

# Anaerobe zuivering van bietsuikerafvalwater op semi-technische schaal

## Inleiding

Uit laboratoriumexperimenten met kleine upflow-reaktoren (60 liter en 17,7 liter) is gebleken dat de toepassing van anaerobe gisting als directe zuiveringsmethode voor het afvalwater van een suikerfabriek gunstige perspectieven biedt [1, 2, 3].

Een vergaande CVZ-reduktie (85-95 %) werd verkregen bij de behandeling van dit afvalwater in een reaktor met goed ge-adapteerd slib bij een slibbelasting van ca. 0,7 kg CZV/kg d.s./dag.

Betreffende laboratoriumexperimenten



G. LETTINGA  
LHW



K. CH. PETTE  
LHW



R. DE VLETTER  
CSM

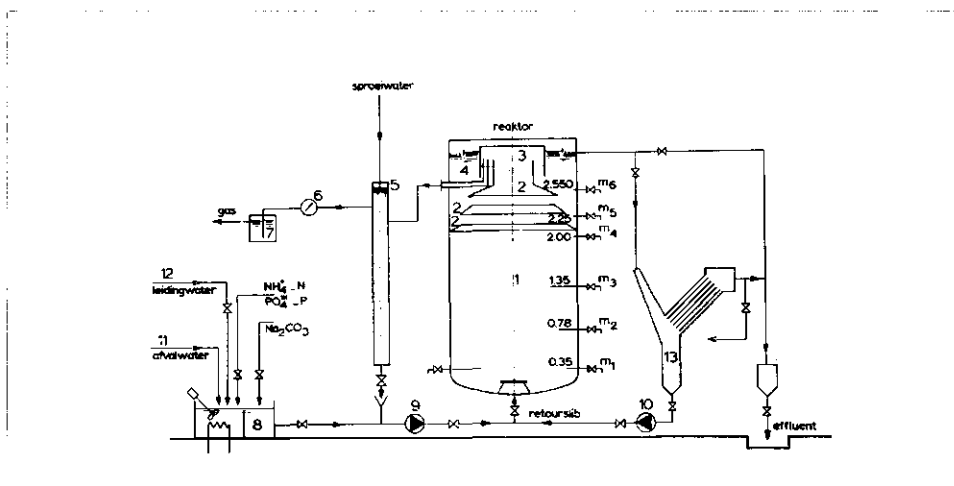


E. WIND  
CSM

konden echter nog geen uitsluitsel geven over de maximaal toepasbare slibbelasting bij langdurig continu bedrijf en over de maximaal toepasbare volumebelasting in een praktijkreaktor.

Voorliggend artikel geeft een samenvatting van de resultaten van experimenten met afvalwater van de suikerfabriek van de CSM te Breda in een upflow-reaktor op semi-technische schaal met een inhoud van 6 m<sup>3</sup>. Voor gedetailleerdere informatie over de verkregen onderzoekresultaten zij verwezen naar het onderzoeksrapport [4].

Het experimentele programma werd uitgevoerd door A. J. v. d. Vlucht, K. Ch. Pette, A. de Borst en W. van Gils en begeleid door G. Lettinga (LHW), R. de Vletter en E. Wind (CSM). Aanvullende laboratoriumexperimenten werden uitgevoerd door M. IJland en S. Hobma (LHW).



Afb. 1 - De gebruikte experimentele opstelling.

## Experimenteel

De gebruikte proefopstelling (afb. 1)

Het onderzoek is uitgevoerd in een cilindervormige reaktor (1) met een netto inhoud van 6 m<sup>3</sup>. De hoogte van de reaktor bedraagt 3 m en de diameter 1,59 m.

De reaktor is uitgerust met een roerder \* en bovenin — overeenkomstig de laboratoriuminstallaties — voorzien van een gasafscheidingsysteem (2). In de ruimte onder de gasgeleiders (inhoud: 4,65 m<sup>3</sup>) vindt de vergisting van het aangevoerde organische materiaal plaats. Het hierbij gevormde gas wordt via de gasgeleiders naar de gasklok (3) geleid, van waaruit het gas via een schuimafscheider (5), een gasmeter (6) en een waterslot (7) wordt afgevoerd. D.m.v. het waterslot wordt ongeveer 200 mm waterkolom overdruk op het gas in de gasklok (inhoud 0,2 m<sup>3</sup>) gezet. Het water-gas scheidingsvlak bevindt zich aldus ongeveer op de in het schema aangegeven hoogte.

