



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

254513

(11) (B1)

(51) Int. Cl.⁴

C 02 F 3/12

(22) Přihlášeno 27 03 86

(21) PV 2190-86.R

(40) Zveřejněno 14 05 87

(45) Vydáno 15 09 88

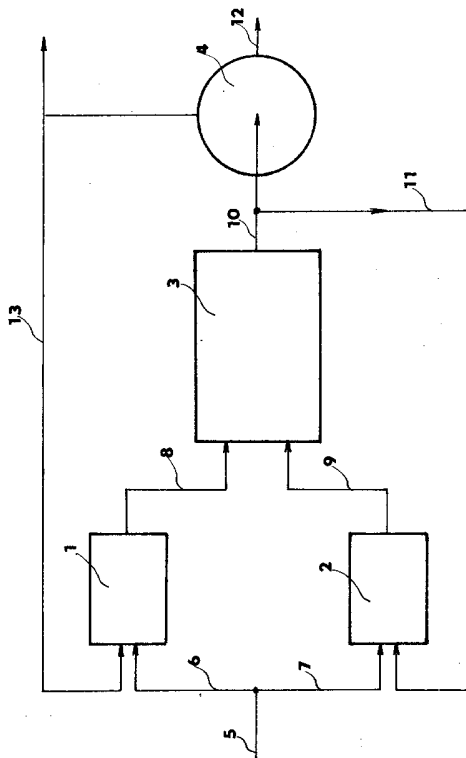
(75)

Autor vynálezu

GRAU PETR prof. ing. DrSc., WANNER JIŘÍ ing. CSC., PRAHA

(54) Způsob čištění odpadních vod aktivačním procesem při současném odstraňování organického znečištění, dusíkatých látek a fosforečnanů

Způsob čištění odpadních vod aktivačním procesem, při němž se využívá činnosti směsné kultury aktivovaného kalu, který se nachází v anaerobní zóně, anoxické zóně i oxické zóně, přičemž čištěná odpadní voda je rozdělena do dvou proudů v objemovém poměru od 1:3 do 3:1. První proud je veden do anaerobní zóny, druhý proud do anoxické zóny. Do anaerobní zóny je vrácen aktivovaný kal z dosazovací nádrže, do anoxické zóny je vrácena recirkulační aktivační směs z oxické zóny. Aktivační směs z anaerobní zóny je vedena buď do oxické zóny, nebo anoxické zóny podle poměru BSK₅ a dusíkatých látek v čištěné odpadní vodě. Poměr objemů anaerobní zóny a anoxické zóny může být 1:7 až 7:1. Jednotlivé zóny anaerobní, anoxická i oxická mohou být tvořeny různým počtem sekcí v počtu od 1 do 12. Řešení spadá do oblasti vodního hospodářství a ochrany životního prostředí.



Obr. 2

Vynález se týká způsobu čištění odpadních vod aktivačním procesem při současném odstraňování organického znečištění, dusíkatých látek a fosforečnanů, využívající činnosti směsné kultury aktivovaného kalu v aktivační nádrži, rozčleněné na promíchávané zóny anaerobní a anoxickou bez umělého přísunu molekulárního kyslíku a na zónu oxickou s vnášením atmosférického nebo elementárního kyslíku s recirkulací separovaného aktivovaného kalu z dosazovací nádrže do zóny anaerobní a s recirkulací aktivační směsi ze zóny oxické do zóny anoxické.

Z hlediska odstraňování organického znečištění, dusíkatých látek i fosforečnanů z odpadních vod lze bakterie přítomné ve směsné kultuře aktivovaného kalu rozdělit do několika fyziologických skupin podle vztahu k metabolismu jednotlivých komponent odpadní vody. První skupinou jsou aerobní heterofilní bakterie, oxidující organické látky až na oxid uhličitý a vodu. Dále jsou zde přítomny bakterie, které v anaerobních podmínkách, to je za nepřítomnosti jak molekulárního, tak i nitrátového kyslíku, rozkládají organické látky na jednoduché mastné kyseliny. Ty jsou pak substrátem další skupiny bakterií, které mají vztah ke koloběhu fosforu. Tyto bakterie jsou schopny za anaerobních podmínek depolymerizovat polyfosfáty, uložené v buňkách a uvolňovat fosfáty do okolního prostředí. Takto získanou energii využívají k akumulaci substrátu, především mastných kyselin, do buněk v anaerobních podmínkách.

