

# Gecombineerde licht slibbestrijding en fosfaatverwijdering door ijzer-II-sulfaat dosering

## Inleiding

Talrijke actief slib installaties van het volledig gemengde type hebben langdurig of incidenteel te kampen met licht slib. Dit in tegenstelling tot de langwerpige aeratietanks met persbeluchting, waar het licht slib probleem niet optreedt bij een normale procesvoering. Recente onderzoeken aan de Landbouwhogeschool te Wageningen [1, 2, 3] en te Praag [4, 5, 6] hebben dit bevestigd.

Pasveer en Heide [7] hebben aangetoond, dat licht slib is te bestrijden door het



J. H. RENSINK  
Landbouwhogeschool  
Vakgroep Waterzuivering



J. LEENTVAAR  
Landbouwhogeschool  
Vakgroep Waterzuivering



H. J. DONKER  
Landbouwhogeschool  
Vakgroep Waterzuivering

binnenkomende afvalwater en het retourslib eerst in een contacttank samen te brengen en vervolgens naar de oxydatiesloot te leiden. In de contacttank wordt het actief slib beladen met de zich in het afvalwater bevindende organische stoffen, waardoor er een bacterieflora ontstaat, die inherent is aan een goede bezinking van het slib.

Als richtlijn voor de contacttank geldt een gemiddelde verblijftijd van het afvalwater van ca. 8 - 10 minuten en een beladingsniveau van ongeveer 60 g CZV/kg slib. Bestrijding van licht slib met chemicaliën zoals actief chloor, waterstofperoxide, aluminium- en ijzervzouten, alsmede kalk, worden in de literatuur als positieve onderzoekresultaten vermeld, terwijl uit de praktijk blijkt dat toepassing van deze bestrijdingsmiddelen zeer uiteenlopende resultaten geeft. Het toedienen van enkele charges uitgerot slib wordt meestal als een tijdelijke verbetering van de slibindex ervaren, vooral wanneer de installatie voortdurend met licht slib had te kampen.

Een zeer recent onderzoek van Bakker [8] toonde aan, dat bij de continue toediening van een vlokmiddel aan het slibwatermengsel naar de nabezinkruimte het slib

aanzienlijk beter bezonk dan zonder dosering hiervan.

In het kader van een defosfateringsonderzoek op de semi-permanente LH-proefinstallatie voor huishoudelijk afvalwater te Ede werd destijds vastgesteld, dat licht slib, bestaande uit overwegend draadvormige bacteriën, is te bestrijden met ijzer-II-sulfaat. Hierbij daalde de slibindex tot een waarde van 30 ml/g. Zodra de dosering werd gestopt, trad er binnen enkele dagen licht slib op.

Teneinde het licht slib probleem op te lossen bij zuiveringsinstallaties, die van een gewijzigd voedingspatroon geen gebruik kunnen maken en bijkomstig fosfaat te kunnen verwijderen, zijn experimenten uitgevoerd op de proefinstallatie van de vakgroep Waterzuivering te Bennekom.

De keuze van ijzer-II-sulfaat i.p.v. bijv. ijzer-III-chloride hangt nauw samen met het feit, dat ijzer-II-sulfaat zeer goedkoop is in vergelijking met ijzer-III- en aluminiumzouten, in het simultane defosfateringsproces snel wordt geoxydeerd en daarbij weinig zuurstof vraagt. Voor de oxydatie van 7 g Fe-II naar Fe-III is slechts 1 g zuurstof vereist.

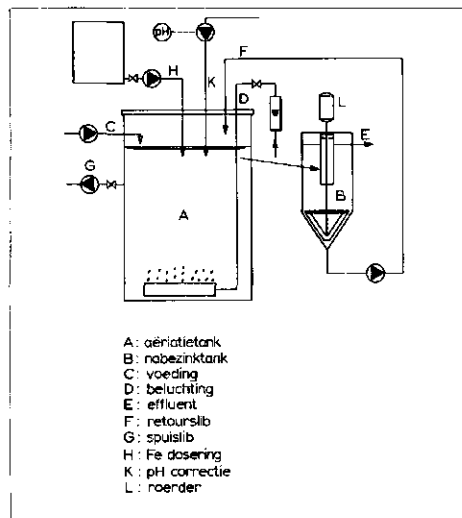
## Opzet en uitvoering onderzoek

### Proefinstallatie

De volledig gemengde aeratieruimte bestond uit een polyetheen vat met een volume van 1000 l. Het nuttige volume bedroeg ca. 900 l. De beluchting van het actief slib vond plaats middels een viertal op de bodem van het vat aangebrachte brandolbuizen. De aan de aeratieruimte gekoppelde nabezinkruimte zorgde voor een regelmatige slib indikking.

