

Internationale ontwikkelingen op het gebied van de afvalwaterzuivering

Verslag vergadering NATO/CCMS AWT-Group

Toxiciteit van afvalwater

Aan het gedrag van 'toxics' – in Nederland doorgaans gevat onder de term organische microverontreinigingen – in het biologisch zuiveringsproces wordt zowel in de *Verenigde Staten* als in *Canada* aandacht geschonken. De belangrijkste mechanismen van verwijdering in conventionele zuiveringsinrichtingen zijn:

- ad(ab)sorptie aan vaste stof en biomassa
- vervluchtiging
- biodegradatie (aëroob en anaëroob).

In beide landen wordt gewerkt aan het ontwikkelen van voorspellingsmodellen die



IR. A. B. VAN LUIN
Dienst Binnenwateren/RIZA



DR. IR. W. H. RULKENS
Afdeling Milieutechnologie
van de Hoofdgroep Maat-
schappelijke Technologie TNO

deze mechanismen voor de verschillende stoffen beschrijven aan de hand van fysisch-chemische eigenschappen en structuur-activiteitsrelaties van groepen van stoffen. Recent onderzoek in de *Verenigde Staten* heeft aangetoond dat een uitstekende correlatie bestaat tussen de octanol-water verdelingscoëfficiënt en de verdeling van de organische verbindingen over de waterfase en de vaste stof en biomassa.

Een eerder ontwikkeld voorspellingsmodel voor wat betreft de vervluchtiging van stoffen bleek slechts geschikt voor schoon water. De slechte voorspelbaarheid voor afvalwater werd toegeschreven aan de aanwezigheid van vaste stof. Deze veronderstelling is onjuist gebleken: de snelheid van strippen is onafhankelijk van de aanwezigheid van vaste stof. De invloed van oppervlakte-actieve verbindingen wordt momenteel onderzocht. Biodegradatie-modellen, gebaseerd op de structuur van verbindingen, lijken enig perspectief te bieden. In de *Verenigde Staten* is men optimistisch over het op niet al te lange termijn beschikbaar hebben van modellen die de bovengenoemde ingewikkelde mechanismen kunnen voorspellen hetgeen men tot voor kort voor onmogelijk hield: een 'American Dream'?

In *Canada* worden momenteel laboratoriumproeven uitgevoerd om het gedrag van stoffen in zuiveringsinrichtingen vast te stellen. Het gaat hierbij om balansstudies die moeten bijdragen tot de ontwikkeling van een model, waarmee uiteindelijke management-strate-

Samenvatting

Van 5 t/m 8 mei 1987 vond in Burlington (Canada) de periodieke bijeenkomst plaats van de NATO/CCMS Advanced Waste Water Treatment Group.

Vastgesteld kan worden dat op het gebied van onderzoek internationaal veel vergelijkbare activiteiten plaatsvonden.

Topics zijn de vermindering van de emissie van toxische verbindingen en de verwerking van zuiveringsslib.

Verder wordt veel aandacht geschonken aan anaërobe waterzuivering en de optimalisatie van rioolwater-zuiveringsinrichtingen.

Uitgesproken is de wens tot meer internationale samenwerking. Aan de hand van de resultaten van twee Nederlandse studies zal dit in 1988 nader worden geconcretiseerd.

gieën voor de bedrijfsvoering kunnen worden opgesteld.

De lange-termijn doelstelling is de vermindering van de emissie naar het milieu van milieugevaarlijke stoffen. Tegen deze achtergrond is onlangs tevens gestart met een uitgebreid meetprogramma naar de aanwezigheid van microverontreinigingen in 40 zuiveringsinrichtingen in Ontario.

Honderdtachtig parameters, waaronder PCB's, dioxinen, pesticiden, vluchtige chloorkoolwaterstoffen en zware metalen worden gemeten. Ook worden luchtmonsters boven het aëratie bassin genomen. Hiervoor is speciale apparatuur ontwikkeld.

In *Engeland* wordt onderzoek uitgevoerd naar de afbraak van gechloreerde verbindingen met behulp van gemanipuleerde genen in *Pseudomonas* sp. De universiteit van Wales bestudeert in samenwerking met het Water Research Center (WRC) de afbraak van 3-chloorbenzozaa en 2,4-dichloorfenol. Het uiteindelijke doel is het ontwikkelen van methoden waarbij de gastbacterie en de gemanipuleerde genen zich kunnen handhaven

in een actief-slibstelsysteem. Recente resultaten geven aan dat het geïntroduceerde catabolisch enzym bevredigend werkt.

Bij de Environmental Protection Agency (EPA) van de *Verenigde Staten* vindt een duidelijke verschuiving plaats van de aandacht van individuele stoffen in afvalwaterstromen naar de toxiciteit van een afvalwaterstroom in bredere zin. Dit is met name ingegeven door de 'ongrijpbaarheid' van de duizenden potentiële milieugevaarlijke stoffen die in afvalwater kunnen voorkomen. Uiteraard speelt hierbij het kostenaspect een belangrijke rol.

