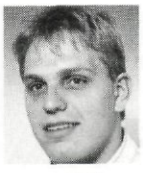
De verwijdering van organische microverontreinigingen door toevoeging van actieve poederkool aan het oxydatief-biologisch zuiveringsproces



ING. C. L. KÖNIG
Prof. H. C. van Hall Instituut, Groningen. Thans IWACO Groningen



DRS R J DE JONGE
Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven



IR. H. B. POLS
Dienst Binnenwateren/RIZA, Lelystad



E. VAN DE BERG
Norit NV, Amersfoort

Samenvatting
Organische microverontreinigingen worden al dan niet via zuiveringsinstallaties op het oppervlaktewater geloosd. Bij het Van Hall Instituut te Groningen en het RIVM te Bilthoven is onderzoek verricht naar de verwijderingsrendementen, -routes en -mechanismen van organische microverontreinigingen wanneer actieve poederkool wordt gedoseerd aan het oxydatief-biologisch zuiveringsproces. Tevens is onderzoek gedaan naar het effect van kool-dosering op het behoud van adaptatie en naar de invloed van kool op de processtabiliteit.
Het onderzoek is geïnitieerd door DBW/RIZA en is voor een deel uitgevoerd in een pilot-plant (50 l) met als substraat afvalwater van een tankcleaning maatschappij en gedeeltelijk uitgevoerd op laboratoriumschaal met behulp van gasliftreactoren. Hiervoor diende als substraat een model-afvalwater.
Uit dit laboratoriumonderzoek is gebleken dat dosering van actieve kool leidt tot een verbetering van de effluentkwaliteit ten aanzien van microverontreinigingen en een verhoogde processtabiliteit als gevolg van wisselende beladingen van de actieve kool. Tevens is geconcludeerd dat een hogere slibleeftijd een verbetering van de effluentkwaliteit ten aanzien van microverontreinigingen tot gevolg heeft. Met behulp van schokbelasting experimenten is bioregeneratie van de actieve kool aangetoond. Uit de experimenten is geen verbetering van het behoud van adaptatie van micro-organismen aan o-cresol geconstateerd als gevolg van de kooldosering.

Inleiding

Organische microverontreinigingen worden, al dan niet via afvalwaterzuiveringsinstallaties (awzi's) op het Nederlandse oppervlaktewater geloosd. Deze lozingen bedreigen de waterkwaliteit en het is dan ook noodzaak deze lozingen in de toekomst drastisch te reduceren (derde nota waterhuishouding). In 1987 t/m 1989 is bij twee instellingen onderzoek verricht naar de werking en effecten van toevoeging van actieve poederkool aan het oxydatief biologisch zuiveringsproces op de kwaliteit van het effluent van awzi's. Het onderzoek heeft zich toegespitst op verwijdering van moeilijk afbreekbare microverontreinigingen uit afvalwater van tankcleaning maatschappijen. De bulk van dit afvalwater was in principe goed biologisch afbreekbaar. In dit artikel wordt verslag gedaan van een aantal onderdelen van dit onderzoek.
Reeds eerder, over de periode april 1984 t/m juni 1985, werd onderzoek uitgevoerd naar de biologische behandeling van industrieel afvalwater met actieve-poederkooldosering [6]. Dat onderzoek betrof een vergelijkende studie tussen het actief-slibproces, het PACT-proces (Powdered Activated Carbon Treatment) en het WRS-proces (Water Reclamation System). Dit onderzoek was toegespitst op de verwijdering van organische stoffen die redelijk goed biologisch afbreekbaar zijn. Daarnaast werd vooral de stabiliteit van het biologisch afbraakproces onder de loep genomen.

De argumenten om actieve kool aan een actief-slibsysteem toe te voegen zijn mede gelegen in de verbetering van de adsorptie van organische verontreinigingen aan het actief-slib/actieve kool mengsel [5]. Voordelen hiervan zijn onder andere dat:
- door adsorptie aan actieve kool organische verontreinigingen direct uit het afvalwater verwijderd worden, zodat eventuele toxische effecten op het actief slib worden verminderd;
- door adsorptie aan de actieve kool de verblijftijd van de verontreinigingen in de aeratietank verlengd wordt van de hydraulische verblijftijd tot de slibleeftijd. Dit is van belang voor de biologische afbraak van moeilijk biologisch degradeerbare componenten.

Gezien de nog steeds geringe praktische ervaring in Nederland met het PACT-proces ten behoeve van de verwijdering van organische microverontreinigingen was nader onderzoek gewenst.

