

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

300 382

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

C02F 3/12 (2006.01)
C02F 1/44 (2006.01)
C02F 3/20 (2006.01)
B01D 65/02 (2006.01)
B01D 65/08 (2006.01)
B01D 61/18 (2006.01)
B01D 63/02 (2006.01)
B01D 63/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2001-1236**

(22) Přihlášeno: **07.10.1999**

(30) Právo přednosti: **09.10.1998** US 1998/103665
14.01.1999 CA 1999/2258715
20.01.1999 US 1999/116591
20.07.1999 CA 1999/2278085
30.07.1999 CA 1999/2279766

(40) Zveřejněno: **17.04.2002**
(Věstník č. 4/2002)

(47) Uděleno: **26.03.2009**

(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **06.05.2009**
(Věstník č. 18/2009)

(86) PCT číslo: **PCT/CA1999/000940**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 2000/021890**

(56) Relevantní dokumenty:

WO 1997/06880 A; WO 1999/29401 A; JP 8323161 A; JP 185271 A; JP 9220569 A; JP 4265128 A; JP 8312161 A.

(73) Majitel patentu:

ZENON ENVIRONMENTAL INC., Oakville, CA

(72) Původce:

Cote Pierre, Dundas, CA
Janson Arnold, Burlington, CA
Rabie Hamid, Mississauga, CA
Singh Manwinder, Burlington, CA

(74) Zástupce:

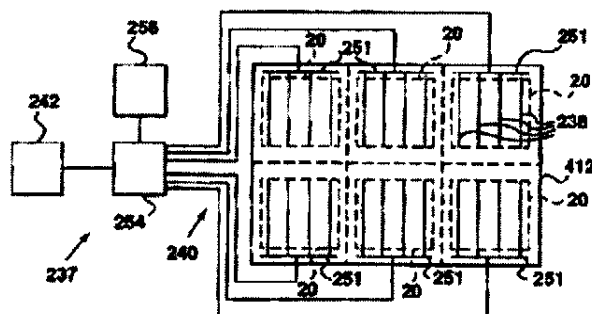
PATENTSERVIS PRAHA a.s., Jivenská 1, Praha 4,
14000

(54) Název vynálezu:

**Způsob čištění nebo zamezení zanášení
membránového modulu**

(57) Anotace:

Způsob čištění nebo zamezení zanášení membránového modulu (20), který má jednu nebo více membrán (6, 23) ponořených do vody (18) v nádrži (12, 412, 512, 612). Modul (20) se provozuje v provzdušňovacím režimu, při němž tok plynu produkuje bubliny (36) pod membránami (23) ve vodě (18) v nádrži (12, 412, 512, 612), účinné na čištění nebo zanášení membrán (23), přičemž tok plynu kolísá v opakujících se ne více než 120 sekundových cyklech v trvání mezi vyšší rychlosti a nižší rychlosti toku, kde nižší rychlost toku je menší než polovina vyšší rychlosti toku.



CZ 300382 B6

Způsob čištění nebo zamezení zanášení membránového modulu

Oblast techniky

5

Vynález se týká filtrování tekutin a zejména využívání čistících vzduchových bublin tvořených provzdušňovacím systémem k čištění nebo potlačení zanášení membrán v ponořeném membránovém filtru.

10

Dosavadní stav techniky

15

Ponořené membrány se používají k úpravě tekutin obsahujících pevné látky za účelem vytvoření filtrované tekutiny s nízkým obsahem pevných látek a nefiltrovaného retenčního roztoku bohatého na pevné látky. Ponořené membrány se používají například k získávání v podstatě čisté vody z odpadní vody a pitné vody z jezer nebo přehradních nádrží.

20

Membrány jsou obecně uspořádány v modulech, které obsahují membrány a sběrné trubky připevněné k membránám. Moduly jsou ponořeny v nádrži s vodou obsahující pevné látky. Na stěny membrány působí tlak, v jehož důsledku prochází filtrovaná voda stěnami membrány. Pevné látky nejsou membránami propuštěny, a proto zůstávají ve vodě nádrže, kde jsou biologicky nebo chemicky upraveny nebo jsou z nádrže vypuštěny.

25

Vzduchové bubliny jsou zaváděny do nádrže přes provzdušňovací zařízení instalovaná pod membránovými moduly a spojená potrubím s dmychadlem. Vzduchové bubliny stoupají k hladině vody nádrže a fungují jako čerpadlo na stlačený vzduch, které podporuje novou cirkulaci vody nádrže membránovým modulem. Když je rychlost proudění vzduchu v efektivním rozsahu, stoupající bubliny a voda nádrže propírají a rozkmitávají membrány, což zabraňuje znečišťování pórů membrán pevnými látkami z vody nádrže. Dále zde také dochází k přenosu kyslíku z bublin do vody nádrže, čímž u aplikací na odpadní vody vzniká kyslík pro růst mikroorganismů. Dmychadlo pracuje obecně nepřetržitě za účelem minimalizace tlaku působícího na motory dmychadla a v případě potřeby tak zajišťuje stálý přívod vzduchu pro růst mikroorganismů.

30

35

Je-li u běžných provzdušňovacích systémů třeba zajistit silnější čištění, zvýší operátor rychlost proudění vzduchu do provzdušňovacího zařízení. Při tomto postupu však dochází k namáhání membrán a motorů dmychadla a roste spotřeba energie, což podstatně zvyšuje provozní náklady na proces. Je-li v opačném případě třeba zeslabit čištění, operátor běžně sníží rychlost proudění vzduchu do provzdušňovacího zařízení. Někteří operátoři snižují průměrnou rychlost proudění vzduchu tak, že dodávají vzduch přerušovaně. Tento postup zaručuje rychlost proudění vzduchu v efektivním rozsahu, avšak za cenu rychlého opotřebování dmychadel, která se často vypínají a opět zapínají. V mnohých případech se při tomto přerušovaném provozu na dmychadla neposkytuje záruka.

40

45

U typických provzdušňovacích systémů dále platí to, že se v nich voda nádrže pohybuje obecně stálým recirkulačním vzorcem. Recirkulační vzorec normálně obsahuje „mrtvé zóny“, kam při recirkulaci vody nádrže a bublin voda nedosáhne. Membrány v těchto mrtvých zónách nebo části membrán v těchto mrtvých zónách nejsou účinně čištěny a mohou pracovat s vodou s vyšší koncentrací pevných látek, než má obecně voda nádrže. Tyto membrány nebo příslušné části membrán se proto rychle znečišťují pevnými látkami.

50

S tím související problém vzniká u modulů, kde jsou instalovány membrány z dutého vlákna, které nemají takový průvěs, aby se mohly pohybovat a setřást částice pevných látek nebo zamezit jejich zachycení. V důsledku pohybu vody nádrže zaujmou membrány s průvěsem téměř stálou polohu, zejména u konců membrán, což narušuje vhodný pohyb vláken.

Další vlastnost současných provzdušňovacích systémů spočívá v tom, že se provzdušňovací zařízení za určitý čas znečistí. I když je přívod vzduchu zapojen, místní tlak vzduchu u obvodu otvorů provzdušňovacího zařízení je nízký a často umožňuje vniknutí vody do provzdušňovacího zařízení. Když se provzdušňování střídavě přerušuje, např. při zpětném proplachu, čištění nebo jiném kroku údržby, může do provzdušňovacího systému proniknout více vody nádrže. Voda nádrže, která pronikne do provzdušňovacího systému, se zde odpaří a zanechá po sobě usazeniny pevných látek. Zejména v případě odpadních vod mohou usazené pevné látky podstatně snížit účinnost provzdušňovacího systému, případně musí operátor pravidelně přerušovat filtraci, aby provzdušňovací zařízení vyčistil nebo vyměnil.

Představitelem výše uvedených systémů jsou například řešení uvedená ve spisech JP 08 323 161 a JP0 7 185 271.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky stávajícího stavu techniky jsou odstraněny, nebo alespoň do značné míry eliminovány způsobem čištění nebo zamezení zanášení membránového modulu podle vynálezu, který má jednu nebo více membrán ponořených do vody v nádrži, jehož podstatou je, že se modul provozuje v provzdušňovacím režimu, při němž tok plynu produkuje bubliny pod membránami ve vodě v nádrži, účinné na čištění nebo zanášení membrán, přičemž tok plynu kolísá v opakujících se ne více než 120 sekundových cyklech v trvání mezi vyšší rychlostí a nižší rychlostí toku, kde nižší rychlost toku je menší než polovina vyšší rychlosti toku a dále, že se bubliny produkují prvním a druhým provzdušňovačem a v průběhu prvního cyklu druhý provzdušňovač přijímá plyn s nižší rychlostí průtoku, zatímco první provzdušňovač produkuje bubliny s vyšší rychlostí průtoku, přičemž v průběhu druhého cyklu druhý provzdušňovač produkuje bubliny s vyšší rychlostí průtoku, zatímco první provzdušňovač produkuje bubliny s nižší rychlostí průtoku.

Podstatou způsobu je rovněž to, druhé provzdušňovače se v horizontální rovině střídají s prvními provzdušňovači, nebo že délka trvání opakovaných cyklů je mezi 10 a 60 sec. nebo že délka trvání opakovaných cyklů je mezi 20 a 40 sec. jakož i to, že se sníží rychlost toku vypnutím přívodu vzduchu.

Dále je podstatným znakem rovněž skutečnost, že vyšší rychlost toku odpovídá povrchové rychlosti mezi 0,013 m/s a 0,15 m/s, nebo že vyšší rychlost proudění je zajišťována přibližně po jednu polovinu trvání cyklu, jakož i to, že proudění vzduchu se náhle mění mezi vyšší rychlostí a nižší rychlostí toku, nebo že modul zahrnuje pletenec membrán z dutých vláken.

Cílem vynálezu je vytvořit systém cyklického provzdušňování, který lze použít pro provzdušňování ultrafiltračních a mikrofiltračních membránových modulů ponořených do vody nádrže. Systém cyklického provzdušňování využívá sestavy s ventilem a ovladače sestavy s ventilem k připojení přívodu vzduchu ke skupině samostatných odboček sítě dodávky vzduchu. Samostatné odbočky sítě dodávky vzduchu jsou pak spojeny s provzdušňovacím zařízením umístěným pod membránovými moduly. Zatímco přívod vzduchu je obsluhován tak, aby zajišťoval stálé počáteční proudění vzduchu, sestava s ventilem a ovladač sestavy s ventilem rozdělují a rozvádějí počáteční přívod vzduchu mezi samostatné odbočky systému přívodu vzduchu, takže se proudění vzduchu do každé větve mění v opakovaných cyklech mezi vyšší rychlostí proudění a nižší rychlostí proudění.

V jednom z provedení se systém cyklického provzdušňování používá k přerušovanému provzdušňování membránových modulů uspořádaných v několika filtračních zónách, z nichž každá je spojena se samostatnou odbočkou sítě dodávky vzduchu. Systém cyklického provzdušňování je uspořádán a řízen tak, aby prováděl provzdušňování v předem stanoveném časovém intervalu pro

každou filtrační zónu. V jiných provedeních se systém cyklického provzdušňování používá tak, aby zajišťoval intenzivní provzdušňování skupiny membránových modulů. V jednom z nich je systém cyklického provzdušňování uspořádán a řízen tak, aby dodával vzduch do odbočky sítě
 5 dodávky vzduchu rychlostí střídající se v cyklech o délce 120 sekund či kratších mezi vyšší rychlostí proudění a nižší rychlostí proudění. V jiném provedení tohoto typu se provzdušňovací zařízení spojená s první odbočkou sítě dodávky střídají s provzdušňovacími zařízeními spojenými s druhou odbočkou sítě dodávky vzduchu. Proudění vzduchu vyšší rychlostí mezi první a druhou odbočkou sítě dodávky vzduchu se střídá v cyklech o délce 120 sekund či kratších.

Přehled obrázků na výkresech

Příkladné provedení systému pro způsob čištění nebo zamezení zanášení membránového modulu podle vynálezu je znázorněno na přiložených výkresech, kde představuje obr. 1A schéma pono-
 15 řeného membránového reaktoru, obr. 1B, 1C a 1D membránové moduly podle jednotlivých provedení vynálezu, obr. 2 schéma půdorysu systému provzdušňování podle jednoho z provedení vynálezu, obr. 3 sérii grafů znázorňujících účinek fungování jednoho z provedení vynálezu, obr. 4A, 4B, 4C schéma sestavy s ventilem a ovladačů ventilů podle jednotlivých provedení vynálezu, obr. 5 schéma půdorysu membránových modulů a systému provzdušňování podle jed-
 20 noho z provedení vynálezu, obr. 6 schéma půdorysu membránových modulů a systému provzdušňování podle dalšího z provedení vynálezu, obr. 7A schéma půdorysu membránových modulů a systému provzdušňování podle dalšího z provedení vynálezu, obr. 7B, 7C a 7D nárysy membránových modulů a součástí systému provzdušňování podle dalších alternativ k provedení na obr. 7A, obr. 8A a 8B nárysy membránových modulů a součástí systému provzdušňování
 25 podle provedení vynálezu, na kterou působí systém cyklického provzdušňování, obr. 9A, 9B, 9C a 9D provzdušňovací zařízení podle provedení vynálezu, obr. 10A, 10B a 10C grafy výsledků zkoušek s provedeními vynálezu, která obsahují dvě skupiny provzdušňovacích zařízení a obr. 11 graf výsledků zkoušek s provedeními vynálezu, která obsahují jedinou skupinu provzdušňova-
 30 cích zařízení.

Příklady provedení vynálezu

Na obrázku 1A je znázorněno obecné uspořádání reaktoru 10. Popis reaktoru 10 v této části textu
 35 se vztahuje obecně k různým provedením popsáným níže do té míry, aby nenarušoval popis některého ze specifických provedení.

Reaktor 10 má nádrž 12, která je zpočátku naplněna napájecí vodou 14 přívodem 16. Napájecí
 40 voda 14 může obsahovat mikroorganismy, suspendované látky nebo jiné látky, které budou souhrnně nazývány „pevné látky“. Když se napájecí voda 14 dostane do nádrže 12, stává se z ní voda 18 v nádrži 12, v níž mohou být zvýšené koncentrace různých pevných látek, zejména pokud se reaktor 10 používá k úpravě odpadních vod.