Naopak v prostředí s molekulárním či nitrátovým kyslíkem využívají energie substrátu k zpětné tvorbě intracelulárních polymerů. Navíc jsou v aktivovaném kalu přítomny bakterie deaminační (amoniфикаční), přivádějící organicky vázaný dusík na dusík amoniakální, bakterie nitrifikační, které jsou chemoautotrofní a oxidují dusík amoniakální na nitritový či nitrátový a bakterie denitrifikační, které jsou schopny v prostředí bez rozpuštěného molekulárního kyslíku a za přítomnosti biologicky rozložitelných organických látek redukovat dusík nitritový či nitrátový na dusík elementární, který uniká ve formě plynu z vody do atmosféry.

Uvedených vlastností bakterií aktivovaného kalu využívá řada modifikací aktivačního procesu, určených ke společnému odstraňování organického znečištění, dusíkatých látek a fosforečnanů z odpadních vod. K nejznámějším těmto modifikacím patří např. systémy obchodních názvů BARDENPHO, PHOREDOR či A/O Process (US patenty 3 964 998 6/1976, 4 552 663 12/1985, Walsh, T.K. et al.: A review of biological phosphorus removal technology. Předn. na výroční konferenci WPCF, Atlanta 1983), které jsou charakterizovány technologickou linkou tvořenou sériovou sekvencí anaerobních, anoxických a oxických reaktorů.

Společným znakem všech dosud známých způsobů je interní recykl aktivační směsi z oxické zóny do anoxické a recykl odseparované biomasy aktivovaného kalu z dosazovací nádrže na začátek technologické linky, kde se mísí s přiváděnou odpadní vodou. Odpadní voda tak prochází všemi zónami aktivační nádrže, to je anaerobní, anoxickou i oxickou s fixními dobami zdržení v jednotlivých zónách, danými uspořádáním systému.

Nevýhodou všech dosud známých způsobů čištění odpadních vod se současným odstraňováním organického znečištění, dusíkatých látek a fosforečnanů je to, že nevyhovují rozdílným fyziologickým požadavkům různých skupin bakterií přítomných v aktivovaném kalu v důsledku fixovaného průchodu recirkulované biomasy všemi zónami systému.

Další nevýhoda vyplývá z fixovaného přívodu veškeré odpadní vody do první, anaerobní zóny, neboť tak dochází k ztrátám využitelného substrátu z odpadní vody nutného pro denitrifikaci v následné zóně anoxické. Zároveň se při těchto způsobech čištění vnáší do oxické zóny nadměrné množství organického substrátu akumulovaného v buňkách fosforeliminujících bakterií, což snižuje využitelnost kyslíku potřebného v této zóně pro nitrifikaci. Navíc fixováním dob zdržení v jednotlivých zónách postrádá systém flexibilitu při změnách složení, koncentrace i teploty odpadních vod.

Uvedené nedostatky odstraňuje podle vynálezu způsob čištění odpadních vod aktivačním procesem při současném odstraňování organického znečištění, dusíkatých látek a fosforečnanů, využívající činnosti směsné kultury aktivovaného kalu v aktivační nádrži, rozčleněné na pro-

míchávané zóny anaerobní a anoxickou bez umělého přísunu molekulárního kyslíku a na zónu oxickou s vnášením atmosférického nebo elementárního kyslíku s recirkulací separovaného aktivovaného kalu z dosazovací nádrže do zóny anaerobní a s recirkulací aktivační směsi ze zóny oxické do zóny anoxické.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že se čištěná odpadní voda rozděluje do dvou proudů v objemovém poměru od 1:3 do 3:1, přičemž první proud se vede do anaerobní zóny a vzniklá aktivační směs se vede dále do anoxické zóny nebo do oxické zóny, zatímco druhý proud čištěné odpadní vody se vede do anoxické zóny a zde vzniklá aktivační směs se vede do oxické zóny, přičemž poměr objemů anaerobní a anoxické zóny je v rozsahu od 1:7 do 7:1 a každá ze zón, anaerobní, anoxická i oxická je vytvořena jednou až dvanácti sekcemi, propojenými sériově anebo paralelně.

