

1987-05_capaciteitsvergroting-rwzi

stora

87-05

Capaciteitsvergroting
van
rioolwaterzuiveringsinrichtingen

stora

postbus 414, 2280 AK rijswijk



070-99.11.33

stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

Capaciteitsvergroting van rioolwaterzuiveringsinrichtingen

STOWA

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer

Postbus 8090

3503 RB Utrecht

tel. 030-321199

fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht

kunt u uitsluitend bestellen bij:

Hageman Verpakkers BV

Postbus 281

2700 AC Zoetermeer

tel. 079-611188

fax 079-613927

o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

INHOUD

I - II

	Ten geleide	III
1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	2
3	PROBLEEMBESCHRIJVING	3
4	PROBLEEMAANPAK	6
4.1	Overbelasting	6
4.2	Hydraulische of biologische overbelasting	7
4.3	Biologische overbelasting: bronbestrijding en karakterisering	7
4.4	Het opvangen van een continue BZV-ontwerpoverbelasting	7
4.5	Hydraulische overbelasting	8
4.6	Handhaven of vergroten van de aanvoercapaciteit naar de rwzi	8
4.7	Het aanbrengen van veranderingen in het zuiveringsproces	8
4.8	De oorzaak van ontwerpondercapaciteit	10
4.9	Voorbehandeling afvalwater c.q. aanvulling zuiveringsproces	10
5	BEOORDELING VAN EEN TECHNISCHE OPLOSSING	13
5.1	BZV- en zwevendestofverwijdering	13
5.2	Nitrificatie	15
6	EGALISATIE	16
7	CAPACITEITSVERGROTING VAN DE EERSTE TRAP	18
7.1	Het gebruik van vlokmiddelen	18
7.2	Zeving als voorbehandeling	19
7.3	Preflotatie	20
7.4	Ombouw van de voorbezinking	21
8	CAPACITEITSVERGROTING VAN HET ACTIEF-SLIBPROCES	24
8.1	Manipulatie met procesvariabelen	24
8.2	Lichtslibbestrijding	25
8.3	Het doseren van poederkool	26
8.4	Zuivere zuurstof	27
8.5	Biosorptie door middel van vlokbelading	28
8.6	Herindeling van de beluchtingsruimte	29
8.7	Contactstabilisatie	31
8.8	Het adsorptie-beluchtingsproces (AB-techniek)	33
8.9	Vergelijking van adsorptieve technieken	34
8.10	Slib-op-dragertechniek	35
8.11	Biopreparaten	37
8.12	Gescheiden nitrificatie van slibwater	39
9	CAPACITEITSVERGROTING VAN HET NABEZINKPROCES	41
9.1	Verbetering van nabezinktank en slibruiming	41
9.2	Flotatie	42
9.3	Buis- en lamellenafscidders	43
9.4	Dosering van vlokhulpmiddel in de nabezinking	44
9.5	Zeving	45
9.6	Bezinking in de beluchtingsruimte	45

10	CAPACITEITSVERGROTING VIA EEN DERDE ZUIVERINGSTRAP	47
10.1	Microzeving na een overbelaste nabezinking	47
10.2	Nabehandelingsvijvers	49
11	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	51
11.1	Conclusies	51
11.2	Aanbevelingen	53
12	LITERATUUR	54
	Literatuur-index	63
BIJLAGE I	OVERSCHRIJDING VAN ONTWERPGRONDSLAGEN OP NEDERLANDSE RIOOLWATERZUIVERINGSINRICHTINGEN	65
BIJLAGE II	OVERZICHT VAN BESPROKEN METHODEN	69
BIJLAGE III	PRAKTISCHE BEVINDINGEN	77

Ten geleide

Drie van de vier rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) in Nederland worden gedurende langere perioden hydraulisch overbelast; bij één op de vijf inrichtingen wordt ook het biologische zuiveringsproces te zwaar belast.

Uitbreiding en nieuwbouw zijn kostbaar; voor nieuwbouw geldt bovendien dat het bouwkundig gedeelte van een groot aantal van onze rwzi's nog niet is afgeschreven.