In afb. 1 is de opzet van de proefopstelling schematisch weergegeven.

Afb. 1 - Een schematische voorstelling van de proefopstelling.



### Procesparameters

Het voor de experimenten gebruikte afvalwater bestond uit voorbezonden huishoudelijk afvalwater, dat afkomstig was van de rioolwaterzuiveringsinstallatie van het dorp Bennekom. Het Bennekomsse afvalwater is van zuiver huishoudelijke aard. Het gebruikte voorbezonden rioolwater had bij droog weer-aanvoer de volgende gemiddelde samenstelling:

CZV: 500 mg O<sub>2</sub>/l

BZV<sub>5</sub>: 300 mg O<sub>2</sub>/l

N<sub>Kjeldahl</sub>: 70 mg N/l

P<sub>tot</sub>: 18 mg P/l

pH: 7,2

Alkaliteit: 7,0 meq HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l

Gel. vermogen: 800 μS/cm

BZV<sub>5</sub>: N : P: 100 : 23 : 6

Het afvalwater van Bennekom is als zacht te kwalificeren; vandaar dat het bufferend vermogen gering is. Dit bracht voor het onderzoek met zich mee, dat bij een vergaande nitrifikatie en/of bij ijzer-II-sulfaat-dosering loog werd toegevoegd om de pH niet te laten dalen beneden 7,0.

Gedurende de experimenten bedroeg het zuurstofgehalte in de aeratieruimte meer dan 3 mg O<sub>2</sub>/l.

De temperatuur schommelde tussen 13 en 18 °C.

In de aeratietank werd een slibgehalte nagestreefd met een organisch stofgehalte van ca. 2 g/l. Vanwege de ijzerdoseringen kon bij bepaalde onderzoeken het slibgehalte waarden bereiken van 3 à 4 g/l. Overmatig slib werd zoveel mogelijk continu gespuid, zodat een constant slibgehalte kon worden gehandhaafd.

De hoeveelheid retourslib bedroeg bij alle experimenten 100 % van de aangevoerde hoeveelheid afvalwater.

### Aanvangsslib

Voor het onderzoek werd slib gebruikt, dat was aangekweekt in aeratievaten, die batchgewijze werden belast met voorbezonden huishoudelijk afvalwater. Bij de laagste slibbelasting werd uitgegaan van slib uit de oxydatiesloot te Bennekom.

### Slibbelastingen

De experimenten werden uitgevoerd bij een afvalwateraanvoer van gemiddeld 75 l, 31 l en 16 l/uur. Uitgaande van een jaargemiddelde CZV-waarde van het voorbezonden rioolwater van 500 bedroegen de slibbelastingen achtereenvolgens ca. 0,5, 0,2 en 0,1 kg CZV/kg org.stof . dag. In de praktijk gelden deze waarden voor resp. een normaal belaste actief slibinstallatie, een actief slibinstallatie met deelmineralisatie en een laag belaste actief slibinstallatie ('extended aeration').

### Aanmaak en dosering ijzer-II-sulfaat

Voor het doseren van ijzersulfaat werd uitgegaan van technisch ijzer-II-sulfaat (FeSO<sub>4</sub> · 7 H<sub>2</sub>O), dat theoretisch 20,1 gewichtspercenten zuiver ijzer bevatte. Met behulp van atomaire absorptie werd een ijzergehalte van 19,9 % bepaald. Het ijzer-II-sulfaat werd opgelost in water waaraan zoveel H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was toegevoegd, dat de eind pH kleiner dan 2 was.

