

# POPIS VYNÁLEZU K PATENTU

196358

(11)

(B2)



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY  
A OBJEVY

(22) Přihlášeno 19 04 77  
(21) [PV 2609-77]

(40) Zveřejněno 29 06 79

(45) Vydáno 15 03 83

(51) Int. Cl.<sup>3</sup>  
C 02 F 3/12

(72)

Autor vynálezu

SPECTOR MARSHALL LOUIS, ALLENTOWN (Sp. st. a.)

(73)

Majitel patentu

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC., ALLENTOWN (Sp. st. a.)

(54) Způsob zabráňování růstu vláknité biomasy v systému aktivovaného kalu

1

Vynález se týká zlepšení při zpracování městských splašků a/nebo průmyslových odpadních vod postupem aktivovaného kalu. Zejména se týká řízení provozních podmínek pro zvýšení selektivní produkce a udržení vysoce aktivní biomasy, která je v podstatě prostá vláknitého růstu, v systému, přičemž získaný kal má výhodné usazovací vlastnosti a je schopen v podstatě odstranit fosforečnany z přicházející odpadní vody.

Postup s použitím aktivovaného kalu se po mnoho let používá pro odstranění biologické spotřeby kyslíku (BSK) z odpadní vody. Tento postup sestává z udržování aerační nádrže, v níž se odpadní voda přivádí do suspenze mikroorganismů, čímž se vytvoří směs. Směs se provzdušňuje, aby se dodával kyslík pro dýchání biomasy, která poutá, asimiluje a metabolizuje biologickou spotřebu kyslíku odpadní vody.

Po vhodné době aerace se směs zavede do čističe, ve kterém se biomasa usadí a upravená odpadní voda přetéká do vodního toku. Hlavní část usazené biomasy, která se koncentruje u dna čističe, se znovu vrací do aerační nádrže a menší část se čistí, aby se udržela konstantní zásoba biolátů v systému.

Navzdory mnohoúčelnosti a účinnosti to-

2

hoto postupu a jeho mnoha modifikací, zůstává hlavní problém. Je to současný růst těch druhů organismů, které mají vysoký specifický povrch a/nebo jsou vláknité, jako jsou sphaerotily, které se neusazují odpovídajícím způsobem v čističi. Následkem vláknité biomasy je neschopnost uvolnit biomasu od upravené odpadní vody.

Dalším problémem je účinnost odstranění fosforečnanů z odpadní vody. Příčiny tohoto odstraňování jsou nejasné a postup je neschopen extrapolace pro úpravná zařízení odpadní vody biologickým způsobem v obecném měřítku. Tak dosud nejsou žádné spolehlivé nebo uspokojivé způsoby, ve kterých by bylo řízení odstraňování fosforečnanů samotným biologickým působením obecně ustanoveno.

Bylo již vytvořeno několik modifikací základního postupu s aktivovaným kalem při vyvarování se růstu vláknitých druhů organismů a/nebo druhů organismů s vysokým specifickým povrchem, což má za následek zjev nazývaný „zbytnění“. Jedním způsobem je rozdělení vtékající odpadní vody do různých sekcí aerační nádrže, aby se pokryla spotřeba kyslíku. Dále se má snížit zatížení biologické spotřeby kyslíku na aerační nádrž. Třetím způsobem je přidání jedů do systému, aby se selektivně zničily or-

ganismy vláknité a s vysokým specifickým povrchem.

Dalším způsobem je přechodné vytvoření zcela anaerobního systému, a tak zničení vláknité biomasy, která je tvořena v převážné míře nezbytnými aeroby. Dalším způsobem je udržení vysokého obsahu rozpuštěného kyslíku a vysokého stálého stavu biologické spotřeby kyslíku v počátečním kapalném stadiu nebo jeho hydraulického ekvivalentu, aby se podporoval selektivní růst aktivní nevláknité biomasy, která přeroste nebo zamezí rozvoji vláknitých druhů o vyšším specifickém povrchu.

V minulých letech byly navrhovány početné technologie k modifikaci používaného postupu s aktivovaným kalem, aby se zlepšilo odstranění dusíku a/nebo fosforu. Mezi tyto různé způsoby, které jsou zveřejněny, patří ty, které zahrnují nitrifikační — denitrifikační systémy, jejichž jedna forma je popsána J. L. Barnardem ve *Water and Waste Engineering* (1974) 33.

Při tomto postupu označeném „Bardenpho“ jsou provozovány čtyři směsné bazény aktivovaného kalu v sérii, načež následuje čířič, z kterého se kal vrací do první nádrže. První a třetí nádrž pracují za neoxidačních podmínek a přijímají směs obsahující dusičnany a dusitany ( $\text{NO}_x^-$ ) z druhé a čtvrté nádrže v sérii, které jsou provzdušňovány. Zatímco se uvádí periodické dobré odstranění fosforu a dusíku v polo-provozu, když se pracuje při dost vysokých dobách zdržení přítoku, nedosáhne se produkce hutného, snadno filtrovatelného kalu.

Žádný ze způsobů, které byly dosud navrhovány, není schopen vyvarovat se zbytnění biomasy a účinného odstranění fosforečnanů.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje způsob zabráňování růstu vláknité biomasy v systému aktivovaného kalu, jehož podstata spočívá v tom, že se v počáteční kontaktní zóně směšuje aktivovaný kal s přítékající odpadní vodou s biologickou spotřebou kyslíku a popřípadě s obsahem fosforečnanů a amoniaku, přičemž se počáteční kontaktní zóna udržuje za anaerobních podmínek, například stykem směsi s plynem prostým kyslíku, při koncentraci dusičnanu a/nebo dusitanu, menší než 0,3 ppm a obsahu rozpuštěného kyslíku menším než 0,7 ppm, k produkci nevláknitých mikroorganismů, které vážou biologickou spotřebu kyslíku, pak s úpravou nebo bez úpravy v mezilehlé zóně, která může být případně udržována za neoxidačních podmínek, se nechá v oxidační zóně probíhat biologická oxidace ve směsi stykem s plynným kyslíkem, který se vpouští do oxidační zóny, přičemž se v oxidační zóně udržuje obsah rozpuštěného kyslíku v rozmezí 1 ppm až 20 ppm, oxidovaná směs se převede z oxidační zóny do usazovací zóny, kde se vyčištěná vrchní kapalina oddělí od usazeného kalu a část usazeného kalu se vrací do počáteční kontaktní zóny

pro smíšení aktivovaného kalu v této zóně s přítékající odpadní vodou.

