

(19) DANMARK



PATENTDIREKTORATET
KØBENHAVN

(12) FREMLÆGGESESSKRIFT

(11) 153832 B



(21) Patentansøgning nr.: 1418/77

(51) Int.Cl.⁴ C 02 F 3/30
C 02 F 9/00

(22) Indleveringsdag: 31 mar 1977

(41) Alm. tilgængelig: 13 okt 1977

(44) Fremlagt: 12 sep 1988

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 12 apr 1976 US 676266

(71) Ansøger: *AIR PRODUCTS AND CHEMICALS INC.; P.O. Box 538; Allentown; Pennsylvania 18105, US

(72) Opfinder: Marshall Louis *Spector; US

(74) Fuldmægtig: Ingeniørfirmaet Budde, Schou & Co.

(54) **Fremgangsmåde til inhibering af hurtig formering af en trådformet biomasse ved drift af et system med aktiveret slam**

(56) Fremdragne publikationer

DK 153832 B

Den foreliggende opfindelse angår en fremgangsmåde til inhibering af hurtig formering af en trådformet biomasse ved drift af et system med aktiveret slam. Med fremgangsmåden kan der generelt opnås forbedringer i behandlingen af kommunalt spildevand og/-eller industrispildevand ved en fremgangsmåde, der anvender aktiveret slam. Fremgangsmåden muliggør i særdeleshed reguleringen af driftsbetingelser til forbedring af en selektiv produktion og opretholdelse i systemet af en yderst aktiv biomasse, der er praktisk taget fri for trådformet mikroorganismevekst, hvor det fremkomne slam har gunstige bundfældningskarakteristika og er i stand til praktisk taget at fjerne fosfatværdier fra det indkommende spildevand.

Fremgangsmåden med aktiveret slam er blevet anvendt i mange år til fjernelse af det biologiske oxygenbehov (BOD) fra spildevand. Denne fremgangsmåde består i at opretholde et iltningsbassin, hvor spildevand føres til en suspension af mikroorganismer til dannelse af en blandet væske. Den blandede væske luftes til tilførsel af oxygen til den biomassens ånding, der sorberer, assimilerer og metaboliserer spildevandets biologiske oxygenbehov.

Efter en passende luftningsperiode indføres den blandede væske i et klaringsbassin, hvor biomassen bundfælder, og det behandlede spildevand flyder over ind i modtagestrømmen. En større del af den bundfældede biomasse, der koncentrerer ved klaringsbassinets bund, recirkuleres til iltningsbassinet, og en mindre del gennemskylles til opretholdelse af den konstante bestand af biofaststoffer i systemet.

Trods alsidigheden og effektiviteten af denne fremgangsmåde og dens mange modifikationer er der et større problem tilbage. Det er den hurtige formering på tidspunkter med arter med stort overfladeareal og/eller trådformede arter, såsom Sphaerotilus, der ikke bundfælder tilstrækkeligt i klaringsbassinet. En konsekvens af trådformet biomasse er således den manglende evne til at frigøre biomassen fra det behandlede spildevand.

Et andet problem er effektiviteten af fjernelsen af phosphatværdier fra spildevandet. Årsagerne til en sådan fjernelse er ukendte, og processen har ikke kunnet ekstrapoleres til biologiske spildevandsbehandlingsanlæg i almindelighed. Til dato er der således ingen pålidelige eller tilfredsstillende metoder, ved hvilke reguleringen af phosphatfjernelse ved biologisk indvirkning alene er blevet generelt etableret.

Der har været adskillige modifikationer af den grundlæggende fremgangsmåde med aktiveret slam, der har tilsigtet undgåelse af trådformede arter og/eller arter med stort overfladeareal, hvilket resulterer i en fænomen, der er kendt som "rumfangsforøgelse". Een metode består i at distribuere tilgangsspildevandet til forskellige sektioner i iltningsbassinet for at sprede oxygenbehovet. En anden består i at formindske ladningen af BOD til luftningsbassinet. En tredje består i at sætte gift til systemet til selektiv udryddelse af filamenterne med stort overfladeareal.

Endnu én består i at gøre systemet temporært totalt anaerobt og således udrydde den trådformede biomasse, der for størstedelens vedkommende er sammensat af obligate aerobe mikroorganismer. En yderligere metode består i at opretholde et højt niveau af opløst oxygen og et højt niveau af BOD i stabil tilstand på et indledende vækestadium eller dets hydrauliske ækvivalent for at fremme den selektive vækst af en aktiv, ikke-trådformet biomasse, der vokser stærkere end eller udelukker udviklingen af trådformede arter med større overfladeareal.

I de senere år er der foreslået en række teknikformer, der tilsigter en modifikation af den konventionelle fremgangsmåde med aktiveret slam for at bevirke eller forbedre fjernelse af nitrogen- og/eller fosfatværdier. Blandt de forskellige beskrevne metoder er sådanne, der indbefatter nitrifikation-denitrifikation-systemer, hvoraf én form er den af J.L. Barnard i Water and Waste Engineering (1974) 33 beskrevne. Ved denne fremgangsmåde, der kaldes "Bardenpho", arbejder fire bassiner med fuldstændigt blandet aktiveret slam i række efterfulgt af et klaringsbassin, hvorfra slammet returneres til det første bassin. Det første og det tredje bassin arbejder under betingelser uden oxygen og modtager blandet væske indeholdende nitrater og nitriter (NO_x^-) fra det andet og det fjerde bassin i rækken, somer luftede. Medens der rapporteres en periodisk god fjernelse af phosphor og nitrogen ved drift i et forsøgsanlæg, opnås der ikke produktion af et tæt, let filtrerbart slam, når der arbejdes ved en temmelig lang opholdstid for tilgangsstrømmen.