Výhoda způsobu čištění odpadních vod aktivačním procesem při současném odstraňování organického znečištění, dusíkatých látek a fosforečnanů podle vynálezu spočívá v tom, že charakter průtoku odpadní vody všemi zónami je přizpůsoben podmínkám probíhajících biologických dějů, jejich kinetice i metabolickým požadavkům jednotlivých fyziologických skupin bakterií ve směsné kultuře aktivovaného kalu.

Jinou výhodou způsobu čištění odpadních vod podle vynálezu je, že zvláště při nízkých poměrech organického znečištění a dusíkatých látek ($BSK_5:N_{celk}$) je dosahováno lepšího využití organických látek pro denitrifikaci a tím hlubšího odstranění organických látek z vody. To je dáno tím, že do anoxické zóny je přiváděna část odpadní vody, která neprošla anaerobní zónou, v níž by došlo k akumulaci organických látek do buněk bakterií majících schopnost polymerizace a depolymerizace fosforečnanů, přičemž tyto bakterie se podílejí nepodstatnou měrou na denitrifikaci v anoxických podmínkách.

Další výhoda uvedeného způsobu čištění odpadních vod podle vynálezu spočívá v minimalizaci objemu anaerobní zóny, neboť je do ní přiváděna jen taková část čištěné odpadní vody, která obsahuje organické znečištění právě potřebné k depolymerizaci polyfosfátů z buněk a k obnovení jejich akumulací kapacity na fosforečnany.

Způsob čištění odpadních vod podle vynálezu je dále výhodný vysokou flexibilitou vzhledem k druhu čištěné odpadní vody, k změnám jejich složení a teploty, čímž je dosahováno příznivých technicko-ekonomických parametrů při zachování vysoké jakosti vyčištěné odpadní vody.

Podstata vynálezu je dále objasněna na připojených vyobrazeních, kde na obr. 1 je znázorněno uspořádání procesu pro případ nízkého poměru $BSK_5:N_{celk}$, kde N_{celk} označuje koncentraci všech forem dusíku, to je organického, amoniakálního, dusitanového a dusičnanového, na obr. 2 je uspořádání pro případ vysokého poměru $BSK_5:N_{celk}$ a obr. 3 schematicky znázorňuje flexibilitu provedení způsobu čištění odpadních vod podle vynálezu.

Při způsobu čištění znázorněném na obr. 1 je odpadní voda 5 rozdělena do dvou proudů, a to prvního proudu 6 a druhého proudu 7. Proud 6 je veden do anaerobní zóny 1, tam je vrácen i separovaný aktivovaný kal 13 z dosazovací nádrže 4, přičemž část tohoto kalu je ze systému odváděna jako přebytečný kal 14. Aktivační směs 8 vzniklá v anaerobní zóně je vedena do anoxické zóny 2, kam je přiváděn i druhý proud 7 odpadní vody spolu s recirkulovanou aktivační směsí 11, která je představována částí aktivační směsi 10 z oxické zóny 3. Z anoxické zóny 2 se další aktivační směs 9 vede do oxické zóny 3 a poté do dosazovací nádrže 4, kde po oddělení aktivovaného kalu vzniká finální odtok 12.

Uspořádání způsobu čištění odpadních vod podle vynálezu na obr. 2 je shodné s uspořádáním na obr. 1 s tím rozdílem, že aktivační směs 8 z anaerobní zóny 1 je vedena přímo do oxické zóny 3, takže neprochází anoxickou zónou 2. Na obr. 3 je schematicky znázorněn způsob čištění odpadních vod realizovaný v aktivační nádrži 15, která je rozdělena na 14 objemově stejných sekcí, z nichž tři vytvářejí zónu anaerobní 21 až 23, čtyři anoxickou zónu 31 až 34 a zbývajících sedm sekcí tvoří oxickou zónu 41 až 47.

Vynález je dále objasněn dvěma konkrétními příklady provedení.