Onderzoek richt zich op het ontwikkelen van testen om de mate en de oorzaken van de toxiciteit van effluenten vast te stellen.

Dergelijke studies worden zogenaamde 'Toxicity Reduction Evaluations (TRES)' genoemd.

Om de toxiciteit vast te stellen wordt gebruik gemaakt van microtox-, respiratie-, ATP-metingen en standaard EPA-bio-essays.

Dergelijke proeven worden toegepast om toxische bronnen op te sporen en om de toelaatbaarheid van het behandelen van individuele industriële afvalwaterstromen in een communale rioolwaterzuiveringsinrichting vast te stellen.

Bescherming van eco-systemen is de voor naamste drijfveer bij het opstellen van programma's voor de reductie van toxiciteit van afvalwaterstromen. Daarnaast spelen gezondheidsaspecten een rol. Het probleem hierbij zit in de vertaling van de meetresultaten naar daadwerkelijk te verwachten risico's voor de volksgezondheid.

In een aantal staten van de *Verenigde Staten* worden voorwaarden ten aanzien van de toxiciteit in lozingsvergunningen standaard opgenomen. De EPA verwacht dat dit binnen drie jaar voor het gehele land zal gelden.

Anaërobe waterzuivering

Niet alleen in Nederland vindt onderzoek plaats naar de mogelijkheden van anaërobe voorzuivering van huishoudelijk afvalwater.

Van 5 t/m 8 mei 1987 vond in Burlington (Canada) de periodieke bijeenkomst plaats van de onder NATO/CCMS ressorterende Advanced Waste Water Treatment Group (AWT-Group). Deze groep wisselt informatie uit over de ontwikkelingen op het gebied van de afvalwaterbehandeling in de verschillende lidstaten. Leden van de AWT-Group zijn op dit moment: Canada, Engeland, Frankrijk, Italië, Nederland, Noorwegen, Verenigde Staten en West-Duitsland.

Algemene doelstelling van de AWT-Group is het uitwisselen van informatie betreffende onderzoek aangaande geavanceerde zuiveringstechnieken, de toepassing van geavanceerde zuiveringstechnieken en nieuwe ontwikkelingen op het gebied van afvalwaterbehandeling [1, 2].

Nederland, dat reeds sinds 1974 via TNO bij de activiteiten van de AWT-Group is betrokken, is momenteel vertegenwoordigd door TNO en DBW/RIZA. Van Nederlandse zijde was ten behoeve van deze meeting door TNO en DBW/RIZA een paper samengesteld waarin drie onderwerpen werden bediscussieerd:

- Behandeling van industrieel afvalwater in de toekomst.
- Behandeling van stedelijk afvalwater in de toekomst (RWZI 2000).
- Behandeling van verontreinigde waterbodems.

De voor de Nederlandse situatie relevant geachte onderwerpen van de bijeenkomst worden hierbij kort bediscussieerd.

In *Engeland* heeft voor rioolwater uit een gemengd stelsel pilot-plant-onderzoek plaatsgevonden met een UASB-reactor. Er werden goede resultaten verkregen bij temperaturen tussen 10 en 20 °C. Het zuiveringsrendement daalde drastisch bij lage temperaturen. Bij temperaturen beneden 5 °C was de reactiesnelheid te laag om het proces economisch rendabel te kunnen bedrijven. De conclusie van het onderzoek was dat de waarde van het proces voor gemengde rioolstelsels beperkt is, tenzij goedkope en effectieve verwarmings- en warmte-overdrachtsprocessen kunnen worden toegepast.

Onderzoek in *Italië* met een 5 m³ UASB-reactor bij 16-24 °C en een hydraulische verblijftijd van 12 uur toonde aan dat het mogelijk was om een COD-reductie van 60-65 % te verkrijgen. De zwevende stofreductie bedroeg 55 %. De methaanproductie was 0,1-0,2 m³ CH₄/m³ · d.

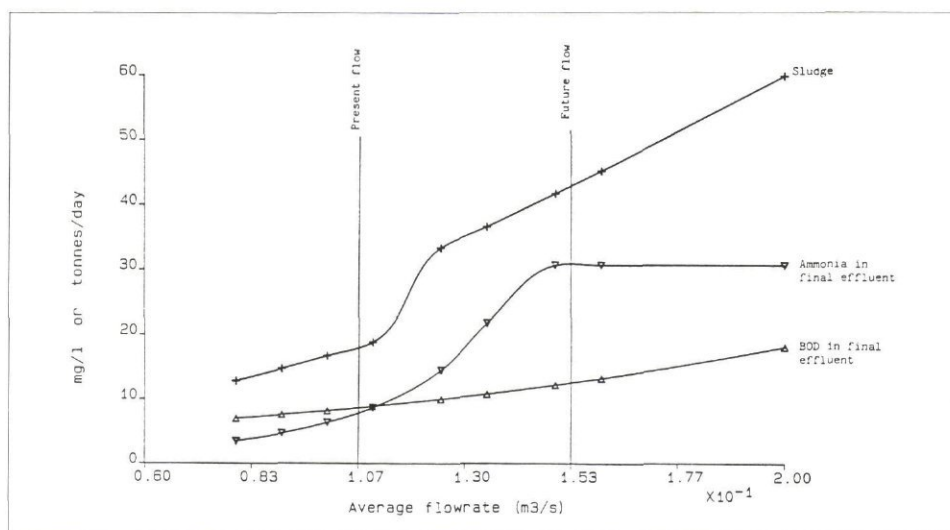
In *Nederland* vindt overigens momenteel in Lelystad onderzoek plaats naar de mogelijkheden van anaërobe voorzuivering van huishoudelijk afvalwater afkomstig van gemengde stelsels.