Ingen af de hidtil foreslåede metoder er i stand til både at undgå volumenforøgelse af biomassen og at bevirke fosfatfjernelse. Den her omhandlede fremgangsmåde, der er ejendommelig ved det i den kendetegnende del af krav 1 anførte, producerer en aktiv, tæt biomasse, der let koncentrerer ved sekundær klaring.

På fig. 1 på tegningen er der skematisk og diagrammatisk vist et simplificeret system til udøvelse af den foreliggende opfindelse, set fra siden, og

på fig. 2 er der på tilsvarende måde vist en modificeret udførelsesform.

Det har nu vist sig, at den ønskede selektive produktion af arter, der er i stand til at fjerne phosphatværdier og producere en biomassebestand, der ikke tiltager i volumen, af meget aktive, tætte og hurtigt bundfældende mikroorganismer, kan fremmes og næres ved en streng overholdelse af anaerobe betingelser på et begyndelsestrin, hvor indkommende spildevand og recirkuleret slam fra den sekundære klaring blandes. Resultatet er, at (1) en hurtig formering af uønskede mikroorganismer med stort overfladeareal, såsom Sphaerotilus, undgås, og (2) betydelige mængder indkommende BOD sorberes fra det indkommende spildevand af mikroorganismer, der har evnen til at gøre dette under anaerobe betingelser. Uden at være bundet dertil opstiller man den hypotese, at energien til aktiv transport af BOD-værdier til inden for cellevægge stammer fra hydrolyse af polyphosphater, og at de arter, der er bedst i stand til at oplagre polyphosphater, formerer sig hurtigt under disse betingelser.

Ifølge en udførelsesform efterfølges den indledende anaerobe zone af en oxygeneteret, aerob zone, hvor den føde, der sorberes i den anaerobe zone, oxideres, og hvor eventuelt tilbageværende BOD sorberes og oxideres. På dette aerobe stadium erstattes den energi, der tabes ved hydrolyse af polyphosphater, og polyphosphat gendannes og oplagres i den luftede biomasse, og phosphatværdier fjernes således fra den blandede væske.

Ifølge en anden udførelsesform, som fremgår nedenfor, er der anbragt en anoxisk zone til fremkaldelse af denitrifikation mellem den anaerobe og den oxygenerede aerobe zone.

Karakteren af oplagringen af phosphorværdier inde i biomassen er sådan, at der kun forekommer et mindre tilbageløb af phosphat, hvilket muliggør, at phosphorværdier kasseres fra systemet med aktiveret affaldsslam.

Der henvises til fig. 1 på tegningen, hvor der er illustreret en modificeret facilitet til behandling af aktiveret slam, der er forsynet med en sædvanlig tilgang 11 for det spildevand, der skal behandles. Dette spildevand er typisk bundfældet kloakvand fra en primær bundfældningstank eller klaringstank (ikke vist), men primær bundfældning er ikke en nødvendig betingelse. Tilgangsspildevandet kommer først ind i en anaerob blandezone A, hvor det omrøres og blandes med recirkuleret slam, der er bundfældet i en bundfældningstank eller klaringstank 12, og recirkuleres til zonen A

via en ledning 13. En del af det bundfældede slam fra klaringstanken 12 udtages via en ledning 14, medens den rensede overstående væske sendes til modtagestrømme eller -reservoirs med eller uden yderligere behandling efter behov.

Som angivet holdes zonen A under strengt anaerobe betingelser. Udtrykkene "anaerob" og "anoxisk" er ikke defineret klart og ensartet i den litteratur, hvor disse udtryk anvendes. Til den foreliggende ansøgnings formål defineres udtrykket "anaerob" som den tilstand, der foreligger i en spildevandsbehandlingszone, der er praktisk taget fri for NO_x^- (dvs. under 0,3 ppm, fortrinsvis under 0,2 ppm, udtrykt som elementært nitrogen), og i hvilken der opretholdes sådanne betingelser, at koncentrationen af opløst oxygen (DO) er under 0,7 ppm, fortrinsvis under 0,4 ppm. Anvendt i den foreliggende ansøgning defineres udtrykket "anoxisk" som den betingelse, der foreligger i en spildevandsbehandlingszone, hvor BOD metaboliseres af nitrater og/eller nitriter i indledende totale koncentrationer på over 0,5 ppm, udtrykt som nitrogen, og opløst oxygen ligger på under 0,7 ppm, fortrinsvis under 0,4 ppm.

For at sikre at zonen A holdes under anaerobe betingelser, kan man følge et hvilket som helst af nedenstående trin. Den beholder, der udgør zonen A, kan forsynes med en kappe af nitrogen, carbondioxid eller en anden indifferent gas på væskeoverfladen for at undgå adgang for atmosfærisk luft dertil, eller der kan tilvejebringes et løstsiddende låg ved eller over væskeoverfladen, eller der kan tilvejebringes et stift låg over væskeoverfladen. I stedet for eller derudover kan en nitrogengennemskylningsgas indlades i og bobles op igennem den blandede væske i zonen A til afdrivning af eventuelt tilstedeværende oxygen. Sidstnævnte valgmulighed er illustreret i fig. 1 ved en ledning 15, der indfører nitrogen i bunden af zonen A.