Bij overbelasting wordt daarom meestal eerst geprobeerd de capaciteit "op te rekken". Dit rapport beschrijft de mogelijkheden om dat te doen zonder aanzienlijke jaarlijkse extra kosten, groot extra ruimtebeslag en/of nadelige invloed op de kwaliteit van het effluent.

Het onderzoek werd door het algemeen bestuur van de STORA op advies van de OAC* opgedragen aan de Vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing van de Afdeling der Civiele Techniek van de Technische Universiteit Delft en uitgevoerd door ir. O.M. Akkerman. Deze werd bij zijn werkzaamheden namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit T.J. Witjes (voorzitter), ir. K. de Korte, ir. A. van Nes, A.J. van de Sande en ing. L.M. Verhoeks.

Rijswijk, april 1987

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

* De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:
prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en
ir. J. Boschloo, ir. R. den Engelse, prof.dr. P.G. Fohr, ir. A.E. van Giffen, ir. J.J. de
Graeff, dr.ir. P.J. Huiswaard, ir. R. Karper, drs. S.P. Klapwijk, prof.ir. J.H. Kop,
ir. Tj. Meijer, ir. L.P. Savelkoul, ir. H.M.J. Scheltinga, dr.ir. D.W. Scholte Ubing en
ir. M. Tiessens (leden)

SAMENVATTING

Uit CBS-gegevens blijkt dat globaal 20% van de rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) in Nederland biologisch overbelast is; 77% is hydraulisch overbelast. Deze getalswaarden onderstrepen de ernst van het overbelastingsprobleem en de noodzaak hiervoor oplossingen te vinden.

De remedie voor het overbelastingsprobleem is capaciteitsvergroting, omdat het afvalwateraanbod meestal een gegeven is. Capaciteitsvergroting kan men op verschillende manieren bewerkstelligen.

Het is daarbij van belang vast te stellen dat het civiel gedeelte van een belangrijk deel van de rwzi's nog niet afgeschreven is. Men kan daarom besluiten tot uitbreiding van de bestaande rwzi. Uitbreiding is echter, evenals nieuwbouw, een duur alternatief. Een andere mogelijkheid is, door toepassing en/of verandering van zuiveringstechnieken, **binnen** het bestaande bedrijf de capaciteit te vergroten; zodoende kunnen hoge investeringen vermeden worden. Deze mogelijkheid wordt in dit rapport nader uitgewerkt.

Om het overbelastingsprobleem op een juiste manier op te lossen, is een analyse ervan gewenst. Hoewel geen twee situaties gelijk zullen zijn, kan er toch een procedure aangegeven worden, welke enig inzicht in het probleem kan verschaffen.

Deze procedure vraagt eerst naar de aard van het overbelastingsprobleem, omdat overbelasting zowel veroorzaakt kan worden door bedrijfsproblemen als door overschrijding van ontwerpgrondslagen. Vervolgens dient bepaald te worden waar, en op welke wijze in het zuiveringsproces ingegrepen moet worden.

De volgende uitgangspunten zijn daarbij in acht genomen:

- technische oplossingen worden vooral bekeken op hun toepasbaarheid bij actief-slibinstallaties. Dit wil echter niet zeggen dat deze technieken specifiek voor het actief-slibproces zijn. Soms is er zelfs geen enkele relatie met het bedreven zuiveringsproces aanwezig;
- het zuiveringsproces wordt op een goede wijze bedreven. Hiermee wordt bedoeld dat binnen de dagelijkse zuiveringspraktijk al het mogelijke gedaan is om de problematiek het hoofd te bieden;
- oplossingen die zich primair richten op een optimalisatie van het rioolstelsel worden in dit rapport niet behandeld;
- technieken die *a priori* technisch en economisch onhaalbaar zijn, komen niet aan de orde;
- zowel overbelasting door overschrijding van ontwerpcriteria als overbelasting ontstaan door bedrijfsproblemen wordt behandeld, omdat deze verschijnselen niet altijd los van elkaar staan.

De uiteindelijke keuze van de toe te passen techniek blijft afhankelijk van locale, economische of tijdelijke omstandigheden. Hier helpt dit rapport, door in kort bestek de mogelijkheden van verschillende technieken aan te geven. Deze zijn met hun pro's en contra's in tabelvorm gecompileerd.