Het waterslibmengsel vindt via de spleten tussen de gasgeleiders zijn weg naar de bezinkruimte (4), d.i. de ruimte boven het gasafscheidingsysteem (inhoud: 1,15 m<sup>3</sup>). De meegevoerde slibdeeltjes kunnen, doordat hier geen vermenging meer plaatsvindt t.g.v. omhoogschietende gasbellen, tot bezinking komen. Het aldus afgescheiden slib groeit op de hellende wanden van de gasafscheiders aan tot grotere vlokken, en kan daarna via de spleten teruggliden in de gistingruimte. De vrije doorvoeroppervlakte van deze spleten bedraagt ongeveer 1 m<sup>2</sup>, dus de helft van het dwarsoppervlak van de reaktor (afb. 1).

Het effluent verlaat de reaktor via een duikschot en overstortrand; tijdens het

\* Aangezien niet of nauwelijks in de reaktor werd geroerd, is de roerder in het schema niet aangegeven.

laatste deel van het experiment (periode 408-525) werd het effluent naar een zgn. Tilttable Plate Settler (TPS) (13) geleid om eventueel nog meegevoerde slibdeeltjes af te scheiden. De TPS heeft een totale inhoud van 270 l en een doorstroomde inhoud van 165 l. De inhoud van het platenpakket bedraagt 125 l. Het platenpakket bestaat uit een aantal onder een hoek van 45° parallel geplaatste golfplaten. De onderlinge afstand van de platen bedraagt 4 cm. De TPS werd in bruikleen verkregen van de firma Pielkenrood.

Het influent (11) bereikt de reaktor via een buffervat (8), dat bestaat uit twee compartimenten. In het eerste compartiment wordt het water m.b.v. dompelementen op de gewenste temperatuur gebracht. Tevens wordt hier — indien gewenst — leidingwater (12) en/of een oplossing van voedingszouten gesuppleerd. In het tweede compartiment vindt, indien nodig, de suppletie van soda plaats. Het afvalwater wordt onderin de reaktor binnengevoerd. Een boven de inlaat aangebrachte plaat zorgt voor een min of meer regelmatige verdeling van het influent over de reaktor bodem.

In de reaktorwand zijn op verschillende hoogten monsterpunten (m<sub>1</sub> t/m m<sub>6</sub>) aangebracht. De hoogte van de monsterpunten is aangegeven in afb. 1.

## Uitgangsslib

Het gebruikte uitgangsslib was afkomstig uit de slijkgistinginstallatie te Etten-Leur. Bij de aanvang van het experiment in juli 1974 bevond zich in de reaktor ongeveer 11 kg slib d.s./m<sup>3</sup>. Met dit slib zijn op laboratoriumschaal diverse adaptatie-experimenten uitgevoerd. De resultaten hiervan hebben aangetoond dat vooral de afbraak van propionzuur nogal traag op gang komt [3, 4, 5].

TABEL I - Belangrijkste karakteristieken van de gebruikte voedingen.

Code	Herkomst	CZV mg/l	CZV <sub>vetzuur</sub>		N <sub>totaal</sub> mg/l	P <sub>totaal</sub> mg/l
			CZV <sub>totaal</sub>	pH		
a	campagne afv. water	1000 - 4500	0,75	6,5 - 7,5	25 - 100	3 - 30
b	opgeslagen campagne afv. water	1000 - 3000	0,75	6,5 - 7,5	~ 40	~ 3
c	afv. water vloeibare suikerfabriek	6000 - 18000	0,2	3,8 - 4,3	30 - 80	1 - 3

### Voeding

Gezien het campagne karakter van de suikerindustrie kan slechts gedurende een deel van het jaar worden beschikt over 'vers' afvalwater. De experimenten zijn buiten campagnetijd uitgevoerd met opgeslagen campagne afvalwater en/of afvalwater van een bijproducten- (vloeibare suiker-) fabriek. De belangrijkste karakteristieken van de gebruikte typen afvalwater zijn samengevat in tabel I.

Het afvalwater van de vloeibare suikerfabriek werd — alvorens het de reaktor werd binnengevoerd — verdund met leidingwater. Vanwege het lage P-gehalte moest tevens een hoeveelheid PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P worden gesuppleerd.

### Indeling van het experiment

De experimenten zijn gestart op 16-7-1974 (dag 0) en zijn afgesloten in april 1976. De resultaten in dit artikel hebben betrekking op de periode van 16-7-1974 tot 20-12-1975 (dag 525). Het experiment is opgesplitst in de in tabel II vermelde proefperioden.