P ř í k l a d 1

Dlouhodobě byl provozován laboratorní model pro čištění městské odpadní vody způsobem podle vynálezu. Vzhledem k nízkému poměru $BSK_5:N_{celk}$ čištěné odpadní vody bylo použito zapojení jednotlivých zón podle obr. 1. Parametry modelového zařízení byly následující:

objem anaerobní zóny 1	0,25 l
objem anoxické zóny 2	1,50 l
objem oxické zóny 3	3,00 l

Průtok odpadní vody 40 l d^{-1} byl rozdělen v poměru 1:3 mezi první proud 6 a druhý proud 7. Za těchto podmínek byla hydraulická doba zdržení v jednotlivých zónách následující:

anaerobní zóna 1	0,6 hodin
anoxická zóna 2	0,9 hodin
oxická zóna 3	1,8 hodin

Doba zdržení biomasy v celém systému byla nastavena na 5 dní. Recirkulační poměr aktivovaného kalu 13 vráceného z dosazovací nádrže 4 činil 0,5, recirkulační poměr vnitřní recirkulace recirkulované aktivační směsi 11 byl 2.

Zpracovaná městská odpadní voda měla průměrné složení:

BSK_5	105 mg l^{-1}
N_{celk}	21 mg l^{-1}
NH_4^+-N	17 mg l^{-1}
$NO_3^- - N$	1 mg l^{-1}
$PO_4^{3-} - P$	6 mg l^{-1}

Tomu odpovídalo objemové látkové zatížení $B_V = 0,88 \text{ kg m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ a při průměrné koncentraci aktivovaného kalu po dosažení ustáleného stavu $1,1 \text{ kg m}^{-3}$ $B_X = 0,8 \text{ kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Za těchto podmínek bylo dosaženo následujících parametrů odtoku ze systému:

$BSK_{5,rozp}$	$5,0 \text{ mg l}^{-1}$
NH_4^+-N	$1,0 \text{ mg l}^{-1}$
$NO_3^- - N$	$11,0 \text{ mg l}^{-1}$
PO_4^{3-}	$2,5 \text{ mg l}^{-1}$

P ř í k l a d 2

V dlouhodobě pozorovaném laboratorním modelu bylo studováno čištění odpadní vody s vysokým poměrem $BSK_5:N$. Odpadní voda byla modelována na bázi kyseliny glutamové, glukózy a etanolu. Její složení bylo následující:

BSK_5	$1\,000 \text{ mg l}^{-1}$
N_{celk}	52 mg l^{-1}
NH_4^+-N	20 mg l^{-1}
$PO_4^{3-} - P$	15 mg l^{-1}

Zóny anaerobní, anoxická i oxická byly zapojeny podle schématu na obr. 2. Objem jednotlivých zón a hydraulická doba zdržení v nich činily:

zóny	objem (l)	hydr. doba zdržení (h)
anaerobní zóna 1	3,75	3

zóny	objem (l)	hydr. doba zdržení (h)
anoxická zóna <u>2</u>	0,8	1,9
oxická zóna <u>3</u>	5	3

Průtok modelové odpadní vody byl 40 l d^{-1} a její proud byl rozdělen do dvou v objemovém poměru 3:1, to je 30 l d^{-1} do anaerobní a 10 l d^{-1} do anoxické zóny 2. Recirkulační poměr aktivovaného kalu 13 z dosazovací nádrže 4 do anaerobní zóny 1 byl 0,5, recirkulační poměr recirkulované aktivační směsi 11 z oxické zóny 3 do anoxické zóny 2 byl 3.

Doba zdržení biomasy byla nastavena na 7 dní, její průměrná koncentrace v jednotlivých zónách činila:

anaerobní zóna <u>1</u>	$3,3 \text{ g l}^{-1}$
anoxická zóna <u>2</u>	$1,6 \text{ g l}^{-1}$
oxická zóna <u>3</u>	$2,5 \text{ g l}^{-1}$

Za těchto podmínek bylo dosahováno v ustáleném stavu těchto průměrných parametrů odtoku ze systému:

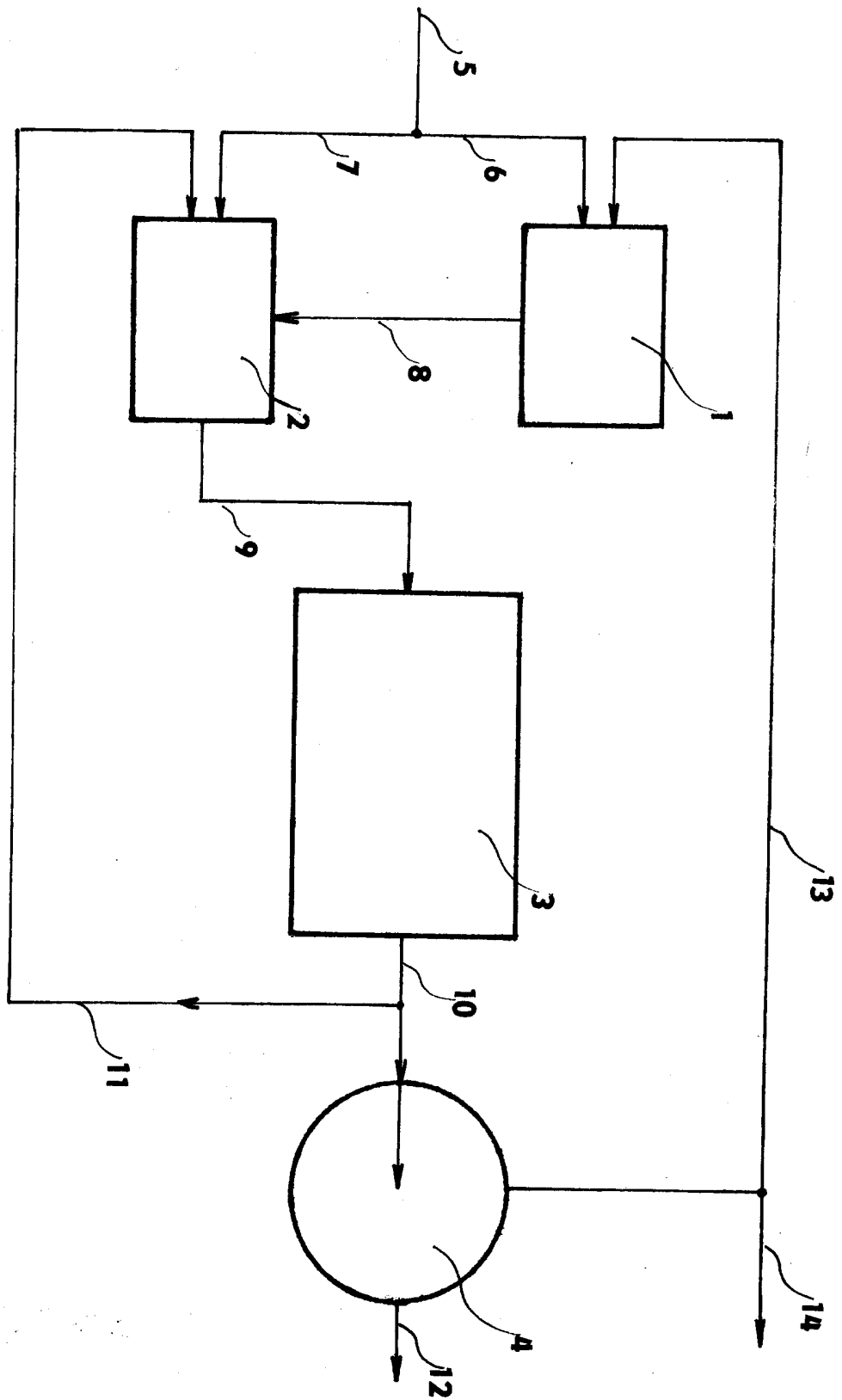
$\text{BSK}_{5,\text{rozp}}$	$8,0 \text{ mg l}^{-1}$
NH_4^+-N	$0,7 \text{ mg l}^{-1}$
NO_3^--N	$12,0 \text{ mg l}^{-1}$
$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	$4,0 \text{ mg l}^{-1}$

Fosfor byl ze systému eliminován akumulovaný v přebytečném kalu. Při jeho denní produkci 3,8 g sušiny byl podíl P v této sušině 11,5 %.

