Het voorkomen en bestrijden van licht slib door middel van een hoge vlokbelading

Voordracht gehouden tijdens de NVA-najaarsvergadernig op 10 oktober 1979 te Delft.

1. Inleiding

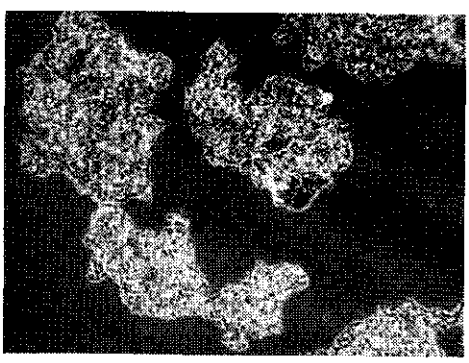
In een rioolwaterzuiveringsinrichting (rwzi) die werkt volgens het actiefslibprincipe wordt het afvalwater, al dan niet na passage van een voorbezinktank, gemengd met een hoeveelheid biologisch actief materiaal. De organismen in de slibvlok nemen de aangevoerde verbindingen op, nadat deze eventueel eerst met behulp van enzymen buiten de cel verkleind zijn.
De laatste fase van het zuiveringsproces bestaat uit een scheiding van de biomassa en het gezuiverde water. In de nabezinktank

IR. D. H. EIKELBOOM
Afdeling Water en Bodem van het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO te Delft

laat men het slib/watermengsel tot rust komen, waarna de slibvlokken kunnen bezinken. De bovenstaande vloeistof kan vervolgens geloosd worden. Dit bezinken van de slibvlokken levert echter in veel rwzi's problemen op. De actiefslibvlokken bezinken vrijwel niet of niet snel genoeg. Dit heeft o.a. als consequentie dat slibvlokken met het effluent worden afgevoerd (daling zuiveringsrendement) en dat het slib moeilijker te ontwateren is. Dit fenomeen staat bekend onder de naam: licht slib.

Onderzoekingen gedurende de laatste jaren in Duitsland (Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Stuttgart), Engeland (Water Research Centre, Stevenage) en Nederland (Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO, Delft) hebben uitgewezen dat op ca. 40 % van alle actiefslibinrichtingen sprake is van lichtslibproblemen. In sommige rwzi's speelt dit probleem continu; in andere zo nu en dan.
In de literatuur worden een aantal bestrijdingsmethoden voor licht slib genoemd. Het resultaat van het merendeel van deze methoden is veelal teleurstellend. Een uitzondering dient echter gemaakt te worden voor de bestrijdingsmethode door middel van een hoge vlokbelading. Deze werkwijze is in een aantal rwzi's met succes toegepast. In andere rwzi's viel het resultaat echter tegen. Een verklaring voor deze teleurstellende resultaten kon niet worden gegeven. In dit artikel wordt een theorie geformuleerd waarmee succesvolle en mislukte proeven met een hoge vlokbelading verklaard kunnen worden.

Afb. 1 - Compacte, middelgrote slibvlokken. 75 x.



2. De actiefslibvlok

Een slibvlok bestaat uit levende en dode cellen van microörganismen (voornamelijk bacteriën) en ingevangen (an)organische vezels en deeltjes (afb. 1). De actiefslibpopulatie bestaat in het algemeen uit een groot aantal verschillende bacteriën.
Deze leveren onderling een voortdurende concurrentieslag om de beschikbare voedingsstoffen. Sommige bacteriën zijn sterk gespecialiseerd (bijv. de nitrificerende bacteriën), andere daarentegen zijn typische 'alleseters'. Factoren als: de samenstelling van het influent, de slibleeftijd, het zuurstofgehalte in de aëratietank, de wijze van influentdosering enz. beïnvloeden deze concurrentieslag en hebben zodoende invloed op de uiteindelijke samenstelling van de vlokpopulatie.
Bacteriën die zich niet snel genoeg vermeerderen worden uiteindelijk geheel met het surplusslib uit de rwzi verwijderd.

De actiefslibpopulatie vormt desalniettemin een dynamisch geheel. Er is ongetwijfeld sprake van voortdurende veranderingen in de populatie ten gevolge van seizoensinvloeden, een wisselende samenstelling van het influent enz. Aan het functioneren van de rwzi is dit echter veelal niet te merken, omdat veranderingen in de populatie juist gericht zullen zijn op het zo optimaal mogelijk benutten van de aangeboden voedingsstoffen; c.q. het opnemen van de in het rioolwater aanwezige produkten. Het betrekkelijk stabiele karakter van het actiefslibproces heeft hier rechtstreeks mee te maken. Het zich massaal kunnen ontwikkelen van draadvormige bacteriën in een bepaalde rwzi is daarom kennelijk een gevolg van het feit, dat zij zich in de betreffende installatie in een gunstige concurrentiepositie bevinden.