Spildevand indeholder normalt kun lidt eller slet intet NO_x^- på grund af den reducerende kraft af BOD i nærværelse af mikroorganismer i tilgangsstrømmen. En potentiel kilde for NO_x^- er fra recirkuleringsslam fra den sekundære klaringstank og recirkuleret blandet væske fra den aerobe behandlingszone fra nitrificerende biologiske systemer, dvs. sådanne som bevirker oxidation af ammoniakalsk BOD til NO_x^- .

Koncentrationen af NO_x^- i den indledende sektion af den anaerobe zone, hvor recirkuleringsslam blandes med indkommende spildevand, holdes på under 0,3 og fortrinsvis under 0,2 ppm NO_x^- , udtrykt som elementært nitrogen, ved undgåelse af indførsel af blandet væske fra den aerobe zone i nitrificeringssystemet og regulering af NO_x^- -indholdet i recirkuleringsslammet fra klarings-tankens bundfald. NO_x^- -koncentrationen i det recirkulerede slam kan reguleres ved tilvejebringelse af tilstrækkelig opholdstid i klaringsstanken og slamrecirkuleringssystemet til at muliggøre en tilstrækkelig reduktion af NO_x^- til elementært nitrogen via oxygenbehovet hos biomassen i slamrecirkuleringsvæsken.

Selv om zonen A ikke nødvendigvis er begrænset til denne udførelsesform, er den fortrinsvis delt i to eller flere væskebehandlingssektioner til tilvejebringelse af klumpstrømning af væsken gennem den anaerobe zone. Det har vist sig, at det ved tilvejebringelsen af fysisk adskilte sektioner eller deres hydrauliske ækvivalent sikres bedre, at man opnår den ønskede frihed for trådformet vækst, og at man derigennem opnår en udvikling af tæt slams karakteristika under endog ugunstige betingelser. Sådanne ugunstige betingelser indbefatter f.eks. drift med lave koncentrationer af BOD, hvor en biomasse med stort overfladeareal ville have fordel ved at konkurrere om sorption af en sparsom fødeforsyning. Ved en væsketrininddeling udelukkes forbipasseren af ubehandlet BOD fra den anaerobe zone.

Ved den udførelsesform, der er vist i fig. 1, er zonen A vist adskilt i to sektioner eller kamre 16 og 17, der hver er udstyret med et omrøringsorgan 19. Væsken passerer i en omtrentlig klumpstrømning gennem de mange sektioner af zonen A og udtømmes i en oxygeneringszone, betegnet B. Selv om zonen A er vist med to adskilte sektioner 16 og 17, må det forstås, at der kan anvendes tre eller flere af sådanne sektioner.

Zonerne A og B kan være separate, indbyrdes forbundne beholdere, eller der kan anvendes et enkelt bassin af en hvilken som helst ønsket konstruktion, der er forsynet med hensigtsmæssige midler til at adskille zonen A fra zonen B, medens der tillades en ensrettet strømning af væske fra zonen A til zonen B uden tilbageblanding. Luftning af væsken gennemføres i den oxygenerede zone B på kendt måde. Som vist kan komprimeret luft således indlades i

bunden af den oxygenerede zone via sprøjtekranse 20. I stedet for eller foruden sprøjtekranse kan den oxygenerede zone om ønsket forsynes med mekaniske luftningsorganer. I stedet for luft kan oxygen af en hvilken som helst renhed lades ind i zonen B, i hvilket tilfælde et hensigtsmæssigt organ til at dække hele eller en del af zonen kan komme i betragtning.

I praksis bør indholdet af opløst oxygen i zonen B holdes på over ca. 1 ppm og fortrinsvis over 2 ppm til sikring af tilstedeværelse af tilstrækkeligt oxygen til metabolisme af BOD og til phosphatoptagelse.

Som vist i fig. 1 er zonen B opdelt i to væskebehandlingssektioner 26 og 27, selv om det må forstås, at der om ønsket kan anvendes et større antal af sådanne sektioner. Een grund til trininddelingen er, at det iagttages, at phosphatoptagelsen er af første orden med hensyn til koncentrationen af opløseligt phosphat. Der opnås således bedst lave phosphatværdier i afgangsstrømmen med en klumpstrømningskonfiguration.

Ved drift af det i fig. 1 viste system understreges det, at den indledende zone til kontakt mellem og blanding af indkommende spildevand og recirkuleret slam skal holdes under anaerobe betingelser. Det har uventet vist sig, at der under sådanne betingelser sker en selektiv produktion af arter af mikroorganismer, der ikke blot er i stand til at fjerne phosphatværdier, men at den fremkomne biomasse er dannet af praktisk taget ikke-trådformede organismer, der producerer et yderst aktivt, tæt og hurtigt bundfældende slam.

Produktion af trådformede mikroorganismer, der er obligate aerobes, undgås, fordi deres hurtige formering kun begunstiges under aerobe betingelser. Under de opretholdte anaerobe betingelser fremmes den selektive produktion og hurtige formering af en art af mikroorganismer, der er i stand til at oplagre usædvanlig store mængder polyphosphat i deres cellevægge. Dette gøres ved, at de arter, der er i stand til at hydrolysere polyphosphat til tilvejebringelse af energi til aktiv transport, får lov at gøre dette og derfor får en fortrinsadgang til indkommende BOD. Omvendt gøres de arter, der normalt ville sorbere føde ved aktiv transport, hvor energien stammer fra aerob oxidation af BOD, relativt ukonkurrencedygtige. Nettovirkningen er at fremme en hurtig formering af de