### Uitgevoerde analyse

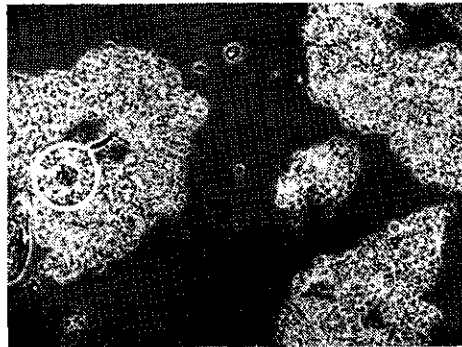
De analyse van het binnenkomende afvalwater, het slibwatermengsel en het gefiltreerde effluent werden verricht volgens NEN 3225. Daarnaast werd het slib veelvuldig m.b.v. de fase-contrastmicroscopie bekeken.

### Resultaten

#### Slibbelasting ca. 0,5 kg CZV/kg org.stof.dag

De belangrijkste parameters in het onderzoek waren de slibvolume-index en de fosfaatelminatie. Het verloop van de SVI bij de verschillende ijzerdoseringen is afgebeeld in afb. 2.

Het aanvangsslib vertoonde onder de microscoop grote compacte vlokken en enig protozoëleven. Zie afb. 3. De slibindex was laag. Dit slib begon reeds enkele dagen na de start van de proef licht te worden als gevolg van een massale ontwikkeling van Sphaerotilusdraden. Op de 16e dag begon het slib uit te spoelen, waarna werd overgegaan tot continue ijzerdosering. Uitgegaan werd van 71 mg Fe/l afvalwater. Binnen enkele dagen liep de SVI terug tot ca. 250, waarna de index opnieuw begon te stijgen. In het slib bevonden zich nog veel Sphaerotilusdraden, waarbij in en op de schede ijzerverbindingen waren geprecipiteerd. De ijzerdosering werd toen verhoogd tot 87 mg Fe/l afvalwater. Uit afb. 2 is af te lezen dat binnen enkele dagen de slibindex terugliep tot 60 ml/g slib. Geleidelijk aan



Afb. 3 - Aanvangsslib met goede bezinkingseigenschappen. Vergroting 325 x.

verdwenen nu de met ijzerverbindingen geprecipiteerde Sphaerotilusdraden. Na ca. 30 dagen werden geen draadvormige microorganismen meer in het slib aangetroffen. In de voorgaande periode was gebleken, dat een dosering overeenkomend met 87 mg Fe/l afvalwater toereikend was om het licht slib te bestrijden. De dosering werd nu verlaagd tot 71 mg/l afvalwater om na te gaan of de draadvormige bacteriën zich opnieuw zouden ontwikkelen. Gedurende een periode van 18 dagen vormden zich geen draadvormers in het slib. De slibindex liep op van ca. 30 tot 50-80 ml/g slib. In aansluiting op deze periode werd een ijzerdosering toegepast van 43,6 mg Fe/l afvalwater. De slibindex bleef ongewijzigd, terwijl er geen groei van draadvormers plaats had.

Aan het slot van dit experiment werd de ijzerdosering gestopt. Met de afname van de gloeirest trad direct een verhoging op van de slibindex. In het slib ontwikkelden zich massaal Sphaerotilusdraden, waardoor uitspoeling van het slib opnieuw begon. Het surplus slib nam aanzienlijk toe door de ijzerdoseringen. De verkregen uitkomsten hiervan zijn vermeld in tabel I.

Het zuiveringspercentage op CZV-basis bedroeg in de verschillende evenwichtssituaties 83 % of meer. Er werd geen corre-

TABEL I - De invloed van ijzer-II-doseringen op de zuiveringsgraad, de fosfaatverwijdering en de slibproductie bij verschillende slibbelastingen.