Anaërobe zuivering van geconcentreerd industrieel afvalwater is in *Canada* een zeer belangrijk onderzoeksveld. Afgelopen jaar is een vergelijkende studie uitgevoerd met vier typen anaërobe reactoren, te weten:

- upflow anaëroob filter (ANFIL);
- downflow stationair fixed-film reactor (DSFF);
- upflow anaerobic sludge blanket reactor (UASB);
- anaerobic fluidized bed reactor (ANITRON, (Dorr Oliver)).

Het onderzoek is verricht met afvalwater van een bierbrouwerij. Influentconcentratie (6-18 g COD/l) en hydraulische verblijftijd (0,4-3,6 dagen) zijn gevarieerd.

In tabel I zijn enige resultaten van het onderzoek opgenomen. Belangrijke verschillen zijn geconstateerd ten aanzien van het rendement van COD-verwijdering. Meervoudige regressie-analyse is uitgevoerd om het effect van de verschillende variabelen



Afb. 1 - Voorbeeld van het gebruik van STOM bij planning: effect van lange-termijn verandering van het gemiddelde debiet.

op de procesvoering te kunnen kwantificeren. Met het ANITRON-proces in dit onderzoek is een vrijwel volledige COD-verwijdering vastgesteld bij elke combinatie van concentratie en hydraulische verblijftijd. Voor de andere processen neemt het verwijderingsrendement toe bij langere retentietijden. Het UASB-proces was relatief het meest gevoelig voor wijzigingen in de concentratie en de hydraulische verblijftijd. De combinatie van betrouwbaarheid en lage kosten leidt er toe dat in de praktijk toch veelal het UASB-systeem wordt gekozen.

In *Canada* heeft uitgebreid onderzoek plaatsgevonden naar de mogelijkheden en de wijze van anaërobe behandeling van afvalwater van de papierindustrie. De diverse afvalwaterstromen die ontstaan bij de papierfabricage zijn getest op hun behandelingskarakteristieken zoals COD- en BOD-verwijdering, biogasproductie en remmende eigenschappen voor anaërobe micro-organismen. Het afvalwater van de chloorbleking leverde voor wat betreft het laatste aspect problemen op.

Na de pilot-plantstudies met een UASB-reactor, een ANITRON-reactor en een anaërobe hybride reactor (HYBRID) is uiteindelijk gekozen voor het UASB-systeem.

De eerste twee systemen gaven vergelijkbare resultaten (COD-verwijdering 50%, BOD-verwijdering 75 %) bij belastingen van 10-20 kg COD/m³ · d. De investeringskosten voor een full-scale UASB-installatie (6 reactoren, 13.000 m³) voor de behandeling van 6.300 m³ water per dag waren evenwel bijna de helft van die van een vergelijkbare ANITRON-installatie. Om het anaërobe zuiveringsproces beter te kunnen beheersen en sturen wordt momenteel in *Canada* een uitgebreid monitoring programma uitgevoerd. Mathematische modellen worden ontwikkeld om de invloed van de verschillende procesvariabelen te kunnen beschrijven en voorspellen bij wisselende voedingssnelheden en -concentraties. Het op dit moment beschikbare model blijkt goed in staat om de biogasproductie te voorspellen bij variabele voedingssnelheden.

Aërobe zuivering van stedelijk afvalwater

In *Canada* wordt met veel succes de zogenaamde 'audit'-methode toegepast om de werking van een zuiveringsinrichting vast te stellen. De 'audit'-methode levert inzicht in de capaciteitsbeperkingen van de zuiveringsinrichtingen en mogelijkheden voor optimalisatie.

De gevolgde methode bevat het on-line meten van proces-variabelen zoals zuurstofgehalte in de aërietank, zwevend stofgehalte in aërietank, slibretour en effluent alsmede vloeistof- en luchtdebieten.

De gegevens worden met behulp van een micro-computer verzameld en verwerkt. De met behulp van deze methode verkregen informatie wordt gebruikt om hydraulische verstoringen vast te stellen en mogelijkheden aan te geven voor kostenbesparing door efficiëntere beluchtingsprocessen.

In een aantal gevallen is gebleken dat door het nauwkeurig vastleggen van bijvoorbeeld

TABEL I - Onderzoekresultaten anaërobe reactoren.