V nádrži 12 je instalován jeden nebo několik membránových modulů 20 s jednou, či větším poč-
 45 tem sběrných trubek 22 v tekutém spojení s propustnou stranou jedné či několika membrán 6. Membrány 6 v membránových modulech 20 mají velikost póru v rozsahu mikrofiltrace nebo ultrafiltrace, přednostně mezi 0,003 a 10 mikrony.

Membránové moduly 20 jsou k dispozici v různých velikostech a sestavách s různým uspořádá-
 50 ním sběrných trubek 22. Membrány 6 mohou být např. dutá vlákna zasazená v jedné či několika sběrných trubkách 22, takže světlost dutých vláken budou v tekutém spojení alespoň s jednou sběrnou trubkou 22. Sběrné trubky 22 mohou mít libovolný vhodný tvar, ovšem v typickém případě mají pravouhlé nebo kruhové čelo, jímž se připojují k membránám 6. Jinak mohou mít membrány 6 plochý tvar a budou v typickém případě orientovány svisle v oddělených párech se

sběrnými trubkami 22 na všech čtyřech stranách v tekutém spojení s výsledným vnitřním povrchem. Membránový modul 20 může mít jednu nebo několik mikrofiltračních nebo ultrafiltračních membrán 6 a lze spojit několik membránových modulů 20 tak, že vzniknou větší membránové moduly 20 nebo kazety. Všechna tato uspořádání však budou označována jako membránové moduly 20.

Obrázky 1B, 1C a 1D znázorňují preferované membránové moduly 20 s pravoúhlými útvary 8. V každém pravoúhlém útvaru 8 drží dvě protilehlé sběrné trubky 22 mezi sebou membrány 6 dutého vlákna 23. Kolem zakončení každé membrány 6 je izolační pryskyřice, která vytváří vodotěsné spojení mezi vnějším membrány 6 dutých vláken 23 a sběrnými trubkami 22 při současném zachování tekutého spojení světlosti membrán 6 z dutého vlákna 23 alespoň s jednou sběrnou trubicí 22. Pravoúhlé útvary 8 mohou být orientovány ve vodorovné rovině - viz obr. 18, svisle - viz obr. 1C, nebo vodorovně ve svislé rovině - viz obr. 1D. V typickém případě je v membránovém modulu 20 spojeno několik pravoúhlých útvarů 8.

Ačkoli v každém pravoúhlém útvaru 8 je znázorněna jediná řada membrán 6 z dutého vlákna 23, typický pravoúhlý útvar 8 obsahuje vrstvu membrán 6 z dutého vlákna 23 v šířce 2 cm a 10 cm. Běžné membrány 6 z dutého vlákna 23 mají vnější průměr mezi 0,4 mm a 4,0 mm a jsou uspořádány s hustotou 10 a 40 %. Délka běžné membrány 6 z dutého vlákna 23 je 400 až 1800 mm, průřez je 0,1 a 5 %.

Na obr. 1A je voda 18 nádrže 12 v průběhu průniku tekutiny neustále udržována v nádrži 12 nad úrovní membrán 6 v membránových modulech 20. Filtrovaná voda, tj. obecněji pronikající tekutina 24 membránou 6, proudí stěnami membrány 6 v membránových modulech 20 pod vlivem tlaku mezi membránami 6 a shromažďuje se u sběrných trubek 22, odkud je odváděna vedením 28 tekutiny pronikající membránou 6 do vývodu 26. Tlak mezi membránami 6 zajišťuje přednostně pumpa 30 na tekutinu pronikající membránou 6, která vytváří ve vedení 28 tekutiny pronikající membránou 6 částečné vakuum. Tlak mezi membránami 6 se může u různých membrán a různých aplikací lišit, běžně však bude ležet v rozmezí 1 kPa a 150 kPa. Tekutina pronikající membránou 6 může také periodicky proudit membránovými moduly 20 v opačném směru, a tak napomáhat čištění membránových modulů 20.

Membrány 6 při průniku nepropouštějí pevné látky, které z stávají ve vodě 18 nádrže 12. Tyto pevné látky lze odstranit řadou postupů včetně digesce mikroorganismy, jedná-li se v případě reaktoru 10 o bioreaktor, nebo periodickým vysoušením nádrže 12 či nepřetržitým odebíráním vody 18 nádrže 12, přičemž dva poslední postupy se provádějí otevřením odvodňovacího ventilu 32 v odvodňovacím potrubí 34 ve dnu nádrže 12.

Provzdušňovací systém 37 obsahuje jeden nebo několik provzdušňovacích zařízení 38 spojených rozváděcím vzduchovým systémem 40 a rozvodným potrubím 51 se zdrojem vzduchu 42, což je v běžném případě jeden nebo několik dmychadel, vytvářejícím ve vodě 18 nádrže 12 bubliny 36. Provzdušňovací zařízení 38 mohou být různého typu včetně samostatných provzdušňovacích zařízení ve formě krytky nebo jednoduchých otvorů vyvrtaných v potrubí, které jsou připojeny k rozvodnému potrubí 51 nebo jsou jeho součástí. Bubliny 36 jsou přednostně vzduchové, mohou však být i z jiného plynu např. kyslíku nebo v případě potřeby z okysličeného vzduchu.

Provzdušňovací zařízení 38 jsou obecně umístěna pod membránovými moduly 20. Jsou-li membránové moduly 20 tvořeny pravoúhlými útvary 8 se svislými membránami z dutého vlákna 23, jsou provzdušňovací zařízení 38 přednostně umístěna tak, aby vytvářela bubliny 36 u okrajů dolní sběrné trubky 22. U pravoúhlých útvarů 8 s membránami 6 z dutého vlákna 23 ve svislé rovině jsou provzdušňovací zařízení 38 přednostně umístěna tak, aby vytvářela bubliny 36 v potrubí přímo pod svislou rovinou. U pravoúhlých útvarů 8 s membránami 6 z dutého vlákna 23 ve vodorovné rovině jsou provzdušňovací zařízení 38 přednostně umístěna tak, aby vytvářela bubliny 36 rovnoměrně rozmístěné pod jejich úrovní.

Bubliny 36 pohybují membránami 6, což zamezuje jejich zanesení, případně se takto čistí. Bubliny 36 kromě toho také snižují lokální hustotu vody 18 nádrže 12 v membránových modulech 20 nebo v jejich blízkosti, čímž vzniká efekt čerpadla na stlačený vzduch, který vyvolává proudění vody 18 nádrže 12 vzhůru podél membránových modulů 20. Efekt čerpadla na stlačený vzduch vyvolává recirkulační model 46, v němž voda 18 nádrže 12 proudí vzhůru membránovými moduly 20, a poté dolů podél stěn a dalších součástí nádrže 12. Bubliny 36 normálně u povrchu praskají a obecně nenásledují vodu 18 nádrže 12 s částicemi proudícími v recirkulačním modelu 46 směrem dolů. Voda 18 nádrže 12 může také proudit např. na základě pohybu z přívodu 16 do odvodňovacího potrubí 34, tento tok však nepůjde přes proudění tvořené bublinami 36.

Bubliny 36 mají obvyklý průměr mezi 0,1 a 50 mm. Jednotlivé velké bubliny 36 mají patrně větší efekt při čištění membrán 6 nebo ochraně před znečištěním, ale menší bubliny 36 mají silnější účinek při přenosu kyslíku do vody 18 nádrže 12, přičemž k vytvoření jedné takové bubliny 36 postačuje nižší energie. Bubliny 36 o průměru mezi 3 a 20 mm, a spíše mezi 5 a 15 mm, jsou vhodné pro různé aplikace s odpadními vodami. Bubliny 36 ve výše uvedeném rozsahu provádějí účinné čištění membrán 6 a přijatelný přenos kyslíku do vody 18 nádrže 12, aniž by na povrchu nádrže 12 způsobovaly nadměrné pění vody 18. Používá-li se reaktor 10 pro výrobu pitné vody nebo jiné aplikace, kde není nutný přenos kyslíku, preferují se bubliny 36 o velikosti mezi 5 a 25 mm.

Bubliny 36 mohou být větší než otvor v provzdušňovacím zařízení 38, pokud se bublina 36 tvoří na základě známých faktorů, jako je tlak vzduchu, rychlost proudění a hloubka provzdušňovacích zařízení 38 pod povrchem vody 18 v nádrži 12. Jsou-li provzdušňovací zařízení 38 umístěna u dna velké nádrže 12, jako např. u městských úpraven, lze použít provzdušňovací zařízení 38 s otvory o velikosti mezi 2 a 15 mm, přednostně mezi 5 a 10 mm. Působící tlak vzduchu, vzhledem k atmosférickému tlaku, se běžně stanovuje podle hladiny vody v hloubce ponoru provzdušňovacích zařízení 38 - přibližně 10 kPa na 1 m plus přídavným tlakem potřebným k dosažení požadované rychlosti proudění vzduchu provzdušňovacím zařízením 38. U otvorů provzdušňovacích zařízení 38 dochází v typickém případě k poklesu tlaku mezi 5 a 100 mm, a spíše mezi 10 a 50 mm. Součástí provzdušňovacího systému 37 umístěné ve vzdálenosti pod dnem otvorů provzdušňovacích zařízení 38, která se rovná poklesu tlaku, neobsahují obecně při provozu zdroje 42 vzduchu, vodu 18 nádrže 12, avšak do provzdušňovacího systému 37 může přesto proniknout malé množství vody 18. Na obr. 2 je znázorněn systém 237 cyklického provzdušňování s přívodem 242 vzduchu v tekutém spojení s ventilovou sestavou 254, která je řízena ovladačem 256 ventilu. Ventilová sestava 254 je v tekutém spojení se sítí 240 dodávky vzduchu, která obsahuje skupinu samostatných větví, z nichž každá je v tekutém spojení se samostatnými sběrnými trubkami 251 v tekutém spojení s potrubím 238 provzdušňovacího zařízení. S vhodnými modifikacemi sběrných trubek 251 nebo sítě 240 dodávky vzduchu lze též použít jiné typy provzdušňovacích zařízení 38, preferují se však potrubí 238 provzdušňovacího zařízení. Třetí odbočka sítě 240 dodávky vzduchu a třetí sběrná trubka 251 jsou znázorněny přerušovanou čarou, která označuje, že samostatné odbočky sítě 240 dodávky vzduchu a sběrných trubek 251 mohou být dvě nebo jich může být více, počet by však neměl překročit číslo 15.

Přívod 242 vzduchu je zdrojem stlačeného vzduchu, v běžném případě ve formě jednoho nebo několika dmychadel, přičemž dodává tok plynu proudící počáteční rychlostí do systému 237 cyklického provzdušňování. Plyn je nejčastěji vzduch, může se však jednat o kyslík, vzduch obohacený ozónem nebo dusík, kdy bude přívod 242 vzduchu kromě dmychadla zahrnovat oxysličovací zařízení nebo zařízení na dodávku ozónu. V tomto dokumentu bude však termín „vzduch“ používán k označení jakéhokoli vhodného plynu. Množství vzduchu přiváděné přívodem 242 vzduchu se nejlépe stanoví sečtením množství vzduchu ve všech potrubních provzdušňovacích zařízeních 238, viz níže, k nimž náleží přívod 242 vzduchu. Preferuje se, aby přívod vzduchu 242 dodával vždy stále množství vzduchu.

Níže bude podrobněji popsána ventilová sestava 254 a ovladač 256 ventilu. Obecně však platí, že ventilová sestava 256 a ovladač 256 ventilu (a) rozděluje proudění vzduchu z přívodu 242 vzduchu mezi větve sítě 240 dodávky vzduchu, takže některé z větví budou v určitém časovém okamžiku přijímat vzduch o vyšší rychlosti proudění a některé z větví budou přijímat vzduch o nižší rychlosti proudění, (b) slouží jako přepínač, které větve sítě 240 dodávky vzduchu budou přijímat v opakovaných cyklech vzduch o vyšší a nižší rychlosti proudění.

Příklad je znázorněn na obr. 3. V jednotlivých částech (a), (b) a (c) obr. 3 označuje Rh vyšší rychlost proudění vzduchu. R1 označuje nižší rychlost proudění vzduchu a čas od 0 do t3 označuje cyklus, který se bude opakovat. Cyklus je rozdělen na tři v podstatě stejné časové periody, 0 až t1, t1 až t2 a t2 až t3. V každé z těchto period přijímá jedna větev sítě 240 dodávky vzduchu a s ní spojená sběrná trubka 251 vzduch s Rh, zatímco ostatní přijímají vzduch s R1. Obdobně platí, že každá větev sítě 240 dodávky vzduchu a s ní spojená sběrná trubka 251 přijímá vzduch s Rh ve třetině cyklů a s R1 ve dvou třetinách cyklu.

Mnohé z ventilových sestav 254, které budou popsány níže, lze použít k zajištění hladkých přechodů rychlosti přívodu vzduchu do sběrné trubky 251, preferuje se však rychlá změna, což znázorňuje obr. 3. Autoři vynálezu zaznamenali, že, při takovéto rychlé změně budou praskat velmi velké bubliny 36, což má patrně značný čistící efekt a působí silně proti zanášení. Rychlé změny také často vyvolávají krátce po přechodu od R1 do Rh strmý nárůst hodnoty rychlosti proudění vzduchu, a v důsledku toho odpovídající tlakový ráz. Tento tlakový ráz je třeba udržet v rozsahu konstrukčního omezení systému 237 cyklického provzdušňování nebo instalovat vhodné vypouštěcí ventily.

Množství vzduchu dodávaného do sběrné trubky 251 nebo odbočky sítě 240 dodávky vzduchu závisí na řadě faktorů, přednostně však souvisí s povrchovou rychlostí proudění vzduchu pro potrubí 238 provzdušňovače. Povrchová rychlost proudění vzduchu je definována jako rychlost proudění vzduchu do potrubí 238 provzdušňovače za standardních podmínek tj.1 atmosféra a 25 °C, dělená průřezem plochy provzdušňování. Průřez plochy provzdušňování se určuje změřením efektivně provzdušňované plochy potrubí 238 provzdušňovače. Při vyšším stupni rychlosti Rh se preferují povrchové rychlosti proudění vzduchu mezi 0,013 m/s a 0,15 m/s. Dmychadla pro použití s pitnou vodou mohou být konstruována spíše pro dolní meze rozsahu, zatímco dmychadla pro použití s odpadní vodou mohou být konstruována spíše pro horní mez rozsahu.