Slibbelasting (kg CZV/kg org.stof.dag)	P-Verwijdering (mol Fe/P)	Zuivering in %	Gloeirest % v. dr. stof	Slibaanwas (kg slib/kg verrijderde CZV)
0,57	0,0	17	83	14
0,65	1,7	97	93	46
0,52	2,1	97	87	51
0,55	1,7	91	90	46
0,44	1,0	74	88	41
0,59	0,0	14	84	16
0,20	0,0	11	85	14
0,21	1,9	97	91	43
0,21	3,7	95	91	53
0,17	3,6	93	92	52
0,20	1,3	95	89	48
0,18	0,8	63	90	41
0,09	0,0	17	90	23
0,09	1,3	94	89	37

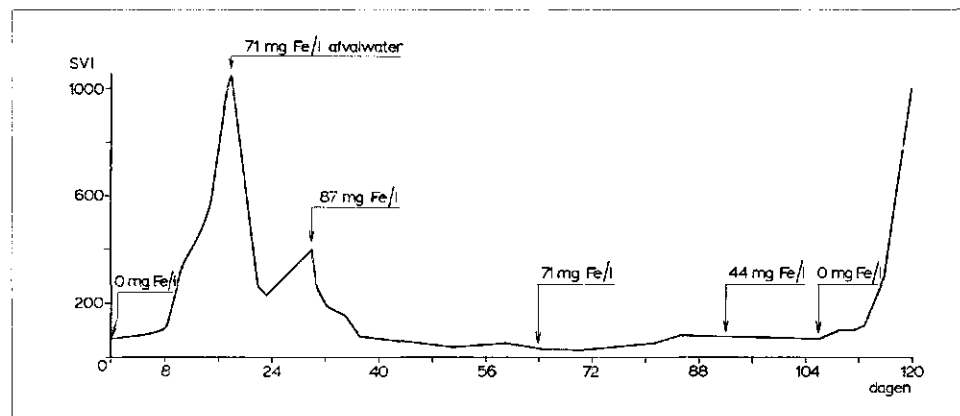
latie gevonden tussen de percentages CZV-verwijdering en de verschillende ijzer-II-sulfaatdoseringen. Bij een  $\beta$  (moleculaire verhouding Fe/P) van 1,7 werden fosfaatelminaties bereikt van 91 %. Zie tabel I. De Fe-gehalten van influent en effluent (gefiltreerd) werden tijdens de hoogste ijzer-II-dosering bepaald en bedroegen gemiddeld resp. 0,42 en 0,20 mg Fe/l. Gedurende alle proefperiodes, behalve de eerste, had een volledige nitrificatie plaats.

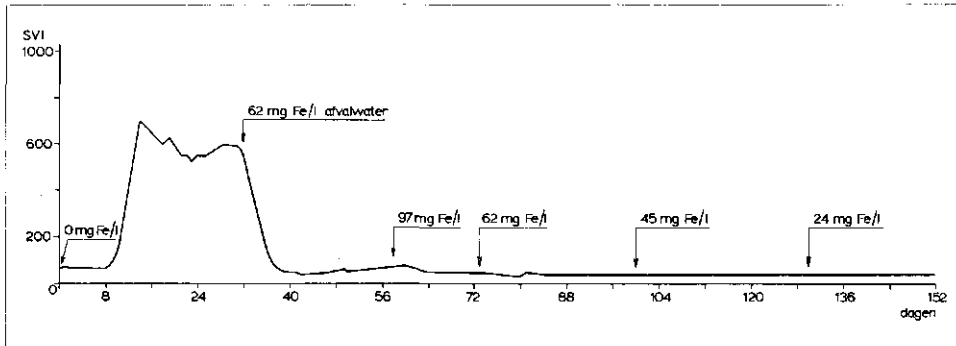
#### Slibbelasting ca. 0,2 kg CZV/kg org.stof.dag

Wederom werd gestart met slib uit een aankweekvat dat batchgewijze was gevoed. Het microscopisch beeld vertoonde grote compacte vlokken en een matig protozoëleven. Na ca. 10 dagen begon het slib licht te worden en bereikte de SVI een maximale waarde van 700 ml/g slib. Het microscopisch beeld vertoonde een overheersende groei van Sphaerotilus natans. Op dag 32 (zie afb. 4) werd overgegaan tot een continue ijzer-II-dosering van 62 mg Fe/l afvalwater.