Parameter	ANFIL	DSFF	UASB	ANITRON
Average biomass concentration (kg VSS/m ³)*	20,3	18,6	15,3	30,3
Cumulative COD loaded (kg/m ³)*	1.095	1.100	1.132	1.135
Cumulative COD removed (kg/m ³)*	992	937	866	1.109
percent COD removal	90	76	77	98
Cumulative biogas produced (m ³ /m ³)*	393	291	319	514
Cumulative CH ₄ produced (m ³ /m ³)*	281	225	243	357
percent CH ₄	72	77	76	70
Biogas yield (m ³ biogas/kg COD removed)	0,40	0,35	0,37	0,46
CH ₄ yield (m ³ CH ₄ /kg COD removed)	0,29	0,27	0,28	0,32
Net VSS yield (kg VSS/kg COD removed)	0,03	0,04	0,02	0,03

* Parameters per m³ empty bed reactor volume.

de hydrylische belasting of de zuurstof-overdracht een geplande uitbreiding van bezinkers of beluchtingsruimte niet noodzakelijk bleek te zijn. Eenvoudige aanpassingen van de bedrijfsvoering bleken voldoende te zijn.

Ook in Engeland is de hulp van de computer ingeroepen voor de optimalisatie van het zuiveringsproces. Het STOM (Sewage Treatment Optimisation Model) is hiervoor ontwikkeld. Dit model bevat een set van individuele mathematische modules van unit-processen, zoals primaire bezinking of vloeistofmenging. Elke module bestaat uit relaties voor wat betreft de bedrijfsvoering en voor wat betreft de kosten.

STOM wordt gebruikt voor het uitwerken van alternatieven bij nieuwbouw en aanpassing van bestaande zuiveringsinrichtingen. Binnenkort is een PC-versie van STOM beschikbaar. In bovenstaande afbeelding wordt een voorbeeld gegeven van hoe het model kan worden gebruikt (afb. 1).

In Engeland wordt veel aandacht besteed aan kostenoptimalisatie van het zuiveringsproces. Er loopt momenteel een uitgebreid onderzoek naar de jaarlijkse kosten van installaties met een capaciteit van meer dan 10.000 i.e. 's. Bij het onderzoek zijn 570 installaties (85% van de totale zuiveringscapaciteit van Engeland en Wales) betrokken. De verkregen informatie wordt onder meer gebruikt om nader aandacht te kunnen besteden aan 'dure' rwzi's, om op basis van onderlinge vergelijkingen kostenbesparingen te kunnen realiseren en om meer inzicht te verkrijgen in de invloed van de schaalgrootte op de kosten.

Kostenbesparingsmogelijkheden worden met name gezocht in de optimalisatie van beluchtingssystemen. Hiervoor is een deterministisch model van het actief-slib-proces ontwikkeld. De onderzoeksresultaten hebben reeds geleid tot aanpassing bij een aantal zuiveringsinrichtingen.

In Engeland is het onderzoek aan het Captor-proces afgerond. Dit proces maakt gebruik van schuimrubber kussentjes als drager-materiaal voor de biomassa.

Full-scale onderzoek dat gedurende enkele jaren is uitgevoerd heeft teleurstellende resultaten opgeleverd. De belangrijkste conclusies zijn:

- De biomassa kan worden verhoogd tot 6-8 g/l, echter de respiratiesnelheid daalt met 50-60%. Het netto-voordeel voor BOD-verwijdering is hierdoor uiterst gering.
- De biomassa-concentratie in het poreuze dragermateriaal is onvoorspelbaar en schijnt niet gerelateerd te zijn aan de BOD-concentratie in het rioolwater.
- Nitrificerende biologische filters zijn goedkoper dan het Captor-proces.

Het Captor-proces is hiermee in feite afgeschreven. In Nederland wordt door TNO in opdracht van DBW/RIZA onderzoek uitgevoerd met een Duitse variant van het Captor-proces, namelijk het Linpor-proces. De resultaten van de eerste fase van het onderzoek zijn binnenkort beschikbaar [3]. Het gebruik van rietvelden als zuiverings-systeem voor met name stedelijk afvalwater vindt in Europa steeds meer opgang. Fundamenteel onderzoek is uitgevoerd door Prof. Kickuth van de Universiteit van Kassel. In tegenstelling tot de in Nederland bekende rietvelden van de RIJP in Elburg en Flevoland wordt gebruik gemaakt van de zuiverende werking van de wortelzone.

Voor de behandeling van stedelijk afvalwater zijn rietvelden ontworpen met een oppervlak van 2-5 m²/i.e. en een intensiteit van 2-4 planten/m². Op initiatief van het WRC in Engeland is een Europese groep opgericht die zich bezighoudt met dit onderwerp.

Deze groep, met vertegenwoordigers uit Engeland, Denemarken, België, Frankrijk, W.-Duitsland en Spanje onderhoudt contacten met elkaar en met onderzoekers in de USA, Australië en Hongarije. Hieronder wordt een overzicht gegeven van stand van zaken in een aantal landen:

- Engeland: 16 rietvelden aangelegd, 8 in voorbereiding (25-1.260 i.e., 5-500 m³/d)
- Denemarken: 100-200 rietvelden aangelegd
- W.-Duitsland: 30-40 rietvelden aangelegd.