Doelstelling onderzoek

Het onderzoek is gericht geweest op de navolgende punten:
1. Vaststellen van het effect van de kooldosering in het influent op het (biologische) verwijderingsrendement van organische verontreinigingen.
2. Vaststellen van de invloed die de adsorptie van organische verontreinigingen heeft op de processtabiliteit in aanwezigheid van actieve kool.
3. Bepaling van het optreden en behoud van de adaptatie van micro-organismen aan specifieke, (moeilijk) biologisch degradeerbare componenten.
4. De invloed van de slibleeftijd en kooldosering vaststellen op het verwijderingsrendement van organische microverontreinigingen.

Opzet onderzoek

De uitvoering van het onderzoek heeft bij twee instellingen plaatsgevonden.
Het praktijkgerichte onderzoek op pilotplant-schaal is verricht door het Prof. H. C. van Hall Instituut te Groningen en het fundamentele onderzoek op laboratorium-schaal is uitgevoerd door het RIVM te Bilthoven.
Het praktijkgerichte onderzoek is uitgevoerd in een oxydatief-biologische zuiveringsinstallatie aan een afvalwater van een tankcleaning maatschappij. Dit praktijkgericht onderzoek werd uitgevoerd met behulp van een viertal identieke zuiveringsstraten. Elke straat bestond uit een influentvat, een aëratietank, een nabezinker en een slibretour. Het volume van het aeratiebassin bedroeg 50 liter. De temperatuur was gelijk aan de kamertemperatuur. De pH werd gestuurd op pH = 7,0. Aan twee van de vier zuiveringsstraten werd eenmaal daags actieve poederkool gedoseerd. In dit artikel worden de systemen waaraan actieve poederkool wordt gedoseerd de PACT-systemen genoemd, de systemen waaraan geen actieve poederkool werd gedoseerd zijn aangeduid als actief-slibsystemen (AS). Op basis van adsorptie-isothermen en praktische ervaringen elders, is gekozen voor de koolsoort SA-4 van Norit NV te Amersfoort.

Het ondersteunende, meer fundamenteel onderzoek is uitgevoerd in een tweetal gasliftreactoren (volume 118 ml, temp 30 ° C), waarbij aan één reactor actieve poederkool werd toegevoegd. Bij dit onderzoek heeft als influent een modelafvalwater gefungeerd waarin o-cresol als enige koolstofbron diende. De procesomstandigheden voor het bedrijven van deze reactoren waren afwijkend (met name slibbelasting) ten opzichte van het pilot-plant onderzoek. Aangezien in een gasliftreactor sprake is van een beperkte 'slibretour' stelde er zich een hoge slibbelasting in. De procesomstandigheden zijn voor het pilot-plant onderzoek in tabel I en voor het onderzoek op laboratoriumschaal in tabel II kort samengevat.

TABEL I - *Procesomstandigheden pilot-plant onderzoek.*

	AS	PACT	AS	PACT
Hydraulische verblijftijd (h)	48	48	48	48
Influent CZV (mg/l)	2800	2800	2700	2700
Slibbelasting (g CZV/g ss · dg)	0,44	0,41	0,45	0,35
Slibleeftijd (dg)	14	14	28	28
Influent kool (mg/l influent)		100		100

TABEL II - *Procesomstandigheden fundamenteel-onderzoek.*

	AS	PACT
Hydraulische verblijftijd (h)	10	10
Influent o-cresol (mg/l)	200	190
Slibbelasting		
(g o-cresol/g ds · dg)	2,5	0,8
(g CZV/g ds · dg)	5,9	1,9
Slibleeftijd (dg)	0,6	2 (1)
Influent kool (mg/l influent)		40

(1) Op basis van biomassa en kool is de slibleeftijd 2 dagen.

Effect kool bij constante invoer van o-cresol

De verwijdering van o-cresol is bestudeerd in zowel het onderzoek met bedrijfsafvalwater als in het onderzoek met modelafvalwater. Hiertoe is aan het bedrijfsafvalwater 250 mg/l o-cresol gedoseerd. Tabel III geeft de verwijdering van o-cresol uit bedrijfsafvalwater tijdens een proefperiode van twee weken.

TABEL III - *Verwijdering o-cresol in het PACT-systeem en actief-slibsysteem (n=4, SRT=28 dagen).*

Influent (mg/l)	Effluent (mg/l)	
	PACT	AS
250	0,69	0,64

Het minimale verwijderingspercentage was 99,7%. Uit een gemaakte adsorptie-isotherm is afgeleid dat bij een dosering van 100 mg/l actieve kool lagere restconcentraties haalbaar zouden moeten zijn dan in de praktijk gehaald werden.

