma entrada de água salgada (101);
- meios para conduzir a água salgada a partir da referida entrada de água salgada;
- meios para estabelecer uma coluna de água salgada (104);
- meios de dessalinização por osmose inversa (105), situados na área da extremidade inferior da referida coluna de água salgada (104), estando os referidos meios (105) de dessalinização por osmose inversa situados subterraneamente, num nível abaixo da água do mar;
- meios para conduzir água dessalinizada (107), que vem dos referidos meios subterrâneos de dessalinização por osmose inversa (105);
- meios para conduzir salmoura (109) que vem dos referidos meios de dessalinização inversa subterrâneos (105) para a superfície; na qual
- os referidos meios para estabelecer uma coluna de água (3, 104) têm uma altura de modo que o peso da referida coluna de água salgada exerça uma pressão que dê origem à produção do fenómeno de osmose inversa nos meios (105) de dessalinização por osmose inversa, de modo que a água salgada seja separada em água dessalinizada e salmoura;

Caracterizada por:

incluir pelo menos um depósito de água salgada (117), situado a uma certa altura acima do nível do mar, estando o referido depósito superior (117) em comunicação hidráulica com a referida coluna de água salgada, estando o referido depósito superior (117) situado a uma altura suficiente de modo que a salmoura

atinga a superfície sem a necessidade de bombear a referida salmoura, e por haver meios de bombagem (118) para bombear a referida água da referida entrada de água salgada para o referido depósito superior (117).

2. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 1, caracterizada por o depósito superior (117) ter uma capacidade de acumulação de água salgada que é suficiente para alimentar a instalação de dessalinização com água salgada durante um período de tempo substancial sem receber água a partir dos meios de bombagem (118).

3. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 2, caracterizada por a referida capacidade de acumulação corresponder a $2/3$ do total de água salgada tratada diariamente.

4. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizada por incluir meios de pré-tratamento da água salgada que sai do depósito superior (117), estando os referidos meios de pré-tratamento situados a uma altura intermédia entre o depósito superior de água salgada (117) e a área superior da coluna de água salgada (104).

5. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 4, caracterizada por os meios de pré-tratamento da água estarem localizados aproximadamente a 40 metros abaixo do depósito (117).

6. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizada por a referida coluna de água salgada (104) ter uma altura de aproximadamente 700 metros.

7. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizada por o depósito superior estar situado

aproximadamente a 740 metros acima dos meios de dessalinização por osmose inversa.

8. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizada por a altura da coluna de água salgada (104) ser tal que o peso da referida coluna de água exerce uma pressão suficiente para produzir o fenómeno da osmose inversa nos meios de dessalinização por osmose inversa (105).

9. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 8, caracterizada por incluir meios de bombagem (12), para bombear a água dessalinizada dos meios de dessalinização por osmose inversa (105) para a superfície.

10. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizada por os meios de dessalinização por osmose inversa (105) compreenderem filtros ou membranas semipermeáveis.

11. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações anteriores, caracterizada por compreender um depósito (110, 115), para recolher a água dessalinizada.

12. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 11, caracterizada por o referido depósito (110, 115) estar elevado acima dos referidos meios de dessalinização por osmose inversa (105) a uma altura tal que a água dessalinizada atinja o referido depósito por pressão natural, sem necessidade de bombagem.

13. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 12, caracterizada por os referidos meios de condução da água, os

meios (109) de condição da salmoura e os meios para estabelecer a coluna de água (104) consistirem numa pluralidade de condutas tubulares substancialmente verticais (16), situados na periferia interior de uma conduta tubular principal substancialmente vertical, com um diâmetro maior que os anteriores.

14. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 13, caracterizada por os referidos meios de condutas tubulares (17, 119) com um diâmetro maior incluírem um espaço livre interior (18), para o deslizamento de uma plataforma (19).

15. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 12, caracterizada por os meios de condução da salmoura e os meios para estabelecer a coluna de água incluírem um primeiro e um segundo poços abertos no solo.