arter, der kan oplagre polyphosphat under oxidation og hydrolysere polyphosphat under anaerob fødetilførsel. Betingelser, der begunstiger sådanne mikroorganismer, fremmer også relativ lave slamvolumenindekstal (Mohlmann) og relativ høje zonebundfældningshastigheder (ZSV). Arter, der assimilerer og oxiderer BOD mest effektivt, dominerer til sidst biomassebestanden. Den her omhandlede fremgangsmåde fremmer således udviklingen af aktive, ikke-trådformede, phosphoroplagreende arter til konkurrencemæssig ugunst for andre. Disse arter er i stand til at oplagre store mængder phosphor og at formere sig hurtigt i systemet i en sådan udstrækning, at det er iagttaget, at slammet indeholder 6% fosfatværdier, udtrykt som elementært phosphor på tørbasis. Det har vist sig, at en væsentlig del BOD fjernes fra den blandede væske på det ovenfor beskrevne anaerobe stadium, og endvidere at polyphosphat hydrolyseres, hvilket påvises ved frigørelsen af opløseligt fosfat til den blandede væske i den anaerobe zone.

Efter den indledende anaerobe kontakt underkastes den blandede væske luftning i zonen B til oxidation af sorberet BOD og til fuldstændig fjernelse og oxidation af eventuelt tilbageværende BOD. Under denne luftningsperiode anvendes oxidationsenergien delvis til cellevækst og delvis til energetisk oparbejdning af opløselig fosfat-værdier i den blandede væske til oplagret polyphat inde i biomassens celler. Dette fænomen iagttages i denne luftede zone ved, at koncentrationen af opløseligt fosfat hurtigt formindskes. Efter det aerobe stadium, der resulterer i såvel fosfat- og BOD-fjernelse som stabilisering, kan den blandede væske udtømmes i den sekundære klaringstank, hvor den klare overstående væske udtømmes enten til yderligere behandling eller direkte til modtagevand.

Ved den i fig. 2 viste udførelsesform træffes der foranstaltninger til denitrificering af nitrogenværdier i spildevandet, medens man opretholder den ønskede produktion af ikke-trådformet, tæt slam med ledsagende fjernelse af phosphater og uden for stor forlængelse af det nødvendige, totale behandlingstidsrum. Ved den viste udførelsesform er der i overensstemmelse hermed tilvejebragt tre separate behandlingszoner, en anaerob zone C fulgt af en anoxisk zone D og en aerob, oxygenet zone E. Som ved den ovenfor beskrevne udførelsesform kommer det BOD-holdige spildevand, der

skal behandles, ind i det modificerede system med aktiveret slam i fig. 2 via en ledning 31, hvor det i et indledende behandlingsbassin eller -beholder 34 blandes med recirkuleret aktiveret slam, der er returneret fra en bundfældnings- eller klaringstank 32. Beholderen 34 holdes under anaerobe betingelser som defineret ovenfor. Det vil sige, at der træffes foranstaltninger til under det indledende behandlingsstadium i zonen C at opretholde en praktisk taget fuldstændig fraværelse af opløst oxygen som i tilfældet med zonen A. Det vil sige, at koncentrationen af opløst oxygen holdes på under 0,7 ppm og fortrinsvis under 0,4 ppm.

I beholderen eller bassinet 34 omrøres den blandede væske under strengt anaerobe betingelser for som ved den ovenfor beskrevne udførelsesform at tillade inkorporering af BOD-værdier via organismer, der tilvejebringes af det recirkulerede aktiverede slam, og således at give de arter, der kan bevirke denne overførsel, en fortrinschance for at opnå føde og således vokse stærkere end andre arter. Energi til overførslen tilvejebringes ved hydrolyse af polyphosphater, der er indeholdt i biomassen i det recirkulerede slam. På denne måde ansøres vækst af arter, der fortrinsvis oplagrer phosphat. Som ovenfor sikres en betydelig frihed for opløst oxygen ved overdækning af beholderen 34 eller ved, at der på anden måde forhindres adgang for atmosfærisk luft til denne og/eller ved at afdrive oxygen fra væsken i denne ved gennembobling af nitrogengas derigennem som angivet ved 38.

Som illustreret i fig. 2 opretholdes en omtrentlig klumpstrømning i beholderen 34 ved, at denne beholder opdeles til trininddelt væskestrømning gennem to eller flere, fysisk adskilte eller hydraulisk forskellige vækestadier.

Fra beholderen eller kammeret 34 passerer den blandede væske ind i den anoxiske behandlingszone D, betegnet 35. Denne kan være en separat beholder eller være en del af et kontinuerligt behandlingsbassin, der er hensigtsmæssigt adskilt fra den foregående zone C for i medstrømningsretningen at tillade ensrettet væskestrømning uden tilbageblanding. Frihed for opløst oxygen i zonen D kan opnås som beskrevet ovenfor for zonen C. I fig. 2 indføres nitrogen i zonen D via ledningen 38 for at befri den blandede væske for eventuelt opløst oxygen og forhindre tilgang af oxygen fra atmosfæren. Fra zonen D strømmer den blandede væske dernæst ind i og gennem den aerobe, oxygenerede zone E, hvor den luftes til

oxidering af BOD, herunder ammoniak-værdier, og bevirke fosfat-optagelse. Den oxiderede blandede væske fra E strømmer ind i klaringstanken 32, hvor den overstående, rensede væske skilles fra det bundfældende slam, idet en del af sidstnævnte returneres i en kontrolleret mængde til beholderen 34 via en ledning 33.