### Uitgevoerde analyses

Het proces werd gevolgd door meting van onder meer gasproductie en gassamenstelling, pH, CZV, totaal vetzuurpercentage en bicarbonaatalkaliteit gedurende minimaal 5 maal per week. Tevens werd regelmatig het d.s.-gehalte van de reaktorinhoud op verschillende hoogten over de reaktor gemeten. Totaal stikstof en totaal fosfaat analyses werden incidenteel uitgevoerd. Ook de vetzuursamenstelling werd minder frequent bepaald. De metingen en analyses zijn verricht op gecentrifugeerde en niet-gecentrifugeerde influent- en effluentmonsters (steekmonsters) en soms op monsters genomen over de hoogte van de reaktor. Gedurende een bepaalde periode werden CZV-bepalingen ook uitgevoerd op gevlokte monsters (met 200 mg/l Fe). De totaal vetzuur- en bicarbonaatalkaliteitsmeting werd uitgevoerd volgens een bij de vakgroep Waterzuivering uitgewerkte titratiemethode. De vetzuursamenstelling werd gaschromatografisch bepaald, t.w. bij 120 °C over een kolom met Chromosorb WAW-DMCS (60-70 mesh) met Tween 80

als stationaire fase en stikstof, verzadigd met mierzuur, als draaggas. De overige methoden werden zoveel mogelijk volgens de NEN-voorschriften uitgevoerd.

### Resultaten en discussie

#### Aanloop van het gistingsproces (periode 0-147)

Gedurende de eerste 113 dagen is voornamelijk als gevolg van diverse storingen, waardoor de experimenten diverse keren gedurende meerdere dagen moesten worden onderbroken, de toegepaste CZV-belasting nauwelijks hoger geweest dan 2 kg/m<sup>3</sup>/d (aanvangsslibbehandeling < 0,15 g CZV/g d.s./d). Tengevolge van de uitzonderlijke slechte weersomstandigheden, waardoor in het afvalwater o.a. een zeer hoog gehalte

aan kleideeltjes aanwezig was, kon slechts gedurende een korte periode (86-111) met het 'verse' campagne afvalwater worden gewerkt.

Gedurende de eerste 4 weken — met opgeslagen campagne afvalwater als voeding (CZV: 2800-2300 mg/l) — was de verkregen zuivering gering. Hierna begon de gisting echter goed op gang te komen. Op dag 32 werd bij een belasting van 0,8 kg CZV/m<sup>3</sup>/d een CZV-redukatie van 50 % bereikt, hetgeen daarna is opgelopen tot 80 % op dag 64 bij een belasting van 2 kg CZV/m<sup>3</sup>/d. Tijdens de periode met campagne afvalwater als voeding liep de zuivering bij een maximaal toegepaste belasting van ca. 2 kg CZV/m<sup>3</sup>/d (3,5 kg/m<sup>3</sup>/d op basis van niet gecentrifugeerde influent monster) terug tot 65 - 75 %.

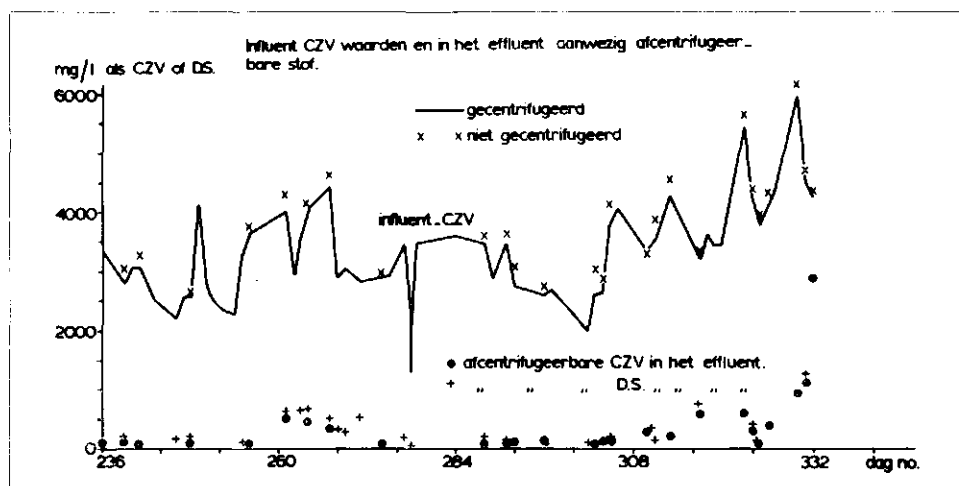
Na overschakeling op het afvalwater van de vloeibare suikerfabriek, werd geconstateerd dat op dag 142 minimaal 5-6 kg CZV/m<sup>3</sup>/d door het systeem kon worden afgebroken. In eerder in het laboratorium met hetzelfde silb uitgevoerde experimenten [3, 4, 5] werd hetzelfde resultaat reeds na twee maanden bereikt. Op grond van laatstgenoemde experimenten en het inzicht verkregen in deze materie uit diverse andere

TABEL II - Indeling van het experiment in proefperioden.