16. Instalação de dessalinização de acordo com qualquer das reivindicações 1 a 12, caracterizada por a referida instalação de dessalinização ser subterrânea, comunicando o depósito superior (117) com os meios de dessalinização por osmose inversa (105) por condutas tubulares alojadas em furos verticais.

17. Processo para dessalinizar água por osmose inversa, por pressão natural, de acordo com o qual:

- se introduz água salgada em pelo menos uma conduta, na qual e proporcionam meios de dessalinização por osmose inversa (105), estando os referidos meios de dessalinização por osmose inversa situados subterraneamente a um nível inferior ao nível do mar;

- estando os meios de dessalinização por osmose inversa (105) situados de modo tal que a coluna de água (104), que está localizada acima dos referidos meios

de dessalinização por osmose inversa na referida conduta, exerce pressão que dá origem à produção do fenómeno de osmose inversa dos meios de dessalinização por osmose inversa (105), obtendo-se água dessalinizada e salmoura;

caracterizado por:

- antes de introduzir a água salgada na referida conduta, a referida água salgada ser bombeada para o depósito superior (117), situado a uma altura suficiente para que a salmoura que vem dos meios de dessalinização por osmose inversa atinja a superfície, tem necessidade de bombear a referida salmoura.

18. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 17, caracterizada por a referida água salgada ser bombeada para o depósito superior elevado (117) durante um certo período de tempo.

19. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 18, caracterizada por a água salgada que é colocada no depósito superior elevado (117) ser armazenada no referido depósito durante um período de tempo complementar ao período de tempo correspondente à bombagem da referida água.

20. Instalação de dessalinização de acordo com a reivindicação 19, caracterizada por a referida quantidade de tempo de armazenamento de água salgada corresponder a $\frac{2}{3}$ do tempo total de operação diário.