I den anoxiske zone D indlades nitrater og nitriter (NO_x^-) i koncentrationer på over 2 ppm, udtrykt som elementært nitrogen, og de reduceres til elementært nitrogen og udtømmes som sådant. For at opfylde dette formål returneres en del af den blandede væske fra den oxygenerede zone E til zonen D via en ledning 40. Disse nitrater og nitriter dannes i zonen E ved oxidation af nitrogenværdier (betragtet som ammoniak), der er indeholdt i den spildevandstilgangsstrøm, der kommer ind i systemet via ledningen 31. I den oxygenerede zone E metaboliseres resten af BOD, og ammoniakken oxideres til nitriter og til sidst i det mindste delvis til nitrater. Den oxiderede blandede væske fra det sidste stadium af zonen E returneres til et indledende stadium af zonen D, hvor nitrat- og nitritindholdet bringes i kontakt med indkommende BOD. Man må sørge for at undgå indførsel af NO_x^- i den anaerobe zone (C).

Ved drift i overensstemmelse med det i fig. 2 viste skema opnås ikke blot den selektive produktion af ikke-trådformet biomasse med den ønskede fjernelse af fosfat som ved udførelsesformen i fig. 1, men der opnås også en betydelig fjernelse af nitrogenholdige næringsstoffer. Endvidere gennemføres den ønskede fjernelse af nitrogenværdier uden en væsentlig forlængelse af det samlede behandlingstidsbehov.

Den mængde blandet væske, der recirkuleres fra den oxygenerede zone E til den anoxiske zone D, kan ved drift i praksis udgøre fra 100 til 400 volumenprocent af den råtilgangsstrøm, der kommer ind i systemet via ledningen 31. Den mængde slam, der recirkuleres via ledningen 33 såvel som via ledningen 13 (fig. 1) kan ligge i størrelsesordenen fra ca. 10 til 50%, fortrinsvis fra 20 til 30%, af råtilgangsstrømmen.

Den oxygenerede zone E arbejder på praktisk taget samme måde som den ovenfor beskrevne zone B. Den behandlede væske ledes fra den oxygenerede zone (B eller E) til klaringstanken. For at sikre en god fjernelse af BOD og en effektiv nitrifikation bør luftningszonen drives hele vejen igennem med en minimal mængde opløst

oxygen på 1 ppm og fortrinsvis på over 2 ppm. Når der kræves større mængder opløst oxygen ved udtømningsenden af den oxygenerede zone, kan disse pålægges uden ugunstig virkning på systemet.

Ved udøvelsen af opfindelsen ledes den blandede væske i en omtrentlig klumpstrømning gennem hele behandlingssystemet, der udgøres af zonerne A og B ved udførelsesformen i fig. 1 eller zonerne C, D og E ved udførelsesformen i fig. 2. Det er blevet iagttaget, at mængden af dinitrifikation varierer direkte med NO_x^- -koncentrationen, når denne koncentration er på under 2 ppm, og derfor foretrækkes en klumpstrømningskonfiguration til opnåelse af lave NO_x^- -værdier i afgangsstrømmen fra zonen D. Ved den foretrukne udøvelse arbejder hver af disse zoner C, D og E endvidere i et væsketrininddelt mønster, idet hver sådan behandlingszone er fysisk opdelt i to eller flere separate behandlingsstadier eller deres hydrauliske ækvivalent, bestemt ved opholdstidsfordelingen via sporstof-forsøg (jvf. Levenspiel, "Chemical Reaction Engineering", John Wiley and Sons, New York, 1962, side 242-308).

Behovet for indbefatning i systemet af en anoxisk zone til nitrogenfjernelse afhænger af indholdet af ammoniakværdier i tilgangsspildevand og de begrænsninger, der pålægges det tilladte indhold af nitrogen i den rensede vandafgangsstrøm, der udtømmes. Uden at man nødvendigvis er begrænset dertil, er det som regel almindeligvis tilrådeligt at inkorporere den mellemliggende anoxiske zone, når som helst tilgangsspildevandet indeholder over ca. 10 ppm ammoniaknitrogen, udtrykt som elementært nitrogen.

Eksempel 1

Et system, der arbejder efter princippet for udførelsesformen i fig. 1, afprøves i et tidsrum på adskillige måneder ved behandling af kommunalt spildevand fra Allentown, Pennsylvania. Systemet anvender en anaerob zone på 6 liter, der er underopdelt med skillevægge i 5 lige store stadier (1,2 liter i hver), fulgt af en oxygeneteret zone på 10 liter, der er underopdelt med skillevægge i 5 lige store stadier (2 liter i hver), hvori der sprøjtes luft. Nitrogengas sprøjtes gennem den anaerobe zone, der er udstyret med et løst lukket, stift dæksel. Fra det sidste luftningsstadium ledes den oxiderede blandede væske ind i en klaringstank, hvorfra en del af det bundfældede slam recirkuleres til det indledende anaerobe stadium i en mængde på ca. 20 volumenprocent af spildevandstilgangsstrømmen. De i nedenstående tabel I anførte resultater er gennemsnittene over et tidsrum på 10 dages drift.

Det kan ses af de anførte resultater i tabel I, at der opretholdes et ønskeligt slamvolumenindekstal, der er indikativt for et tæt, let bundfældende slam, medens der opnås over 90% fjernelse af phosphat. BOD-fjernelsen når et gennemsnit, der er så højt som 95% eller derover.