3. Licht slib

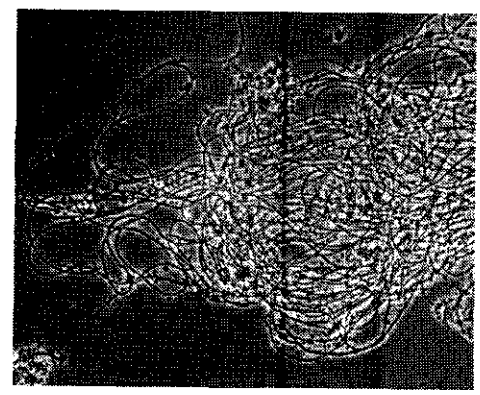
Licht slib kan als volgt gedefinieerd worden:
Slib dat slechts langzaam bezinkt en onvoldoende indikt doordat er sprake is van een massale groei van draadvormige en/of Zoogloea organismen.
Er is sprake van licht slib indien de slib-

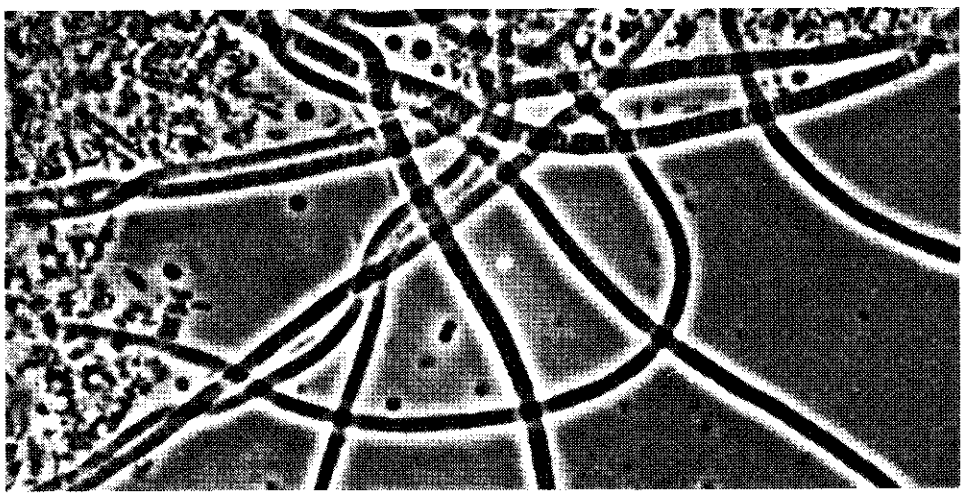
Afb. 2 - Licht slib. De vlokken zijn omgeven door Microthrix parvicella draden. 75 x.

volumeindex (SVI) de waarde van 150 ml/g overschrijdt.
Aan het ontstaan van licht slib kunnen dus twee verschillende groepen microörganisme bijdragen. De draadvormige organismen vergroten het volume van de vlok aanzienlijk doordat ze er aan alle kanten uitsteken (afb. 2). Bovendien zijn in de vloeistoffase tussen de vlokken vaak ook nog veel draden aanwezig. De Zoogloea bacteriën zijn omringd door waterrijke slijmkapsels. Deze zijn de oorzaak van het ontstaan van volumineuze vlokken. De aanwezigheid va draadvormige microooörganismen in een bepaald slib behoeft niet in te houden dat deze Zoogloea bacteriën dan ontbreken. Vooral in conventionele actiefslibinrichtingen worden lichtslibproblemen vaak veroorzaakt doordat zowel draadvormige als Zoogloea organismen in grote aantallen aanwezig zijn. Een slecht bezinkbaar slib waarin draadvormige organismen praktisch ontbreken, dus het 'echte' Zoogloea slib, wordt slechts incidenteel aangetroffen, en dan nog voornamelijk in hoogbelaste rwzi's. In dit artikel wordt verder niet ingegaan op de rol van de Zoogloea bacteriën bij het ontstaan van licht slib.

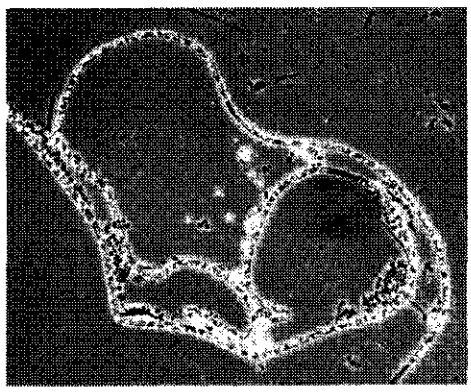
Aan het ontstaan van draadvormig licht slib kunnen ca. 30 verschillende micro-

Afb. 3 - Een kluwen Microthrix parvicella draden. Deze bacterie veroorzaakt voornamelijk problemen in laagbelaste zuiveringsinrichtingen. 325 x.