Postup podle vynálezu vytváří aktivní hutnou biomasu, která se snadno koncentruje při druhotném číření.

Bližší vysvětlení je kromě jiného zřejmé z přiložených výkresů, na nichž

obr. 1 je schematickým bokorysem zjednodušeného systému podle vynálezu, a

obr. 2 je podobný náčrt modifikovaných provedení.

Nyní bylo zjištěno, že požadovaná selektivní produkce druhů organismů, které jsou schopny odstraňovat fosforečnany a vytvářet nezbytnující populaci biomasy z vysoce aktivních hutných a rychle se usazujících mikroorganismů, se může podpořit a udržovat přísným udržováním anaerobních podmínek na začátku, kdy se mísí přicházející odpadní voda a vrácený kal ze sekundárního číření. Výsledkem je, že

1. nedochází k růstu nežádoucích mikroorganismů s vysokým specifickým povrchem, jako je *sphaerotilus* a

2. podstatná množství přicházející biologické spotřeby kyslíku se poutají z přicházející odpadní vody mikroorganismy, které mají schopnost toto provádět za anaerobních podmínek.

Předpokládá se nezaručeně, že energie pro aktivní transport biologické spotřeby kyslíku do buněčných stěn je odvozena z hydrolýzy polyfosforečnanů a že ty druhy, které jsou nejschopnější ukládat polyfosforečnany, budou růst za těchto podmínek.

Počáteční anaerobní zóna podle jednoho provedení je následována oxidační aerobní zónou, kde se poutaná potrava v aerobní zóně oxiduje a kde jakákoli zbývající biologická spotřeba kyslíku se váže a oxiduje. Během tohoto aerobního stavu se kompenzuje energie ztracená hydrolýzou polyfosforečnanů a znovu se vytvoří polyfosforečnan a uskladní se v provzdušněné biomase a fosforečnany se takto odstraní ze směsi.

Podle dalšího provedení, jak zde bude dále uvedeno, je neoxidační zóna pro provedení denitrifikace uspořádána mezi anaerobní a oxidační aerobní zónou.

Povaha uložení fosforu v biomase je taková, že dochází jen k malému návratu fosforečnanů, čímž je umožněno, že fosfor se vyloučí ze systému s odpadním aktivovaným kalem.

Na obr. 1 je uvedeno modifikované úpravné zařízení používající aktivovaného kalu, které je vybaveno obvyklým vstupem 11 pro odpadní vodu, která má být upravována. Obvykle je odpadní voda z usazených splašků z primární usazovací nádrže nebo čířiče (neznázorněného) ale primární sedimentace není nutná. Vtékající odpadní voda zpočátku vstupuje do anaerobní směšovací zóny A, ve které se míchá s recyklovaným kalem usazeným v usazovací nádrži nebo čířiči 12 a vráceným do zóny A vedením 13. Část usazeného kalu z čířiče 12 se odstra-

ňuje vedením 14, zatímco vyčištěná nadbytečná kapalina se odesílá do vodních toků nebo do zásobníků s další úpravou nebo bez další úpravy, jak je potřeba.

Jak je uvedeno, zóna A se udržuje v přísně anaerobních podmínkách. Výrazy „anaerobní“ a „neoxidační“ nejsou jasně a ustáleně definovány v literatuře, v které se tyto výrazy používají. Pro účel této přihlášky vynálezu je výraz „anaerobní“ definován jako stav existující uvnitř úpravné zóny splašků, které jsou v podstatě prosty  $\text{NO}_x^-$  (to znamená mají méně než 0,3 ppm a výhodně méně než 0,2 ppm, vyjádřeno ve formě elementárního dusíku), kde podmínky jsou takové, že koncentrace rozpuštěného kyslíku (RK) je menší než 0,7 ppm a výhodně menší než 0,4 ppm.

Výraz „neoxidační“, jak je používán v této přihlášce vynálezu, je definován jako stav existující uvnitř úpravné zóny odpadních vod, kde biologická spotřeba kyslíku je metabolizována dusičnany a/nebo dusitany při počáteční celkové koncentraci vyšší, než asi 0,5 ppm, vyjádřeno jako dusík, a rozpuštěný kyslík je obsažen v množství menším než 0,7 ppm, výhodně menším než 0,4 ppm.

Pro zajištění toho, aby zóna A byla udržována za anaerobních podmínek, může následovat jakýkoli jeden nebo více z následujících stupňů.

Nádoba tvořící zónu A může být opatřena vrstvou dusíku, kysličníku uhlíkatého nebo jiného inertního plynu na povrchu kapaliny, aby se zabránilo přístupu atmosférického vzduchu ke kapalině; nebo může být opatřen lehce uložený kryt na nebo nad povrchem kapaliny nebo může být vytvořen tuhý kryt nad povrchem kapaliny.

Místo toho nebo navíc k tomuto může být dodáván do směsi čistící plynný dusík a probubláván touto směsí v zóně A, aby se vytěsnil jakýkoli přítomný kyslík. Tato poslední volba je znázorněna v obr. 1 vedením 15 zavádějícím dusík do dna zóny A.