Termijn *	Belangrijkste doelstellingen tijdens de periode	Voeding (zie tabel I)	Temp.
0-147	Aanloop gisting alsmede technisch bedrijfsreaktor	a, b, c en combinaties	30-40 °C
176-236 (7-1-75/7-3-75)	Max. toepasbaar belastingniveau, o.a. bij diverse temp.	b	10-35 °C
236-334 (7-3-75/4-6-75)	Max. toepasbaar belastingniveau	c	26-35 °C
407-437 (25-8-75/23-9-75)	Snel opstarten proces met ca. 2 maanden ongevoerd bewaard slib	c	ca. 30 °C
438-524 (24-9-75/20-12-75)	Max. opvoeren org. en hydraulische belasting	a	23-35 °C

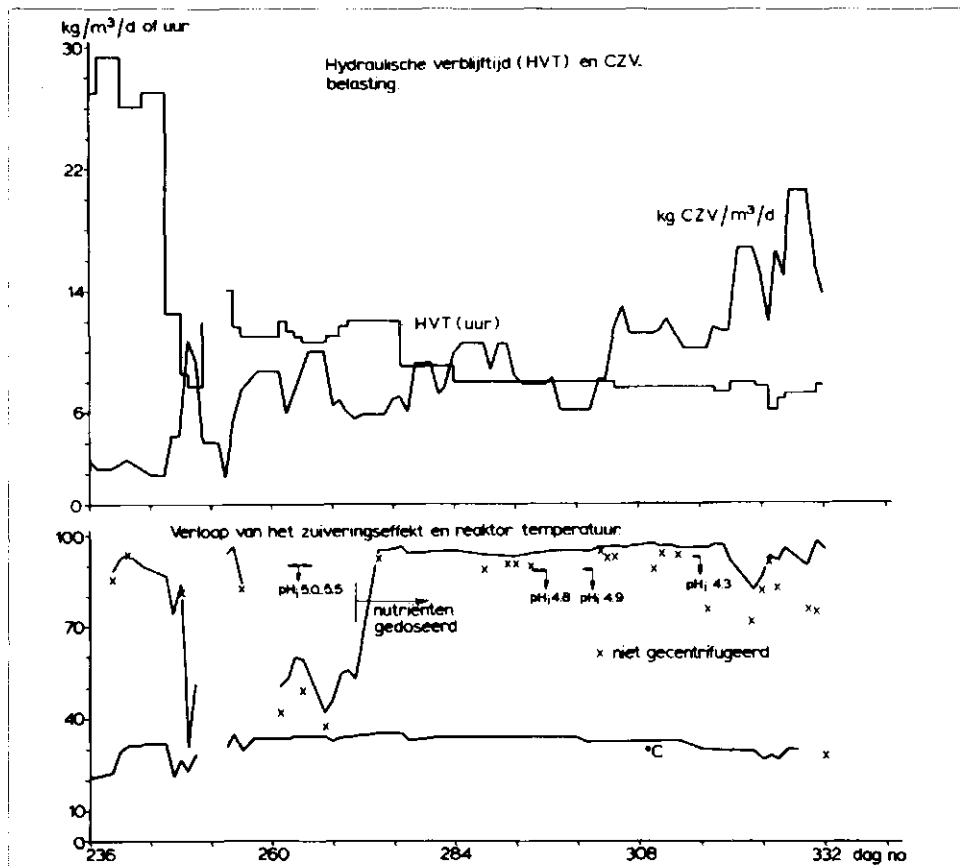
\* Langdurige onderbrekingen van de experimenten: 148-175 en 334-407.

Afb. 2a - Verloop van de sliboatspoeling en influent CZV-waarden tijdens periode 236-334.



'aanloopexperimenten' zoals met niet en met wel verzuurde bietsuikerextractoplossingen [2, 3], zijn wij van mening dat óók op praktijkschaal binnen twee maanden met niet geadapteerd slib als 'entmateriaal' bij een zuiveringseffekt van 80 - 90 % een belasting van ca. 5 kg CZV/m<sup>3</sup>/d moet kunnen worden toegepast.

Afb. 2b - Verloop van de HVT, org. belasting, zuiveringseffekt en reaktortemperatuur tijdens periode 236-334.