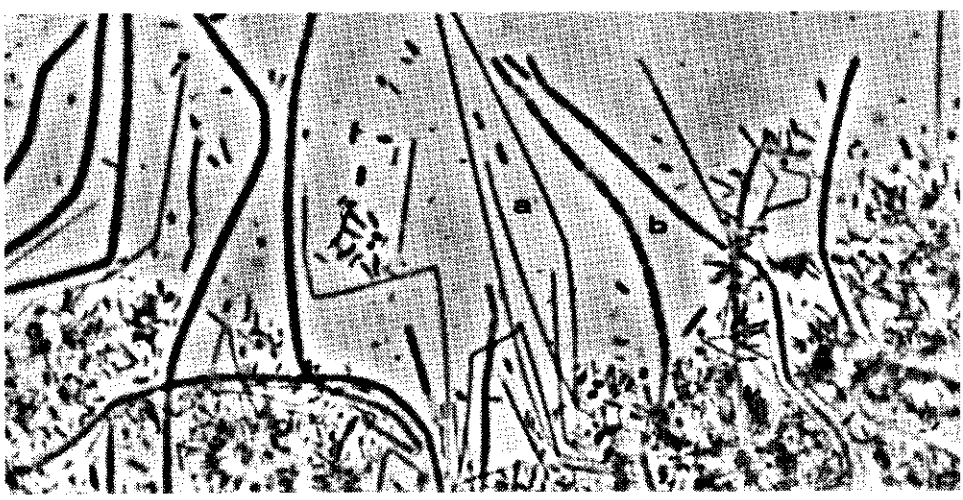




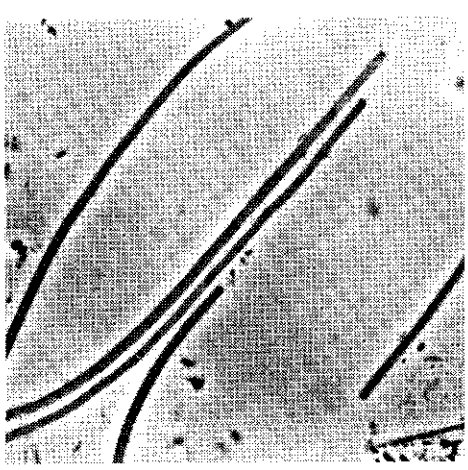
Afb. 4 - Type 021N in actief slib. Deze bacterie is vaak de oorzaak van licht slib in rwzi's met een slibbelasting > ca. 0,2 g BOD/g droge stof . dag. 1250 x.



Afb. 8 - Thiotrix draden in actief slib. De cellen bevatten heldere zwavelbolletjes. De aanwezigheid van deze bacterie duidt op een aangerot afvalwater en/of een reducerend milieu in de beluchtingsruimte. 625 x.



Afb. 5 - Haliscomenobacter hydrossis (a) en Type 1701 (b) is actief slib. 1250 x.



Afb. 6 - De draden van het type 0961 worden gekenmerkt door lange, rechthoekige, enigszins transparante cellen. De bacterie veroorzaakt slechts incidenteel licht slib. 900 x

Afb. 7 - Een slibvlokje dat omgeven is door draden van het Type 1863. De draden bestaan uit praktisch ronde cellen. 1250 x.

organismen — voornamelijk bacteriën — bijdragen [5, 9, 14]. De afbeeldingen 3 t/m 8 zijn opnamen van een aantal soorten die licht slib kunnen veroorzaken.
In vrijwel elk actief slib zijn draadvormige bacteriën aanwezig. Ze behoren derhalve tot de normale slibpopulatie. Hun aanwezigheid draagt zelfs bij tot een betere vlokstructuur, hetgeen o.a. blijkt uit de vaak erg goede effluentkwaliteit van rwzi's waar in het slib draadvormige bacteriën aanwezig zijn. Zolang het aantal draadvormige bacteriën maar binnen redelijke grenzen blijft, c.q. de SVI < 150 ml/g, ontstaat er geen lichtslibprobleem.

Moeilijkheden ontstaan meestal pas zodra er sprake is van een massale groei van de draadvormige bacteriën. Het regelmatig uitvoeren van microscopisch slibonderzoek [6] is nodig om een dergelijke ontwikkeling tijdig te kunnen signaleren.

4. Voorkomen en bestrijden van licht slib

In de literatuur over dit onderwerp worden een aantal methoden genoemd die geschikt zouden zijn om licht slib te bestrijden en/of het ontstaan ervan te voorkomen. Deze maatregelen kunnen in twee groepen ingedeeld worden, nl.:

A. Methoden waarbij de procesvoering permanent veranderd wordt; bijv. een gewijzigde slibbelasting, een hoger zuurstofgehalte in de aëratietank, een lokale hoge vlokbelading enz. Hiermee wordt dan beoogd de concurrentiepositie van de draadvormige bacteriën te verzwakken en zodoende de vlokpopulatie te veranderen.

B. Methoden waarbij bepaalde produkten (bijv. actief chloor of peroxide) aan het slib toegevoegd worden teneinde de draadvormige organismen 'selectief' te bestrijden. In feite betreft dit produkten met een bactericide werking, waar in principe de gehele vlokpopulatie gevoelig voor is.
Het contactoppervlak met de omringende vloeistof is bij draadvormige bacteriën relatief groot. Het is daardoor in principe mogelijk om dit soort 'bestrijdingsmiddelen' toe te voegen tot concentraties waarbij draadvormige organismen gedood worden, terwijl het merendeel van de vlokvormende

bacteriën de behandeling overleeft. Sommige draadvormige bacteriën zijn overigens niet erg gevoelig voor actief chloor.