Odpadní voda normálně obsahuje trochu nebo žádný  $\text{NO}_x^-$  vlivem redukčního působení biologické spotřeby kyslíku v přítomnosti mikroorganismů ve vtékající odpadní vodě. Potenciálním zdrojem  $\text{NO}_x^-$  je nazpět vrácený kal ze sekundárního čiřiče a nazpět vrácená směs z aerobní úpravné zóny z nitrifikačních biologických systémů, to je těch, které vyvolávají oxidaci amoniakální spotřeby kyslíku na  $\text{NO}_x^-$ .

Koncentrace  $\text{NO}_x^-$  v počáteční anaerobní zóně, kde se recyklovaný kal míchá s přicházející odpadní vodou, se udržuje menší než 0,3 a výhodně menší než 0,2 ppm  $\text{NO}_x^-$ , vyjádřeno jako elementární dusík vyvarováním se zavedení směsi z aerobní zóny nitrifikačního systému a řízení  $\text{NO}_x^-$  obsahu v recyklovaném kalu ze spodního proudu čiřiče.  $\text{NO}_x^-$  koncentrace v recyklovaném kalu může být řízena vytvořením dostatečné doby zdržení v čiřiči a kalovém recirkulač-

ním systému pro umožnění odpovídající redukce  $\text{NO}_x^-$  na elementární dusík pomocí biologické spotřeby kyslíku biomasou v zpětném toku kalu.

Ačkoli to není nutné, zóna A je výhodně rozdělena na dvě nebo více úpravných sekcí kapaliny, aby se umožnilo brzdit proudění kapaliny anaerobní zónou. Bylo zjištěno, že vytvořením hmotně rozčleněných sekcí nebo jejich hydraulickým ekvivalentem se lépe dosáhne požadovaného uvolnění od růstu vláknitých organismů a tím se získá vývoj hutných kalů za jinak nepříznivých podmínek.

Takovéto nepříznivé podmínky například zahrnují provoz při nízkých koncentracích biologické spotřeby kyslíku, kde by biomasa s velkým specifickým povrchem měla výhodu při soutěžení v absorbování chudého přívodu potravy. Při rozdělení kapalinou je obtok neupravené biologické spotřeby kyslíku z anaerobní zóny vyloučen.

V provedení znázorněném v obr. 1 je zóna A zakreslena jako rozdělená do dvou sekcí neboli komor 16 a 17, z nichž každá je vybavena míchacími prostředky 19. Kapalina prochází téměř uzavřeným proudem několika sekcemi zóny A a vypouští se do oxidační zóny označené B. Zatímco zóna A má dvě oddělené sekce 16 a 17, je třeba si uvědomit, že takto může být vytvořeno i více sekcí.

Zóny A a B mohou být oddělené spojené nádoby nebo to může být jedna nádrž jakékoli požadované konstrukce, přičemž je zajištěno vhodnými prostředky oddělení zóny A od zóny B, zatímco se umožňuje nepřímý proud kapaliny ze zóny A do zóny B bez zpětného míšení.

Provzdušnění kapaliny se provádí v oxidační zóně B známým způsobem.

Tak, jak je znázorněno, stlačený vzduch může být pouštěn do dna oxidační zóny v rozdělovači 20. Je-li třeba, namísto toho nebo navíc k rozdělovačům, oxidační zóna může být opatřena mechanickými provzdušňovači. Namísto vzduchu se může přivádět do zóny B kyslík jakékoliv požadované čistoty, v kterémžto případě mohou být opatřeny vhodné prostředky pro pokrytí celé nebo části zóny.

V provozu by se měl obsah rozpuštěného kyslíku v zóně B udržovat nad asi 1 ppm a výhodně nad 2 ppm, aby se zajistila odpovídající přítomnost kyslíku pro metabolismus biologické spotřeby kyslíku a pro odstranění fosforečnanů.

Jak je znázorněno v obr. 1, zóna B je rozdělena na 2 sekce 26 a 27 úpravy kapaliny, ačkoli je třeba si uvědomit, že může být použito většího počtu takových sekcí, je-li to potřebné. Jedním důvodem pro rozdělení je to, že odstranění fosforečnanů, jak bylo zjištěno, je prvním příkazem s ohledem na koncentraci rozpustných fosforečnanů; tak nízké hodnoty obsahu fosforečnanů v odto-

ku se nejlépe získá při vytvoření brzděného proudění.

Při provádění systému znázorněného v obr. 1 je třeba zdůraznit, že počáteční zóna styku a smíchání přicházející odpadní vody s recyklovaným kalem musí být udržována za anaerobních podmínek. Bylo zjištěno, neočekávaně, že za takovýchto podmínek dochází k selektivní produkci druhů mikroorganismů, které jsou nejen schopny odstraňovat fosforečnany, ale že získaná biomasa je tvořena v podstatě nevláknitými organismy, které tvoří vysoce aktivní hutný a rychle se usazující kal.

Produkce vláknitých mikroorganismů, které jsou nezbytnými aeroby, je zastavena, protože jejich růst je umožněn jen za aerobních podmínek. Za anaerobních podmínek, které se tam udržují, je podporována selektivní produkce a růst druhů mikroorganismů, které jsou schopny hromadit neobvykle vysoká množství polyfosforečnanů ve svých buněčných stěnách. Je to způsobeno umožněním, aby tyto druhy, které jsou schopny hydrolýzy polyfosforečnanů pro vytvoření energie pro aktivní transport, to tak učinily a tak mají výhodný přístup k biologické spotřebě kyslíku vtékající odpadní vody.

Oproti tomu ty druhy, které by normálně vázaly potravu aktivním transportem, přičemž je energie odvozena od aerobní oxidace biologické spotřeby kyslíku, jsou v tomto případě relativně neschopny konkurovat.