### Zuiveringsresultaten

De resultaten verkregen na dag 236, sinds welke dag voortdurend storingsvrij en onder voor methaangisting gunstige omstandigheden kon worden geëxperimenteerd, zijn onder meer grafisch weergegeven in de afb. 2 en 3. Uit deze resultaten blijkt, dat het systeem na dag 285 bij een zuiverings-

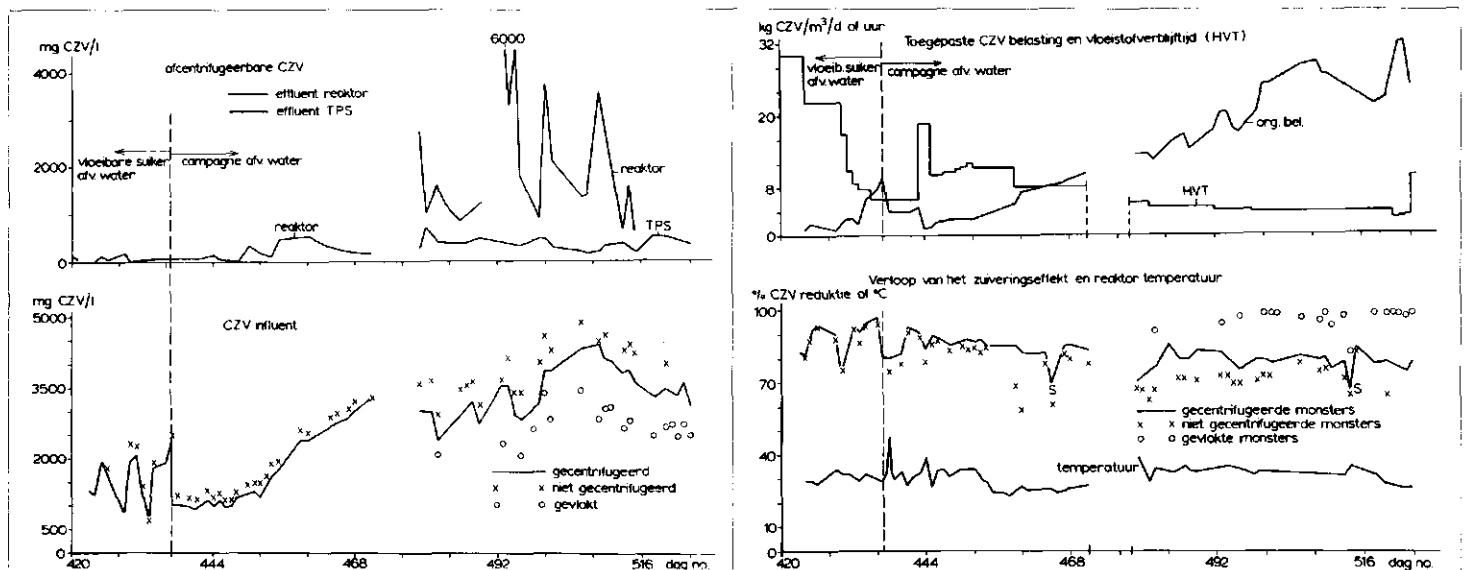
effekt van minimaal 90 % gemakkelijk een CZV-belasting van 10 kg/m<sup>3</sup>/d kan verwerken. Gedurende de periode 320-330 kon zelfs een belasting van 16 à 20 kg CZV/m<sup>3</sup>/d goed worden verwerkt. Aangezien tijdens deze periode van het onderzoek (236-334) het afvalwater van de vloeibare suikerfabriek — dat in vergelijking met campagne afvalwater maar voor een gering deel is verzuurd — als influent is gebruikt, is tevens duidelijk dat voor toepassen van een hoge volumebelasting de verzuringen en methaangistingsfase *naast elkaar* in dezelfde reaktorruimte mogen verlopen. Tijdens de periode 479-524 (afb. 3) — met campagne afvalwater als influent — is continu gewerkt bij een belasting hoger dan 10 kg/m<sup>3</sup>/d. De maximaal toegepaste belasting op basis van gecentrifugeerde influent monsters bedroeg ca. 30 kg CZV/m<sup>3</sup>/d. Uit afb. 3 blijkt, dat de opgeloste bestanddelen ook bij dergelijke hoge belastingen voor ca. 95 % kunnen worden verwijderd. Fijn gesuspendeerde organische bestanddelen, die in de loop van de campagne in het afvalwater accumuleren, worden slechts voor een gering deel afgebroken en/of afgevangen. Resultaten in tabel III geven hiervan een indruk.

TABEL III - Gemiddeld gemeten CZV-reductie over verschillende fracties organische stof in het afvalwater (periode 492-524).

	inh.	effl.	% reductie
totaal CZV (mg/l)	4230	1170	72,5
opgeloste CZV (mg/l)	2800	100	96
uitcentrifugeerbare CZV (mg/l)	560	370	34
uitvlokkebare CZV (mg/l)	850	705	17
totaal gesuspendeerde CZV (mg/l)	1430	1070	25

Afb. 3a - Verloop van de slibuitspoeling en influent CZV-waarden tijdens periode 420-524.

Afb. 3b - Verloop van de HVT, org. belasting, zuiveringseffekt en temperatuur tijdens de periode 420-524.