Met chloreren enz., waardoor ook de effluentkwaliteit negatief beïnvloed wordt, worden echter alleen de symptomen bestreden. Zodra gestopt wordt met het toevoegen van deze stoffen, beginnen de draadvormige bacteriën zich meestal weer massaal te ontwikkelen. Bestrijdingsmethoden die op dit principe gebaseerd zijn zouden daarom alleen toegepast moeten worden in situaties waarin geen alternatieven beschikbaar zijn om (tijdelijke) slibverliezen met het effluent te voorkomen. Voor het oplossen van chronische lichtslibproblemen zijn dit soort methoden dus niet geschikt.

Eigenlijk geldt nog steeds voor alle potentiële lichtslibbestrijdingsmethoden dat het resultaat ervan vrijwel onvoorspelbaar is. Dit is mede een rechtstreeks gevolg van het feit dat tot nu toe onvoldoende systematisch onderzoek verricht is naar de gevoeligheid van de verschillende draadvormige bacterieën voor de diverse potentiële lichtslibbestrijdingsmethoden. Het is uiteindelijk zeer de vraag of er een universeel toepasbare bestrijdingsmethode bestaat. De methode die wellicht het beste perspectief biedt is die waarbij een hoge vlokbelading toegepast wordt.
Ook hiervoor geldt echter dat aan bepaalde voorwaarden voldaan moet worden teneinde hiermee succesvol licht slib te kunnen bestrijden.

5. Vlokbelading

De laatste jaren zijn verschillende publikaties verschenen over het bestrijden van licht slib door middel van een hoge vlokbelading [1, 2, 3, 4, 7, 10, 11, 12, 15]. In volledige gemengde systemen wordt het influent in principe gemengd met de totale inhoud van de beluchtingsruimte. Dit resulteert in een lage vlokbelading (< 1 mg COD/g droge stof).
Een lokale, hoge vlokbelading kan gerealiseerd worden door het influent niet direct in de beluchtingsruimte te brengen, maar het eerst in een aparte tank of in een afgeschut gedeelte van de beluchtingsruimte te mengen met een bepaalde hoeveelheid (retour)slib.
Ook in rwzi's die werken volgens het propstroomprincipe kan sprake zijn van een hoge lokale vlokbelading 'op de kop' van de beluchtingsruimte. In de lengterichting van de beluchtingsruimte is dan sprake van een substraatgradiënt. Bij beide uitvoeringsvormen is sprake van een tijdelijke hoge F/M-verhouding (F = concentratie voedingsstoffen; M = concentratie biomassa). Tijdens deze mengfase zijn de voedingsstoffen (het substraat) in overmaat aanwezig. Deze worden opgenomen door de actiefslibpopulatie. Vervolgens worden ze afgebroken en gedeeltelijk omgezet in nieuw celmateriaal. Dit laatste vindt voornamelijk plaats na passage van de mengfase.

N.B. Vlokbelading is niet hetzelfde als slibbelasting. De slibbelasting van een bepaalde rwzi is de hoeveelheid organisch materiaal die per dag per eenheid van biomassa aangevoerd wordt (g BOD of COD per g droge stof per dag). De vlokbelading is een tijdloze eenheid en wordt uitgedrukt in g BOD of COD per g droge stof.
De vlokbelading is het quotiënt van de substraattoevoer (mg COD/hr) en de (retour)slibstroom (g droge stof/hr).
Het begrip vlokbelading wordt gebruikt om het niveau van de lokale F/M-verhouding in een contacttank of op de 'kop' van een propstroom rwzi aan te geven.
De vlokbelading wordt verder gekarakteriseerd door de verblijftijd in de contacttank of door de lengte van de substraatgradiënt in een propstroom rwzi.

Het bestrijden en/of voorkomen van licht slib door middel van een hoge vlokbelading berust op de hypothese dat de sterke verdunning van het aangevoerde rioolwater, met de volledige inhoud van de beluchtingsruimte, de voornaamste oorzaak is van de massale groei van draadvormige microorganismen. Deze sterke verdunning resulteert namelijk in een lage substraatconcentratie overal in de beluchtingsruimte.
Aangetoond is [13] dat in rwzi's die werken volgens het propstroomprincipe, hetgeen o.a. tot gevolg heeft dat dit verdunningseffect veel geringer is, de kans op het ontstaan van licht slib wezenlijk kleiner is dan in de zogenaamde volledig gemengde systemen.
De hypothese dat een lage substraatconcentratie gunstig is voor de concurrentiepositie van draadvormige bacteriën berust op de nog niet bewezen veronderstelling dat de groeisnelheid van draadvormige en vlokvormende bacteriën niet constant is, maar daarentegen afhankelijk is van de substraatconcentratie [3]. Bij lage substraatconcentraties zouden de draadvormige bacteriën een hogere groeisnelheid hebben dan de vlokvormende bacteriën, en zodoende in een gunstiger concurrentiepositie verkeren. Onder omstandigheden waarbij de substraatconcentratie niet de beperkende groeifactor is (bijv. in een contacttank) zou dan sprake zijn van de omgekeerde situatie. Daarnaast speelt ook de snelheid van opneming van het substraat een bepaalde rol.
Uit een aantal laboratoriumexperimenten [is gebleken dat de opnemingssnelheid van vlokvormende organismen in principe hoge is dan die van draadvormige bacteriën. Hierdoor zijn de vlokvormende bacteriën i staat om een relatief groot gedeelte van de beschikbare voedingsstoffen tijdens de mengfase van slib en influent op te nemen.