Výsledným účinkem je podpora růstu těch druhů, které mohou hromadit polyfosforečnany během oxidace a hydrolýzovat polyfosforečnany během anaerobního zásobování. Podmínky, které dávají přednost takovému mikroorganismům, také podporují vytvoření relativně nízkoobjemového kalu [Mohlmann] a relativně vysoké usazovací rychlosti v zóně (ZUR). Druhy, které asimilují a oxidují biologickou spotřebu kyslíku nejúčinněji, rozhodně převažují v populaci biomasy.

Tak způsob tohoto vynálezu podporuje rozvoj aktivních nevláknitých fosfor hromadících druhů při konkurenční nevýhodě pro ostatní. Tyto druhy jsou schopny vázat vysoká množství fosforu a růst systému do takové míry, že bylo zjištěno v kalu, že obsahuje 6 % fosforečnanů, vyjádřeno jako elementární fosfor v sušině. Bylo zjištěno, že podstatná část biologické spotřeby kyslíku je odstraněna ze směsi v anaerobním stadiu, které bylo výše popsáno a dále, že polyfosforečnany se hydrolýzují, jak je evidentní uvolněním rozpustného fosforečnanu do směsi v anaerobní zóně.

Po počátečním anaerobním styku se směs podrobí provzdušnění v zóně B, pro oxidaci vázané biologické spotřeby kyslíku a pro kompletní odstranění a oxidaci jakékoli zbývající biologické spotřeby kyslíku. Během této doby provzdušnění se energie oxidace zčásti využije pro růst buněk a zčásti se

využije pro energetické zvýšení obsahu rozpustných fosforečnanů ve směsi vůči uloženým polyfosforečnanům v buňkách biomasy.

Tento jev se zjišťuje v této aerační zóně, ve které se koncentrace rozpustných fosforečnanů rapidně snižuje. Po aerobním stadiu, které má za následek odstranění jak fosforečnanů, tak biologickou spotřebu kyslíku a stabilizaci, se směs může vypouštět do sekundárního čiřiče, přičemž čistá kalová voda se vypouští buď k další úpravě, nebo přímo do vodních toků.

Při provedení znázorněném v obr. 2 se vytváří opatření pro denitrifikaci dusíku v odpadní vodě, zatímco se udržuje požadovaná produkce nevláknitého hutného kalu s připojeným odstraněním fosforečnanů a bez přílišného prodloužení celkového požadovaného úpravného času.

Ve znázorněném provedení jsou vytvořeny tři oddělené úpravné zóny: anaerobní zóna C následovaná neoxidační zónou D a aerobní oxidační zónou E. Jako při dříve popsaném provedení odpadní voda s biologickou spotřebou kyslíku, která se má upravit, vstupuje do modifikovaného systému s aktivovaným kalem podle obr. 2 vedením 31, přičemž se mísí v počáteční úpravné nádrži nebo nádobě 34 s recyklovaným aktivovaným kalem vráceným z usazováku neboli čiřiče 32. Nádobu 34 se udržuje při anaerobních podmínkách jak bylo dříve uvedeno; to znamená, že byla učiněna opatření pro udržení počátečního úpravného stadia v zóně C při v podstatě úplné nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku jako v případě zóny A. To znamená, že koncentrace rozpuštěného kyslíku se pohybuje pod 0,7 ppm a výhodně pod 0,4 ppm.

V nádobě nebo nádrži 34 se směs míchá za přísně anaerobních podmínek, čímž se umožní, jak bylo uvedeno v dříve popsaném provedení, začlenění biologické spotřeby kyslíku organismy, které jsou zajištěny recyklovaným aktivovaným kalem a tak dodává ty druhy organismů, které mohou ovlivnit tento převod výhodné příležitosti k získání potravy a tak vyloučit růst jiných druhů.

Energie pro převod je získána hydrolýzou polyfosforečnanů obsažených v biomase recyklovaného kalu. Při tomto způsobu se podporuje růst druhů, které preferenčně hromadí fosforečnany. Jako dříve se zajistí dostatečná nepřítomnost rozpuštěného kyslíku přikrytím nádoby 34 nebo jinou zábranou styku s atmosférickým kyslíkem a/nebo vytěsňováním kyslíku ze směsi probubláváním plynného dusíku, jak je označeno u 38.

Jak je znázorněno v obr. 2, téměř zbrzděné proudění se udržuje v nádobě 34, rozdělením této nádoby pro etapové proudění kapaliny dvěma nebo více hmotně oddělenými nebo hydraulicky oddělenými stupni.

Z nádoby neboli komory 34 směs prochází do neoxidační úpravné zóny D označené

35. To může být oddělená nádoba nebo to může být část spojitěho úpravného bazénu vhodně oddělená od předcházející zóny C, aby se umožnil souběžný jednosměrný proud kapaliny bez zpětného míchání. Oproštění od rozpuštěného kyslíku v zóně D se může dosáhnout, jak bylo dosud popsáno pro zónu C.

V obr. 2 se plynný dusík zavádí do zóny C vedením 38, aby zbavoval směs jakéhokoli rozpuštěného kyslíku a bránil vstupu kyslíku z atmosféry.

Ze zóny D pak směs proudí do a skrze aerobní oxidační zónu E, ve které se provzdušňuje pro oxidaci biologické spotřeby kyslíku včetně amoniaku a odstranění fosforečnanů. Oxidovaná směs ze zóny E proudí do čířiče 32, kde se čistá kalová voda odděluje od usazeného kalu a část usazeného kalu se vrací v řízeném množství do nádoby 34 vedením 33.

V neoxidační zóně D dusičnany a dusitany ( $\text{NO}_x^-$ ) jsou přijímány v koncentracích vyšších než 2 ppm, vyjádřeno jako elementární dusík a redukuji se na elementární dusík a takto se vypouštějí. Pro vyvolání tohoto účinku se část směsi z oxidační zóny E vrací do zóny E vedením 40. Tyto nitráty a dusitany se vytvoří v zóně E oxidací látek obsahujících dusík (uvažovaných jako amoniak) obsažených ve vstupující odpadní vodě, která vstupuje do systému vedení 31. V oxidační zóně E se mění rovnováha biologické spotřeby kyslíku a amoniak se oxidační na dusitany a nakonec alespoň zčásti na dusičnany.