## Effekt van milieu-omstandigheden op de gisting

### Temperatuur

De temperatuur is tijdens het onderzoek meermalen gedurende langere perioden op een voor methaangisting minder optimaal niveau geweest. Zo bedroeg de temperatuur van het afvalwater gedurende de periode 216-235 slechts 10-16 °C.

Bij een toegepaste CZV-belasting tot 1,4 kg/m<sup>3</sup>/d kon desondanks een zuiveringseffekt worden bereikt van ca. 60 %. Bij een temperatuur rond 20 °C kon vlak daarna bij 90 % zuivering een belasting tot ca. 2,5 kg CZV/m<sup>3</sup>/d worden toegepast. Uit de resultaten in afb. 3 blijkt, dat met een goed ingewerkt proces bij 25 °C goede resultaten worden verkregen bij volume belastingen tot 20 kg CZV/m<sup>3</sup>/d.

### Influent pH

Uit de resultaten in afb. 2 kan worden afgeleid dat een lage influent pH, zoals bijv. pH = 4,3 tijdens periode 315-316, niet bezwaarlijk hoeft te zijn. Voorwaarde hierbij is echter, dat de pH van de reaktorinhoud wel op een voor methaangisting gunstig niveau blijft (pH > 6). Dankzij de plaatsvindende afbraak van vetzuren en de door de gasontwikkeling optredende menging, werd zelfs bij een influent pH van 4,3 en een toegepaste CZV-belasting van 0 kg/m<sup>3</sup>/d aan deze voorwaarde voldaan.

Overigens moet er wel op worden gewezen — met name met slechts weinig verzuurd afvalwater als influent — dat een lage influent pH de nodige risico's met zich brengt en dat derhalve enige veiligheidsmaatregelen in het proces moeten worden ingebouwd.

### Nutriënt gebrek

Uit de resultaten in afb. 2 blijkt, dat een gebrek aan nutriënten (in dit geval PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-P) een slechte zuivering tot gevolg heeft. Nadat een en ander is verholpen (dag 271) treedt snel een verbetering in de zuivering op.

## Slibeigenschappen

### Specifieke activiteit

Diverse slibactiviteitsmetingen hebben uitgewezen, dat het slib in staat is 0,8 - 1,1 gr CZV/g.org.st./d af te breken. Gedurende 3 maanden bij omgevingstemperatuur (15 - 35 °C) in de reaktor bewaard slib, verkrijgt na zeer korte tijd weer z'n oorspronkelijke activiteit.

Aanlooppomoeilijkheden bij de start van de reaktor na een dergelijke lange voedingsloze periode, zijn dan ook niet geconstateerd (afb. 3, resultaten vanaf dag 420 na voedingsloze periode van 94 dagen).

### Vlokkings- en bezinkingseigenschappen

Het slib in de reaktor heeft in de loop van de experimenten uitstekende bezinkingseigenschappen gekregen. De SVI varieert van ca. 10 - 20 ml/g voor het in de loop der tijd in de reaktor gevormde korrelige slib (deeltjes van 0,2 - 2 mm) tot 20 - 30 ml/g voor het aanwezige vlokke slib. Dit vlokke slib heeft uitstekende vlokkings-eigenschappen. Diverse over de hoogte van de reaktor gemeten slibprofielen reflecteren de aanwezigheid van de twee 'soorten' slib [4].

### Asgehalte van het slib

Gebleken is, dat het asgehalte van het slib in sterke mate wordt bepaald door het influent. Indien het kleigehalte van het influent hoog is (campagne 1974!) treedt een scherpe stijging (tot ca. 80 %) van het asgehalte op. Na overschakeling op afvalwater met een laag kleigehalte daalt het asgehalte geleidelijk weer tot ca. 30 %, zonder dat hierbij overigens uiterlijk veel aan de slibdeeltjes verandert. Geconstateerd is, dat uitgespoeld slib een lager asgehalte heeft dan het slib dat in de reaktor achterblijft.

### Slibuitspoeling/Slibretentie

De resultaten in afb. 2 en 3 geven een beeld van de opgetreden slibuitspoeling. Uit afb. 2 blijkt dat pas na dag 326 een sterke toename van de slibuitspoeling optreedt. Metingen van de slibinhoud van de reaktor toonden aan dat het slibbed dan ook over vrijwel de gehele reaktorinhoud is geëxpandeerd, m.a.w. de reaktor is onder de betreffende omstandigheden — met name t.a.v. toegepaste organische en hydraulische belasting — 'vol' met slib. Een gebrek aan nutriënten lijkt eveneens een sterkere expansie van het slibbed tot gevolg te kunnen hebben, getuige de verhoogde slibuitspoeling gedurende de periode 236-270. Een zeer hoge slibuitspoeling blijkt voorts te zijn opgetreden na dag 479. Hiervoor zijn meerdere oorzaken aan te wijzen, onder meer de omstandigheid dat na een voedingsloze periode (468-478) direct een zeer hoge belasting werd toegepast, een gebrekkig functioneren van de gasafscheider, alsmede de aanwezigheid van een hoog gehalte aan fijn gesuspendeerd organisch materiaal in het influent. Tevens werd gedurende deze periode in de TPS afgevangen slib naar de reaktor teruggevoerd! De hoge slibuitspoeling na dag 479 moet derhalve beslist niet worden geweten aan principiële gebreken aan de bezinker/gasafscheider. Op details kan het gasafscheidingsysteem echter worden verbeterd; zo is het wenselijk de bovenste gasgeleider en de gaskap uit een geheel te vervaardigen, zonder doorvoerruimte!