Dit had als direct gevolg een daling van de slibindex tot ca. 60. Aangezien de draadvormers, die met ijzerverbindingen waren geprecipiteerd, niet uit het slib verdwenen, werd op de 58e dag de ijzerdosering verhoogd tot 97 mg Fe/l afvalwater. De slibindex daalde en stabiliseerde zich op een niveau van 40 ml/g slib. Onder de microscoop werd geconstateerd, dat de sphaerotilusdraden waren verdwenen. Toen na deze proefneming de hoeveelheid ijzersulfaat werd teruggebracht tot 62 mg Fe/l afvalwater en vervolgens tot 45 en 24 mg Fe/l afvalwater bleef de slibindex laag en stabiel. Bij een dosering van 45 en 24 mg Fe/l afvalwater werden langzamerhand weer enkele sphaerotilusdraden geconstateerd, die echter niet tot massale groei kwamen.

Afb. 2 - Het verloop van de SVI bij de verschillende ijzer-II-doseringen en een slibbelasting van 0,5 kg CZV/kg org.stof.dag.





Afb. 4 - Het verloop van de SVI bij de verschillende ijzer-II-doseringen en een slibbelasting van 0,2 kg CZV/kg org.stof . dag.

Evenals in de eerste proefneming hield de slibaanwas uitgedrukt in droogrest, gelijke tred met de gedoseerde hoeveelheid ijzer-II-sulfaat. De resultaten zijn in tabel I weergegeven.

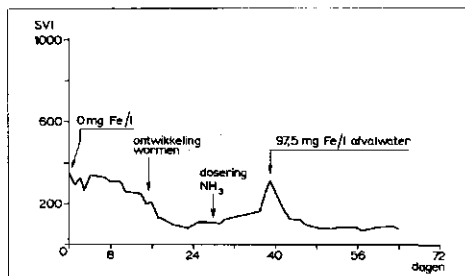
Op CZV-basis was het zuiveringspercentage zonder ijzerdosering ca. 85 % en met dosering van ijzersulfaat 89-92 %. Grotere ijzerdoseringen tenderden hier tot een beter effluent.

De fosfaateliminatie liep parallel met de ingestelde ijzerdosering en in tabel I is dit weergegeven. Bij alle experimenten had een volledige nitrificatie plaats.

#### Slibbelasting ca. 0,1 kg CZV/kg org.stof . dag

Daar bij deze proefneming niet kon worden beschikt over batch gekweekt slib, dat zo laag was belast, werd slib betrokken van de oxydatiesloot van het dorp Bennekom. Het slib had een slibindex van 300 ml/g slib en bevatte veel draadvormers zoals *Microthrix parvicella*. Nadat de installatie ca. 20 dagen in bedrijf was geweest, begon de slibindex af te nemen tengevolge van een massale groei van *Oligochaete* wormen — ca. 200.000 wormen/l. Zie afb. 5 en 6. Na bezinking van het slib in een maatcylinder waren de wormen zichtbaar als een oranje laag in het scheidingsvlak van slib en water. Tijdens deze intensieve wormengroei werd het effluent enigszins troebel, de slibvlokken kleiner, de hoeveelheid slib minder en werd het aantal draadvormers geringer.

Afb. 5 - Het verloop van de SVI bij de verschillende ijzer-II-doseringen en een slibbelasting van 0,1 kg CZV/kg org.stof . dag.



Afb. 6 - Een oligochaete worm in actief slib. Vergroting 325 x.

Daar de bovengenoemde effecten het gevolg waren van de wormengroei en dit optreden incidenteel voorkomt, werd ammoniak door de biomassa geleid teneinde de wormen te doden. Berekend werd bij een pH van 7,0 een hoeveelheid vrije ammoniak van 6 mg . NH<sub>3</sub>-N/l in het slibwatermengsel. De ammoniak-toevoeging had tevens tot gevolg, dat alle in het slib aanwezige protozoën en metazoa, zoals rotiferen werden gedood. Ook bleek de nitrificatie te zijn gestoord. Na de ammoniak-dosering begon de slibindex weer toe te nemen en verschenen *Microthrix parvicella* en nu ook *Haliscomenobacter hydrossis*. Na 2 weken was de slibindex weer op het aanvangsniveau van 350 ml/g slib. *Oligochaete* wormen waren nu afwezig. Op dag 39 werd gestart met 97,5 mg Fe/l. De slibindex liep binnen enkele dagen terug tot 100 en stabiliseerde zich later tot ca. 80 ml/g slib.