Vele oxydatief biologische rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) zijn overbelast. Deze overbelasting wordt veroorzaakt door een toegenomen BZV-vracht of door een te lang aanhoudende grote hydraulische belasting op de rwzi. Het gevolg hiervan is een afname van de effluentkwaliteit, in veel gevallen veroorzaakt door het niet meer goed functioneren van het nabezinkproces.

Het totale bestand aan rwzi's in Nederland is echter betrekkelijk jong. Een belangrijk gedeelte werd in de laatste 25 jaar gebouwd, terwijl voor het civiel gedeelte een gangbare afschrijvingstermijn van circa 40 jaar geldt. Uitbreiding of nieuwbouw zijn dure alternatieven, zodat bij voorkeur gezocht wordt naar mogelijkheden om binnen het bestaande bedrijf "de capaciteit op te rekken".

Het rapport behandelt een groot aantal technieken ter vergroting van de capaciteit - met name van actief-slibinstallaties - die niet gepaard gaan met (grote) bouwkundige ingrepen c.q. hoge investeringen. Tot toepassing van een bepaalde techniek wordt overgegaan na een keuzeproces vooraf, waarbij de keuze in eerste instantie wordt bepaald door de aard van de overbelasting (hoofdstuk 3).

Verder moet vastgesteld worden of de overbelasting aangepakt wordt vóór, in of na het zuiveringsproces (hoofdstuk 4). In hoofdstuk 5 wordt ter beoordeling van een technische oplossing een aantal criteria voorgesteld: de slibvolumebelasting met betrekking tot de verwachte zwevendestofverwijdering, de slibleeftijd en de verblijftijd in de beluchtingsruimte met betrekking tot de verwachte nitrificatie.

In de hoofdstukken 6 t/m 10 worden de diverse technieken besproken en wordt aandacht besteed aan hun eigenschappen, (bij)effecten, economische aspecten en locale en tijdelijke factoren.

De omvang van de overbelastingsproblematiek wordt weergegeven in bijlage I: globaal blijkt 20% van de rwzi's biologisch overbelast en 77% hydraulisch overbelast.

Bijlage II biedt een overzicht van de mogelijkheden en - door het verwerken van de pro's en contra's - een basis om de verschillende alternatieven te vergelijken.

Bijlage III noemt tenslotte nog enkele praktische bevindingen, die incidenteel hun waarde bewezen hebben bij het opvangen van een overbelastingsprobleem.

PROBLEMBESCHRIJVING

In 1983 bleek in Nederland globaal 20% van de rwzi's biologisch overbelast; 77% bleek hydraulisch overbelast (zie bijlage I). Capaciteitsvergroting blijkt in veel gevallen noodzakelijk.

Wanneer besloten wordt tot uitbreiding van een bestaande rwzi, gebeurt dat vanwege het bestaan van of de verwachting van een overbelastingsprobleem. Omgekeerd hoeft de oplossing van een overbelastingsprobleem niet altijd gevonden te worden in uitbreiding van een rwzi: optimalisatie van de bestaande zuiveringstechniek kan voldoende zijn voor een adequate oplossing. Soms kan het probleem buiten het zuiveringsproces opgevangen worden.

In welke richting moet nu de oplossing van een overbelastingsprobleem gezocht worden? Om deze vraag te beantwoorden, wordt het begrip "capaciteitsvergroting" nader bekeken.

Capaciteitsvergroting van een rwzi wordt noodzakelijk, indien niet meer aan de effluenteisen voldaan wordt doordat:

- de bedrijfsbelasting de ontwerpbelasting overtreft (in dit rapport **ontwerpoverbelasting** genoemd). Het gaat hier om overbelastingsverschijnselen die optreden wanneer het quotiënt van actuele waarde en ontwerpwaarde voor een representatieve parameter groter dan 1 is;
- de zuiveringscapaciteit geringer is dan de ontwerpcapaciteit (in dit rapport **ontwerpondercapaciteit** genoemd). Dit betreft overbelastingsverschijnselen die optreden terwijl toch bovengenoemd quotiënt kleiner dan 1 is;
- er strengere eisen aan de effluentkwaliteit gesteld worden dan waarvoor de rwzi ontworpen is.