De Nederlandse bijdrage bestond uit de presentatie van de door TNO en Witteveen + Bos uitgevoerde haalbaarheidsstudie naar de behandeling van stedelijk afvalwater in de toekomst [4]. De resultaten van de studie zijn onlangs in dit tijdschrift gepubliceerd [7].

Nutriëntenverwijdering

In Italië wordt onderzoek verricht naar biologische defosfatering. Dit onderzoek vindt voornamelijk plaats met synthetisch samengesteld stedelijk afvalwater. Doel van het onderzoek is meer fundamenteel inzicht te krijgen in het mechanisme van de fosfaat-verwijdering. Daarbij wordt aandacht besteed aan de stikstof- en fosforbalans, de verwijdering van fosfor, de nitrificatie, de COD-verwijdering, de stabiliteit en de microbiologische karaktereigenschappen van het slib.

Uit het onderzoek blijkt dat in de eerste reactor, waar anaërobe condities heersen, een belangrijk deel van de fosfor uit de biomassa in oplossing gaat. Dit gaat gepaard met de vorming van een neerslag van Ca- en Mg-fosfaat op de wand van de reactor. Een verdere verlaging van de fosfor-concentratie in het effluent van de eerste reactor vindt daarna plaats in een tweede

reactor. Het totale verwijderingspercentage voor fosfor bedraagt 80 tot 90%. Er wordt geen effect van de slib-leeftijd waargenomen. De referentie-plant geeft een verwijderingspercentage van 30 tot 50%. Uit het onderzoek blijkt verder dat een volledige nitrificatie plaatsvindt in de fosforverwijderingsplant. COD wordt voor meer dan 90% verwijderd. De stabiliteit van het proces is betrekkelijk gering. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het gebruik van synthetisch afvalwater.

Industrieel afvalwater

In Italië is de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar het verwijderen van opgeloste zware metalen zoals zilver, chroom, kwik, koper, lood en cadmium uit industriële afvalwaterstromen met behulp van zetmeel-xanthaten. Het verwijderingsproces bestaat uit het achtereenvolgens toevoegen van zetmeelxanthaat en kationogene polymeren aan het te behandelen afvalwater. Het blijkt dat met deze methode in het algemeen eindconcentraties aan zware metalen beneden 0,01 mg/l mogelijk zijn. Wel moet een 2- tot 3-voudige stoichiometrische hoeveelheid aan zetmeelxanthaat worden toegevoegd. De benodigde reactietijd voor een goede verwijdering bedraagt 15 tot 20 minuten. Een belangrijk positief aspect is dat het proces over een betrekkelijk brede pH-range (3 tot 9) kan worden toegepast.

Het proces is uitgebreid onderzocht voor de verwijdering van kwik uit afvalwater van de chloor-alkali-industrie. Eindconcentraties lager dan 0,02 mg Hg/l blijken haalbaar te zijn. Er wordt daarbij een slib verkregen dat ca. 7 à 8% Hg bevat. Er zijn verschillende methoden om uit dit slib kwik terug te winnen voor hergebruik.

Voor het behandelen van afvalwater van de voedingsmiddelenindustrie en van de slachterijen worden in Noorwegen meestal fysisch/chemische zuiveringsprocessen toegepast in plaats van biologische zuiveringsprocessen. In sommige gevallen gebeurt dit om de in het afvalwater aanwezige eiwitten en vetten voor hergebruik terug te winnen. Echter ook indien geen hergebruik plaatsvindt, wordt aan fysisch/chemische zuivering de voorkeur gegeven, met name als het gaat om afvalwaterstromen die niet continu zijn en/of sterk fluctuerend of sterk seizoen-gebonden zijn. Opstarten en stilleggen van een fysisch/chemisch zuiveringsproces is gemakkelijker dan van een biologisch zuiveringsproces.

Uit onderzoek, dat in Noorwegen is verricht, blijkt dat voor afvalwater van de zuivel-industrie, waarvan de COD voor ca. 60% in opgeloste vorm aanwezig is, totale verwijderingspercentages van maximaal ca. 75% haalbaar zijn door toepassing van coagulatiemiddelen, zoals bijvoorbeeld

ijzerchloride. De benodigde hoeveelheid ijzerchloride alsmede het verwijderingsrendement zijn sterk afhankelijk van de pH van het te behandelen afvalwater en de verhouding tussen opgeloste en totale hoeveelheid COD. Zoals te verwachten is, neemt het verwijderingsrendement toe naarmate het percentage opgeloste COD lager is. Met aluminiumsulfaat als conditioneringsmiddel ligt het verwijderingsrendement iets hoger dan met ijzerchloride.