Hodnota R1 je normálně menší než polovina Rh a často odpovídá stavu s vypnutím přívodu vzduchu. V tomto rozsahu je nižší rychlost proudění vzduchu ovlivněna kvalitou napájecí vody 14. Obecně se preferuje stav s vypnutím přívodu vzduchu, u některého typu napájecí vody 14 se však membrány 6 z dutého vlákna 23 silně znečišťují, a to i při krátkodobém provzdušnění při nižší rychlosti. V těchto případech lze lepších výsledků dosáhnout tehdy, když se nižší rychlost proudění vzduchu blíží polovině vyšší rychlosti.

Na obr. 4A, 4B a 4C jsou znázorněna jiná provedení ventilové sestavy 254 a ovladače 256 ventilu. Na obr. 4A je vzduch vyfukován přívodem 242 vzduchu do trojcestného ventilu 292, což je přednostně kulový ventil, spojený dvěma zbývajících otvory se dvěma sběrnými trubkami 251. Ovladač 294 trojcestného ventilu 292 střídavě otevírá průchod vzduchu do jedné ze sběrných trubek 251, a poté do druhé. Fáze posunutí je přednostně 180°, takže když se otevře vzduchový průchod do jedné ze sběrných trubek 251, uzavře se vzduchový průchod do druhé ze sběrných trubek 251. Trojcestný ventil 292 lze mechanicky ovládat držadlem 296 připojeným spojkou 298 k páce 299 na ovladači 294 trojcestného ventilu 292, což je pohonná jednotka, která se u tohoto provedení otáčí. Je však třeba mít na paměti, že vynález se neomezuje na toto provedení. Obr. 5 ukazuje systém 237 provzdušňování, který se používá při přerušovaném provzdušňování šesti membránových modulů 20, znázorněných přerušovanými čarami, ve filtrační nádrži 412. Filtrační nádrž 412 má šest filtračních zón, znázorněných rovněž přerušovanými čarami, které odpovídají šesti membránovým modulům 20. Filtrační zóny by jinak mohly být vytvořeny v

oddělených nádrží 12 s jedním nebo několika membránovými moduly 20 v každé z nich. Membránové moduly 20 se použijí k filtraci relativně neznečištěné povrchové vody, pro niž je vhodné přerušované provzdušňování.

5 Sít' 240 dodávky vzduchu má šest samostatných větví, z nichž každá je spojena se sběrnou trubkou 251 ve filtrační zóně. Každá sběrná trubka 251 je dále spojena s potrubním provzdušňovacím zařízením 258 instalovaným obecně pod membránovými moduly 20. Ventilová sestava 254 a ovladač 256 ventilu jsou uspořádány a řízeny tak, aby dodávaly vzduch z přívodu 242 vzduchu do sítě 240 dodávky vzduchu v cyklech o délce 7,5 minuty, v nichž je vzduch o větší rychlosti
10 dodáván do každé větve sítě 240 dodávky vzduchu asi po dobu 75 sekund. Když větev sítě 240 dodávky vzduchu nepřijímá vzduch o vyšší rychlosti, přijímá vzduch o nižší rychlosti. Každá sběrná trubka 251 tedy přijímá vzduch o vyšší rychlosti každých 7,5 minut vždy po dobu 75 sekund. Přívod 242 vzduchu však pracuje neustále, přičemž dodávka vzduchu dimenzovaná pro jednu sběrnou trubku 251 se používá pro šest takovýchto sběrných trubek 251.

15 Zpětný proplach membránových modulů 20 se také přednostně provádí v takovém stavu membránových modulů 20, že k němu dochází, když je membránový modul 20 provzdušňován. Membránové moduly 20 mohou být zpětně nejsnadněji proplachovány, když je každý membránový modul 20 obsluhován svou vlastní pumpou 30 na tekutinu pronikající membránou a přidruženým aparátem pro zpětný proplach. Ve velkých městských úpravárnách je kapacita přístrojů pro
20 průnik membránou a zpětný proplach normě omezena na 8 až 11 ML/d. Úpravny střední velikosti, tj. v rozsahu 40 ML/d, tedy budou mít několik membránových modulů 20 se skupinami přístrojů pro průnik membránou a zpětný proplach, které lze ovládat jednotlivě. V některých závodech se zpětný proplach provádí s membránovými moduly 20, které vytvářejí rovnoměrné
25 množství pronikající tekutiny 24 membránou 6 bez ohledu na provzdušnění.

V pilotní studii s napájecí vodou 14 např. o zákalu 0,3 jednotky a barvě 3,9 jednotky se autorům vynálezu podařilo dosáhnout přijatelné hodnoty snížené membránovým modulem 20 užitím provzdušnění v délce 75 sekund při vyšší rychlosti 0,035 m/s povrchového proudění každých 15
30 minut a 15 sekund. Po zbývající část cyklu nebylo provzdušnění prováděno. Každý cyklus zahrnoval 15 minut pronikání membránovými moduly 20 a 15 minut zpětného proplachu. Provzdušnění v délce 75 sekund bylo časově rozvrženo tak, že bylo spuštěno provzdušnění v délce 30 sekund před zpětným impulsem, během zpětného impulsu a v délce 30 sekund po zpětném impulsu. Z testů vyplývá, že když je cyklické provzdušnění rozvrženo tak, aby probíhalo pro
35 každou sběrnou trubku 251 současně se zpětným proplachem přidruženého membránového modulu 20, pak by pro přibližně 12 membránových modulů 20 mohl sloužit jediný přívod 242 vzduchu jakožto součást systému 237 cyklického provzdušňování.

Použití cyklického provzdušňování pro intenzivní provzdušňování

40 Využití systému 237 cyklického provzdušňování pro intenzivní provzdušňování bude nyní popsáno s odkazem na následující provedení, je však třeba mít na paměti, že vynález se neomezuje pouze na toto provedení. Na obr. 6 je znázorněn systém 237 provzdušňování pro použití, při němž se provzdušňování střídá mezi dvěma skupinami membránových modulů 20 znázorněných
45 přerušovanou čarou ve filtrační nádrži 512. Filtrační nádrž 512 má dvě filtrační zóny, znázorněné také přerušovanými čarami, odpovídající dvěma skupinám membránových modulů 20. Jinak by filtrační zóny mohly být v samostatných nádržích 12 s jedním nebo dvěma membránovými moduly 20 v každé z nich. Membránové moduly 20 se budou používat k filtraci relativně znečištěné povrchové vody nebo odpadní vody, u níž je vhodné intenzivní provzdušnění.

50 Sít' 240 dodávky vzduchu má dvě samostatné větve, z nichž každá je spojena se dvěma samostatnými sběrnými trubkami 251, přičemž obě se nacházejí v jediné filtrační zóně. Každá sběrná trubka 251 je střídavě napojena na potrubí 238 provzdušňovače, obvykle montované pod membránovými moduly 20. Ventilová sestava 254 a ovladač 256 ventilu jsou uspořádány a řízeny k

poskytnutí vzduchu z přívodu 242 do sítě 240 dodávky vzduchu v krátkém cyklu, v němž vzduch s vyšší rychlostí je dodáván pro jednu polovinu cyklu do každé větve sítě 240. Když větev sítě 240 není napájena vzduchem s vyšší rychlostí, pak je napájena vzduchem s nižší rychlostí.

- 5 Preferovaná celková doba cyklu se může lišit v závislosti na hloubce filtrační nádrže 512, konstrukci membránových modulů 20, parametrech procesu a stavu napájecí vody 14, která bude upravována. Pokud je však filtrační nádrž 512 typická městská úpravná o hloubce 1 a 10 m, činí přednostně 10 - 5 sec při plné rychlosti a 5 sec při snížené rychlosti. Účinná může být doba cyklu až do 120 - 60 sec při plné rychlosti, 60 sec při snížené rychlosti, ale pokud je filtrační nádrž 512
10 typickou městskou úpravnou, neměla by doba cyklu přednostně překročit 60 - 30 sec při plné rychlosti, 30 sec při snížené rychlosti.

- Autoři věří, že při tomto rychlém střídání cyklů, vznikne ve vodě 18 nádrže 512 přechodné proudění. Efekt čerpadla na stlačený vzduch vzniká a sílí zejména tehdy, když se rychlost proudění
15 vzduchu změní z R1 na Rh, což vyvolává akceleraci vody 18. Brzy poté, se však efekt provzdušňování prudce zeslabí, což způsobí zpomalení proudění vody 18. U velmi krátkých cyklů se voda 18 bude pohybovat zrychleně nebo zpomaleně, v ustáleném stavu bude jen sporadicky. Zřejmě platí, že je potlačováno vytvoření klidových zón ve vodě 18 a je podporován vhodný pohyb membrán 6 z dutého vlákna 23. Např., vodorovné membrány 6 z dutého vlákna 23, jak jsou zná-
20 zorněny v pravouhlých útvarech 8 na obr. 1B a 1D, zaujmou při stálé úrovni provzdušňování a omezeném pohybu u konců obecně konkávní tvar. U výše uvedeného cyklického provzdušňování se však napětí v membránách 6 z dutého vlákna 23 uvolňuje cyklicky a v některých případech mohou v krátkých časových okamžicích vznikat místní proudy ve směru dolů. Konce horizontálních membrán 6 z dutého vlákna 23 se pohybují efektivněji, a proto se pomaleji znečišťují. Pro-
25 tože přínos vynálezu lze spojovat se vznikem přechodného proudění, předpokládá se, že faktory, které ovlivňují akceleraci vodního sloupce nad skupinou potrubí 238 provzdušňovacích zařízení 38, jako je výška nádrže nebo výztuhy, by se mohly výše uvedené doby cyklu modifikovat.

Využití cyklického provzdušňování k podpoře horizontálního proudění

- 30 Nyní bude popsáno využití systému 237 cyklického provzdušňování k podpoře horizontálního proudění ve vodě 18 nádrže s odkazem na následující provedení, přičemž je třeba mít na paměti, že vynález se neomezuje na toto provedení. Na obr. 7 je znázorněn systém 237 provzdušňování pro použití v provzdušňovacích membránových modulech 20 v provozní nádrži 612. Membrá-
35 vé moduly 20 se budou používat k filtraci relativně znečištěné povrchové vody nebo odpadní vody, pro niž je vhodné intenzivní provzdušnění.

- Sít' 240 dodávky vzduchu má dvě samostatné větve, z nichž každá je spojena se dvěma samostatnými sběrnými trubkami 251, přičemž obě se nacházejí v jediné filtrační zóně. Pokud bude nutno
40 sběrné trubky 251 rozlišit, budou nyní označeny jako sběrné trubky 251a a 251b. Sběrné trubky 251 jsou spojeny s potrubím 238 provzdušňovač tak, že se potrubí 238 připojená ke sběrné trubce 251 střídají s potrubními 238 připojenými ke sběrné trubce 251b. Jedno z těchto uspořádání je znázorněno na obr. 7A, kde je sběrná trubka 251a spojena s potrubím 238 přímo pod membránovými moduly 20, přičemž sběrná trubka 251b je spojena s vodorovně rozmístěným
45 potrubím 238 umístěným pod membránovými moduly 20 a mezi nimi. Na obr. 7B, 7C a 7D jsou znázorněny různé varianty provedení obr. 7A. Na obr. 7B jsou sběrné trubky 251a a sběrné trubky 251b spojeny se střídavými vodorovně umístěnými potrubími 238 umístěnými pod membránovými moduly 20. Na obr. 7C je sběrná trubka 251a a sběrná trubka 251b spojena s alterna-
50 tivním potrubím 238 umístěným přímo pod alternativními membránovými moduly. Na obr. 7C je sběrná trubka 251a a sběrná trubka 251b spojena se střídavými vodorovně umístěnými potrubními 238 umístěnými přímo pod a mezi střídavými membránovými moduly 20. V každém z těchto případů lze tam, kde se použije více membránových modulů 20, vzorec zopakovat.

Sběrné trubky 251a i 251b jsou spojeny se samostatnou větví sítě dodávky 240 vzduchu, která je spojena s ventilovou sestavou 254. Ventilová sestava 254 a ovladač ventil 256 jsou uspořádány a řízeny tak, aby dodávaly vzduch z přívodu 242 vzduchu do sítě 240 dodávky vzduchu v krátkých cyklech, v nichž je vzduch o vyšší rychlosti dodáván do každé větve sítě 240 dodávky vzduchu po dobu poloviny cyklu. Když větev sítě 240 dodávky vzduchu nepřijímá vzduch o vyšší rychlosti, přijímá vzduch o nižší rychlosti. Nižší rychlost proudění činí přednostně polovinu či menší část vyšší rychlosti proudění, a pokud to podmínky dovolí, nižší rychlost proudění je přednostně ve stavu s vypnutím přívodu vzduchu.

Celková doba cyklu může být různá podle hloubky filtrační nádrže 512, konstrukce membránových modulů 20, parametrů procesu a stavu napájecí vody 14, která je upravována, přednostně však jde asi o 2 - 1 sec při plné rychlosti a 1 sec při snížené rychlosti, a pokud je filtrační nádrž 512 typickou nádrží městské úpravní o hloubce 1 a 10 m, je kratší než 120 - 60 sec při plné rychlosti a 60 sec při snížené rychlosti. Délka doby cyklu se však přednostně pohybuje mezi 20 a 40 sec. Krátké cykly o délce 10 sec či méně nemusí postačovat k vytvoření oblastí různé hustoty ve vodě 18 hluboké nádrže 12, nepostačuje-li tato doba k tomu, aby bubliny 36 absolvovaly velkou vzdálenost vzhůru vzhledem k hloubce nádrže 12. Dlouhé cykly v délce 120 sec či více mohou mít za následek to, že části membránového modulu 20 nebudou delší dobu přijímat bubliny 36, což může vyvolat rychlé zanesení. Jak je popsáno výše, přínos vynálezu lze spojit se vznikem přechodného proudění a předpokládá se, že faktory, které ovlivňují urychlení vodního sloupce nad skupinou potrubí 238 provzdušňovacích zařízení 38, jako je výška nádrže nebo výztuhy, by mohly výše uvedené doby cyklu modifikovat.

V tomto provedení vytváří potrubí 238 provzdušňovacího zařízení 38 spojené se sběrnou trubicí 251a a střídající se s potrubím 238 provzdušňovacího zařízení 38 spojeným se sběrnou trubicí 251b ve vodě 18 nádrže ve filtrační zóně různé oblasti vyšší a nižší intenzity. Jak je popsáno výše, autoři vynálezu věří, že díky těmto variacím vznikne ve vodě 18 nádrže přechodné proudění. Pokud jsou účinné oblasti provzdušňování nad potrubím 238 připojeným k jednotlivým větvím sítě 240 dodávky vzduchu dostatečně malé, věří však autoři vynálezu, že vznikne vhodné přechodné proudění ve vodorovném směru mezi oblastmi nad potrubím 238 provzdušňovacího zařízení 38 připojeným k různým větvím sítě 240 dodávky vzduchu. Na obr. 7A, 7B, 7C, 7D mají znázorněné membránové moduly 20 přednostně velikost odpovídající jednomu nebo dvěma pravoúhlým útvarům 8.