6. Resultaten van verschillende proeven met een hoge vokbelading

Bij het beoordelen van uitgevoerde vlokbeladingsexperimenten moet onderscheid gemaakt worden tussen de proeven waarbij met een synthetisch afvalwater gewerkt is en die waarbij de installaties met 'normaal' rioolwater gevoed werden.
De eerstgenoemde groep [2, 3, 4, 8, 10, 11, 12] experimenten werd uitgevoerd in laboratoriuminstallaties.
In alle gevallen (slibbelasting 0,1 - 0,6 g BOD/g droge stof . dag) werd gevonden dat bij een volledig discontinue bedrijfsvoering ('batch' proeven) geen licht slib ontstaat. In volledig gemengde systemen daarentegen, waarin dus geen sprake is van een hoge vlokbelading, vond steeds een massale ontwikkeling van draadvormige bacteriën (S. natans, T 021 N, H.hydrossis, T 0411 e.a.) plaats.
Bij de proeven met een propstroomprocesvoering ontstond goed bezinkbaar slib bij een slibbelasting < 0,5 g BOD/g droge stof . dag. Werd deze belasting overschreden dan ontwikkelden de draden zich weer massaal. Informatie over het feitelijke vlokbeladingsniveau wordt in de publikaties niet gegeven, omdat door de diverse onderzoekers aangenomen wordt dat de substraatgradiënt in de beluchtingsruimte de doorslaggevende factor zou zijn.
In een proef met een contacttank (belasting ca. 0,16 g COD/g droge stof . dag) werd geconstateerd dat goed bezinkbaar slib ontstond bij een vlokbeladingsniveau van 60 g COD/g droge stof. Bij een vlokbeladingsniveau van 30 liep de SVI echter weer op tot 180 ml/g.

Over de resultaten van de proeven met rioolwater als influent zijn slechts enkele publikaties verschenen [1, 7, 15]. Toch zijn dit soort proeven op verschillende rwzi's uitgevoerd; meestal op praktijkschaal.
Het aantal betrouwbare waarnemingen is echter nog zo gering dat het niet mogelijk is om een algemeen geldende conclusie uit deze experimenten te trekken. Bij het meren deel van de proeven werd de hoge vlokbelading gerealiseerd door het tussenschakelen van een contacttank of door het creëren van een mengzone (voor slib en retourslib) direct in de beluchtingsruimte. In laagbelaste systemen (slibbelasting 0,05 - 0,1 g BOD/g droge stof . dag) zijn in een aantal

rwzi's goede resultaten verkregen met een vlokbeladingsniveau van ca. 60 mg COD/g droge stof. De verblijftijd van het afvalwater/slibmengsel in de contacttank varieerde van 5 - 10 minuten. In de meeste gevallen werd de inhoud van de contacttank belucht. De indruk bestaat dat het effect 's zomers groter is dan tijdens de winterperiode.
In een aantal rwzi's kwamen de draadvormige bacteriën in de loop van november/december weer terug. Hierdoor liep de index op tot waarden van ca. 150 ml/g.
De slibvolume-index in deze rwzi's was echter veel hoger in de periode dat geen hoge vlokbelading werd toegepast.
Over de proeven in de rwzi's met een slibbelasting van 0,2 - 0,5 g BOD/g droge stof . dag zijn weinig gegevens beschikbaar. De indruk bestaat echter dat ook in dit slibbelastingstraject een hoge vlokbelading de bezinkeigenschappen van het slib positief beïnvloedt.
Proefnemingen bij het zuiveringsschap Veluwe [15] hebben uitgewezen dat een hoge vlokbelading resulteert in een slib waarvan de index weliswaar nog steeds te hoog is (SVI = 150 - 250 ml/g), maar dat extreem hoge waarden van de slibvolume-index niet meer voorkomen. Het zijn juist deze hoge SVI-waarden die verantwoordelijk zijn voor grote slibverliezen uit de rwzi. De uitkomsten van dit onderzoek zijn op diverse rwzi's, in en buiten Nederland, bevestigd. Eerder in dit artikel is al opgemerkt dat naast draadvormige organismen ook Zoogloea bacteriën bijdragen tot het *lichtslibprobleem*; vooral in wat hoger belaste rwzi's. Hierdoor is het mogelijk dat de vlokbelading resulteert in het grotendeels verdwijnen van de draden, terwijl de index desondanks relatief hoog blijft. Het is daarom noodzakelijk, bij dit soort experimenten het effect van de methode niet alleen af te meten aan de hoogte van de SVI maar ook aan het microscopisch beeld. Waarschijnlijk, eigen onderzoek wijst ook in die richting, heeft dit punt meegespeeld bij een aantal experimenten met rioolwater als influent van de (proef)installaties.