Oxidované směsi z posledního stupně zóny E se vrací do počátečního stupně zóny D, kde se obsah dusičnanů a dusitanů přivede do styku s přicházející biologickou spotřebou kyslíku. Musí být dbáno opatrnosti, aby se zamezilo zavedení  $\text{NO}_x^-$  do anaerobní zóny C.

Při provedení podle schématu znázorněného na obr. 2 dochází nejen k selektivní produkci nevláknité biomasy při požadovaném odstranění fosfátů jako v provedení podle obr. 1, ale také k podstatnému odstranění dusíkatých živných látek. Navíc se podstatného odstranění dusíkatých látek dosáhne bez podstatného prodloužení celkové úpravné doby.

Množství směsi vrácené z oxidační zóny E do neoxidační zóny D může být v praktickém provozu 100 až 400 procent objemu přítoku vstupujícího do systému vedení 31. Množství kalu recyklovaného vedením 33 stejně jako v případě vedení 13 (obr. 1), může být řádově asi 10 až 50 %, výhodně 20 až 30 % přítoku surovin.

Oxidační zóna E se řídí v podstatě stejným způsobem jako zóna B dříve popsaná. Upravená směs prochází z oxidační zóny (B nebo E) do čířiče. Pro zajištění dobrého odstranění biologické spotřeby kyslíku a účinné nitrifikace by aerační zóna měla být v provozu při minimální koncentraci roz-

puštěného kyslíku 1 ppm a výhodně větší než 2 ppm.

Když se vyžadují vyšší hladiny rozpuštěného kyslíku u výstupního konce oxidační zóny, mohou být vytvořeny bez nepříznivého účinku na systém.

Při provádění vynálezu se směs nechá procházet přibližně uzavřeným proudem celým úpravným systémem tvořeným zónami A a B v provedení podle obr. 1 nebo zónami C, D a E v provedení podle obr. 5. Bylo zjištěno, že míra denitrifikace kolísá přímo v závislosti na koncentraci  $\text{NO}_x^-$ , kde je tato koncentrace pod asi 2 ppm a tudíž brzděný tok je výhodný pro dosažení nízkých hodnot  $\text{NO}_x^-$  ve výstupu ze zóny D. Navíc ve výhodném provedení každá z těchto zón C, D a E je uspořádána v rozděleném kapalinovém provedení, přičemž každá tato úpravná zóna je hmotně rozdělena na dva nebo více oddělených úpravných stupňů nebo jejich hydraulických ekvivalentů, jak je určeno rozdělením dob zdržení pomocí stopových experimentů (viz Levenspiel, „Chemical Reaction Engineering“, John Wiley and Sons, New York, 1962, strany 242–308).

Potřeba zahrnutí neoxidační zóny pro odstranění dusíku, do systému, bude záviset na obsahu amoniaku v přitékající odpadní vodě a na hranicích vytvořených pro dovolený obsah dusíku ve vyčištěné odpadní vodě, která se vypouští. Jako pravidlo, které se nemusí nutně dodržovat, se zavedení neoxidační mezizóny obecně doporučuje kdykoli vstupní odpadní voda obsahuje v přebytku asi 10 ppm amoniakálního dusíku, vyjádřeno jako elementární dusík.

#### Příklad 1

Systém pracující na principu provedení podle obr. 1 byl testován po dobu několika měsíců při úpravě městských splašků z Allentownu, Pennsylvania.

Systém využíval anaerobní zóny o objemu 6 l, která byla rozdělena přepážkami na 5 stejných stupňů (každý 1,2 litru), načež následovala oxidační zóna o objemu 10 litrů rozdělená přepážkami na 5 stejných stupňů (po 2 litrech), do které byl rozptylován vzduch. Plynný dusík byl rozdělován v anaerobní zóně, která byla vybavena volně těsnícím pevným krytem. Z posledního stupně aerace oxidovaná směs procházela do čířiče, z kterého byla část usazeného kalu vrácena do počátečního anaerobního stadia v množství asi 20 objemových % přitékající odpadní vody. Výsledky uvedené v tabulce 1 jsou průměrnými hodnotami po dobu 10denní operace.

Z výsledků uvedených v tabulce 1 je zřejmé, že byl udržován požadovaný objemový index kalu udávající hutný snadno se usazující kal, přičemž bylo dosaženo více než 90% odstranění fosforečnanů. Odstranění biologické spotřeby kyslíku bylo průměrně 95% nebo vyšší.

Doba zdržení kalu v čířiči a recirkulace kalu byla asi 1,7 hodiny, což odpovídá účinné redukci  $\text{NO}_x^-$  z 11,26 ppm, jak je odhadnuto z výtoku z čířiče na 0,18 ppm v recirkulujícím kalu.

Osah dusičnanů a dusitanů (měřeno jako  $\text{NO}_x^-$  dusík) v 5 sekcích anaerobní zóny zůstával pod 0,16 mg na litr. Koncentrace

fosforečnanů vyjádřená jako mg fosforu na litr v 10 sekcích byla následující: 9,35, 12,87, 13,55, 13,63, 13,07, 6,64, 3,65, 1,78, 1,05 a 0,72. Tyto hodnoty ukazují uvolnění fosforečnanů v prvních 5 anaerobních sekcích a exponenciální odstraňování fosforečnanů v posledních 5 aerobních sekcích.