In *Nederland* wordt momenteel door TNO en DBW/RIZA een haalbaarheidsstudie uitgevoerd die antwoord moet geven op de vraag of en zoja in welke mate zuiveringstechnieken moeten worden ontwikkeld voor de behandeling van industrieel afvalwater, zodanig dat een verdergaande reductie van de emissie aan organische en anorganische microverontreinigingen tegen redelijke kosten mogelijk is. Een recente studie heeft duidelijk gemaakt dat van veel in de literatuur beschreven technieken geen verantwoorde kosten- en rendementsberekeningen mogelijk zijn [6]. In de praktijk wordt voortdurend teruggevallen op een beperkt aantal zuiveringstechnieken. De TNO/DBW/RIZA-studie richt zich enerzijds op de optimalisatie van bestaande technieken en anderzijds op de ontwikkeling van nieuwe technieken. Afhankelijk van de resultaten van de haalbaarheidsstudie zal een meerjarenonderzoeksprogramma worden opgesteld. De haalbaarheidsstudie zal begin 1988 zijn afgerond.

Slibbehandeling

In *Canada* wordt verwacht dat het probleem van de afzet van zuiveringsslib in de toekomst zal toenemen. De afzetmogelijkheden in de landbouw zullen afnemen, enerzijds als gevolg van het in geringere mate beschikbaar zijn van land, anderzijds als gevolg van de strenger wordende eisen met betrekking tot het gehalte aan zware metalen in slib. Ook de mogelijkheid om te storten neemt onder druk van de publieke opinie sterk af. Een en ander heeft tot gevolg dat de aandacht voor alternatieve, meer geavanceerde verwerkingsystemen voor het slib sterk toeneemt.

Eén van de processen die als veelbelovend worden gezien is de winning van olie uit het slib door lage temperatuur pyrolyse. Dit proces is gebaseerd op eerder verricht onderzoek in Duitsland. Het proces bestaat in feite uit een viertal hoofdprocesstappen: a) ontwateren van slib; b) drogen van slib; c) pyrolyse van het gedroogde slib waarbij als producten pyrolyse charcoal, pyrolyse gas en olie ontstaan.

De charcoal en het verkregen pyrolyse gas worden verbrand. De daarbij vrijkomende energie wordt gebruikt voor het droogproces en het eigenlijke pyrolyseproces.

Uit onderzoek, uitgevoerd op pilot plant schaal, blijkt dat het pyrolyseproces in technisch en economisch opzicht aantrekkelijker is dan slibverbrandingsprocessen. Het proces kan in de eigen energiebehoefte voorzien. Een belangrijk deel van de in het slib aanwezige potentiële energie komt voor extern gebruik vrij in de vorm van een waardevolle alifatische olie die bijvoorbeeld vrij gemakkelijk is om te zetten in motorbrandstof.

Het onderzoek aan het pyrolyseproces zal waarschijnlijk worden voortgezet in een demonstratie plant.

Ook in de Verenigde Staten en Engeland bestaat belangstelling voor dit proces.

Zuiveringsslib wordt ook in *Engeland* als een van de grootste problemen bij de zuivering van stedelijk afvalwater gezien.

Bijna de helft van het slib wordt afgezet in de landbouw. Circa 20% wordt gestort en circa 20% wordt gedumpt in de zee. Slechts 5% wordt verbrand. Er is een uitgebreid computermodel ontwikkeld waarmee in een concreet geval de meest geschikte verwijderingsoptie kan worden bepaald. Het blijkt in de praktijk dat dit model met veel succes kan worden toegepast.

Veel aandacht wordt besteed aan de toepassingsmogelijkheid van aërobe thermofiele slibgisting als pasteurisatie- en stabilisatiestap. Bij deze slibgisting worden temperaturen boven 55 °C bereikt. Het voordeel van deze pasteurisatie- en stabilisatiemethode ten opzichte van een anaërobe behandeling is de relatief korte verblijftijd. Het nadeel is de grotere hoeveelheid beluchtingsenergie. Onderzoek naar het pasteurisatie-effect van beide methoden is nog aan de gang.

Winning van biogas uit zuiveringsslib in combinatie met het gebruik van dit biogas voor elektriciteitsopwekking en verwarming wordt sterk bevorderd door de verplichting dat elektriciteitsbedrijven de opgewekte elektrische energie tegen redelijke prijzen moeten afnemen. De verwachting is dan ook dat in de komende 10 jaar een belangrijk deel van de kleine en middelgrote zuiveringsinstallaties het geproduceerde biogas gaat aanwenden voor elektriciteitsopwekking. Door het WRC is een methode ontwikkeld om slib te pasteuriseren door middel van onderwaterverbranding van biogas dat verkregen wordt bij de anaërobe vergisting van slib.

Veel aandacht wordt ook besteed aan de optimalisatie van slibontwatering met behulp van filterpersen. De nadruk ligt daarbij onder andere op het terugdringen van de benodigde hoeveelheid chemicaliën, onder andere poly-elektrolyten. Aanzienlijke besparingen blijken mogelijk te zijn door de menging van slib en chemicaliën in de slib-

toevoerleiding naar de hoge-druk slib-pomp die bij het filtratieproces wordt gebruikt, te verbeteren, in combinatie met de toepassing van standaard slibfiltratietesten en microprocessoren.

Er wordt ook onderzoek uitgevoerd naar het effect van het storten van slib in zee op het marine-systeem. Uit de onderzoeksresultaten wordt geconcludeerd dat er geen of nauwelijks sprake is van negatieve effecten.