Slamopholdstiden i klaringstanken og slamrecirkuleringen er ca. 1,7 timer, hvilket er tilstrækkeligt til at bevirke reduktion af NO_x^- fra 11,26 ppm, bedømt ud fra afgangsstrømmen fra klaringstanken, til 0,18 ppm i slamrecirkuleringsvæsken.

Tabel I

		<u>I frisk tilgangs- strøm</u>	<u>I recir- kuleret slam</u>	<u>I klaret væske</u>
MLVSS, mg/liter	4082			
COD (filtreret) til- gangsstrøm, mg/liter	286			
COD (filtreret) af- gangsstrøm, mg/liter	48,88			
BOD ₅ (filtreret) til- gangsstrøm, mg/liter	127,4			
BOD ₅ (filtreret) af- gangsstrøm, mg/liter	5,72			
Tilgangsstrøms opholds- tid, timer	2,86			
Slamrecirkulering, % af tilgangsstrøm	20,73			
Nominel opholdstid				
Anaerob zone, timer	0,89			
Iltningszone, timer	1,48			
Phosphor (som P), mg/liter		6,1	3,85	0,44
NH ₃ (som N), mg/liter		18,35	0,82	0,43
NO _x ⁻ (som N), mg/liter		0,08	0,18	11,26
ZSV, m/time	1,96			
SVI, ml/g TSS	69			
DO i anaerob zone mg/liter	0,29-0,32			
DO i første aerob zone, mg/liter	6,41			
DO i sidste aerob zone, mg/liter	6,16			

Indholdet af nitrater og nitriter (målt som NO_x⁻ nitrogen) i de fem sektioner af den anaerobe zone forbliver under 0,16 mg/lite. Phosphatkonzentrationerne, udtrykt som mg P pr. liter, i de ti sektioner er henholdsvis 9,35, 12,87, 13,55, 13,63, 13,07, 6,64, 3,65, 1,78, 1,05 og 0,72. Disse værdier angiver phosphatfrigørelse i de første fem anaerobe sektioner og eksponentiel phosphatoptagning i de sidste fem aerobe sektioner.

Eksempel 2

Der anvendes et system, der arbejder i overensstemmelse med strømningsskemaet i fig. 2, til behandling af kommunalt spildevand fra Allentown, Pennsylvania. Systemet omfatter tre separate beholdere, der tilvejebringer en anaerob zone (I) på 7,2 liter, der er delt med skillevægge i 3 lige store kamre på 2,4 liter hver, en anoxisk zone (II) på 3,6 liter, der er delt med skillevægge i tre lige store kamre på 1,2 liter hver, og en oxygeneret zone (III) på 12 liter, der er delt med skillevægge i 4 kamre på henholdsvis 1,2, 2,4, 3,6 og 4,8 liter. Nitrogengas indlades i hvert kammer i den anaerobe zone og den anoxiske zone til opretholdelse af en betydelig frihed for oxygen. Den blandede væske fra det sidste kammer i luftningsbeholderen (III) strømmer ind i en klaringstank, hvorfra den rensede overstående væske udtages, medens en del af det bundfældede slam recirkuleres til det første kammer i den anaerobe zone, hvor det bringes i kontakt og blandes med tilgangsspildevandet. Den blandede væske passerer således successivt gennem systemet i en klumpstrømning og i trininddelt væskesekvens i hver af zonerne. En del af den blandede væske fra det sidste kammer i den oxygenerede zone (III) udtages og recirkuleres til det første kammer i den anoxiske zone (II). Oxygen føres til den oxygenerede zone ved sprøjtning af luft gennem den blandede væske.

Driftsbetingelserne og resultaterne er angivet i nedenstående tabel II, og de er baseret på gennemsnittet af en uges drift.

Slamopholdstiden i klaringstanken og slamrecirkuleringen er ca. 1,4 timer, hvilket er tilstrækkeligt til at bevirke reduktion af NO_x^- fra 4,85 ppm, bestemt fra klaringstankens afgangsstrøm, til 0,07 ppm i slamrecirkuleringsvæsken.

Tabel II

	I frisk fødestrøm	I slamre- cirkulering	I klaret væske	I (III-II) intern re- cirkulering	I strømmen I til II	I strømmen II til III
MLVSS, mg/liter	3399					
COD (ikke-fyld) til- gangsstrøm, mg/liter	258,5					
COD (fyld) tilgangs- strøm, mg/liter	155,0					
BOD ₅ (fyld) tilgangs- strøm (gennemsnit), mg/liter	42,24					
BOD ₅ (fyld) afgang- strøm (gennemsnit) mg/liter	2,07					
Slamrecirkulering, % tilgangsstrøm	30,52					
Intern recirkulering, III til II, % til- gangsstrøm	182,9					
Opholdstid for til- gangsstrøm, timer	2,95					
Phosphater som P, mg/liter	3,33	4,13	0,45	1,39	15,34	8,19
% fjernet	86,48					
Ammoniak-nitrogen som N, mg/liter	13,51	2,34	0,40	0,69	8,58	4,88
% fjernet	97,03					
NO ₃ ⁻ -nitrogen som N, mg/liter	0,7	0,07	4,85	5,51	0,06	1,29
% fjernet	61,34					
SVI, (gennemsnit) ml/g TSS	154,0					

Tabel II (fortsat)

<u>I frisk fødestrøm</u>	<u>I slamre- cirkulering</u>	<u>I klaret væske</u>	<u>I (III-II) intern re- cirkulering</u>	<u>I strømmen I til II</u>	<u>I strømmen II til III</u>
------------------------------	----------------------------------	---------------------------	--	--------------------------------	----------------------------------

SV1, omrørt, ml/g 51,79

Zonebundfældnings-
hastighed, m/time

1,34

Nitrogen- og phosphorkoncentrationerne i hver af sektionerne i det i tabel II beskrevne system er angivet i nedenstående tabel III sammen med DO-mængderne.