Lisboa, 29 de Fevereiro de 2000



○ Agente Oficial da Propriedade Industrial



JOSÉ DE SAMPAIO
A.O.P.I.
Rua do Salitre, 195, 1/c-Drt.
1250 LISBOA

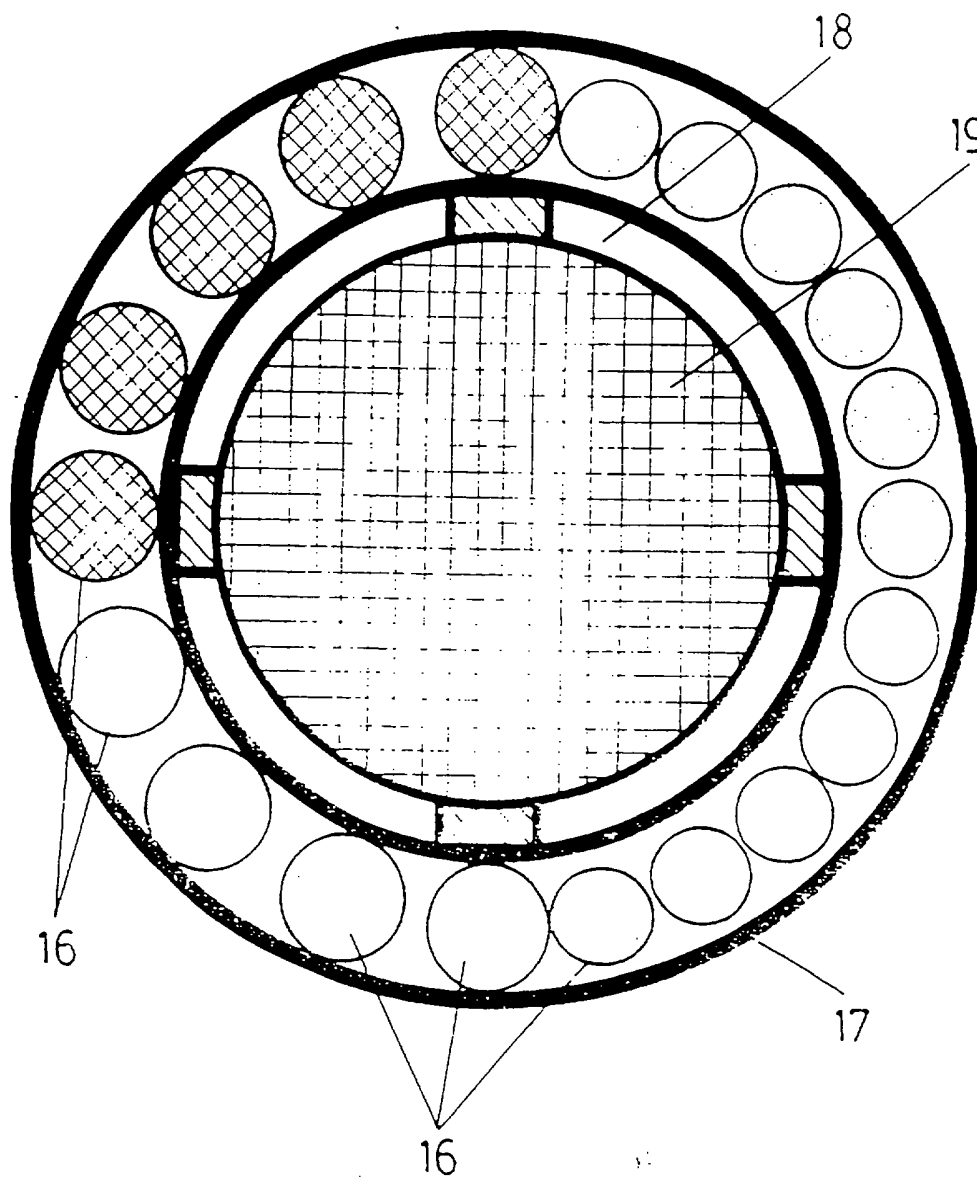


FIG. 1

258

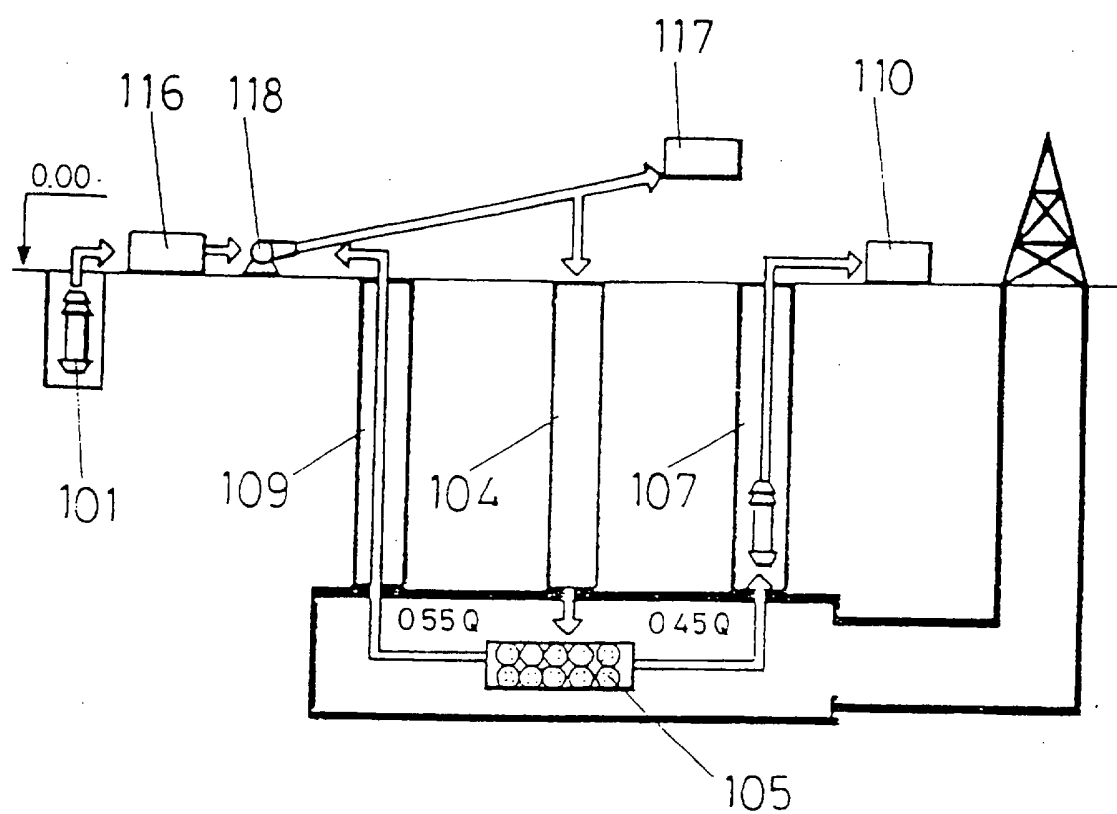