Jako příklad jsou na obr. 8A a 8B membránové moduly 220 tvořené pravoúhlými útvary 8 s membránami 6 z dutého vlákna 23 orientovanými svisle a systémy 237 cyklického provzdušňování s potrubím 238 provzdušňovacího zařízení umístěným vzhledem k membránovým modulům 220 tak, jak ukazuje obr. 7D. Na obr. 8A a 8B je průřez membrán 6 z dutého vlákna 23 pro názornost značně přemrštěný. Dále jsou znázorněny dvě membrány 6 z dutého vlákna 23 pro každý svislý útvar, přestože, jak je popsáno výše, bude pravoúhlý útvar 8 ve skutečnosti tvořen větším počtem membrán 6 z dutého vlákna 23.

Při provzdušňování v ustáleném stavu je obtížné zajistit, aby bubliny 36 pronikly svislými pravoúhlými útvary 8. Bubliny 36 mají přirozenou tendenci procházet oblastmi s nejnižším odporem např. kolem membránových modulů 220 nebo podélnými otvory mezi membránovými moduly 220 a membrány z dutého vlákna 23 na vnějším okraji svislých pravoúhlých útvarů 8 mohou mít podstatně větší kontakt s bublinami 36. Horních 10 až 20 % membrán 6 z dutého vlákna 23 je dále často formováno efektem čerpadla na stlačený vzduch do pevného zakřiveného tvaru, a pohybuje se jen velmi málo. Menší část ve dnu membrán 6 z dutého vlákna 23 může být také pevně zakřivena proudem kolem dolní sběrné trubky 22. V těchto pevně zakřivených oblastech se membrány 6 z dutého vlákna 23 znečišťují rychleji.

U cyklického provzdušňování však vzduch při vyšší rychlosti střídavě proudí mezi sběrnou trubicí 251a a 251b. Když je do sběrné trubky 251a dodáno více vzduchu, zaujmou membrány 6 z

dutého vlákna 23 průměrný tvar znázorněný na obr. 8A v prvním místním recirkulačním schématu dle obrázku. Když je do sběrné trubky 251b dodáváno více vzduchu, zaujmou membrány z dutého vlákna 23 průměrný tvar znázorněný na obrázku 88 v druhém znázorněném recirkulačním schématu. Pod vlivem systému 237 cyklického provzdušňování mění membrány 6 z dutého vlákna 23 polohu podle obr. 8A a 8B. Proto se ty části membrán 6 z dutého vlákna 23, které se pohybují jen velmi málo, zmenší. V důsledku cyklického procesu také vzniká zpětné proudění do a ze svislých pravoúhlých útvarů 8, které dle autorů vynálezu podporuje pronikání bublin 36 hlouběji do svislých pravoúhlých útvarů 8.

10 Potrubní provzdušňovací systémy

Na obr. 9A je znázorněno potrubí 238 provzdušňovacího zařízení. Potrubí 238 má podlouhlé duté těleso 302, což je kruhová trubka o vnitřním průměru 15 a 100 mm.

15 Těleso 302 je protkáno řadou otvorů 304, umožňujících, aby vzduch proudil z potrubí 238 provzdušňovacího zařízení a vznikaly bubliny 36. Velikost, počet a umístění otvorů 304 se může lišit, ale např. pro pravoúhlý útvar 8 jsou vhodné dva otvory 304, jeden na každé straně, o průměru mezi 5 a 10 mm rozmístěné po tělese 302 každých 50 až 100 mm, do nichž je dodáván vzduch, což vyvolává pokles tlaku v otvorech 304 mezi 10 až 100 mm hloubky vody provzdušňovače 300.

Vzduch vstupuje do potrubí 238 vstupem 306. Na opačném konci potrubí 238 je výstup 308. Nejvyšší bod výstupu 308 je umístěn pod nejnižším bodem vstupu 306 ve svislé vzdálenosti mezi minimálním a maximálním očekávaným hydrostatickým tlakem v hloubce provzdušňovače 300 podél otvorů 304. Minimální očekávaný hydrostatický tlak v hloubce provzdušňovače 300 podél otvorů 304 je přednostně alespoň tak velký jako vzdálenost mezi vrcholem otvorů 304 a vnitřkem dna tělesa 302. Rozhraní vzduchu a vody 309 mezi vzduchem v provzdušňovači 300 a vodou kolem něj, bude pod vnitřkem dna tělesa 302, ale nad nejvyšším bodem výstupu 308. Takto bude voda 18 nádrže vstupující do potrubí 238 provzdušňovače 300 proudit do výstupu 308 a nebude se shromažďovat u otvorů 304.

Na obr. 9B je znázorněno další potrubí 238, které se preferuje pro použití s relativně čistou vodou 18 nádrže. Těleso 302 má pravoúhlý průřez, ale je ve dnu otevřené. Potrubí 238 provzdušňovacího zařízení může být samostatnou součástí nebo být zabudováno do sběrných trubek 22 membránového modulu 20, a v tom případě může dno spodní sběrné trubky 22 sloužit jako vrchol tělesa 302. Konec tělesa 302 je uzavřen krytem 310, který může být opět součástí sběrné trubky 22. Dnem tělesa 302 otevřeným pro vodu 18 nádrže bude voda 18, která prosakuje do potrubí 238 provzdušňovacího zařízení, proudit zpět do vody 18 nádrže. Aby se u dna potrubí 238 provzdušňovacího zařízení netvořily bubliny 36, stěny tělesa 302 přesahují přes dno otvorů 304 o vzdálenost větší, než je očekávaný pokles tlaku přes otvory 304.

Na obr. 9C je další potrubí 238 provzdušňovacího zařízení obdobné jako potrubí 238 na obr. 9A s výjimkou níže popsaných vlastností. Těleso 302 pokrývá gumový rukáv 400, znázorněný v částečném řezu, který obsahuje podélné otvory 402 odpovídající otvorům 304. Podélné otvory 402 se otvírají, když vzduch proudí do potrubí 238, přičemž při větší rychlosti proudění vzduchu se zvětšují. Proto podélné otvory 402 vytvářejí větší bubliny 36 při plné rychlosti proudění vzduchu a menší bubliny 36 při nižší rychlosti proudění vzduchu. V aplikacích na odpadní vody roste díky zmenšení bublin 36 účinnost přenosu kyslíku při snížené rychlosti proudění vzduchu.

50 Na obr. 9D je znázorněno další potrubní provzdušňovací zařízení, které se preferuje pro použití s vodou 18 nádrže relativně bohatou na pevné látky. Těleso 302 je trubice průměru 32 mm. Otvory 304 mají průměr 8 mm a jsou instalovány v úhlu 30° vzhledem k vodorovné rovině. Odvodňovací otvory 410 ve dnu tělesa 302, které mají v běžném případě průměr 16 mm, umožňují odvedení proskakující vody 18 nádrže z tělesa 302. Konec tělesa 302 uzavírá krytka 412.

Potrubí 238 provzdušňovacího zařízení výše popsaného typu mohou obsahovat určité množství vody 18 nádrže, i proudí-li jimi vzduch, který vysušuje zbytek usazených pevných látek. Když se přívod vzduchu přepíná mezi agregáty, jak je popisováno výše, je potrubní 238 provzdušňovacího zařízení střídavě zaplavováno a vyprazdňováno. Výsledné cyklické zavlažování potrubí 238 provzdušňovacích zařízení pomáhá znovu zvlhčovat a odstraňovat pevné látky, které se v něm shromažďují, nebo napomáhat vysušování vody 18 nádrže a usazování pevných látek v potrubí 238. Je-li třeba, lze zaplavování podpořit uvolněním vzduchu z příslušného agregátu otevřením ventilu otevřeného do atmosféry.

Provedení analogická výše popsaným lze vytvořit na základě různých uspořádání a ovládat je různými postupy, které náleží do oblasti poznatků vynálezu.

Příklady

Následující příklady pojednávají o membránových modulech ZW 500. Každý modul ZW 500 má dva pravoúhlé útvary se svislými membránami z dutého vlákna. Pro účely výpočtu povrchových vlastností je průřez provzdušňování pro každý membránový modul ZW 500 přibližně $0,175 \text{ m}^2$. Všechny níže uvedené rychlosti proudění vzduchu platí při standardních podmínkách.

Příklad 1

Byla použita kazeta osmi membránových modulů ZW 500 v roztoku bentonitu s obecně konstantními parametry procesu, avšak s proměnným plošným tokem a provzdušňováním. Byla sledována rychlost znečišťování membrán za účelem posouzení účinnosti provzdušňování. Provzdušňování bylo přiváděno do kazety konstantní rychlostí 204 m^3 , tj. $25 \text{ m}^3/\text{h}$ na modul a $136 \text{ m}^3/\text{h}$ v různých režimech cyklu. V cyklických zkouškách koloval celkový přívod vzduchu $136 \text{ m}^3/\text{h}$ mezi provzdušňovacími zařízeními umístěnými pod moduly a provzdušňovacími zařízeními umístěnými mezi moduly v cyklech o trvání podle obr. IOA. Provzdušňování o hodnotě $136 \text{ m}^3/\text{h}$ v cyklech o délce 30 - 15 sec vzduchu na každou skupinu provzdušňovacích zařízení, bylo přibližně tak účinné jako provzdušňování necyklického typu při $204 \text{ m}^3/\text{h}$.

Příklad 2

Stejný přístroj, jaký byl popsán v příkladu 1, byl testován s obecně konstantními parametry procesu, ale s proměnným prouděním vzduchu označeným na obr. 108. Konkrétně bylo v cyklickém provzdušňování použito 70 % celkového proudění vzduchu o hodnotě $136 \text{ m}^3/\text{h}$ v cyklu o délce 20 sec tak, že každá skupina provzdušňovacích zařízení přijímala 70 % celkového proudění vzduchu po dobu 10 sec a 30 % celkového proudění vzduchu po dobu 10 sec. Jak znázorňuje obr. 10 B, použití cyklického provzdušňování 70 % proudění vzduchu mělo za následek nižší znečištění při vysokém plošném toku tekutiny pronikající membránou v porovnání s konstantním provzdušňováním při stejném celkovém proudění vzduchu.

Příklad 3

Dva membránové moduly ZW 500 byly použity k výrobě pitné vody z přirozeného zdroje napájecí vody. Provozní parametry kromě změn provzdušňování byly udržovány na stálé hodnotě. Moduly byly nejprve provozovány přibližně 10 dní s necyklickým provzdušňováním o hodnotě $25,5 \text{ m}^3/\text{h}$ na modul - pro celkové proudění vzduchu systémem $51 \text{ m}^3/\text{h}$. V následujícím období v délce asi tří dnů byl vzduch cyklicky dodáván z provzdušňovacích zařízení poblíž jedné skupiny modulů do provzdušňovacích zařízení poblíž druhé skupiny modulů, takže každý modul byl pro-

vzdušňován $12,8 \text{ m}^3/\text{h}$ po dobu 10 sec. a pak po dobu 10 sec nebyl provzdušňován - pro celkové proudění vzduchu systémem $12,8 \text{ m}^3/\text{h}$. V následujícím období v délce cca 10 dní byly moduly provzdušňovány tak, že každý modul byl provzdušňován $25,5 \text{ m}^3/\text{h}$ po dobu 10 sec a pak po dobu 10 sec nebyl provzdušňován - pro celkové proudění vzduchu systémem o hodnotě $25,5 \text{ m}^3/\text{h}$. V
 5 následujícím období v délce asi 10 dní bylo obnoveno počáteční konstantní proudění. Jak ukazuje obr. 10C, při provzdušňování, kdy byl každý modul provzdušňován $25,5 \text{ m}^3/\text{h}$ po dobu 10 sec a následujících 10 sec. tzn. polovinu počátečního celkového proudění vzduchu systémem nebyl provzdušňován, se permeabilita membrány stabilizovala na hodnotě přesahující $250 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$, zatímco u necyklického proudění vzduchu se při počátečním celkovém proudění
 10 vzduchu permeabilita membrány stabilizovala pouze na hodnotě asi $125 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$.

Příklad 4

Byly použity 3 jednotky obsahující 2 membránové moduly ZW 500 při různých plošných tocích v membránovém bioreaktoru. Moduly jednotky 1 pracovaly s hodnotami $26 \text{ L/m}^2/\text{h}$ a $51 \text{ L/m}^2/\text{h}$. Moduly jednotky 2 pracovaly s hodnotami při $31 \text{ L/m}^2/\text{h}$ a $46 \text{ L/m}^2/\text{h}$. Moduly jednotky 3 pracovaly s hodnotami moduly při $34 \text{ L/m}^2/\text{h}$ a $51 \text{ L/m}^2/\text{h}$. Jednotky byly nejprve provozovány po období asi 10 dnů s necyklickým provzdušňováním $42,5 \text{ m}^3/\text{h}$ na modul, při celkovém proudění
 15 systémem $85 \text{ m}^3/\text{h}$. Permeabilita klesla a stabilizovala se na hodnotě v rozmezí 250 a $275 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$ pro jednotku 1, mezi 200 a $225 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$ pro jednotku 2 a mezi 150 a $175 \text{ L/m}^2/\text{h}$ pro jednotku 3. Ve druhé periodě v délce asi 14 dní bylo aplikováno celkové proudění vzduchu systémem $61,2 \text{ m}^3/\text{h}$ po dobu 10 sekund na provzdušňovací zařízení pod moduly, a poté po dobu 10 sekund na provzdušňovací zařízení vedle modulů. Za těchto podmínek se per-
 20 meabilita zvýšila a stabilizovala na hodnotě mezi 350 a $375 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$ pro jednotku 1 a mezi 325 a $350 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$ pro jednotky 2 a 3.