Tabel III

Sektion	ZONE I			ZONE II			ZONE III			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
NO_x^- , mg/liter	0,05	0,05	0,06	2,1	1,69	1,29	2,23	3,71	5,21	5,5
$\text{NH}_3\text{-N}$, mg/liter	10,43	10,04	8,58	5,32	5,05	4,88	3,92	2,44	1,16	0,6
$\text{PO}_4^{-3}\text{-P}$, mg/liter	10,46	14,11	15,34	10,24	8,49	8,19	6,33	4,53	2,60	1,3
DO, mg/liter	0,14	0,12	0,13	0,43	0,35	0,43	7,47	7,14	5,29	3,5

Systemet tilvejebringer en gunstig økonomi, ikke blot som et resultat af besparelserne i de omkostninger til kemikalier, der ellers kræves til fremkaldelse af den ønskede fjernelse af phosphater, men også med hensyn til de store mængder behandlet spildevand pr. enhed væskevolumenkapacitet med fremragende fjernelse af BOD- og COD-værdier. Endog i tilfælde eller egne, hvor phosphatindholdet i tilgangsspildevandet ikke udgør et problem, frembyder der her omhandlede system således vigtige økonomiske fordele på grund af de store behandlingsmængder. Udførelsesformer af denne type, der er illustreret i fig. 1 og 2, opnår fremragende resultater, når de arbejder med typisk kommunalt spildevand ved en opholdstid for tilgangsstrømmen i størrelsesordenen ca. 3 timer ved ca. 20°C. En noget længere opholdstid for tilgangsstrømmen kan være nødvendig til industrispildevandssystemer, hvor det opløselige BOD ligger på over ca. 150 ppm. Eksisterende systemer med aktiveret slam kan let modificeres med lave omkostninger til drift i overensstemmelse med hver af disse udførelsesformer.

Hvad der i væsentlig grad bidrager til de økonomiske fordele ved systemer, der arbejder i overensstemmelse med opfindelsen, er den høje tæthed af den underliggende væske i klaringstanken, som er indikativ for en fortrinlig bundfældningshastighed og faktisk fravær af trådformet biomasse (bekræftet af mikroskopisk undersøgelse). En faststofkoncentration i klaringstankens underliggende væske på 3,6% flygtige suspenderede faststoffer (VSS) er således

blevet opnået ved drift i overensstemmelse med opfindelsen, medens konventionelle systemer arbejder ved ca. eller under 1% VSS i klaringstankens underliggende væske. Den fortykkede underliggende væske og de høje zonebundfældningshastigheder, der opnås, frembyder således omkostningsfordele endog i områder, hvor der hverken kræves phosphorfjernelse eller nitrifikation. Desuden opnår de her omhandlede systemer en reduktion af fosfat (som P) i tilgangsspildevandet til 1 ppm eller derunder, en reduktion af tilgangs-BOD til under 10 ppm og en fuldstændig fjernelse af ammoniak og reduktion i de totale nitrogenværdier (som N) til under 25% af værdierne i tilgangsstrømmen.

Det i fig. 2 beskrevne system kan også være ønskeligt, hvor der hverken kræves fosfatfjernelse eller nitrifikation på grund af de gode slamegenskaber, der opnås. En anden faktor, der bidrager til fordelene ved systemet, er besparelserne i oxygenbehovet, hvor der kræves nitrifikation, fordi oxygenet i NO_x^- bevirker metabolisme af BOD i den anoxiske zone. Endvidere minimaliserer reduktionen af NO_x^- -værdierne i den blandede væske, der kommer ind i klaringstanken, frigørelsen af nitrogen på dette punkt. Således undgås "strømmende slam", der forårsages af nitrogenfrigørelse i klaringstanken, og som almindeligvis iagttages i nitrifikationsafgangsstrømme.

De i fig. 1 og 2 beskrevne systemer har også den fordel, at de producerer en biomasse, der indeholder op til eller over 6 vægtprocent phosphor. Der tilvejebringes således en fremgangsmåde, hvor der kan opnås et højt phosphorindhold. Dette kan være fordelagtigt til industriel anvendelse. En indlysende anvendelse er en forbedret kunstgødningskvalitet af affaldsbiomassen.

P a t e n t k r a v.

1. Fremgangsmåde til inhibering af hurtig formering af en trådformet biomasse ved drift af et system med aktiveret slam, k e n d e t e g n e t ved, at man i en indledende kontaktzone (A) blander recirkuleret aktiveret slam med en BOD-holdig spildevands-tilgangsstrøm (11), hvorhos den indledende kontaktzone (A) holdes under sådanne anaerobe betingelser, at den er praktisk taget fri for nitrat og nitrit (NO_x^-) og indeholder en koncentration på under 0,7 ppm opløst oxygen, hvorved der bevirkes en selektiv produktion af ikke-trådformede mikroorganismer, der er i stand til at sorbere BOD, derpå oxiderer BOD i den blandede væske i en påfølgende oxygeneneret zone (B) for at bevirke fjernelse af BOD ved kontakt med oxygenholdig gas, der indlades i den oxygenerede zone, hvorhos der i den oxygenerede zone opretholdes et indhold af opløst oxygen på mindst 1 ppm, dernæst overfører den oxiderede blandede væske fra den oxygenerede zone til en bundfældningszone (12), i hvilken rensset overstående væske skilles fra bundfældet slam, og derefter returnerer en del af det bundfældede slam til den indledende kontaktzone til tilvejebringelse af det aktiverede slam, der i denne blandes med spildevandstilgangsstrømmen.