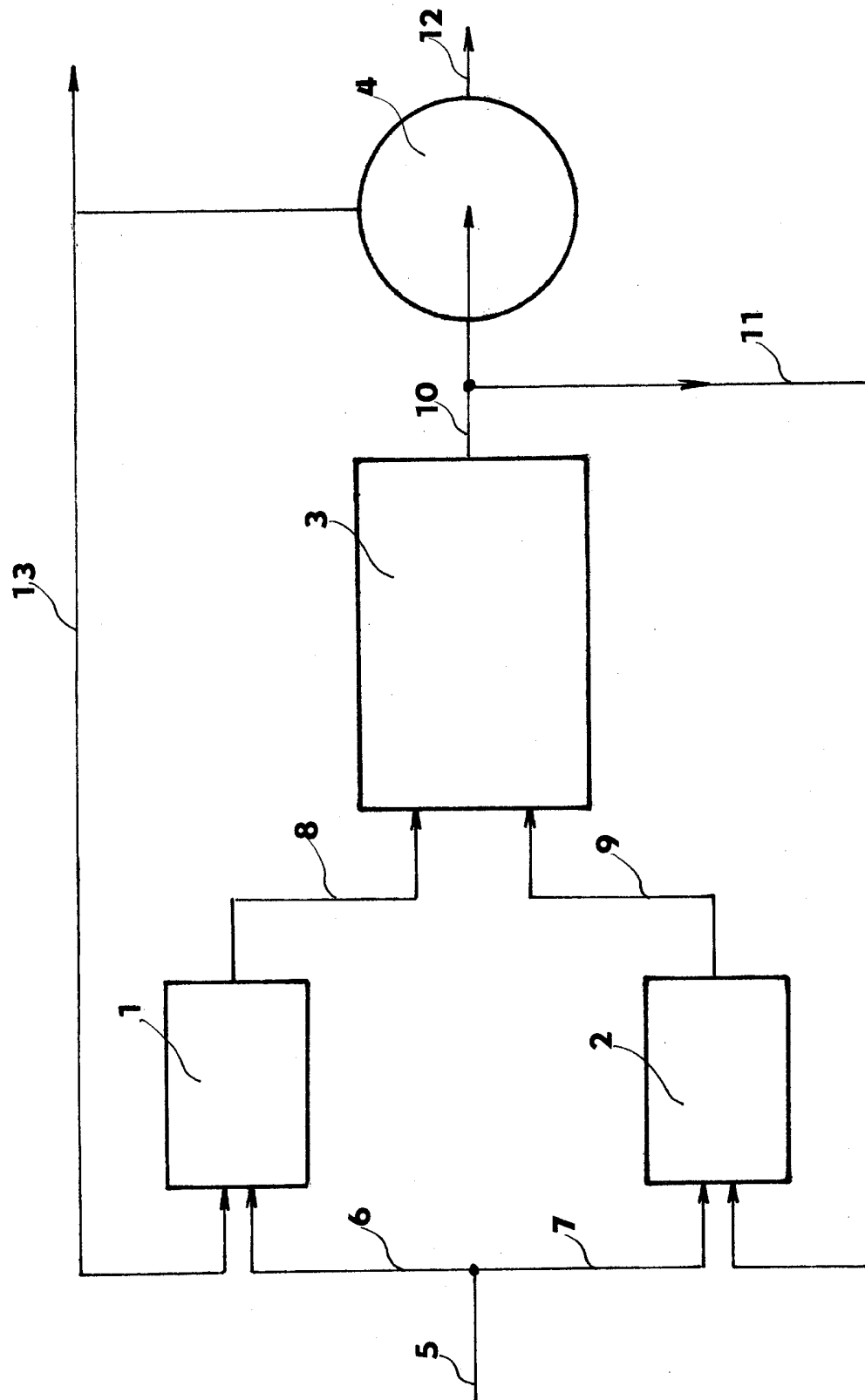
P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