Het bestrijden en voorkomen van licht slib volgens de methode van een hoge vlokbelading is dus niet altijd succesvol. In laboratoriumproeven, met een synthetisch afvalwater, is bovendien het effect van een hoge vlokbelading duidelijker dan bij experimenten onder praktijkomstandigheden.
De hypothese dat een hoge lokale vlokbelading doorslaggevend is bij het wel of niet ontstaan van licht slib is kennelijk niet algemeen geldend. Deze conclusies hebben overigens ook al de grondleggers van deze theorie getrokken, toen zij constateerden dat in hun laboratoriumopstelling, ondanks de aanwezigheid van een duidelijke substraatgradiënt, draadvormige bacteriën zich weer massaal ontwikkelden bij een slibbelasting > 0,5 g BOD/g droge stof . dag [4].

In proeven met aardappelafvalwater werd bovendien gevonden dat daarnaast ook de concentratie van de voedingsstoffen in het influent een rol speelt [11].

Het is dus zeer de vraag of mogelijke verschillen in groeisnelheid van draadvormige en vlokvormende bacteriën bepalend zijn voor het wel of niet ontstaan van licht slib. De geconstateerde feiten — bij een slibbelasting kleiner dan 0,5 g BOD/g droge stof . dag vookomt een lokale hoge vlokbelading vaak het ontstaan van licht slib — kunnen namelijk ook op een andere wijze verklaard worden.

7. Biosorptie door actief slib

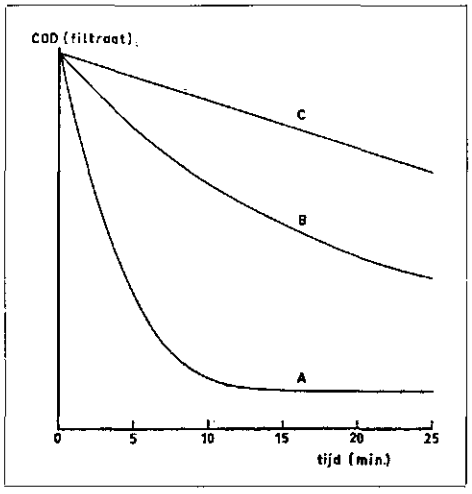
Aangetoond is dat tijdens de mengfase van slib en influent de in het afvalwater aanwezige organische verbindingen (gemeten als COD) vaak zeer snel opgenomen worden door de actiefslibvlokken (afb. 9 curve A). De opnemingssnelheid overtreft veelal de snelheid waarmee de bacteriën in de vlok de opgenomen verbindingen metaboliseren. Kennelijk spelen bij deze opneming verschillende processen eenrol. Naast een directe opneming door de cellen (waar verbindingen eventueel in de vorm van reservestoffen tijdelijk opgeslagen kunnen worden) spelen ook fysisch-chemische processen (adsorptie, invangen van deeltjes door de vlokken) een rol. Al deze processen samen zou men aan kunnen duiden met de term: biosorptie. De biosorptiecapaciteit van een actiefslib is natuurlijk niet onbeperkt. Na verloop van tijd zullen echter de opgenomen en vastgelegde verbindingen afgebroken zijn waardoor weer een hoge biosorptiecapaciteit ontstaat. Het slib kan dan opnieuw belast worden met organische verbindingen.
In systemen waar sprake is van een lage substraatconcentratie zal een belangrijk gedeelte van de aangevoerde voedingsstoffen de eigenlijke vlok nooit bereiken omdat deze verbindingen opgenomen zullen worden door de draadvormige bacteriën. Biosorptie door de vlok vindt onder deze omstandigheden nauwelijks plaats. In rwzi's waarin een hoge vlokbelading toegepast wordt, is sprake van een hoge substraatconcentratie gedurende een korte periode. Er is veel meer substraat aanwezig dan de draadvormige bacteriën kunnen opnemen. Biosorptieprocessen kunnen er dan verantwoordelijk voor zijn dat tijdens deze mengfase een bepaald gedeelte van de aangevoerde verbindingen vastgelegd wordt in de vlok. De werkelijke hoeveelheid voedingsstoffen die op deze manier opgenomen wordt is afhankelijk van het beladingsniveau en de biosorptiecapaciteit van de vlok. In rwzi's die voorzien zijn van een contacttank wordt het slib/influentmengsel vervolgens in de eigenlijke beluchtingsruimte gebracht. De organismen in de vlok krijgen nu de gelegenheid om de in de cel en in de vlok opgeslagen verbindingen af te breken. In propstroomsystemen zijn de biosorptie- en oxydatiefase minder scherp gescheiden waardoor in de lengterichting van de tank een concentratiegradiënt (van organische verbindingen) gemeten kan worden. Een principieel verschil met een contacttank is dit echter niet. Het zal duidelijk zijn dat, vanuit het oogpunt van lichtslibbestrijding, een zo groot mogelijk gedeelte van de aangevoerde verbindingen tijdens de biosorptiefase vastgelegd moet worden in de slibvlok.
Eenmaal vastgelegd in de vlok zijn deze verbindingen niet meer beschikbaar voor de draadvormige bacteriën. Om dit te bereiken moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan, nl.:

1. Het beladingsniveau van de vlok mag niet te laag zijn. Bij een erg laag beladingsniveau zullen de organismen aan de rand van de vlokken toch nog een aanzienlijk gedeelte van de aangevoerde verbindingen op kunnen nemen.

2. De biosorptiecapaciteit mag niet (te veel) overschreden worden. Indien dit toch gebeurt zal een groot percentage van de aangevoerde verbindingen niet vastgelegd kunnen worden in de vlok en daardoor alsnog aanleiding geven tot het ontstaan van licht slib.

3. Er moet voor de bacteriën in de vlok voldoende tijd beschikbaar zijn om de opgenomen verbindingen te metaboliseren.

Afb. 9 - De COD van het filtraat van actief slib nadat op het tijdstip nul substraat toegevoegd is. A, B en C: verschillende biosorptie-snelheden.



De vlokken komen namelijk als het ware 'volbeladen' uit de mengzone. De biosorptiecapaciteit is pas weer maximaal zodra het zuurstofverbruik gedaald is tot het niveau van de endogene ademhaling.

Het is niet onlogisch om te veronderstellen dat de biosorptiecapaciteit van een bepaald slib mede afhankelijk is van de stabilisatiegraad van het slib. Een hoge stabilisatiegraad betekent immers dat vrijwel alle opgenomen organische verbindingen afgebroken zijn.
De stabilisatiegraad van actiefslib neemt af indien de slibbelasting opgevoerd wordt. Dit heeft dan echter tevens tot gevolg dat de biosorptiecapaciteit afneemt. Dit klopt uitstekend met de waarnemingen dat het effect van een hoge, lokale vlokbelading geringer wordt bij een toenemende slibbelasting. De slibbelastig van 0,5 g BOD/g droge stof . dag lijkt een grenswaarde te zijn [4, 11].
Of dit ook geldt voor normaal rioolwater is overigens nog niet aangetoond. Werd deze waarde bij laboratoriumproeven overschreden dan kwamen de draadvormige organismen weer terug, en wel massaler naarmate de belasting verder opgevoerd werd. Dit verschijnsel kan uitstekend verklaard worden uit het feit dat de biosorptiecapaciteit steeds verder overschreden wordt. Dit heeft als gevolg dat het percentage voedingsstoffen dat tijdens de mengfase niet gebonden wordt aan de slibvlok, en dus alsnog beschikbaar komt voor de draadvormige bacteriën, evenredig toeneemt. Uit proeven met een contacttank is gebleken dat er sprake is van een optimaal vlokbeladingsniveau. Ook dit punt kan afdoende verklaard worden uit de biosorptietheorie. Bij een te laag beladingsniveau zal namelijk nog steeds een te groot percentage van de beschikbare voedingsstoffen de vlok nooit bereiken omdat ze afgevangen worden door de draadvormige bacteriën. Bij het overschrijven van de biosorptiecapaciteit, c.q. een te hoog vlokbeladingsniveau wordt een te gering gedeelte van de aangevoerde verbindingen tijdens de mengfase opgenomen door de vlok. Het resterende gedeelte komt vervolgens in de beluchtingsruimte, wordt hierin sterk verdund, en zal alsnog de groei van draadvormige bacteriën mogelijk maken. De stabilisatiegraad van actiefslib is afhankelijk van de temperatuur. In de winter is deze lager dan 's zomers. Ook de biosorptiecapaciteit zal daarom 's zomers hoger zijn dan in de winterperiode. Dit verklaart waarom het effect van een vlokbelading afneemt naarmate de temperatuur verder daalt. In de praktijk is dit te ondervangen door het vlokbeladingsniveau 's winters te verlagen.
Tenslotte past ook de waarneming dat de substraatconcentratie een rol speelt [11] goed in deze theorie. Het vlokbeladingsniveau, c.q. de mate van biosorptie, wordt namelijk mede bepaald door de substraatconcentratie.
Resumerend kan gesteld worden dat de resultaten van de diverse proeven zeer goed verklaard kunnen worden op basis van de biosorptietheorie.