2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at den indledende kontaktzone (A) omfatter en række på mindst to hydraulisk forskellige sektioner (16, 17) i væskestrømningsforbindelse i medstrømsretningen.

3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at de forskellige sektioner (16, 17) er fysisk adskilt af skillerum.

4. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at den indledende kontaktzone (A) indeholder under 0,4 ppm opløst oxygen.

5. Fremgangsmåde ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at den oxygenerede zone (B) omfatter en række på mindst to hydraulisk forskellige sektioner (26, 27) i væskestrømningsforbindelse i medstrømsretningen.

6. Fremgangsmåde ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at de forskellige sektioner (26, 27) er fysisk adskilt af skillerum.

7. Fremgangsmåde ifølge krav 1, ved hvilken spildevandstilgangsstrømmen (11) også indeholder phosphater, k e n d e t e g n e t ved, at blandingstrinet (A) bevirker selektiv produktion af ikke-tråd-

formede mikroorganismer, der er i stand til at sorbere BOD og i stand til at oplagre polyphosphat under oxiderende betingelser, samt at det oxiderende trin (B) samtidigt bevirker oplagring af phosphater inde i mikroorganismene.

8. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at nitrogen gas bringes i kontakt med blandet væske i den indledende kontaktzone (A) til opretholdelse af anaerobe betingelser i denne.

9. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at det producerede biologiske slam indeholder fosfatværdier i størrelsesordenen op til 6%, udtrykt som elementært phosphor på tørbasis, hvoraf en del udvindes til industriel anvendelse.

10. Fremgangsmåde ifølge krav 7, ved hvilken spildevandstilgangsstrømmen yderligere indeholder ammoniakværdier, k e n d e t e g n e t ved, at den blandede væske, der dannes i den indledende anaerobe kontaktzone (C), yderligere behandles i en anoxisk zone (D) under anoxiske betingelser, før den sendes til den oxygenerede zone (E), hvorhos de anoxiske betingelser indbefatter et indhold af opløst oxygen på højst 0,7 ppm og adgang for nitrater og/eller nitriter til zonen (D), hvorhos nitraterne og/eller nitriterne fremkommer ved intern overførsel af blandet væske dertil fra den oxygenerede zone (E), hvilken blandede væske har en koncentration af nitrater og/eller nitriter på over 2 ppm, udtrykt som elementært nitrogen, og hvorhos nitraterne og/eller nitriterne reduceres til elementært nitrogen gas i den anoxiske zone.

11. Fremgangsmåde ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at den blandede væske, der overføres fra den oxygenerede zone (E) til den anoxiske zone (D) udgør fra 100 til 400 volumenprocent af den friske spildevandstilgangsstrøm (32), der indlades i den indledende kontaktzone (C).

12. Fremgangsmåde ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at det slam, der recirkuleres til den indledende kontaktzone (C) udgør fra 10 til 50 volumenprocent af den friske spildevandstilgangsstrøm (31), der indlades i den indledende kontaktzone (C).

13. Fremgangsmåde ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at den anoxiske zone (D) består af en række på to eller flere sektioner i væskestrømningsforbindelse.

14. Fremgangsmåde ifølge krav 10, k e n d e t e g n e t ved, at den totale opholdstid for tilgangsstrømmen i den indledende anaerobe zone (C), i den anoxiske zone (D) og i luftningszonen (E) ikke væsentligt overstiger 3 timer.

15. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at det slam, der recirkuleres til den indledende kontaktzone (A), udgør fra 10 til 50 volumenprocent af den friske spildevands-tilgangsstrøm (11), der indlades i den indledende kontaktzone (A).

16. Fremgangsmåde ifølge krav 7, k e n d e t e g n e t ved, at den totale opholdstid for tilgangsstrømmen (11) i den indledende anaerobe kontaktzone (A) og i luftningszonen (B) ikke væsentligt overstiger 3 timer.

FIG. 1

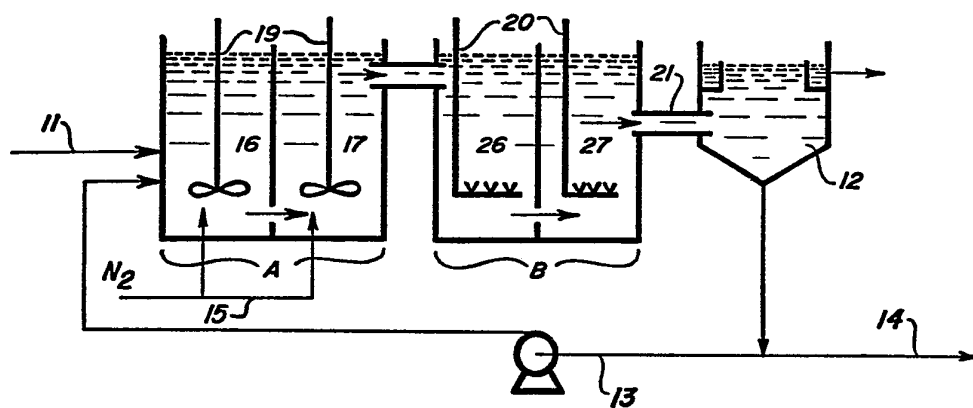


FIG. 2