Příklad 5

Byla použita kazeta 6 modulů ZW 500 k úpravě městské odpadní vody. Při zachování obecně konstantních parametrů procesu bylo měněno provzdušňování a byla periodicky měřena permeabilita modulů, jak ji znázorňuje obr. 11. V období A bylo do modulů nepřetržitě a rovnoměrně
 30 dodáváno $255 \text{ m}^3/\text{h}$. V období B bylo přiváděno po dobu 10 sec do provzdušňovacích zařízení pod moduly, a poté do provzdušňovacích zařízení u modulů $184 \text{ m}^3/\text{h}$ vzduchu. V období C byl použit stejný režim provzdušňování, byla však měněn ochranný plášť kolem modulů. V období D bylo přiváděno po dobu 10 sec do provzdušňovacích zařízení u první skupiny modulů, a poté do provzdušňovacích zařízení u druhé skupiny modulů $184 \text{ m}^3/\text{h}$ vzduchu. V období E bylo přiváděno $204 \text{ m}^3/\text{h}$ vzduchu na všechny moduly rovnoměrně po dobu 10 sec. a poté nebyl po dobu
 35 10 sec do modulů přiváděn žádný vzduch. V období F bylo přiváděno na všechny moduly rovnoměrně $306 \text{ m}^3/\text{h}$ pod dobu 10 sec. a poté nebyl po dobu 10 sec do modulů přiváděn žádný vzduch. V období G bylo na provzdušňovací zařízení poblíž první skupiny modulů po dobu 10 sec. a poté po dobu 10 sec na provzdušňovací zařízení poblíž druhé skupiny modulů přiváděno $153 \text{ m}^3/\text{h}$.
 40
 45

Příklad 6

Byl použit jediný membránový modul ZW 500 k filtraci dodávky povrchové vody. Při zachování
 50 konstantních parametrů procesu byl modul provozován v různých režimech provzdušňování a byla periodicky zaznamenávána jeho permeabilita. Modul byl nejprve provozován s konstantním provzdušněním a) $20,4 \text{ m}^3/\text{h}$ a b) $25,5 \text{ m}^3/\text{h}$. Po počátečním poklesu se permeabilita ustálila na hodnotě a) asi $200 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$ a b) v rozmezí 275 a $300 \text{ L/m}^2/\text{h}/\text{bar}$. Při prvním experimentu bylo do modulu přiváděno provzdušňování $25,5 \text{ m}^3/\text{h}$ po dobu dvou minut, a pak bylo na 2 minuty

vypnuto. V této zkoušce permeabilita rychle klesla a nebylo ji možno udržet na přijatelné úrovni. V jiném experimentu bylo však do modulu přiváděno provzdušnění 25,5 m³/h po dobu 30 sec. a poté 8,5 m³/h po dobu 30 sec. V tomto pokusu permeabilita zpočátku opět klesla, ale poté se stabilizovala na hodnotě mezi 275 a 300 L/m²/h/bar.

5

PATENTOVÉ NÁROKY

10

1. Způsob čištění nebo zamezení zanášení membránového modulu (20), který má jednu nebo více membrán (6, 23) ponořených do vody (18) v nádrži (12, 412, 512, 612), **v y z n a ě u j í c í s e t í m** že modul (20) se provozuje v provzdušňovacím režimu, při němž tok plynu produkuje bubliny (36) pod membránami (23) ve vodě (18) v nádrži (12, 412, 512, 612), účinné na čištění nebo zanášení membrán (23), přičemž tok plynu kolísá v opakujících se ne více než 120 sekundových cyklech v trvání mezi vyšší rychlosti a nižší rychlosti toku, kde nižší rychlost toku je menší než polovina vyšší rychlosti toku.
2. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že bubliny (36) se produkují prvním a druhým provzdušňovačem (238) a v průběhu prvního cyklu druhý provzdušňovač (238) přijímá plyn s nižší rychlostí průtoku, zatímco první provzdušňovač (238) produkuje bubliny (36) s vyšší rychlostí průtoku, přičemž v průběhu druhého cyklu druhý provzdušňovač (238) produkuje bubliny (36) s vyšší rychlostí průtoku, zatímco první provzdušňovač (238) produkuje bubliny (36) s nižší rychlostí průtoku.
3. Způsob podle nároku 2, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že druhé provzdušňovače (238) se v horizontální rovině střídají s prvními provzdušňovači (238).
4. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků 1 až 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že délka trvání opakovaných cyklů je mezi 10 a 60 sec.
5. Způsob podle nároku 4 **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že délka trvání opakovaných cyklů je mezi 20 a 40 sec.
6. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků 1 až 5, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že nižší rychlost toku s vypnutím přívodu vzduchu.
7. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků 1 až 6, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že vyšší rychlost toku odpovídá povrchové rychlosti mezi 0,013 a 0,15 m/s.
8. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků 1 až 7, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že vyšší rychlost proudění je zajišťována přibližně po jednu polovinu trvání cyklu.
9. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků 1 až 8, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že proudění vzduchu se náhle mění mezi vyšší rychlostí a nižší rychlostí toku.
10. Způsob podle kteréhokoliv z předcházejících nároků 1 až 9, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že modul (20) zahrnuje pletenec membrán (23) z dutých vláken.