8. Onderzoek naar de biosorptie door actief slib

Het is erg waarschijnlijk dat de tegenvallende resultaten van proeven op praktijkschaal veroorzaakt zijn doordat tijdens de mengfase onvoldoende biosorptie van organische verbindingen heeft plaatsgevonden. Het bestrijden van licht slib d.m.v. een hoog vlokbeladingsniveau heeft uiteindelijk alleen dan succes indien de aangevoerde verbindingen (of een bepaalde fractie hiervan) tijdens de mengfase ook daadwerkelijk vastgelegd worden in de vlok. Van een aantal slibben uit rwzi's in de praktijk is bepaald hoe snel deze de organische verbindingen uit het rioolwater opnemen. Hierbij is veelvuldig gevonden dat het afnemen van de COD na het mengen van slib met influent niet verloopt volgens curve A in afb. 9, maar volgens de curves B of C. Dit betekent dat na 5 - 10 minuten, hetgeen ongeveer overeenkomt met de gemiddelde verblijftijd in de mengzone, nog steeds een belangrijk gedeelte van de met het rioolwater aangevoerde verbindingen niet is opgenomen door de slibvlok. In hoeverre dit verbindingen zijn die door draadvormige organismen benut kunnen worden is overigens nog volledig onbekend.

De huidige kennis omtrent de biosorptie van organische verbindingen door actief slib is nog ontoereikend. Het is bijv. niet precies bekend in hoeverre de biosorptie afhankelijk is van de slibbelasting, de temperatuur, het zuurstofgehalte in de beluchtingsruimte en in de mengzone, de samenstelling van het afvalwater enz. Het is dan ook nog niet mogelijk voor een bepaalde rwzi aan te geven of het zin heeft een hoge vlokbelading toe te passen. Ook is het nog moeilijk de optimale mengverhouding van slib en influent op een eenvoudige wijze te bepalen. Het uiteindelijk resultaat van een bepaalde mengverhouding (beladingsniveau) is daardoor nog niet voorspelbaar, maar moet nu nog proefondervindelijk worden vastgesteld.
Bij de Afdeling Water en Bodem van het IMG-TNO is tegen deze achtergrond een serie experimenten gestart waarbij getracht wordt na te gaan in hoeverre een aantal van de bovengenomde factoren de biosorptiecapaciteit, en daardoor het ontstaan van licht slib, beïnvloeden. Deze proeven worden mede ondersteund door de STORA. Daarnaast zou de Afdeling Water en Bodem gaarne geïnformeerd willen worden over het effect van een hoge vlokbelading in praktijksituaties. Deze informatie zou dan mede gebruikt kunnen worden om het lichtslibbestrijdingsonderzoek in Nederland meer te gaan coördineren.

Literatuur

1. Adriaansen, P. L. *Praktische ervaring met 2½ jaar vlokbelading ter bestrijding van de slechte slibindex op de rwzi te Bunnik.* De Klaarmeester 1978, nr. 5, blz. 2-5.
2. Chudoba, J., Ottová, V. and Madéra, 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) blz. 1163-1182.
3. Chudoba, J., Grau, P. and Ottová, V. *Control of activated sludge filamentous bulking — II. Selection of microorganisms by means of a selector.* Water Research 7 (1973) blz. 1389-1406.
4. Chudoba, J., Bláha, J. and Madéra, V. *Control of activated sludge filamentous bulking — III. Effect of sludge loading.* Water Research 8 (1974), blz. 231-237.
5. Eikelboom, D. H. *Filamentous organisms observed in activated sludge.* Water Research 9 (1975), blz. 365-388.
6. Eikelboom, D. H. *Handleiding voor microscopisch slibonderzoek.* Delft, IMG-TNO rapport A 94, 1979. Eerder als STORA publicatie verschenen.
7. Heide, B. A., Pasveer, A. *Oxidation ditch: Prevention and control of filamentous sludge.* H_2O 7 (1974), blz. 373-377.
8. Houtmeyers, J. *Relations between substrate feeding pattern and development of filamentous bacteria in activated sludge processes.* Agricultura 26 (1978) blz. 1-135.
9. Pipes, W. O. *Microbiology of activated sludge bulking.* Adv. in Appl. Microb. 24 (1978) blz. 85-127.
10. Rensink, J. H. *De invloed van het voedingspatroon op het ontstaan van licht slib bij verschillende slibbelastingen.* H_2O 7 (1974), blz. 480-484.
11. Rensink, J. H., Jellema, K. en Ywema, T. *De invloed van de substraatgradiënt op de vorming van licht slib.* H_2O 10 (1977) blz. 338-340.
12. Rensink, J. H., Voetberg, J. W. und Ywema, T. S. J. *Die Verhinderung der Entwicklung von Blähschlamm bei der vollbiologischen Reinigung von Abwasser der Pommesfritesindustrie.* GWF-Wasser/Abwasser 118 (1977), blz. 75-79.
13. Tomlinson, E. J. *Bulking — A survey of activated sludge plants.* Water Research Centre, Stevenage, Technical Report 35, 1976.
14. Veen, W. L. van. *Bacteriology of activated sludge, in particular the filamentous bacteria.* Antonie van Leeuwenhoek 39 (1973) blz. 189-205.
15. Visscher, K. en Zellem, J. van. *Bedrijfservaringen met de rioolwaterzuiveringsinstallatie Apeldoorn.* H_2O 11 (1978) blz. 150-157.

● ● ●