Kennelijk was hier sprake van concurrerende adsorptie, te meer daar de verhouding tussen o-cresol en CZV ongeveer 1:100 bedroeg.
Geconstateerd wordt dat het verwijderingsrendement in het bedrijfsafvalwater zeer hoog is. Bij het bedrijfsafvalwater is nauwelijks een verschil te constateren tussen het PACT-systeem en het actief-slibsysteem.
Bij het fundamentele onderzoek met modelafvalwater leidde actieve poederkooldosering tot een aanmerkelijke verbetering van de effluentkwaliteit.
De o-cresolconcentraties in het effluent van het actief-slibsysteem en het PACT-systeem bij het modelafvalwater staan weergegeven in afb. 1. De o-cresol-influentconcentratie bedroeg 200 mg/l.

De verschillen in effluentkwaliteit tussen het PACT-systeem en het AS-systeem zijn niet terug te voeren op de verschillen in slibbelasting tijdens de proef, zoals aangetoond met chemostaat-experimenten [1]. Een mogelijke verklaring voor de lagere effluentconcentratie van o-cresol in het PACT-systeem kan adsorptie aan kool zijn. Op basis van de adsorptie-isotherm kan een evenwichtconcentratie in de orde van 100 μg/l verwacht worden. Dat is ongeveer twee keer het gehalte zoals dat gevonden werd in het effluent van het PACT-systeem. De lage effluentconcentratie van o-cresol in het PACT-systeem viel dus niet te verklaren door de lagere slibbelasting en slechts gedeeltelijk door adsorptie aan de actieve kool. Naast deze directe adsorptie moet nog een ander verwijderingsmechanisme een rol spelen, bijvoorbeeld adsorptie aan de kool gevolgd door bioregeneratie in het PACT-systeem.

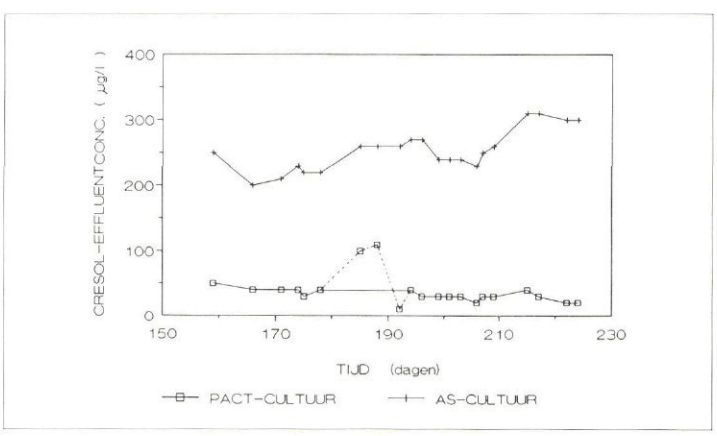
Effect kool bij oplopende dosering o-cresol

Om de invloed van kool op de verwijderingsroute van o-cresol bij een oplopende dosering te bekijken is aan één van de twee straten (pilot-plant) van zowel het PACT- als het actief-slibsysteem o-cresol gedoseerd in het influent, in concentratie oplopend met 250 mg/l na elke twee weken tot 1.000 mg/l.
Tabel IV geeft een overzicht van de verwijdering c.q. ophoping van o-cresol in aanwezigheid van bedrijfsafvalwater. De effluentgegevens zijn het gemiddelde van twee weken (4 monsters) met een bepaalde influentconcentratie.
Het slib van de zuiveringsstraten is éénmaal per week bemonsterd. De gehaltes zijn gecorrigeerd voor de recovery bij de analyse.