50

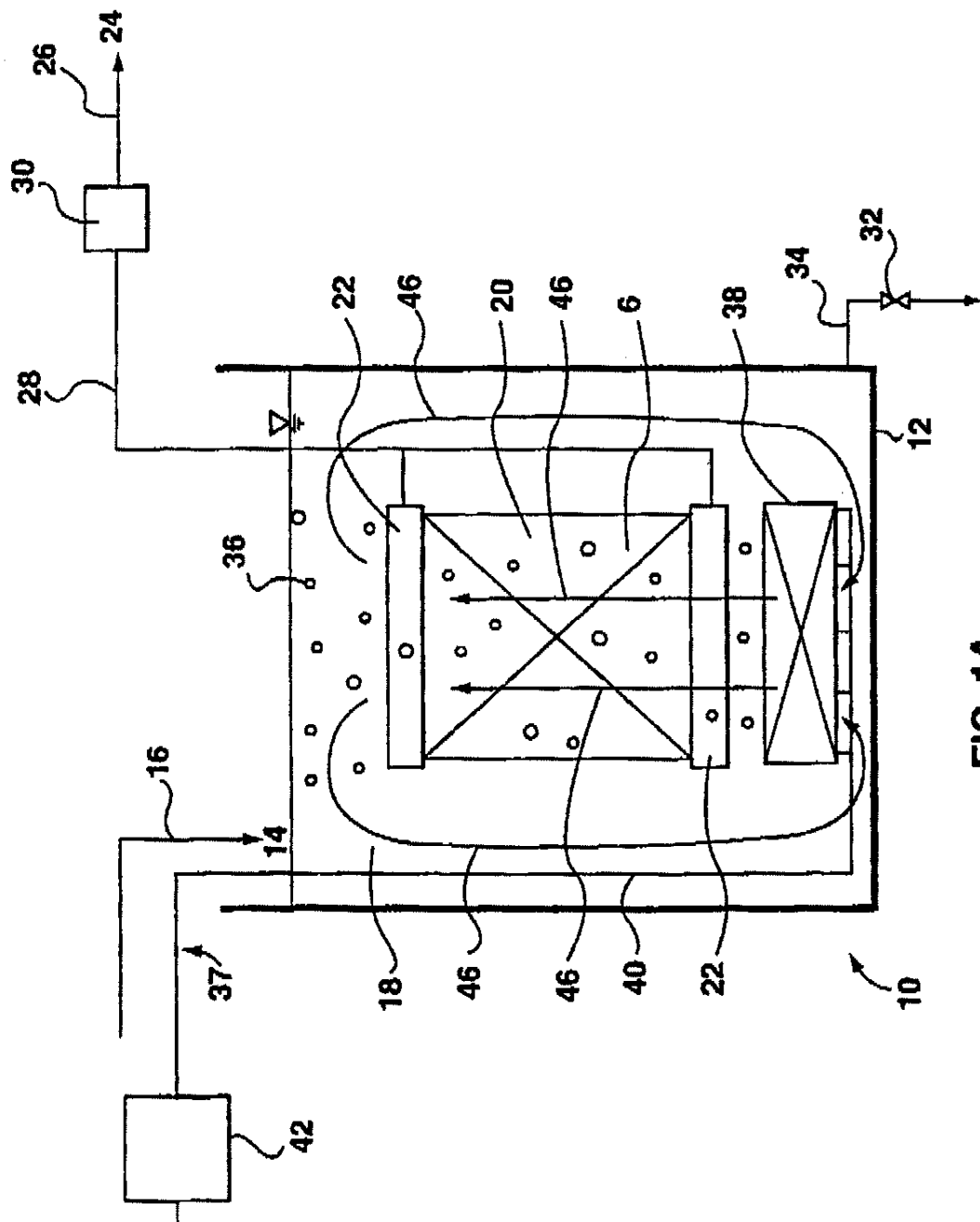


FIG. 1A

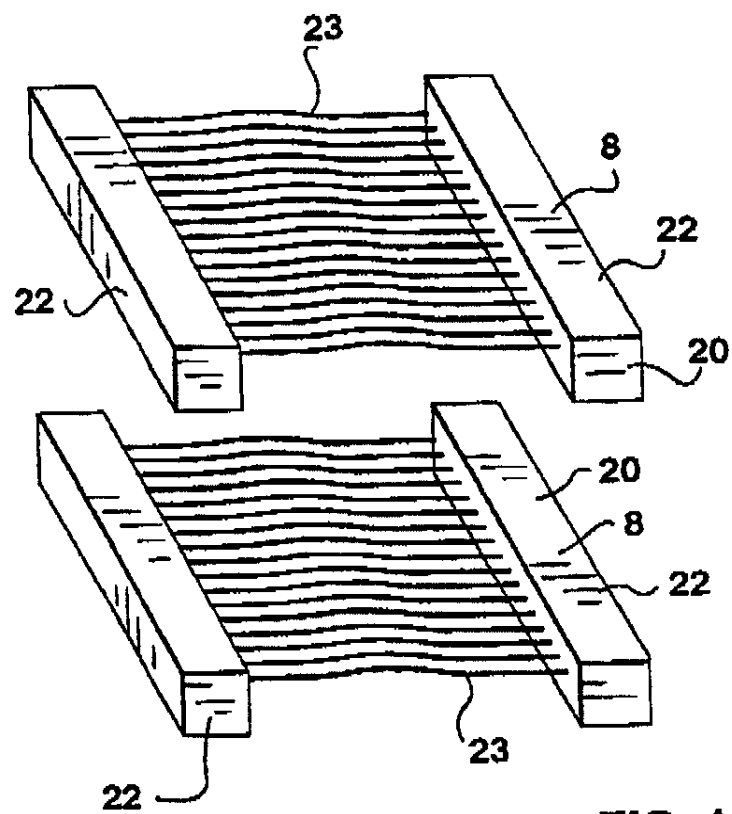


FIG. 1B

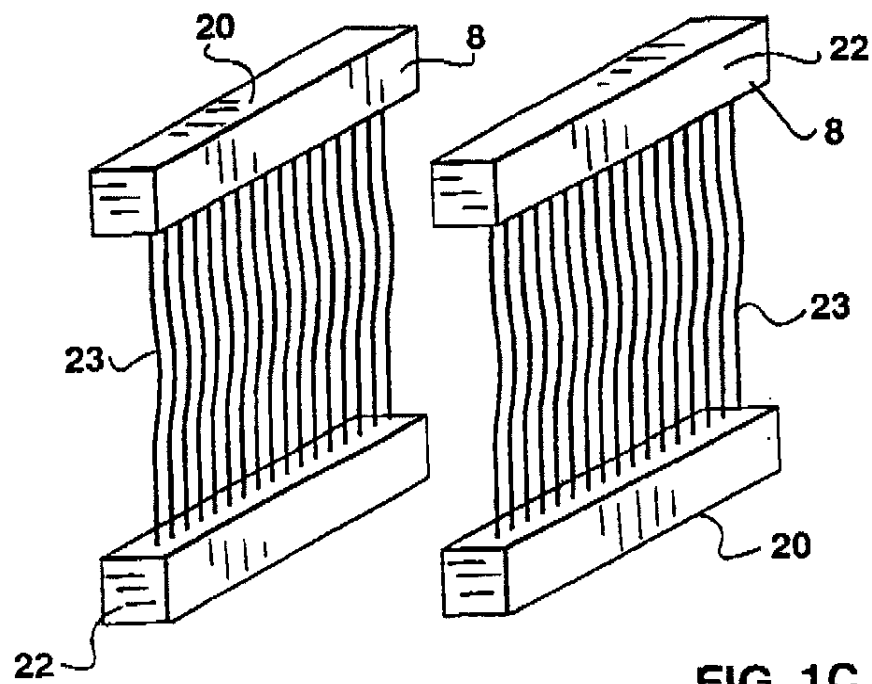


FIG. 1C

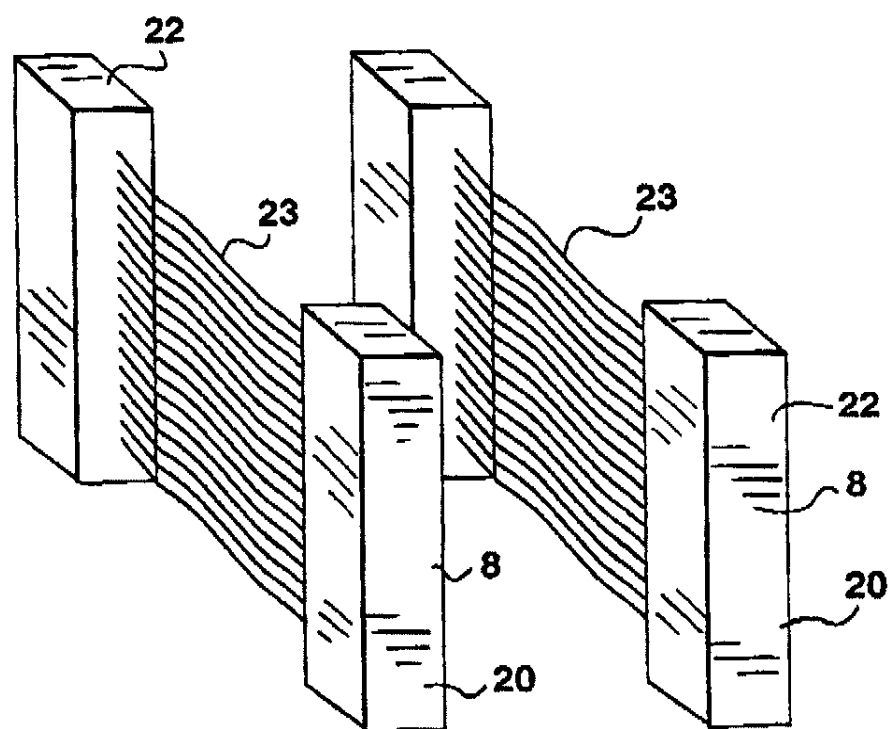


FIG. 1D

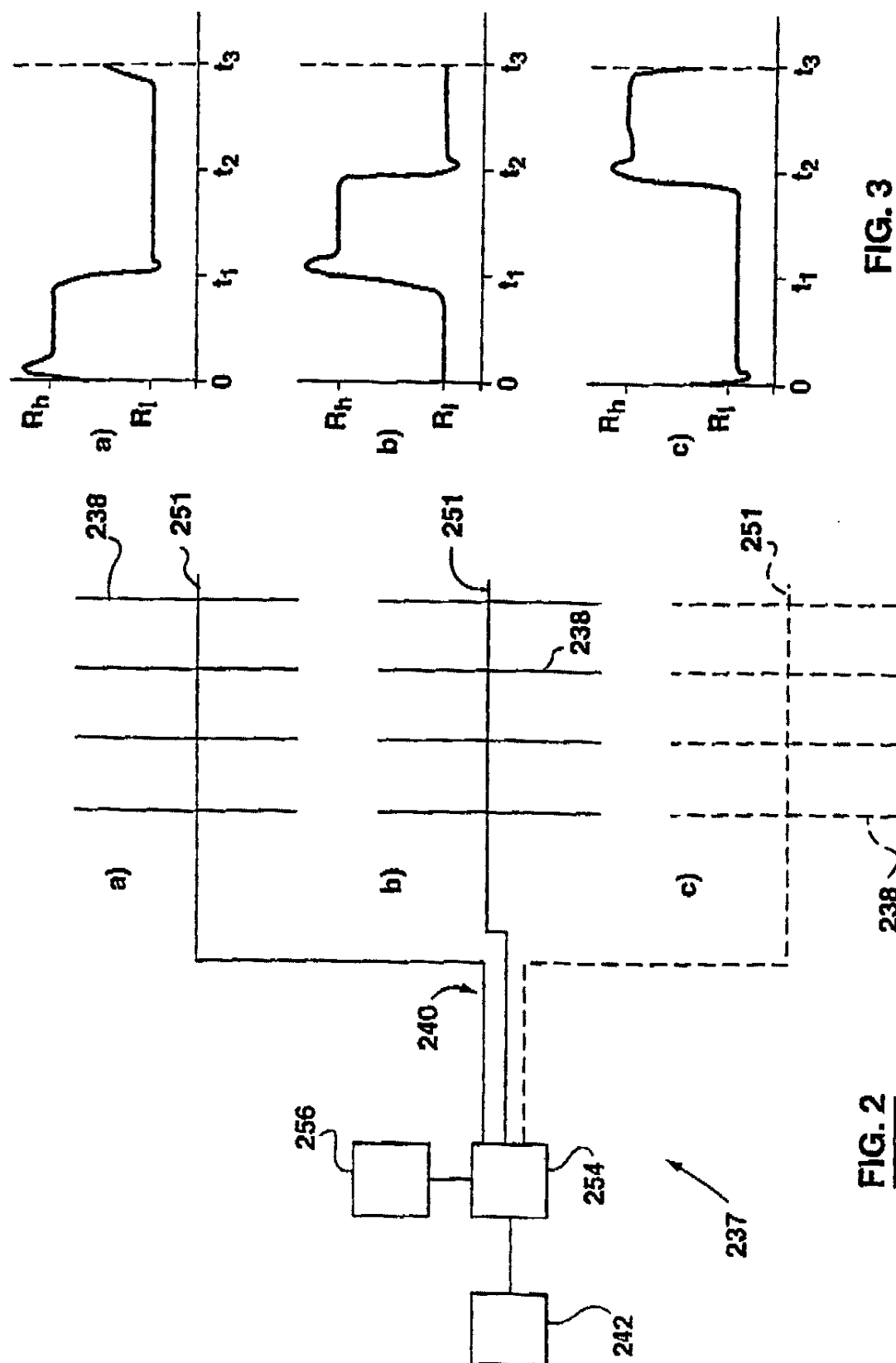


FIG. 3

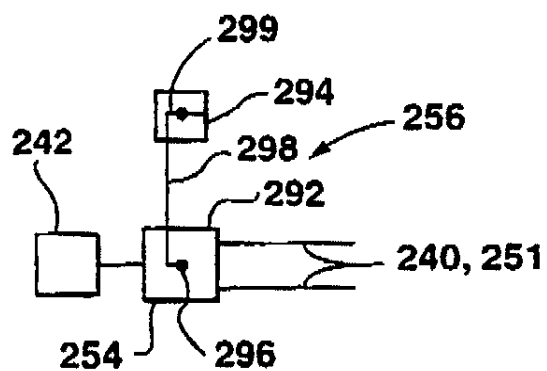


FIG. 4A

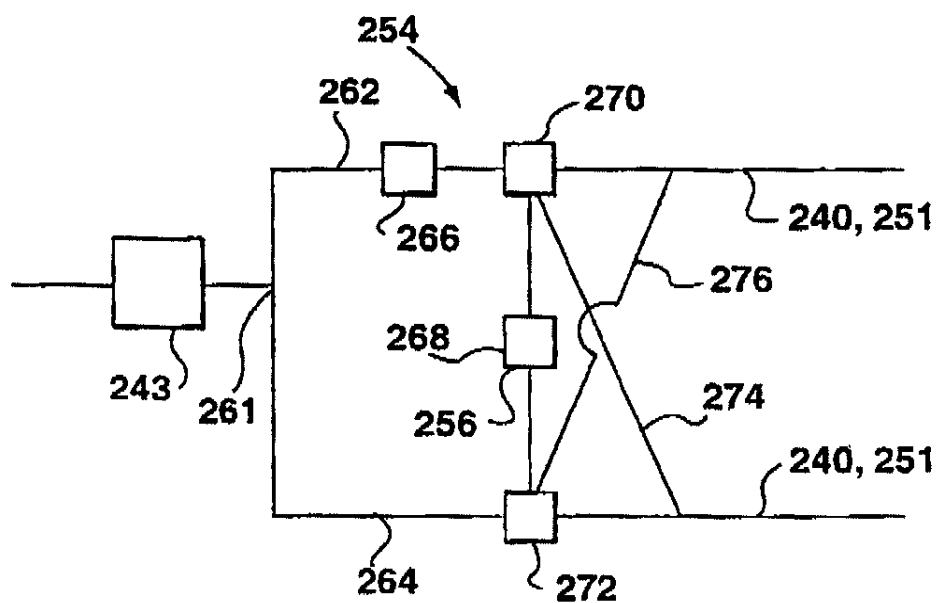


FIG. 4B

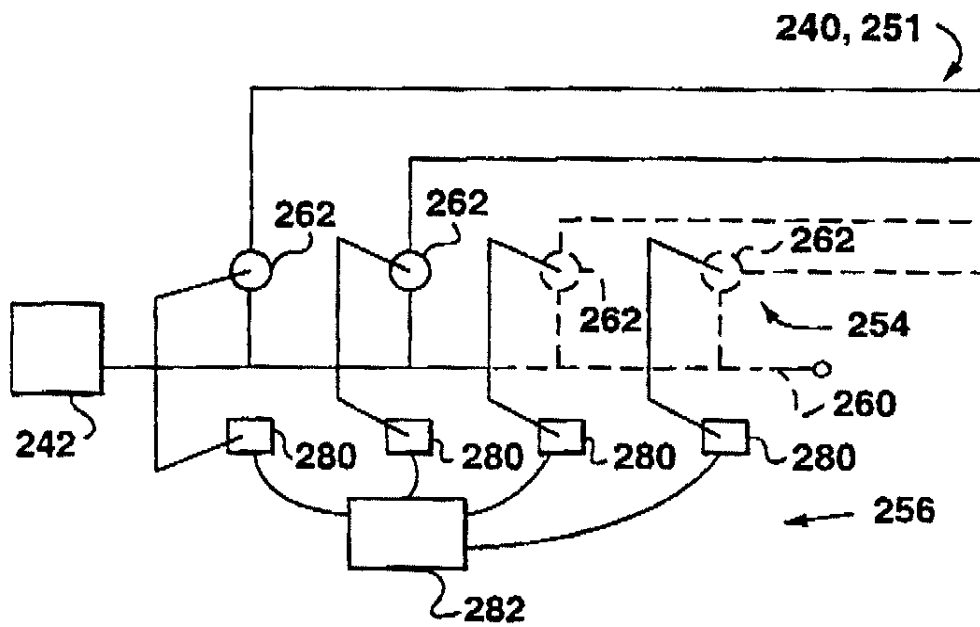


FIG. 4C

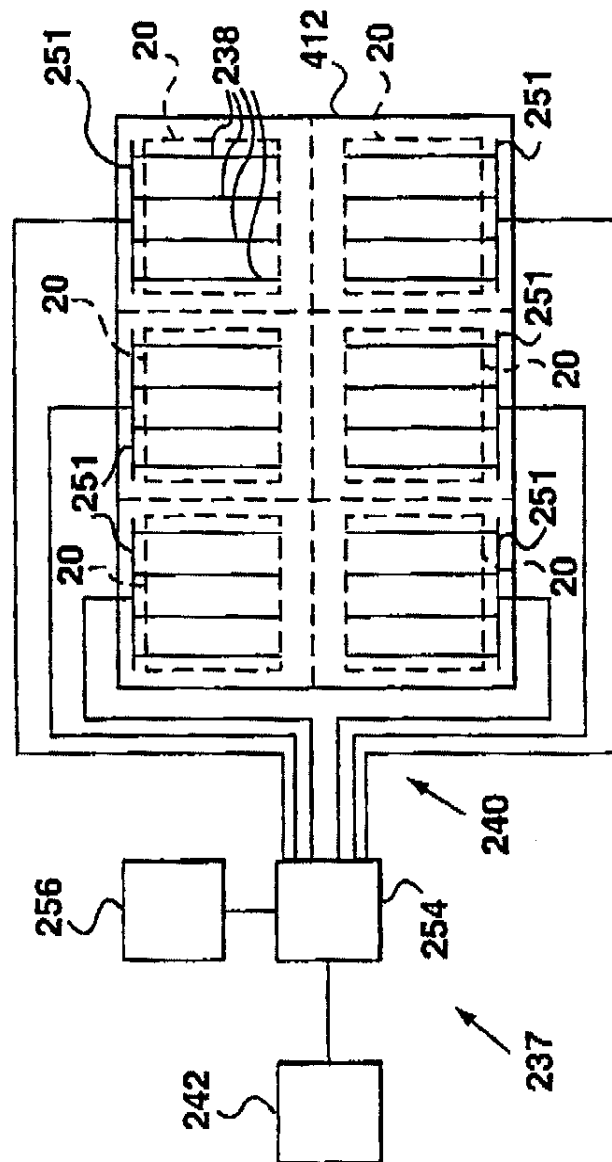