De slibaanwas is weergegeven in tabel I. Behandeling van het slib met ammoniak doorleiden, resulteerde aanvankelijk in een hoge CZV-effluent en een slechte nitrificatie. Na herstel bedroeg het zuiveringspercentage op CZV-basis meer dan 90 %, zowel met als zonder ijzer-II-dosering.

#### Conclusie

1. Bij een slibbelasting van ca. 0,5 en 0,2 kg CZV/kg organische stof per dag, trad in het volledig gemengde systeem na enkele dagen licht slib op tengevolge van een

massale groei van *Sphaerotilus natans*.

2. Bij een slibbelasting van ca. 0,1 kg CZV/kg organische stof per dag was het slib matig licht, maar ook perioden van goede bezinking door wormengroei kwamen voor. Het matig lichte slib kenmerkte zich door groei van draadvormers, zoals *Microthrix parvicella* en *Haliscomenobacter hydrossis*.

3. Het ontstane licht slib bij de genoemde slibbelastingen is goed te bestrijden met een continue dosering van ijzer-II-sulfaat en leidt tegelijkertijd tot een vergaande P-eliminatie.

4. Bij het voorkomen van licht slibvorming kan men met minder ijzer-II-sulfaat volstaan dan bij bestrijding van licht slib.

5. Dosering van ijzer-II-sulfaat geeft een verhoging van de hoeveelheid slib. De slibaanwas houdt gelijke tred met de hoeveelheid gedoseerde ferrosulfaat.

6. Mogelijk tengevolge van een hoger fosfaatgehalte in het influent is de fosfaatverwijdering bij deze experimenten hoger dan bij eerder beschreven proefnemingen op laboratoriumschaal met synthetisch afvalwater (Leentvaar [9]).

#### Slotbeschouwing

Het doel van dit onderzoek was om na te gaan of actief slibinstallaties, die te kampen hebben met licht slib en die geen gebruik kunnen maken van een gewijzigd voedingspatroon — waardoor een lage slibindex wordt verkregen — dit licht slib kunnen bestrijden met een goedkoop vlok-middel zoals ijzer-II-sulfaat. Hiermede zou dan tevens het in het afvalwater aanwezige fosfaat kunnen worden verwijderd. Uit het onderzoek, dat bij verschillende slibbelastingen is uitgevoerd, is gebleken, dat het mogelijk is licht slib te bestrijden met ijzer-II-sulfaat, waarbij tegelijkertijd het aanwezige fosfaat vergaand kan worden verwijderd. Het is wel noodzakelijk gebleken het ijzersulfaat continu te doseren; anders treedt wederom licht slib op.

Wanneer men in de praktijk licht slib wil bestrijden met ijzer-II-sulfaat dient men zoveel te doseren dat het slib in een goede conditie geraakt. Heeft men een lage slib-index verkregen, dan kan men de hoeveelheid ijzersulfaat geleidelijk aan verminderen en bezien in hoeverre de slibindex opnieuw tot oplopen neigt. Het lijkt van belang aanvankelijk zo veel ijzer-II-sulfaat te doseren, dat de draadvormige micro-organismen zijn verdwenen. Men dient echter wel te bedenken, dat bij een lagere ijzersulfaatdosering de P-eliminatie terugloopt. Een nadeel van het toedienen van een vlok-middel is een grotere hoeveelheid

# Ingezonden

## Verstedelijking, industrie en zware zomerregens: een verkennende studie

Reactie op het artikel van D. A. Kraijenhoff van de Leur en Prak

H<sub>2</sub>O (12) 1979 nr. 4; 75

slib, die ontstaat. Bij hoge ijzer-II-sulfaat-doseringen bestaat dit slib uit ca. 40 - 50 % anorganisch materiaal.

### Dankzegging

Deze publikatie is het resultaat van een drietal onderzoeken die in het kader van een doctoraalstudie Waterzuivering zijn verricht door A. van der Putte, R. Zaal en C. Nelissen. Bijzondere dank is verschuldigd aan de heren A. van Amersfoort en R. E. Roersma die op de proefinstallatie te Bennekom assistentie bij dit onderzoek hebben verleend.