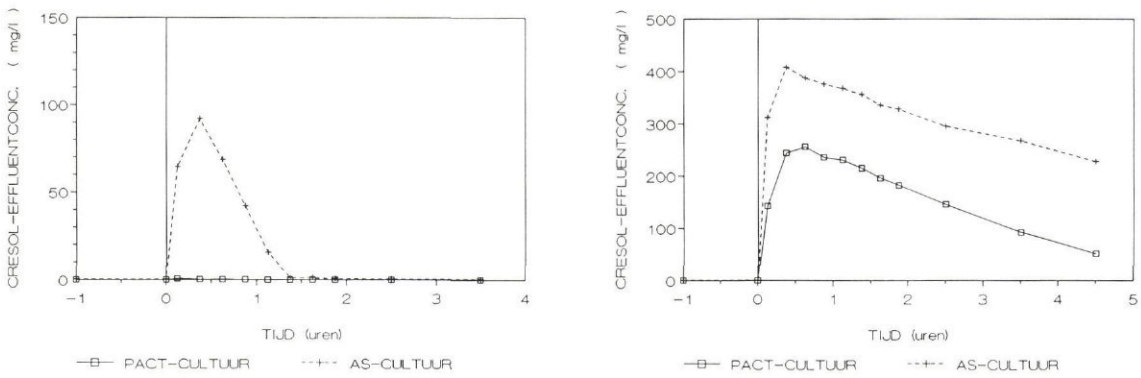
TABEL IV - *Verwijdering en ophoping van o-cresol in het PACT-systeem en het actief-slibsysteem (slibleeftijd = 28 dagen).*

Week	Influent (mg/l)	Effluent (mg/l)		Slib (mg/kg · ds)	
		PACT	AS	PACT	AS
1	250	0,69	0,64	16.400	28
2				1.900	44
3	500	0,83	1,87	2.500	2.500
4				1.660	10
5	750	0,80	1,45	1.000	400
6				940	430
7	1.000	0,10	0,54	2.000	30
8				1.460	

De verwijdering van o-cresol blijft in alle gevallen hoog. Het minimale verwijderingspercentage is 99,6%, voor de actief-slibstraat. De afvoer via het effluent is bij het PACT-systeem geringer dan bij het actief-slibsysteem. Daar staat tegenover



Afb. 1 - o-Cresol-concentratie in het effluent van de gasliftreactoren met het AS- en het PACT-systeem.



	links	rechts
spike (mg/l)	150	500
koolconcentratie (g/l)	2.4	2.1
biomassaconcentratie AS (g/l)	0.16	0.60
biomassaconcentratie PACT (g/l)	0.18	0.50

Afb. 2 - Invloed van een o-cresol spike (momentane concentratie in de reactor) op de o-cresol-effluentconcentratie.

dat in het PACT-systeem meer met de spui van het slib afgevoerd wordt dan in het actief-slibsysteem. In het totaal vindt, indien de vervluchtiging verwaarloosbaar wordt geacht [3], in het actief-slibsysteem meer biologische afbraak plaats dan in het PACT-systeem. Het bleek niet mogelijk de verwijderingsroute nauwkeuriger te kwantificeren. Hiertoe wordt nader onderzoek uitgevoerd door het RIVM.

Effect kool bij schokbelastingen met o-cresol

Om te onderzoeken wat de invloed is van de dosering van actieve poederkool op het vermogen van het biologisch zuiveringssysteem om schokbelastingen te verwerken, zijn een achttal spike-experimenten met o-cresol uitgevoerd. Hierbij werd de concentratie in de gasliftreactoren momentaan op 50, resp. 150, 200, 500 en 1000 mg/l gebracht. Toxische effecten zouden te verwachten zijn bij een concentratie in de orde van 50 mg/l [7].

In afb. 2 zijn als voorbeeld de effluentconcentraties aan o-cresol bij een spike van resp. 150 en 500 mg/l weergegeven.

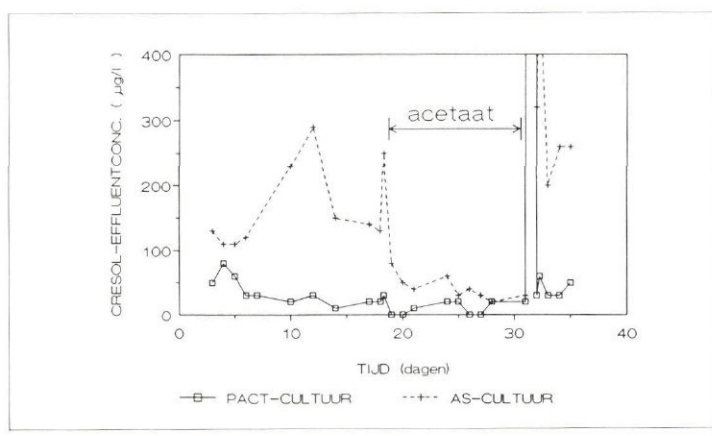
Uit afb. 2 wordt duidelijk dat het PACT-systeem beter bestand is tegen schokbelastingen met o-cresol, dan het actief-slibsysteem. Hoewel er hier sprake was van verschillende biomassa-concentraties bleek dit voordeel van het PACT-systeem boven het actief-slibsysteem ook te gelden bij gelijke biomassa-concentraties in beide systemen [1].
Om nader inzicht te krijgen in het mechanisme dat ten grondslag ligt aan deze hoge stabiliteit van het PACT-systeem, zijn metingen van de beladingsgraad van de kool verricht. Gebleken is dat na een schokbelasting de koolbelading met o-cresol sterk toenam, om vervolgens weer geleidelijk af te nemen (bioregeneratie). De kool heeft hier een bufferende werking. Tevens bleek de geadsorbeerde hoeveelheid o-cresol niet voldoende om het totale verschil in o-cresol concentratie tussen beide systemen te verklaren. Dit zou duiden op een verhoogde biodegradatie-snelheid in het PACT-systeem.