FIG. 5

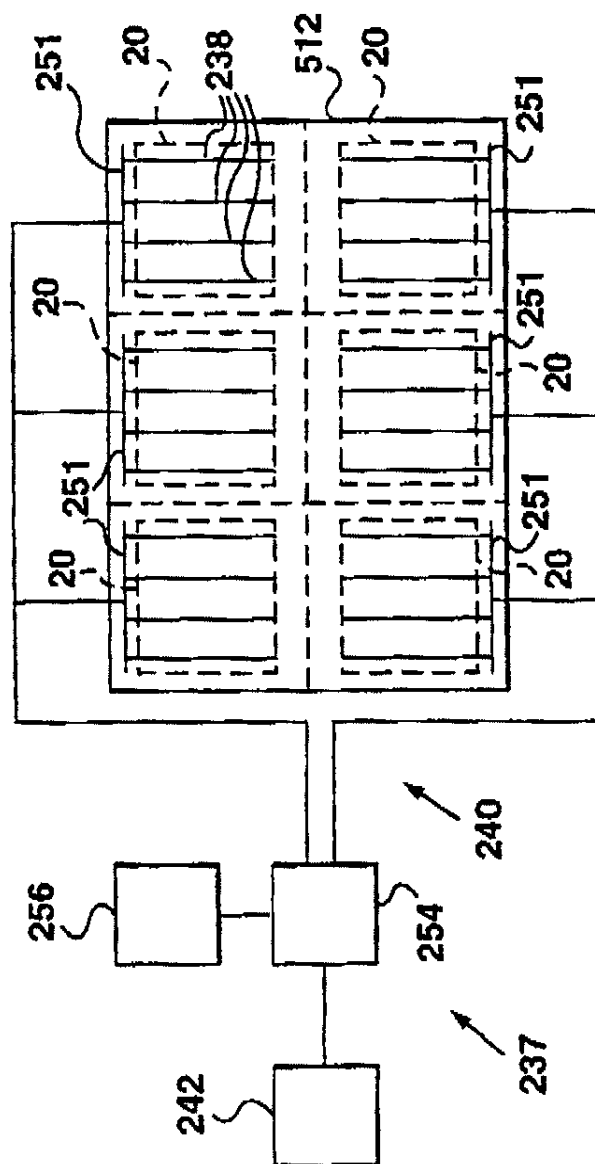


FIG. 6

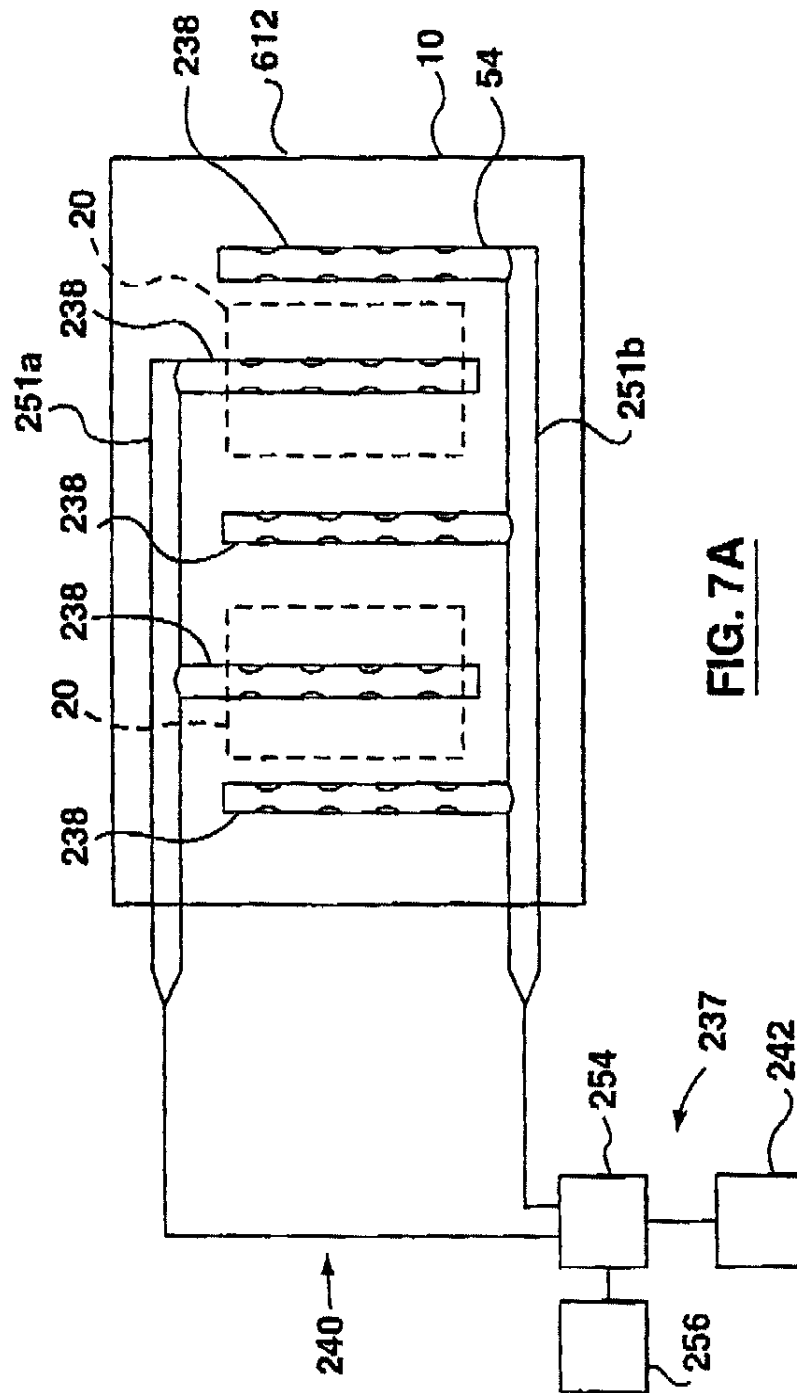


FIG. 7A

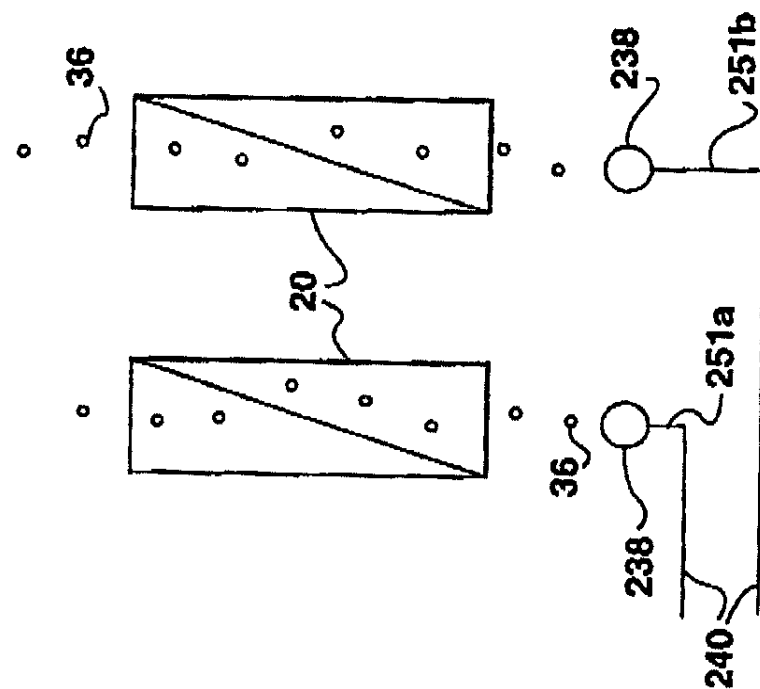


FIG. 7C

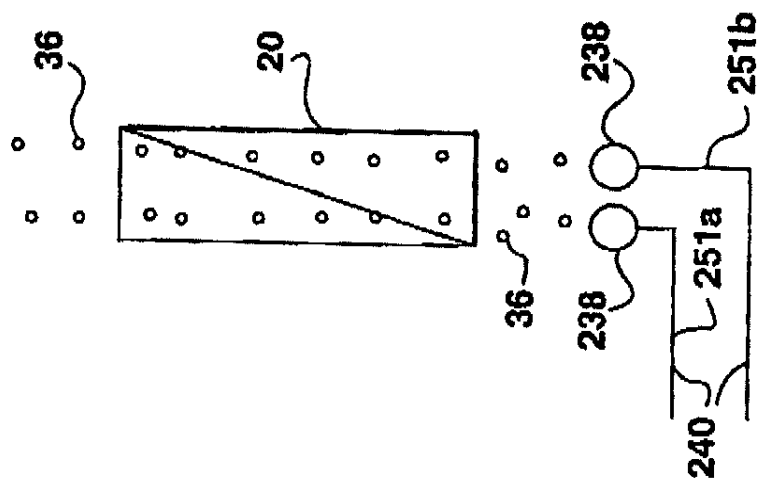


FIG. 7B

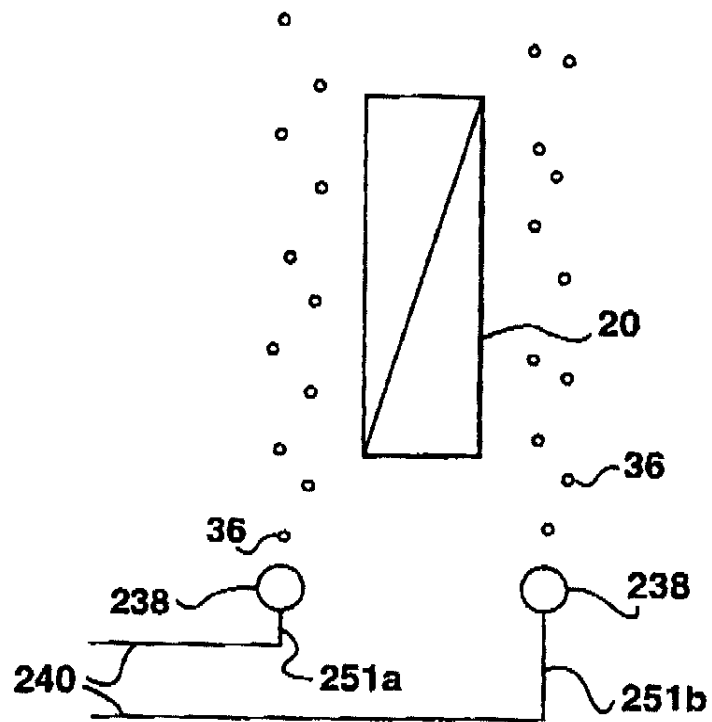


FIG. 7D

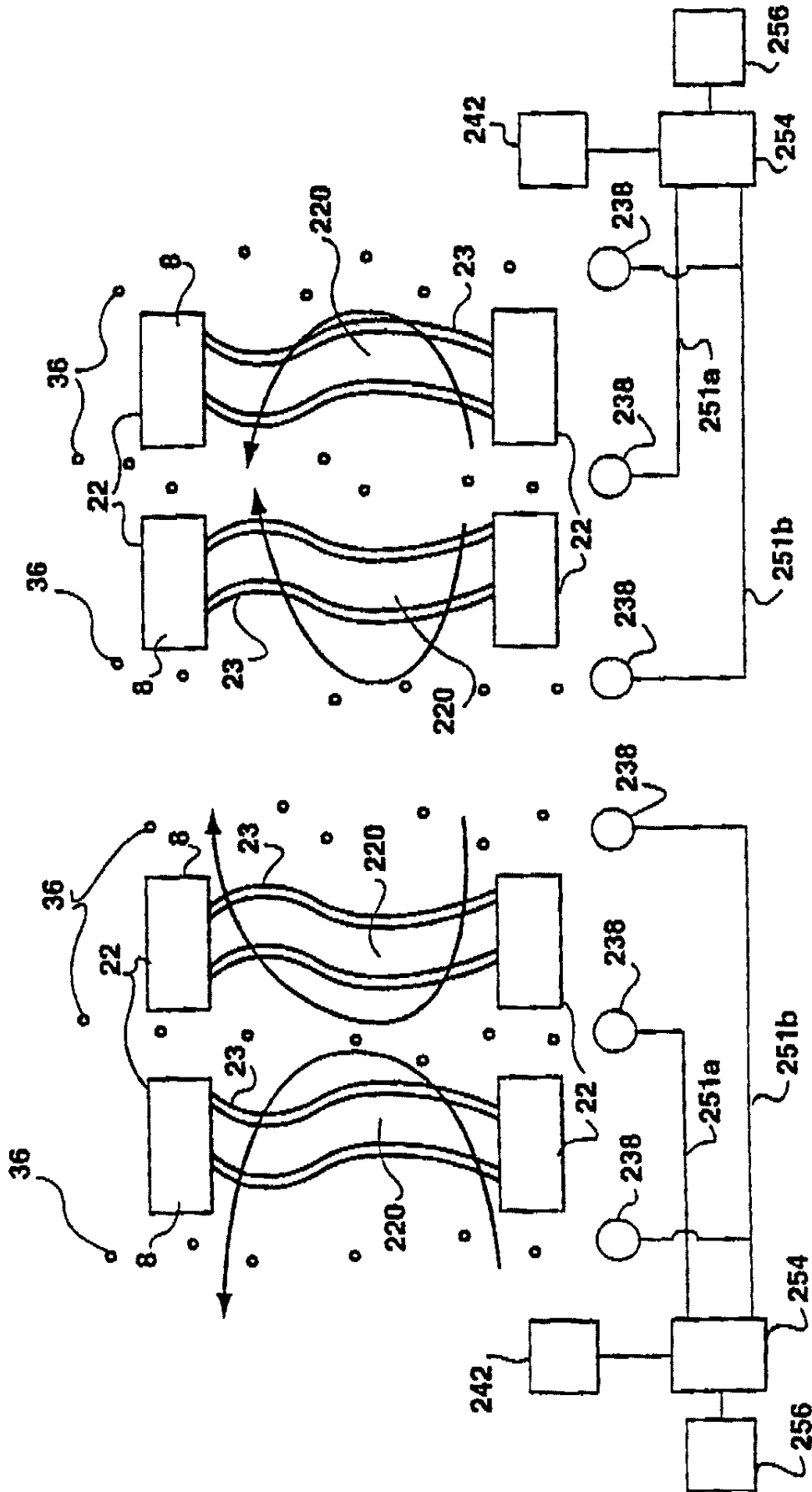


FIG. 8B

FIG. 8A

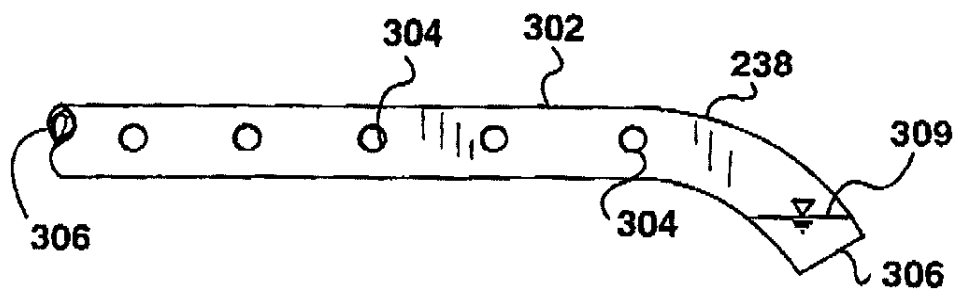


FIG. 9A

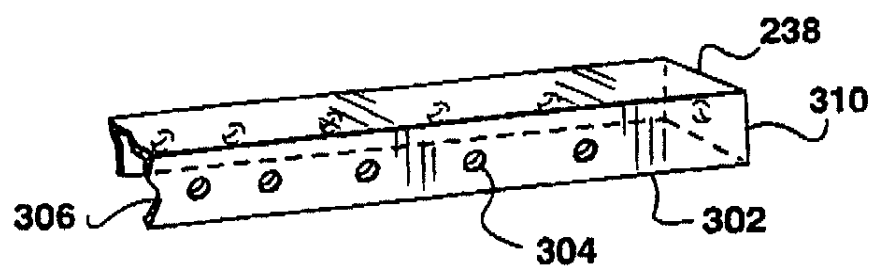