### Literatuur

1. Rensink, J. H.: *New approach to preventing bulking sludge*. JWPCF 46 (1974), pp. 1888-1894.
2. Rensink, J. H., Jellema, K., Ywema, T.: *De invloed van de substraatgradiënt op de vorming van licht slib*. H<sub>2</sub>O 10 (1977) nr. 15, pp. 338-340.
3. Rensink, J. H., Voetberg, J. W. and Ywema, T. S. J.: *Die Verhinderung der Entwicklung von Blähschlamm bei der vollbiologischen Reinigung von Abwasser der Pommesfritesindustrie*. GWF-Wasser/Abwasser 118 (1977) H. 2, pp. 75-79.
4. Shudoba, J., Ottová, V. and Maděra, V.: *Control of activated sludge filamentous bulking I. Effect of the hydraulic regime or degree of mixing in an aeration tank*. Water Research 7 (1973), pp. 1163-1182.
5. Chudoba, J., Grau, P. and Ottová, V.: *Control of activated sludge filamentous bulking II. Selection of micro-organisms by means of a selector*. Water Research 7 (1973), pp. 1389-1406.
6. Chudoba, J., Bláha, J. and Maděra, V.: *Control of activated sludge filamentous bulking III. Effect of sludge loading*. Water Research 8 (1974), pp. 231-237.
7. Heide, B. A. and Pasveer, A.: *Oxydation ditch: Prevention and control of filamentous sludge*. H<sub>2</sub>O 7 (1974), pp. 373-377.
8. Bakker, P.: *De rioolwaterzuiveringsinstallatie te Oudeschild*. De Klaar meester, 12 (1977), no. 5, pp. 3-8.
9. Leentvaar, J.: *Fosfaatverwijdering*, H<sub>2</sub>O 7, 1974), pp. 370-372.



### OQSI

*In een jaarverslag lezen wij over een leidingnetuitbreiding met '138 mtr. P.V.C. van 160 m/m' en over een 'noodstroomvoorziening van 250 K.V.A.'. In beide vermeldingen is nogal gestoeid met de eenheden en afkortingen. Er had over de netuitbreiding moeten staan: 138 m PVC-buis, middellijn 160 mm terwijl de grootte van de noodstroomvoorziening had moeten worden aangeduid met 250 kVA. In het laatste geval had men zelfs beter kunnen schrijven 250 kW.*

Bij alle waardering voor de moed waarmee de auteurs zich in het 'regenwatermoeras' gestort hebben, kunnen wij ons helaas niet aan de indruk onttrekken, dat zij op zeer onzorgvuldige wijze met hun gegevens omgesprongen zijn.

Hierdoor blijkt bij nadere bestudering dat veel van hun suggesties en konklusies niet waar te maken zijn. Aangezien het onmogelijk is om op alle punten van kritiek in te gaan, hebben wij geprobeerd de belangrijkste punten van kritiek te behandelen.

De definitie van zware zomerregens is ongelukkig. In de eerste plaats omdat men uitgaat van de dagsom, die best het resultaat kan zijn van meer dan één regen, terwijl ook de indeling in dagen van zware regen 'in delen kan hakken', zodat deze niet meegeteld wordt. In de tweede plaats is de door de auteurs gegeven definitie van zware regen een andere dan die gangbaar is en die uitgaat van de intensiteit i.p.v. de hoeveelheid. Levert [1] verstaat onder een zware regen: a) iedere volledige regen met een gemiddelde intensiteit van 0,20 mm/min of meer, en b) het zo lang mogelijk uitgekozen gedeelte van een regen, waarover de gemiddelde intensiteit 0,20 mm/min is of zo dicht mogelijk er boven ligt. Het is wel begrijpelijk, dat de auteurs met hun eigen definitie komen, omdat op de meeste meetpunten geen intensiteit gemeten wordt en de bewerking van de gegevens veel ingewikkelder zou worden.