Mechanische ontwatering van zuiveringsslib met behulp van filterpersen, zeefbandpersen en centrifuges is een onderwerp waarin in *Italië* veel onderzoek aan wordt verricht.

Doel van dit onderzoek is om modellen te ontwikkelen waarmee de werking van deze ontwateringstechnieken zoveel mogelijk kwantitatief kan worden omschreven en waarmee de werking in technisch-economisch opzicht kan worden geoptimaliseerd.

Het onderzoek aan de filterpers heeft geleid tot een filtratiemodel dat uit twee fasen bestaat. De eerste fase heeft betrekking op de periode gedurende welke de filtratiedruk toeneemt en de filterkamers met slib worden gevuld maar nog niet volledig met filterkoek zijn gevuld. Tijdens deze periode is de filtratiesnelheid min of meer constant.

De filtratiesnelheid (F) na deze periode kan als functie van de tijd (t) worden beschreven door middel van de vergelijking

$$F = at^b$$

waarin a en b constanten zijn welke met behulp van empirische vergelijkingen kunnen worden bepaald aan de hand van de specifieke filtratieweerstand, de beginconcentratie droge stof, de viscositeit van het filtraat en de maximale filtratie-snelheid. Op deze wijze is het mogelijk, bij gebruik van een bepaald type conditioneringsmiddel, de eindconcentratie na een bepaalde filtratietijd te voorspellen. Ook voor zeefbandpersen is een gedeeltelijk empirisch model ontwikkeld, waarmee het effect van de verschillende procesvariabelen (onder andere het aanvangs-droge-stofgehalte) op de werking van een zeefbandpers kan worden voorspeld. De modellen voor de werking van filterpersen en zeefbandpersen blijken in het algemeen geldig te zijn voor verschillende typen slib. Voor slibontwatering met centrifuges blijkt dit echter in aanzienlijk mindere mate het geval te zijn. De reden hiervoor is niet helemaal duidelijk.

Gezamenlijk storten van zuiveringsslib en stedelijk afval is een verwerkingsmethode die in de *Verenigde Staten* steeds meer in de belangstelling komt te staan. EPA voert onderzoek uit naar de biogasvorming en de percolatiewaterkwaliteit bij het gezamenlijk storten van slib en afval. Dit onderzoek wordt uitgevoerd met behulp van testkolommen op semi-technische schaal, waarbij de verhouding slib en afval, de aard van het slib

alsmede de infiltratiesnelheid van het toegevoegde percolatiewater worden gevarieerd.

Uit het onderzoek blijkt dat de COD van het percolatiewater uit de testkolommen welke alleen gevuld zijn met stedelijk afval aanzienlijk langer op een hoge waarde (> 10.000 mg/l) blijft dan bij de kolommen waar slib aan is toegevoegd. Bij deze laatste kolommen vindt reeds na enkele maanden een sterke daling van de COD van het percolatiewater plaats. Deze daling gaat gepaard met een intensieve biogasvorming en een stijging van de pH. Uit het onderzoek blijkt verder dat de uitloging van zware metalen sterk afneemt met de tijd en wordt beïnvloed door de pH en ook zeer waarschijnlijk door de aanwezigheid van organische complexvormers in het percolaat.

Behandeling van verontreinigde waterbodems

Van Nederlandse zijde werd een bijdrage gegeven over de stand van zaken met betrekking tot de verwerking van vervuilde waterbodems zoals die onlangs is gepubliceerd [8].

Evenals in *Nederland* worden landen zoals *Canada* geconfronteerd met het probleem van vervuilde waterbodems. De meeste aandacht gaat daarbij uit naar het vaststellen van aard, omvang en effect van de verontreinigde waterbodems. Verwerking van vervuilde waterbodems bevindt zich nog in de discussiefase. De indruk bestaat dat Nederland, wat dit onderzoek betreft, duidelijk voorop loopt.

Slotbeschouwing

Tijdens deze NATO/CCMS bijeenkomst is opnieuw vastgesteld dat met name in de Verenigde Staten, Engeland en Canada onderzoeksactiviteiten plaatsvinden die op belangrijke punten overeenstemmen met die in Nederland. De behandeling van zuiverings-slib en de reductie van de emissie van microverontreinigingen kunnen in dit verband met name worden genoemd. Van Nederlandse zijde is daarom aangedrongen op intensievere samenwerking op onderzoeksgebied tussen de NATO/CCMS-landen.

Onderzoeksbudgetten staan in vrijwel alle landen onder druk, zodat alleen al uit oogpunt van effectiever en efficiënter omgaan met gelden samenwerking is gewenst. Door de deelnemers is hierop positief gereageerd.

Afgesproken is om op de volgende NATO/CCMS-bijeenkomst, die in juli 1988 in Stevenage (Engeland) wordt gehouden, nadere afspraken te maken aan de hand van de resultaten van twee Nederlandse haalbaarheidsstudies die in opdracht van DBW/RIZA zijn en worden uitgevoerd, te

weten 'de toekomstige behandeling van stedelijk afvalwater' [4] en 'de toekomstige behandeling van industrieel afvalwater' [5].