Způsob čištění odpadních vod aktivačním procesem při současném odstraňování organického znečištění dusíkatých látek a fosforečnanů, využívající činnosti směsné kultury aktivovaného kalu v aktivační nádrži, rozčleněné na promíchávané zóny anaerobní a anoxickou bez umělého přísunu molekulárního kyslíku a na zónu oxickou s vnášením atmosférického nebo elementárního kyslíku s recirkulací separovaného aktivovaného kalu z dosazovací nádrže do zóny anaerobní a s recirkulací aktivační směsi do zóny anoxické, vyznačený tím, že se čištěná odpadní voda rozděluje do dvou proudů v objemovém poměru od 1:3 do 3:1, přičemž první proud se vede do anaerobní zóny a vzniklá aktivační směs se vede dále do anoxické zóny nebo do oxické zóny, zatímco druhý proud čištěné odpadní vody se vede do anoxické zóny a zde vzniklá aktivační směs se vede do oxické zóny, přičemž poměr objemů anaerobní a anoxické zóny je v rozsahu od 1:7 do 7:1 a každá ze zón, anaerobní, anoxická i oxická je vytvořena jednou až dvanácti sekci, propojenými sériově a/nebo paralelně.

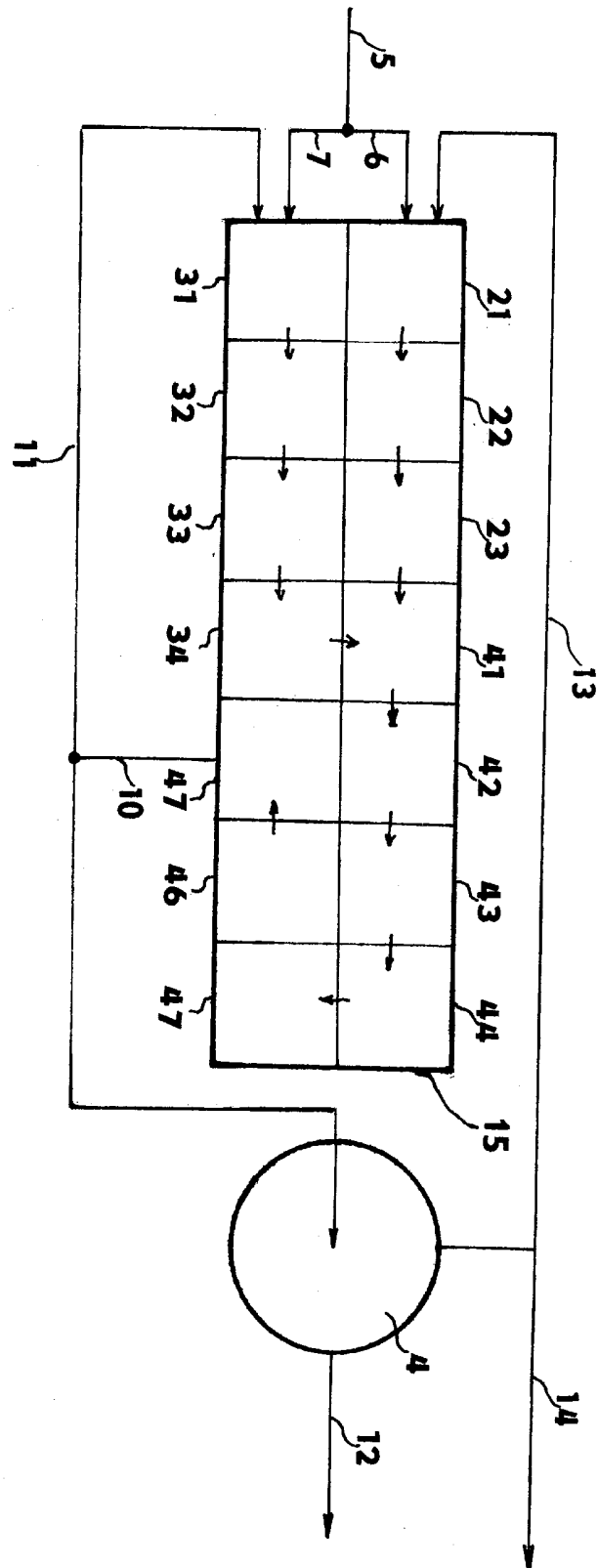
3 výkresy



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3