Effect kool op behoud van adaptatie voor verwijdering van o-cresol

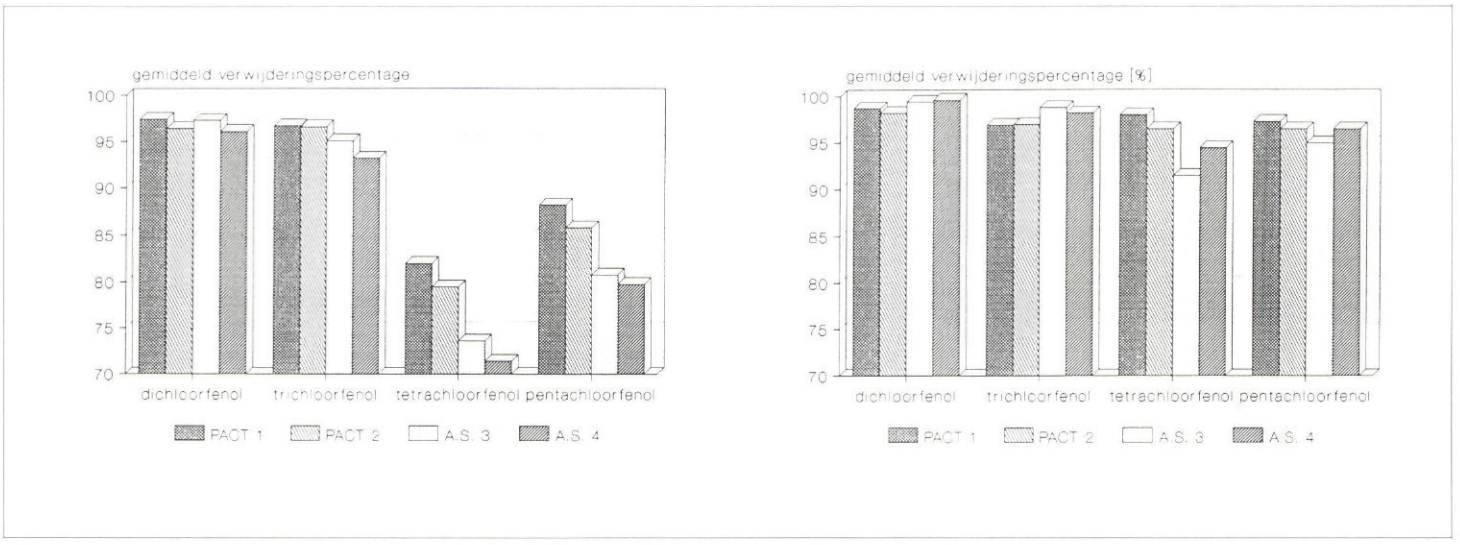
Het onderzoek naar behoud van adaptatie van de aanwezige biomassa is onderzocht door tijdelijk o-cresol als enige koolstof-en energiebron in het modelafvalwater te vervangen door acetaat. De vervanging van o-cresol door acetaat werd gedurende 14 dagen, dat wil zeggen meerdere malen de slibleeftijd van de biomassa in de beide systemen, gehandhaafd. De cresol-effluentconcentratie in het PACT-systeem blijkt nauwelijks af te nemen, die in het actief-slibsysteem daarentegen wel (tot op het niveau van het PACT-systeem, zie afb. 3). Na opnieuw toedienen van o-cresol ontstaat in het effluent een verhoging van de o-cresolconcentratie. Na verloop van een dag is de o-cresol-concentratie weer terug op het niveau van voor de voedingsperiode met acetaat.