Wat betreft de slibretentie, is gebleken dat

zelfs bij een toegepaste belasting van 30 kg CZV/m<sup>3</sup>/d gemiddeld 30 kg slib org.stof/m<sup>3</sup> in de reaktor kan worden gehouden. Onder in de reaktor worden slibconcentraties hoger dan 100 g/l aangetroffen [4].

### Werking TPS

Uit de resultaten tijdens de periode 438-524 (afb. 3a) blijkt dat de achter de reaktor geïnstalleerde TPS een zeer goede afscheiding van het meegevoerde slib geeft.

## Slobeschouwing

### Toepasbaar belastingpotentieel

De maximaal toepasbare organische volumebelasting wordt bepaald door:

- mate van contact tussen slib en afvalwater;
- specifieke activiteit van het slib;
- slibretentie van de reaktor.

Wat betreft de *mate van contact* van het slib met het afvalwater mag worden gesteld, dat deze t.g.v. de plaatsvindende natuurlijke menging ruimschoots voldoende is om een redelijke homogene slibbelasting te waarborgen. Een aanwijzing voor de goede menging vormen gemeten CZV-profielen over de hoogte van de reaktor [4] en de omstandigheid dat een lage influent pH-waarde geen merkbaar nadelig effect heeft.

De *slibactiviteit* is van dezelfde orde van grootte als onder vergelijkbare omstandigheden is verkregen bij experimenten in laboratoriumschaal upflow reaktoren [1, 2]. De omstandigheid dat in de 6 m<sup>3</sup>-upflow reaktor zoveel hogere organische belastingen konden worden toegepast dan in laboratoriumschaal installaties is dan ook vnl. te danken aan de veel betere *slibretentie* van de 6 m<sup>3</sup>-reaktor, nl. min. 45 kg ds/m<sup>3</sup> in de 6 m<sup>3</sup>-reaktor tegen max. 15 kg/m<sup>3</sup> in een laboratoriumschaal upflowreaktor. Het maximaal toepasbare belastingpotentieel wordt primair bepaald door de slibretentie en derhalve de factoren hierop van invloed.

### Factoren van belang t.a.v. de slibretentie en slibuitspoeling

Zowel slibretentie als slibuitspoeling hangen in sterke mate samen met de vlokkings- en bezinkingseigenschappen van het slib. Vooral het in de reaktor gevormde 'korrelige' slib heeft uitzonderlijk goede bezinkingseigenschappen van het slib, vraag waarop derhalve antwoord moet worden gegeven is, hoe dit slib ontstaat en welke factoren hierop van invloed zijn. De in het slibbed optredende indikking, gekombineerd met de homogene en weinig intensieve manier van menging moeten o.i. als belangrijke vormingsmechanismen voor het korrelige slib worden gezien. Daarnaast

zijn ook andere factoren, zoals de continue afvoer van fijn en slecht vlokkend materiaal uit het systeem, van belang.

Op grond van een en ander valt in te zien dat een toenemende reaktorhoogte, zoals bijv. van 1 m voor een laboratorium reaktor tot 3 m voor de 6 m<sup>3</sup>-installatie, een gunstig effect heeft op de slibretentie. Een verdere verhoging van de reaktor, mits niet te extreem, is o.i. uit het oogpunt van *slibretentie* dan ook niet bezwaarlijk.

Voor de *slibuitspoeling* is vooral de aanwezigheid/vorming van het vlokkige slib van belang — en dan met name van de kleinste langzaamst bezinkende 'primaire' slibdeeltjes.