De gemeten variabele: het aantal 'ontdekte' zware zomerregens in Nederland in de periode 1933 - 1956 en 1957 - 1975 is afhankelijk van de dichtheid van het meetnet. Gevolg: de kansdichtheidsverdeling verandert in de tijd en wel zodanig, dat de kans op een 'ontdekte' zware zomerregen in de tweede periode groter is dan in de eerste periode.

Bovendien blijkt, dat de kumulatieve frekwentieverdelingen van beide perioden (afb. 3) niet significant verschillen (zelfs niet met  $\alpha = 0,2$ ). Een significante toename van het aantal zware zomerregens in Nederland is dus niet bewezen.

Het verschijnsel, dat de meetpunten met een 'extrem' aantal zware zomerregens zich bevinden in beperkt aantal regio's is opvallend, maar men dient zich te realiseren dat het aantal gemeten zware zomerregens ondanks het grote aantal jaren toch nog vrij gering is (ca. 1,5 zware zomerregen per meetpunt per jaar gemiddeld). Dat sommige regio's een voorkeur hebben voor zware zomerregens is mogelijk, maar niet aangetoond.

Maar stel, dat het aantal zware zomerregens wel significant toegenomen zou zijn, dan zou dit effect niet zonder meer aan de toename van de industriële produktie toegeschreven kunnen worden. Men zou in dit

geval eerst bijv. moeten kijken of er verschil is tussen beide perioden, wat betreft het voorkomen van cirkulatietypen (weertypen), die aanleiding kunnen geven tot zware zomerregens. Men zou immers het eventuele verschijnsel ook toe kunnen schrijven aan iets andere meteorologische omstandigheden in de tweede periode.

Dat Nederlandse SO<sub>2</sub>-emissies invloed zouden kunnen hebben op het ontstaan van zware zomerregens is zeer onwaarschijnlijk. De omzetting van SO<sub>2</sub> naar sulfaat-aerosol verloopt nl. zo langzaam, dat de betreffende luchtmassa het Nederlandse grondgebied al weer verlaten heeft, voordat er een merkbare toename van het aantal sulfaat-aerosolen plaats heeft gevonden. De sulfaataerosolen die boven Nederland te vinden zijn, ontstaan voornamelijk door oxidatie van SO<sub>2</sub>, dat afkomstig is van buitenlandse bronnen. (Indien men tenminste geen rekening houdt met het door de seaspray veroorzaakte sulfaatbevattende aerosol). Ook de uit buitenlands SO<sub>2</sub> ontstane sulfaat-aerosolen zullen waarschijnlijk onbelangrijk zijn als condensatiekern, aangezien ze klein zijn (dus absoluut geen 'giant nuclei'), en slechts als condensatiekern dienst zullen doen als de in ruime mate voorhanden zijnde grotere kernen 'verbruikt' zijn. Als vrieskern zullen ze zeker geen dienst doen, omdat vrieskernen onoplosbaar moeten zijn (wat ze niet zijn) en een kristalstructuur zouden moeten hebben die op die van ijs lijkt (wat ook niet het geval is).

Dat het verschijnsel van een toename van het aantal zware zomerregens statisch niet aangetoond kan worden, hoeft nog niet te betekenen, dat er niet van een geringe toename (bijv. in sommige regio's) sprake zou kunnen zijn. We zitten hier echter in de marge van de onzekerheid, iets wat helaas bij zoveel milieuproblemen het geval is. Wanneer het de bedoeling van de auteurs geweest is hierop te wijzen, dan is het artikel toch niet voor niets geschreven. Een gedegen onderzoek naar het voorkomen van zware zomerregens en het opsporen van de oorzaken daarvan, zou zeer veel inspanning en geld kosten. Men dient zich echter af te vragen of zo'n onderzoek wel prioriteit zou dienen te krijgen gezien andere, wellicht dringender, milieuproblemen.

### Literatuur

1. Levert, C.: *Regens, een statistische studie*, KNMI Meded. en Verh. nr. 62, Den Haag (1954), p. 25.

W. A. H. ASMAN  
L. A. CONRADS  
P. J. JONKER

Instituut voor Meteorologie en Oceanografie,  
Rijksuniversiteit Utrecht