FIG. 9B

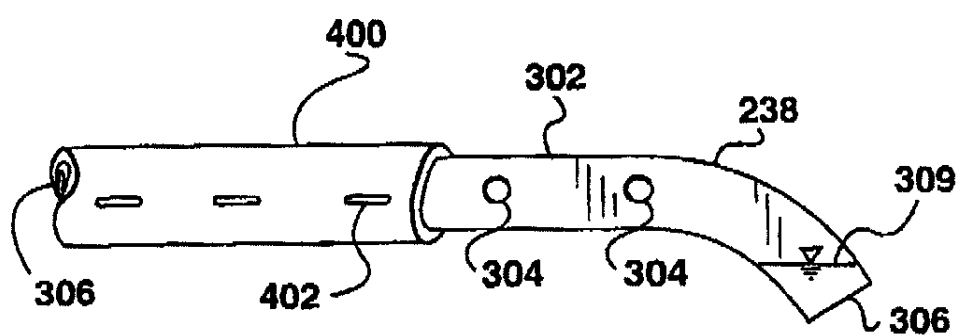


FIG. 9C

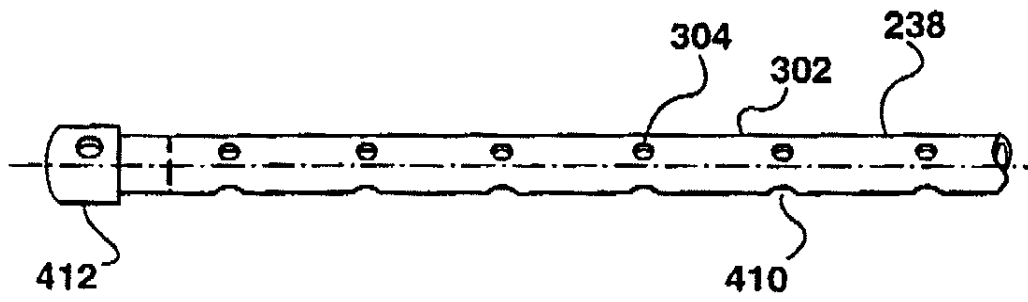
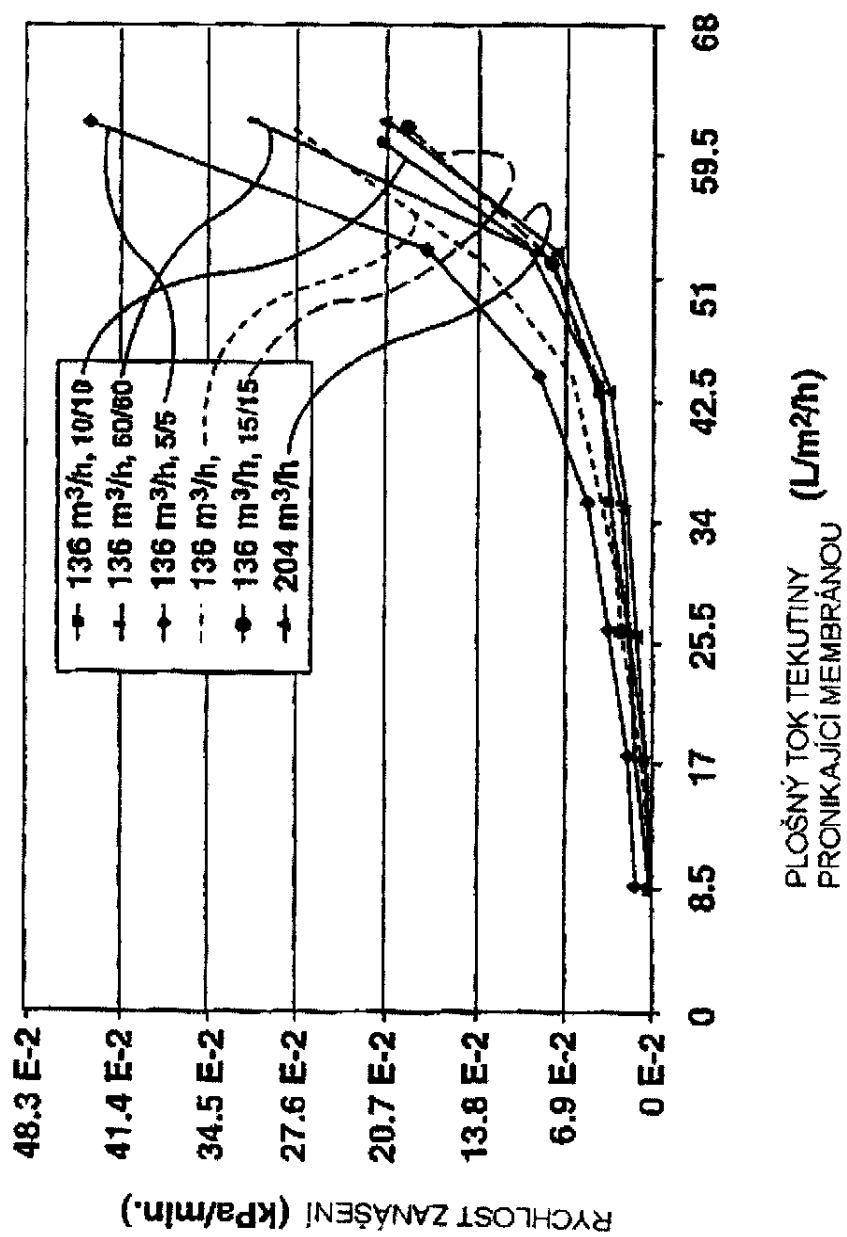
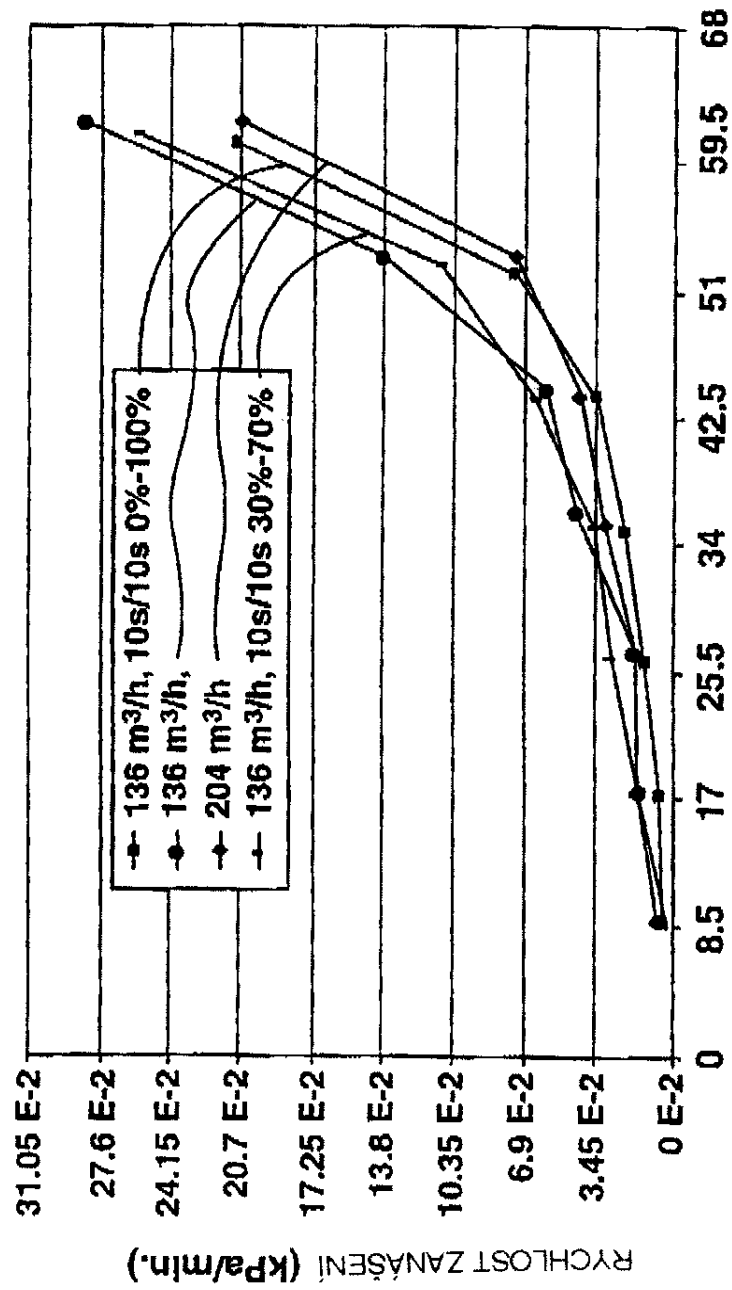


FIG. 9D

$E-2 = 10^{-2}$

FIG. 10A

$E-2 = 10^{-2}$


PLOŠNÝ TOK TEKUTINY
PRONIKAJÍCÍ MEMBRÁNOU (L/m²/h)

FIG. 10B

normální
provzdušňování

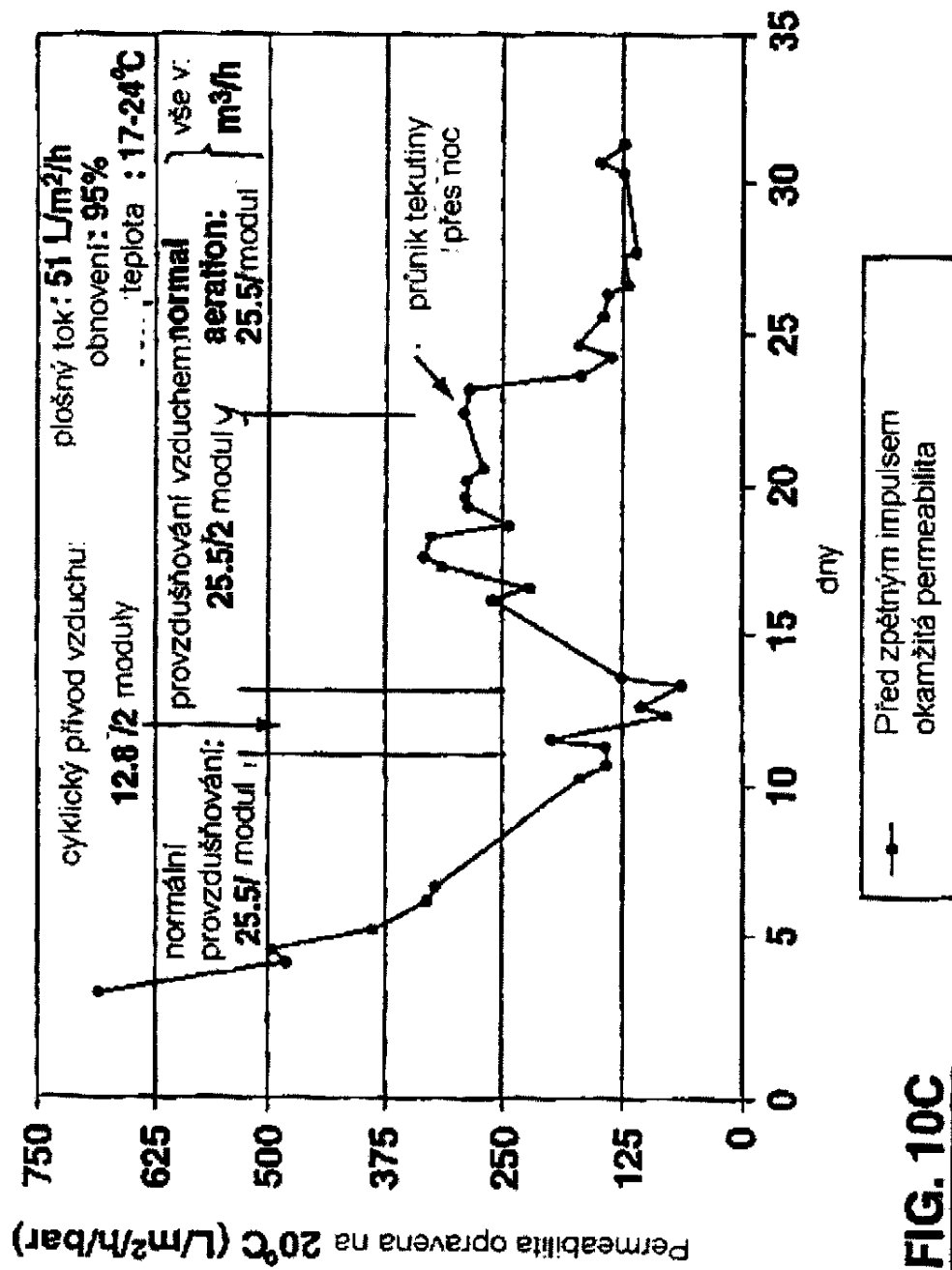


FIG. 10C

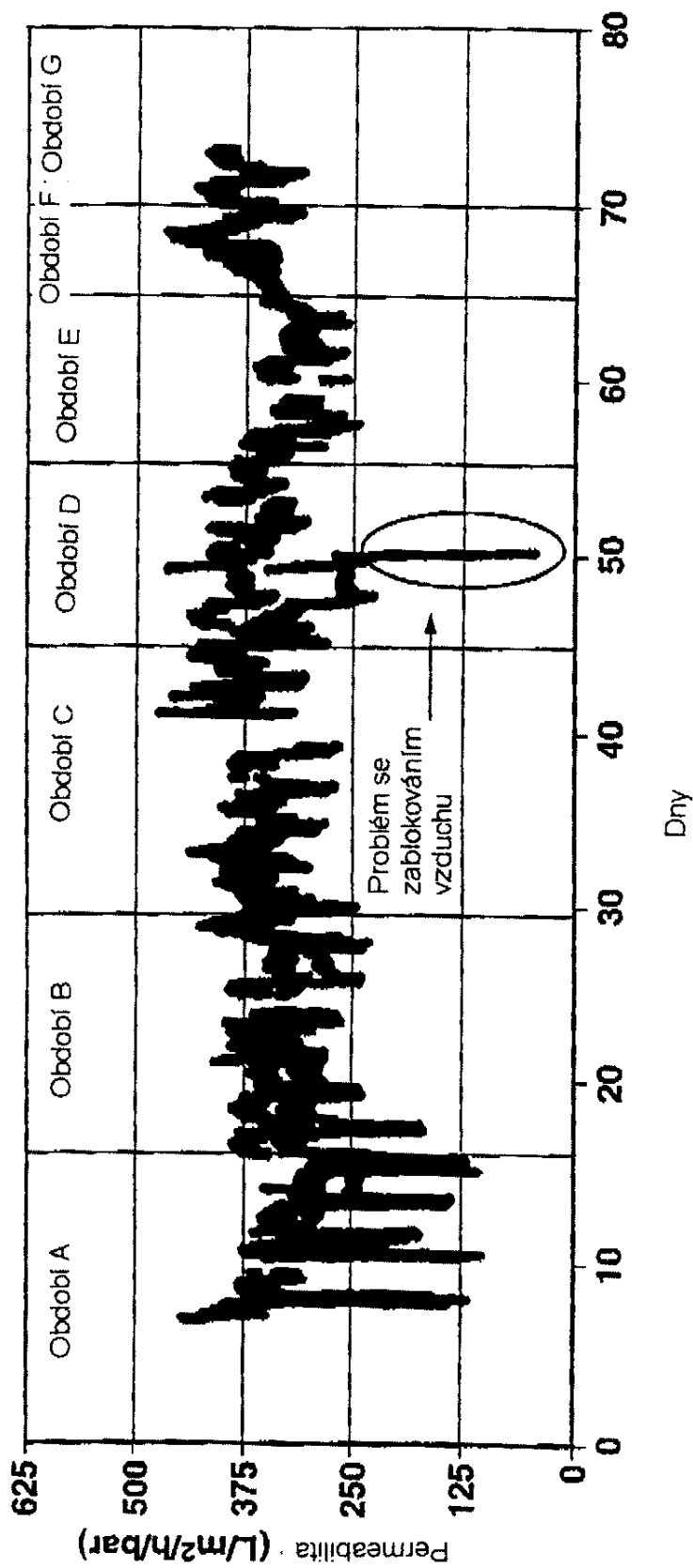


FIG. 11

Konec dokumentu