Referenties

1. Rulkens, W. H. en Starkenburg, W. van (1983). *Ontwikkelingen op het gebied van de afvalwaterzuivering*. H₂O (16), 1983, nr. 12, 285-287.
2. Starkenburg, W. van en Luin, A. B. van (1984). *Trends in de afvalwaterzuivering*. H₂O (17), 1984, nr. 5, 94-95, 100.
3. Starkenburg, W. van (1987). *Het gebruik van poreuze dragermaterialen in de waterzuivering*. H₂O (20), 1987, nr. 16, 393-394.
4. *Behandeling van stedelijk afvalwater in de toekomst: een haalbaarheidsonderzoek*. TNO/Witteveen + Bos/DBW/RIZA, juli 1986.
5. *Behandeling van industrieel afvalwater in de toekomst*. Haalbaarheidsonderzoek in uitvoering door TNO en DBW/RIZA, juni 1987 - maart 1988.
6. *Operationalisering van de begrippen best-uitvoerbaar en beste-bestaande technieken, deelonderzoek stoffen*. ONRI/BKH, DBW/RIZA, Ministerie van VROM. DBW/RIZA nota nr. 87.025, september 1987.
7. Starkenburg, W. van (1987). *De rioolwaterzuiveringsinstallatie van de toekomst*. H₂O (20), 1987, nr. 6, 124-125.
8. Veen, H. J. van en Waaij, A. C. de (1987). *Verwerking van verontreinigde waterbodems*. Land en Water, Milieutechniek, nr. 3, 46-48.

● ● ●

Supermagneet haalt fosfaat uit afvalwater

Het Nijmeegse bedrijf Smit Transformatoren heeft een supergeleidende magneet gemaakt die fosfaten uit afvalwater haalt. Dit blijkt uit een gisteren verschenen rapport. De op deze manier teruggewonnen fosfaten, afkomstig uit wasmiddelen, kunnen in de toekomst geschikt worden gemaakt voor hergebruik in de industrie.

De met helium gekoelde supergeleidende magneet magnetiseert een filter. Fosfaten zowel als zware metalen worden met een kracht die honderdduizend keer zo groot is als de zwaartekracht vastgehouden. Magnetische defosfatering kost zo'n 2½ miljoen gulden per zuiveringsinstallatie. Ons land heeft er zo'n vijfhonderd. Buitenlandse belangstelling is er al uit Denemarken, Duitsland en Zwitserland. De kamercommissie voor milieuzaken bespreekt binnenkort de vinding van Smit.

● ● ●

Lekken in de organisatie

● Slot van pagina 110

Verder valt te verwachten dat in de komende jaren door de overheid een STERLAB-erkenning voor de waterleidinglaboratoria verlangd zal worden. Het is dan ook een positieve ontwikkeling te noemen dat de waterleidingbedrijven de handen ineen hebben geslagen en het kwaliteitsproject 'erkenning van in KIWA-verband samenwerkende waterleidinglaboratoria' hebben gestart.

Naschrift

Het werken aan de invoering en instandhouding van kwaliteitszorg is een langdurig proces, waarbij gevestigde posities en stijl van werken in het geding zijn. Structuren zullen wijzigen en persoonlijke barrières zullen worden geslecht. Werken aan kwaliteit is geen 'softe' bezigheid, die aan een staf-functionaris kan worden overgelaten. Kwaliteit is niet te delegeren of in licentie over te nemen door managers over te plaatsen. Kwaliteitszorg is geen Haarlemmer olie. Het vraagt veel inspiratie en transpiratie. Bedenk: geen spoorlijn zonder dwarsliggers... als het maar constructieve dwarsliggers zijn.

Het succes van de onderneming (laboratorium of waterleidingbedrijf) kan met behulp van kwaliteitszorg op een degelijker voetstuk worden gezet. Kwaliteitsverbetering behoort te zijn een natuurlijke, normale evolutie, die stapsgewijs verloopt, met inachtname van het vele goede dat reeds in het bedrijf is gerealiseerd.

Literatuur

Projectgroep Kwaliteitsbeheer. *Eindrapport 'Nederland hoogste tijd voor Kwaliteit'*. Mulder, prof. ir. F. A. *Manager en Produktkwaliteit*. KDI-Compendium. *Kwaliteitskosten*. 1987 Vezelinstituut. *TNO-onderzoeksresultaten KKO*. ISO 9001. *Voorwaarden te stellen aan het kwaliteitssysteem*. Couwenbergh, J. C. H. *KKO-Betonwaren/Vleeswaren/Consumptiemelk*.

● ● ●

Verontreinigde waterbodems en aquatische ecosystemen

Op woensdag 11 mei 1988 wordt in de Reehorst te Ede door de Vereniging voor Milieuwetenschappen een studiedag gehouden onder de titel 'Effecten van verontreinigde waterbodems op aquatische ecosystemen'. Nadere informatie over het programma volgt nog.

Organisatie: Ir. W. F. Kooper (DHV) en Ir. P. B. M. Stortelder (DBW/RIZA).