Om een beter beeld te krijgen van de piek in het effluent van beide systemen, is dit gedeelte in afb. 4 uitvergroot. Hierin is te zien dat de piek in het PACT-systeem kleiner is dan die in het actief-slibsysteem. Verder is opgenomen de theoretische toename van de concentratie ten gevolge van de dosering van o-cresol aan het systeem (inspoel).

Rondom deze effluentpiek zijn ook een tweetal observaties van de koolbelading gedaan. Vlak voor de terugschakeling op o-cresol als substraat, dus aan het einde van de acetaat-periode, was de kool-



Afb. 3 - De o-cresol effluentconcentratie vóór, tijdens en ná de overschakeling op acetaat als voedingsbron.



Afb. 5 - Verwijderingsrendementen voor chloorfenolen bij slibleeftijd van 14 (links) respectievelijk 28 dagen (rechts).

belading 0,6 mg o-cresol/g kool (aanzienlijk lager dan de 2,5 mg/g kool die tijdens groei op cresol diverse malen gemeten was [1]). Direct na het vijfde monster na de terugschakeling op cresol bleek de koolbelading rond de 15 mg/g kool te liggen. De totale hoeveelheid geadsorbeerde cresol in de cultuur is dan ook 15 mg/l, daar de koolconcentratie 1 g/l bedroeg. Zeer opvallend is dat het verschil tussen de effluentconcentraties van het AS- en het PACT-systeem op dit moment ook 15 mg/l bedroeg. In dit geval zou alleen de koolconcentratie verantwoordelijk zijn voor het gevonden verschil in effluentconcentratie en vindt er kennelijk geen verhoogde biodegradatie plaats.

Invloed kool en slibleeftijd op verwijdering organische microverontreinigingen

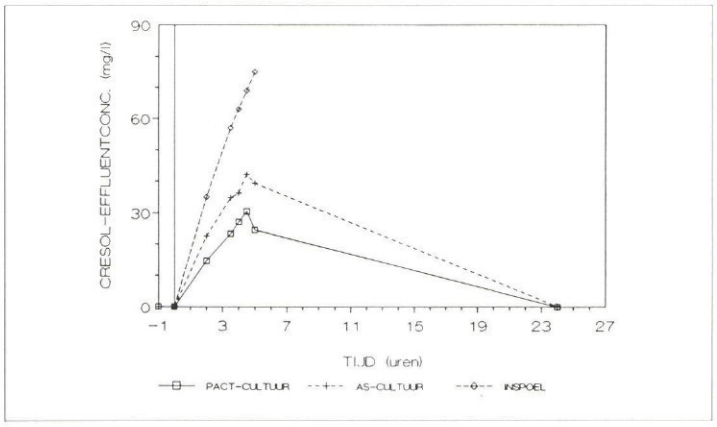
Eén van de doelstellingen van het onderzoeksproject was na te gaan in welke mate OMIVE (organische microverontreinigingen) uit een afvalwater verwijderd worden, en welke rol de dosering van actieve kool en de slibleeftijd (SRT) hierbij spelen. Niet alleen de verwijdering uit de waterfase is hier van belang, maar ook de eventuele accumulatie van de verontreinigende componenten op het slib.

Het onderzoek naar de verwijdering van organische microverontreinigingen is uitgevoerd door aan een bedrijfsafvalwater een mengsel van chloorfenolen te doseren. Het onderzoek is uitgevoerd bij slibleeftijden van 14 en van 28 dagen. De kooldosering bedroeg 100 mg kool per liter influent.

Voor dit onderzoek is gekozen voor een mengsel van chloorfenolen met een oplopend aantal chlooratomen. Naar verwachting werd hiermee tevens een reeks in eigenschappen zoals polariteit, adsorbeerbaarheid, biodegradabiliteit verkregen. Het mengsel bestond uit de volgende componenten:

- 2,4 -dichloorfenol
- 2,4,6 -trichloorfenol
- 2,3,5,6-tetrachloorfenol
- pentachloorfenol.

De influentconcentratie voor elk van deze stoffen lag in de orde van 30-100 μg/l.



Afb. 4 - De o-cresol effluentconcentratie direct na omschakeling van acetaat op o-cresol als voedingsbron.

Verwijdering van chloorfenolen

In afb. 5 zijn de verwijderingsrendementen voor de vier individuele componenten weergegeven in de vier afzonderlijke zuiveringsstraten, voor beide onderzoeksperiodes.