FIG. 2

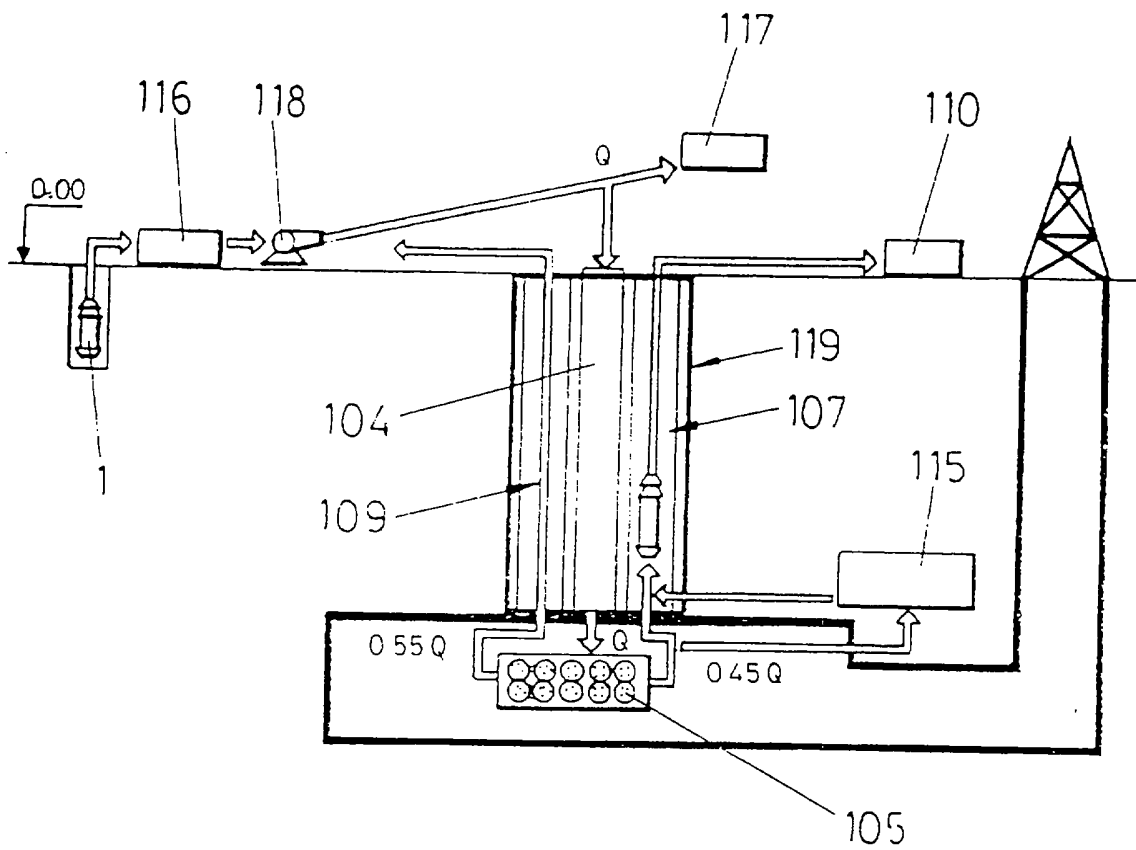


FIG. 3

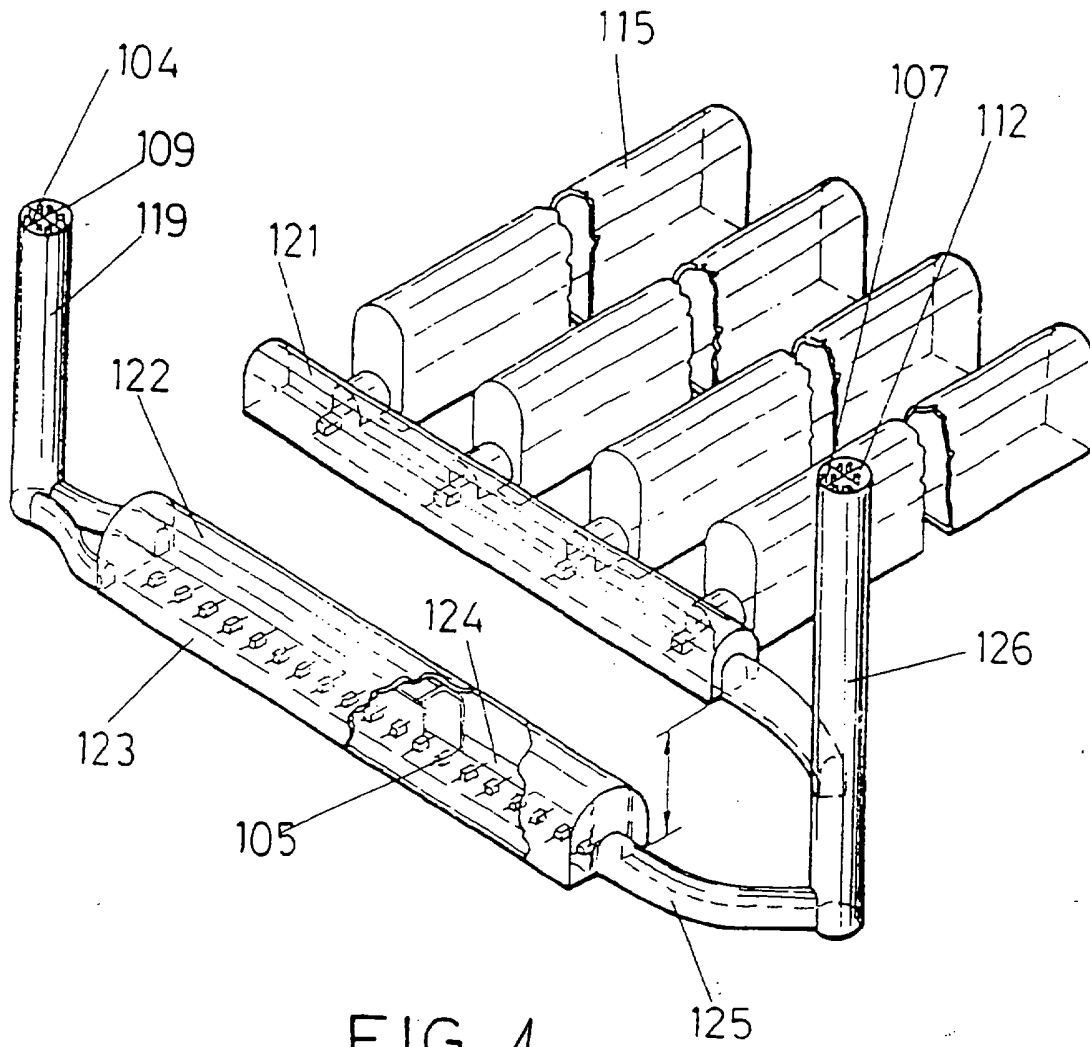


FIG. 4