TABULKA 1

|                                               |           | V čerst. toku | V recirkul.<br>kalu | Ve vyčištěné<br>kapalině |
|-----------------------------------------------|-----------|---------------|---------------------|--------------------------|
| MLVSS mg/l                                    | 4082      |               |                     |                          |
| COD (filtrovaný) vtok, mg/l                   | 286       |               |                     |                          |
| COD (filtrovaný) výtok mg/l                   | 48,88     |               |                     |                          |
| BSK <sub>5</sub> (filtrovaný) vtok, mg/l      | 127,4     |               |                     |                          |
| BSK <sub>5</sub> (filtrovaný) výtok mg/l      | 5,72      |               |                     |                          |
| doba zdržení vtoku, hod.                      | 2,86      |               |                     |                          |
| recirkulovaný kal, % vtoku                    | 20,73     |               |                     |                          |
| jmenovitá doba zdržení<br>anaerobní zóna hod. | 0,89      |               |                     |                          |
| aerobní zóna hod.                             | 1,48      |               |                     |                          |
| fosfor (jako P) mg/l                          |           | 6,1           | 3,85                | 0,44                     |
| $\text{NH}_3$ (jako N) mg/l                   |           | 18,35         | 0,82                | 0,43                     |
| $\text{NO}_x^-$ (jako N), mg/l                |           | 0,08          | 0,18                | 11,26                    |
| zónová usazovací rychlost<br>cm/hod.          | 196,42    |               |                     |                          |
| SVI, ml/g TSS                                 | 69        |               |                     |                          |
| celk. rozptyl. kysl. v anaerob.<br>zóně, mg/l | 0,29—0,32 |               |                     |                          |
| celk. rozptyl. kysl. v aerobní<br>zóně, mg/l  | 6,41      |               |                     |                          |
| celk. rozptyl. kysl. v aerobní<br>zóně, mg/l  | 6,16      |               |                     |                          |

Příslušné zkratky použité v této tabulce a v popisu mají tento význam:

BSK<sub>5</sub> — biologická spotřeba kyslíku,  
MLVSS — Mixed Liquor Volatile Suspended Solids — jde pouze o ty suspendované látky, které jsou těkavé a jsou obsaženy ve směsi,  
COD — Chemical Oxygen Demand — chemický požadavek kyslíku,  
SVI — Sludge Volume Index — objemový index kalu,  
TSS — Total Suspended Solids — celkové množství suspendovaných látek,  
RK — rozpuštěný kyslík.

#### Příklad 2

Systém pracující podle technologického schématu v obr. 2 byl použit pro zpracování městských odpadních vod z Allentownu, Pennsylvania. Systém obsahoval tři oddělené nádoby vytvářející anaerobní zónu (I) o obsahu 7,2 litru rozdělenou přepážkami do 3 stejných komor po 2,4 litrech; neoxidační zónu (II) o obsahu 3,6 litru rozdělenou přepážkami do 3 stejných komor po 1,2 litrech; a oxidační zónu 3 o obsahu 12

litru rozdělenou přepážkami na 4 komory o obsahu 1,2, 2,4, 3,6 a 4,8 litru.

Plynný dusík byl přiváděn do každé komory anaerobní a neoxidační zóny pro udržení v podstatě nepřítomnosti kyslíku. Směs z poslední komory aerační nádoby (III) protékala do čířiče, z kterého byla odebírána vyčištěná kapalina, zatímco část usazeného kalu byla recirkulována do I. komory anaerobní zóny, ve které byla uváděna do styku a míchána s přicházející odpadní vodou.

Směs takto procházela postupně systémem v uzavřeném proudění a v ustaveném kapalném pořadí v každé zóně. Část směsi z poslední komory oxidační zóny (III) byla odebírána a recyklována do 1. komory neoxidační zóny (II).

Kyslík byl přiváděn do oxidační zóny rozptýlením vzduchu do směsi.

Provozní podmínky a výsledky jsou uvedeny v tabulce 2, na základě průměrných hodnot během týdenního provozu.

Doba zdržení kalu v čířiči a recyklu byla asi 1,4 hodiny, což odpovídá účinnému snížení  $\text{NO}_x^-$  ze 4,85 ppm, jak je výtoku z čířiče na asi 0,07 ppm v recirkulovaném kalu.

196358

TABULKA 2

|                                                      |       | V čerstvém<br>přívodu | V recyklu<br>kalu | Ve vyčištěné<br>kapalině |
|------------------------------------------------------|-------|-----------------------|-------------------|--------------------------|
| MLVSS                                                | 3399  |                       |                   |                          |
| COD (nevlákn.) vtok, mg/l                            | 258,5 |                       |                   |                          |
| COD (vlákn.) vtok, mg/l                              | 155,0 |                       |                   |                          |
| BSK <sub>5</sub> (vlákn.) vtok (prům.),<br>mg/l      | 42,24 |                       |                   |                          |
| BSK <sub>5</sub> (vlákn.) vtok (prům.),<br>mg/l      | 2,07  |                       |                   |                          |
| recirkulov. kal, % vtoku                             | 30,52 |                       |                   |                          |
| vnitř. recykl, III do II, % vtoku                    | 182,9 |                       |                   |                          |
| doba zdržení vtoku, hod.                             | 2,95  |                       |                   |                          |
| fosfáty jako P, mg/l,<br>% odstranění                | 86,48 | 3,33                  | 4,13              | 0,45                     |
| amoniakální dusík jako N,<br>mg/l, % odstranění      | 97,03 | 13,51                 | 2,34              | 0,40                     |
| NO <sub>x</sub> -dusík jako N, mg/l,<br>% odstranění | 61,34 | 0,7                   | 0,07              | 4,85                     |
| SVI (prům.), ml/g TSS                                | 154,0 |                       |                   |                          |
| SVI, mícháno, ml/g                                   | 51,79 |                       |                   |                          |
| zónová usaz. rychlost, cm/hod                        | 134,2 |                       |                   |                          |
| MLVSS                                                | 3399  |                       |                   |                          |
| COD (nevlákn.) vtok, mg/l                            | 258,5 |                       |                   |                          |
| COD (vlákn.) vtok, mg/l                              | 155,0 |                       |                   |                          |
| BSK <sub>5</sub> (vlákn.) vtok (prům.),<br>mg/l      | 42,24 |                       |                   |                          |
| BSK <sub>5</sub> (vlákn.) vtok (prům.),<br>mg/l      | 2,07  |                       |                   |                          |
| recirkulov. kal, % vtoku                             | 30,52 |                       |                   |                          |
| vnitř. recykl, III do II, % vtoku                    | 182,9 |                       |                   |                          |
| doba zdržení vtoku, hod.                             | 2,95  |                       |                   |                          |
| fosfáty jako P, mg/l,<br>% odstranění                | 86,48 | 1,39                  | 15,34             | 8,19                     |
| amoniakální dusík jako N,<br>mg/l, % odstranění      | 97,03 | 0,69                  | 8,58              | 4,88                     |
| NO <sub>x</sub> -dusík jako N, mg/l,<br>% odstranění | 61,34 | 5,51                  | 0,06              | 1,29                     |
| SVI (prům.), ml/g TSS                                | 154,0 |                       |                   |                          |
| SVI, mícháno, ml/g                                   | 51,79 |                       |                   |                          |
| zónová usaz. rychlost, cm/hod                        | 134,2 |                       |                   |                          |