Net als bij de verwijdering van CZV het geval was [3], is ook voor de chloorfenolen het verwijderingsrendement bij een slibleeftijd van 14 dagen lager dan bij een slibleeftijd van 28 dagen. Dit geldt met name voor de hoger gechloreerde fenolen. Bij de hogere slibleeftijd worden dichloorfenol en trichloorfenol in het actief-slibsysteem niet significant beter verwijderd dan in het PACT-systeem. Bij beide slibleeftijden heeft het PACT-systeem een hoger verwijderingsrendement voor tetrachloorfenol en pentachloorfenol dan het actief-slibsysteem. Dit verschil is groter bij een lagere slibleeftijd. Er is geen isotherm gemaakt voor de adsorptie van de chloorfenolen aan de hier gebruikte koolsoort SA-4. Op basis van ervaringen elders opgedaan kan aangenomen worden dat bij een restconcentratie aan chloorfenol van 1 μg/l de beladingsgraad op kan lopen tot 50 mg/g kool [pers. med. v.d. Berg, 1989]. Bij een influentdosering van 100 mg/l actieve kool, betekent dit een adsorptie-capaciteit van 5 mg, het vijftigvoudige van de werkelijke gedoseerde hoeveelheid chloorfenol. Er zouden dus veel lagere restconcentraties dan 1 μg/l gehaald moeten kunnen worden. In dit onderzoek bleken de chloorfenolconcentraties in het effluent enkele μg/l te bedragen. Kennelijk is dit eveneens een gevolg van concurrerende adsorptie.

Accumulatie van chloorfenolen in slib

In tabel V wordt een overzicht gegeven van de gemiddelde gehaltes van de

TABEL V – *Gemiddelde gehaltes aan chloor-fenolen in slib, gecorrigeerd voor de recovery bij het analyseren (mg/kg · ds).*

SRT=14 dagen	DCF	TCF	TeCF	PCF
PACT	94	40	120	91
AS	13	14	59	60

SRT=28 dagen	DCF	TCF	TeCF	PCF
PACT	25	29	20	18
AS	4	6	11	7

chloorfenolen in het slib van het PACT-systeem c.q. het actief-slibsysteem bij de twee gehanteerde slibleeftijden. Het slib van de zuiveringsstraten is twee (SRT = 14 dgn) resp. één (SRT= 28 dgn) keer per week bemonsterd.

De chloorfenolen accumuleren in PACT-slib meer dan in AS-slib.
Omdat de recovery laag is en een onzekere factor vormt, is het niet mogelijk een beter onderscheid te maken dan hiervoor geschetst.

Balansstudie voor chloorfenolen
Voor de afzonderlijke chloorfenolen is een balansstudie uitgevoerd. Deze balans bevat de volgende termen:
Invoer = afvoer + ophoping + spui + biodegradatie + vervluchtiging.
Er is gesteld dat vervluchtiging verwaarloosbaar is zodat de biodegradatie als sluitpost van de balans gerekend wordt [4]. Uit de balansstudies zou men kunnen afleiden dat in het actief-slibsysteem in alle gevallen de chloorfenolen beter 'biologisch afgebroken' worden dan in het PACT-systeem. Experimentele problemen bij de analyse van chloorfenolen in slib veroorzaken een onzekerheid in de berekening van de biodegradatie. Bij het PACT-systeem wordt minder in het effluent aangetroffen, maar een groter deel van de chloorfenolen wordt verwijderd met de spui van het slib. In beide systemen wordt de slibspui als verwijderingsmechanisme belangrijker bij een kortere slibleeftijd.

Conclusies
1. Dosering van actieve poederkool aan het oxydatief biologisch zuiveringsproces heeft een verbetering van de effluent-kwaliteit ten aanzien van microverontreinigingen tot gevolg zowel tijdens steady-state condities als tijdens schokbelasting-experimenten (verbetering proces-stabiliteit).
2. De wisselingen in de beladingsgraad van de actieve kool met o-cresol duiden op het plaats vinden van bioregeneratie van de actieve kool.
3. Verbetering van het behoud van adaptatie van micro-organismen aan o-cresol als gevolg van kooldosering is niet aangetoond.
4. Een hogere slibleeftijd leidt tot een verbetering van de effluent-kwaliteit met betrekking tot de organische microverontreinigingen.

Verantwoording
Het onderzoeksproject is uitgevoerd in het kader van de Stimuleringsregeling Milieuvriendelijke Technologie van de ministeries van VROM en Verkeer en Waterstaat en is geïnitieerd door DBW/RIZA. Naast financiële bijdrage vanuit de Stimuleringsregeling is het onderzoek gefinancierd door Norit NV, Tebodin Raadgevende Ingenieurs BV, Tankcleaning Rotterdam CV en Afvalverwerking Botlek BV. Van het onderzoek zijn vier verslagen verkrijgbaar bij DBW/RIZA te Lelystad, Prof. H. C. van Hall Instituut te Groningen en het RIVM te Bilthoven. Voor de titels van de verslagen wordt verwezen naar de literatuuropgave [nr. 1, 2, 3 en 4].