Als gevolg van erosieverschijnselen in het 'dichte slibbed' kunnen uit de slibkorrels continue kleine 'primaire' slibdeeltjes worden vrijgemaakt. Ten aanzien van de vorming van vlokkig en korrelig slib over en weer uit elkaar kunnen diverse factoren van belang zijn, zoals de aan- en afwezigheid van fijn gesuspendeerd organisch of anorganisch (bijv. klei) materiaal in het influent, een gebrek aan nutriënten, toegepaste slibbelasting, type voeding en temperatuur. Nader onderzoek zal hierover uitsluitsel moeten geven. Dankzij de aanwezigheid van de bezinker/gasafscheider zal — als gevolg van de hierin plaatsvindende afvangst van slibdeeltjes en de optredende vlokking — boven het 'dichte slibbed' na verloop van enige tijd een 'vlokkig slibbed' worden gevormd, waarin afhankelijk van het d.s.-gehalte, optredende menging e.d. eveneens in toenemende mate vlokings- en indikprocessen gaan optreden. Zodra het 'vlokkige slibbed' zich uitstrekt tot aan de overstortrand kan men stellen, dat de reaktor 'vol' is met slib.

Het zal duidelijk zijn, dat reeds een kleine verandering in de omstandigheden — bijv. toegepaste organische en/of hydraulische belasting, temperatuur e.a. — een zeer merkbare invloed kan hebben op de hoogte van het 'vlokkige slibbed' en derhalve op de slibuitspoeling. De resultaten m.b.t. de opgetreden slibuitspoeling moeten in dit licht worden geïnterpreteerd [4].

Met betrekking tot de hoogte van een eventuele praktijkreaktor is duidelijk, dat de retentie van het 'vlokkige slib' moeilijker zal worden naarmate de hoogte van de reaktor groter is. Indien echter in de praktijk kan worden volstaan met toe te passen belastingen van maximaal 7 - 14 kg CZV/m<sup>3</sup>/d bij een HVT van minimaal ca. 6 uur — een en ander afhankelijk van het type afvalwater — kan o.i. in een 6 - 9 hoge reaktor zeer goed worden gewerkt met een simpel gasafscheidings/bezinkersysteem. Dit is zeker het geval indien men de reaktor combineert met een nabezinkvijver.

In uitzonderlijke gevallen — bijv. weinig vervuild afvalwater, bij te verwachten piekvervuilingen — kan toepassing van een ingebouwde en/of extern opgestelde TPS worden overwogen. Samenvattend kan echter worden gesteld, dat het onderzochte gasafscheidings/bezinkersysteem, ondanks duidelijk aanwijsbare technische onvolkomenheden, goed heeft voldaan.

### Konklusies

1. De toepassing van de 'upflow reaktor' voor de anaerobe zuivering van suikerbiet-afvalwater biedt voor de praktijk bijzonder interessante perspectieven. Met goed ingewerkt anaeroob slib kan bij een temperatuur van minimaal 25 °C en bij een HVT van 4 uur of langer, minimaal 20 kg CZV/m<sup>3</sup>/d worden omgezet. Het te bereiken zuiveringseffect ligt tussen 80 - 98 %, afhankelijk van de aard van de verontreinigende stoffen in het influent. Fijn gesuspendeerd organisch materiaal, aanwezig in het afvalwater, wordt slechts voor een gering deel afgebroken (ca. 25 %) en eveneens niet goed in de reaktor afgevangen.
2. Voor de verdere schaalvergroting van de upflow reaktor verdient de konstruktie van de gasafscheider/bezinker aandacht. Het in de 6 m<sup>3</sup> reaktor onderzochte systeem is in principe echter geschikt. Verwacht mag worden, dat hiermee ook in 6 - 9 m hoge reaktoren goede resultaten zullen worden verkregen. Experimenten op 30 m<sup>3</sup>-schaal — waarin eveneens andere bezinker/gasafscheidingsystemen worden uitgetoet — zullen één en ander moeten uitwijzen.
3. Bij toepassing van een 6 m<sup>3</sup>-upflow reaktor wordt een groot deel van het anaerobe slib overgevoerd in uitzonderlijk goed bezinkende vorm. Meer inzicht in het vormingsmechanisme van dit korrelvormige slib is van groot belang.

### Literatuur

1. Lettinga, G., Jansen, A. G. N., Terpstra, P.: *H<sub>2</sub>O* 8, 26, 530 (1975).
2. Lettinga, G., Sar, J. van der, Ben, J. van der: *H<sub>2</sub>O*, 9, 2, 38 (1976).
3. Eindverslag van de werkgroep 'Anaerobe zuivering veenkoloniaal afvalwater' van de 'Stuurgroep Veenkoloniaal Afvalwater', Belleghem, Th. van, Lettinga, G.; Hoofdstuk IV en bijlagen.
4. Lettinga, G., Pette, K. Ch., Vletter, R. de, Wind, E.: 'Onderzoekverslag van de experimenten in 6 m<sup>3</sup>-upflow reaktor bij de CSM Suikerfabriek te Breda', 1977.
5. Yland, M., doctoraal verslag 1975, Vakgroep Waterzuivering.