TABULKA 3

## Zóna I

| Sekce                                  |  | 1     | 2     | 3     |
|----------------------------------------|--|-------|-------|-------|
| NO <sub>x</sub> <sup>-</sup> , mg/l    |  | 0,05  | 0,05  | 0,06  |
| NH <sub>3</sub> -N, mg/l               |  | 10,43 | 10,04 | 8,58  |
| PO <sub>3</sub> <sup>-3</sup> -P, mg/l |  | 10,46 | 14,11 | 15,34 |
| RK, mg/l                               |  | 0,14  | 0,12  | 0,13  |

## Zóna II

| Sekce                                  |  | 4     | 5    | 6    |
|----------------------------------------|--|-------|------|------|
| NO <sub>x</sub> <sup>-</sup> , mg/l    |  | 2,1   | 1,69 | 1,29 |
| NH <sub>3</sub> -N, mg/l               |  | 5,32  | 5,05 | 4,88 |
| PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P, mg/l |  | 10,24 | 8,49 | 8,19 |
| RK, mg/l                               |  | 0,43  | 0,35 | 0,43 |

## Zóna III

| Sekce                                  |  | 7    | 8    | 9    | 10   |
|----------------------------------------|--|------|------|------|------|
| NO <sub>x</sub> <sup>-</sup> , mg/l    |  | 2,23 | 3,71 | 5,21 | 5,51 |
| NH <sub>3</sub> -N, mg/l               |  | 3,92 | 2,44 | 1,16 | 0,69 |
| PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> -P, mg/l |  | 6,33 | 4,53 | 2,60 | 1,39 |
| RK, mg/l                               |  | 7,47 | 7,14 | 5,29 | 3,54 |



V tabulce 3 jsou uvedeny koncentrace dusíku a fosforu v každé ze sekcí systému uvedeného v tabulce 2, spolu s koncentracemi rozpuštěného kyslíku.

Systém zajišťuje lepší ekonomii nejen z titulu menších nákladů na chemikálie, které se jinak vyžadují pro vyvolání požadovaného odstraňování fosfátů, ale také z hlediska vyšších prosazení odpadních vod na jednotku objemové kapacity kapaliny, při výtečném odstranění biologické spotřeby kyslíku a COD. Tak dokonce v případech nebo za okolností, při nichž obsah fosforečnanů přítékající odpadní vody nevytváří problém, nabízí systém podle vynálezu důležité ekonomické výhody vzhledem k vysokému výkonu. Provedení, které je znázorněno v obr. 1 a 2, vykazuje výborné výsledky, když se pracuje s typickými městskými odpadními vodami při době zdržení toku řádově asi 3 hodiny při asi 20 °C.

Poněkud vyšší doba zdržení toku může být potřebná u průmyslových odpadních vod, kde rozpustná biologická spotřeba kyslíku je v přebytku asi 150 ppm. Existující systémy aktivovaného kalu mohou být snadno modifikovány při nízkých nákladech, aby pracovaly v souladu s některým z těchto provedení.

Navíc k ekonomickým výhodám systémů pracujících podle tohoto vynálezu patří výhoda vysoké hustoty spodní kapaliny čířiče, což je dobrým ukazatelem dobré rychlosti usazování a skutečné nepřítomnosti vláknité biomasy (zjištěno mikroskopickým pozorováním). Tak koncentrace pevných látek ve spodním obsahu čířiče 3,6 % těkavých suspendovaných pevných látek (VSS) byla

zjištěna při provozu podle vynálezu, zatímco konvenční systémy pracují při asi nebo pod 1 % VSS ve spodním proudu čířiče.

Zhuštěný spodní proud a vysoké zónové usazovací rychlosti tak vytvářejí výhody v nákladech dokonce v oblastech, kde není vyžadováno ani odstraňování fosforu ani nitrifikace. Navíc systémy tohoto vynálezu dosahují snížení fosforečnanů (jako fosfor) ve vtékající odpadní vodě na 1 ppm nebo méně, snížení vtokové biologické spotřeby kyslíku na méně než 10 ppm, s úplným odstraněním amoniaku a snížením celkového obsahu dusíku (jako N) na méně než 25 % než je obsah ve vtoku.