Literatuur
1. Jonge, R. J. de, Andel, J. G. van (1989). *Verbeterde verwijdering van o-cresol in aanwezigheid van actieve poederkool in bioreactoren.* RIVM, Rapport no. 738517007, oktober 1989.
2. König, C. L. (1988). *Onderzoek naar de verwijdering van microverontreinigingen uit het oxydatief-biologische zuiveringsproces met behulp van actieve kool, fase 1.* Prof. H. C. Van Hall Instituut, PAC-23, september 1988.
3. König, C. L. (1989). *Idem, fase 2.* Prof H. C. Van Hall Instituut, PAC-36, augustus 1989.
4. Pols, H. B., König, C. L., Jonge, R. J. de, Berg, E. v. d. (1989). *De verwijdering van organische microverontreinigingen door toevoeging van actieve kool aan het oxydatief-biologisch zuiveringsproces.* DBW/RIZA, nota 89.062, december 1989.
5. Pols, H. B. (1983). *Waste Water Reclamation System: Biofysische zuivering en natte luchtregeneratie.* DBW/RIZA, september 1983.
6. Teurlinckx, L. V. M. en Anthonysz, R. (1986). *Biologische zuivering van industrieel afvalwater met poederkooldosering.* DBW/RIZA-nota 86.022, november 1986.
7. Verschueren, K. (1983). *Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals.* Van Nostrand Reinhold Company, London, 2nd ed.

● ● ●

Health-Related Water Microbiology
• *Vervolg van pagina 699*

Methoden en kwaliteitsborging
R. Hernandez (Frankrijk) testte media met 4-methylumbelliferyl-glucorinide (MUG) voor het aantonen van *E.coli* en met 4-methylumbelliferyl β-D-glucoside (MUD) voor het aantonen van enterococcen door middel van een Most Probable Number-methode in microtiterplaten. In vergelijking met de gebruikelijke methoden waren de media met MUG en MUD specifieker. Vooral met Middellandse-zeewater bleek het MUD-medium zeer specifiek te zijn; 99% MUD-positieve kolonies werd bevestigd als enterococcen tegenover ca. 31% van de kolonies met de (oude) membraanfiltratie-methode.
De lage specificiteit van de klassieke MF-media bleek eveneens in onderzoek van **C. M. E. de Wet** (Zuid-Afrika) die m-enterococcus-agar en KF-streptococcus-agar vergeleek. Beide media vertoonden veel vals-positieve kolonies. Het aantonen van faecale verontreiniging van water met deze media heeft daarom beperkte waarde. Door **N. A. Grabow** (CSIR, Zuid-Afrika) werd een nieuwe (MPN) methode gepresenteerd voor het (kwantitatief) aantonen van *Legionella pneumophila*, de veroorzaker van veteranenziekte. De 'klassieke' methode kost, inclusief bevestiging, ca. 15 dagen en is zeer gevoelig voor overgroei door begeleidingsflora. In de nieuwe methode wordt een verdunningsreeks uitgespateld op een voor een *Legionella* selectief medium en wordt in een smeer van de platen met immuunfluorescentiemicroscopie gezocht naar *Legionella*. De nieuwe methode kan binnen 3 dagen goede resultaten geven. Bovendien is de opbrengst van de nieuwe techniek hoger.
Door **E. Schulze** (DDR) werd aangetoond dat metaalionen een bactericide effect hebben op bacteriën in grondwater. Vooral Fe^{2+}- ionen en in iets mindere mate Cu^{2+}-ionen werden toxisch bevonden, speciaal voor gramnegatieve bacteriën. Gebonden ijzerionen hadden weinig tot geen bactericide effect. Als voorbeelden werden verbindingen met humuszuren en chelerende agentia zoals EDTA gegeven. Deze resultaten onderschrijven het belang van het behandelen van watermonsters met EDTA om bactericide effecten door metaalionen te voorkomen.
In het kader van de kwaliteitsborging werd door **K. A. Mooijman** (Nederland) een poster gepresenteerd over de bereiding en de controle van referentiematerialen voor watermicrobiologie. Ook de gebruiksmogelijkheden van deze