Systém popsáný v obr. 2 může být také upotřebitelný tam, kde se nevyžaduje ani odstranění fosforečnanů, ani nitrifikace vzhledem k dobrým vlastnostem získaného kalu. Dalším faktorem přispívajícím k výhodám systému je úspora požadavků kyslíku tam, kde se požaduje nitrifikace, protože kyslík při  $\text{NO}_x^-$  způsobuje metabolismus biologické spotřeby kyslíku v neoxidační zóně. Dále redukce obsahu  $\text{NO}_x^-$  ve směsi vstupující do čířiče minimalizuje uvolňování dusíku z tohoto hlediska. Tedy „plovoucí kal“ vyvolaný uvolněním dusíku v čířiči, což je obecné u nitrifikačních výtoků, nenastává.

Systémy popsané v obr. 1 a 2 mají také tu výhodu, že vytvářejí biomasu, která obsahuje až 6 % nebo více fosforu (jde o hmotnostní procenta). Je tedy vytvořen způsob, v němž se může získat vysoký obsah fosforu. To může být výhodné pro průmyslové použití. Aplikací se zvýší hnojivá kvalita odpadní biomasy.

#### PŘEDMĚT VYNÁLEZU

1. Způsob zabráňování růstu vláknité biomasy v systému aktivovaného kalu vyznačený tím, že se v počáteční kontaktní zóně směšuje aktivovaný kal s přítékající odpadní vodou s biologickou spotřebou kyslíku a popřípadě s obsahem fosforečnanů a amoniaku, přičemž se počáteční kontaktní zóna udržuje za anaerobních podmínek, například stykem směsi s plynem prostým kyslíku, při koncentraci dusičnanu a/nebo dusitanu, menší než 0,3 ppm a obsahu rozpuštěného kyslíku menším než 0,7 ppm, k produkci nevláknitých mikroorganismů, které vážou biologickou spotřebu kyslíku, pak s úpravou nebo bez úpravy v mezilehlé zóně, která může být případně udržována za neoxidačních podmínek, se nechá v oxidační zóně probíhat biologická oxidace ve směsi stykem s plynným kyslíkem, který se vpouští do oxidační zóny, přičemž se v oxidační zóně udržuje obsah rozpuštěného kyslíku v rozmezí 1 ppm až 20 ppm, oxidovaná směs se převede z oxidační zóny do usazovací zóny, kde se vyčištěná vrchní kapalina oddělí od usazeného kalu a část usazeného

kalu se vrací do počáteční kontaktní zóny pro smíšení aktivovaného kalu v této zóně s přítékající odpadní vodou.

2. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že v počáteční kontaktní zóně se vytvoří série alespoň dvou hydraulicky oddělených sekcí při souproudu kapalinovým proudovým styku.

3. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že obsah rozpuštěného kyslíku v počáteční kontaktní zóně se udržuje menší než 0,4 ppm.

4. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že v oxidační zóně se vytvoří série alespoň dvou hydraulicky oddělených sekcí při souproudu kapalinovým proudovým styku.

5. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že v počáteční kontaktní zóně se uvede plynný dusík do styku se směsí pro udržení anaerobních podmínek v této zóně.

6. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že směs vytvořená v počáteční kontaktní zóně z odpadní vody s biologickou spotřebou kyslíku a obsahem amoniaku, popřípadě fosforečnanů, se zpracovává v neoxidační zó-



ně za neoxidačních podmínek předtím, než se odvádí do oxidační zóny, přičemž obsah rozpuštěného kyslíku v neoxidační zóně nepřevyšuje 0,7 ppm a do této zóny se přivádějí dusičnany a/nebo dusitany vnitřním převedením směsí obsahujících dusičnany a/nebo dusitany z oxidační zóny, přičemž směs má koncentraci dusičnanů a/nebo dusitanů v rozmezí 2 ppm až 20 ppm, vyjádřeno jako elementární dusík.

7. Způsob podle bodu 6 vyznačený tím, že směs převedená z oxidační zóny do neoxidační zóny tvoří 100 až 400 % objemu čerst-

vého vtoku odpadní vody přicházející do počáteční kontaktní zóny.

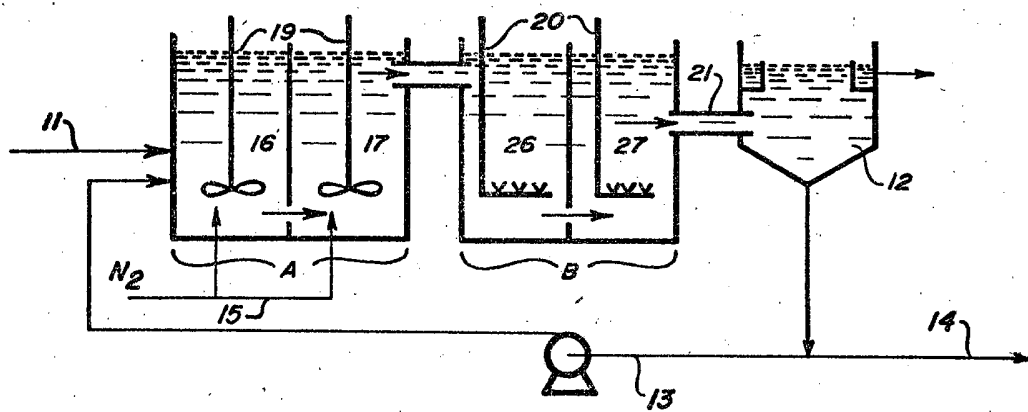
8. Způsob podle bodu 1 vyznačený tím, že kal, který se recirkuluje do počáteční kontaktní zóny, tvoří 10 až 50 objemových % vtoku čerstvé odpadní vody přiváděné do počáteční kontaktní zóny.

9. Způsob podle bodu 6 vyznačený tím, že v neoxidační zóně se vytvoří alespoň dvě sekce kapalinového proudového styku.

10. Způsob podle bodu 6 vyznačený tím, že celková doba zdržení vtoku v počáteční anaerobní kontaktní zóně, neoxidační zóně a oxidační zóně je nejvýše 5 hodin.

#### 1 list výkresů

Obr. 1



Obr. 2