Een overschrijding van de ontwerpbelasting kan veroorzaakt worden door een vergrote aanvoer van afvalwater (hydraulische overbelasting) en/of van de vuilvracht (biologische/BZV overbelasting). Door hydraulische overbelasting neemt de ledigingstijd, en dus de duur van de maximale hydraulische belasting op de rwzi, toe, waardoor de kans op sliboverstort uit de nabezinking groter wordt. Bovendien wordt bij een bepaalde RWA-pompcapaciteit extra aanspraak gemaakt op de bergingscapaciteit van het rioolstelsel. Dat laatste kan voorkomen worden door de pompcapaciteit van de aanvoerpompen te verhogen. Dit resulteert in een meer stootsgewijze belasting van de rwzi.

Een vergrote vuilvracht kan behandeld worden door meer zuurstofinbrengcapaciteit te installeren en een hogerbelast actief-slibproces te bedrijven. Vaak wordt besloten het drogestofgehalte in de aëratietank te verhogen. Men moet dan wel bedacht zijn op een goed verloop van het nabezinkproces onder RWA-condities.

Voor capaciteitsvergroting komen, bij een voorheen goed verlopend zuiveringsproces, op de eerste plaats die technieken in aanmerking die er direct op gericht zijn extra zuiveringscapaciteit te verschaffen (**aanvullend**). Technieken die ten doel hebben het zuiveringsproces te **verbeteren** zorgen via een omweg ook wel voor capaciteitsvergroting maar men mag minder van deze technieken verwachten omdat:

- goede proceseigenschappen zich minder gemakkelijk laten verbeteren (afnemende meerwaarde);
- kunstmatige procesverbetering vaak elders in het zuiveringsproces zijn repercussies heeft ("behoud van ellende").

Illustraties van het eerste zijn bijv. technieken die zich tot doel stellen de slibindex te verbeteren. Opvoeren van het drogestofgehalte in de aëratieruimte kan resulteren in een overbelasting van de nabezinking en is illustratief voor het tweede geval.

Overbelastingsverschijnselen kunnen ook optreden op een onderbelaste rwzi. Blijkbaar zakt de zuiveringscapaciteit nu onder de ontwerpcapaciteit. Deze verlaging is te wijten aan het niet naar behoren functioneren van het zuiveringsproces. Dit kan worden veroorzaakt door:

- de samenstelling van het afvalwater;
- eigenschappen van de zuiveringsinrichting;
- de bedrijfsvoering.

Ook kan een combinatie van factoren voorkomen: verlaging van de zuiveringscapaciteit door de aanwezigheid van licht slib kan bijv. veroorzaakt worden door:

- het afvalwater: veel opgelost BZV, extreme CZV/BZV-verhouding, C:N:P-onbalans, lage redoxpotentiaal, pH-wisselingen, aangerot afvalwater;
- de rwzi: verblijftijden in voor- en nabezinking, mate van menging in de beluchtingsruimte, geometrie van de beluchtingsruimte, inadequate slibruiming;
- bedrijfsvoering: onvolledige nitrificatie, te laag zuurstofgehalte, belastingsstoten door slibwater.

Er kan nu, in tegenstelling tot een ontwerpoverbelastingsprobleem, veel meer verwacht worden van verbeterende technieken. Soms kan een simpele ingreep een groot effect teweegbrengen. Een uitzondering moet gemaakt worden wanneer het probleem inherent aan het afvalwater zelf is. Wanneer dosering van chemicaliën geen effect heeft, moet het probleem aangepakt worden als een ontwerpoverbelastingsprobleem [119,130].

Het aanscherpen van effluenteisen kan leiden tot een onvoldoende zuiveringsprestatie. Deze eisen hebben vooral betrekking op het stikstof- en fosfaatgehalte. Oplossingen kunnen liggen in:

- aanpassing van het zuiveringssysteem;
- precipitatietechnieken;
- installeren van een derde zuiveringstrap.

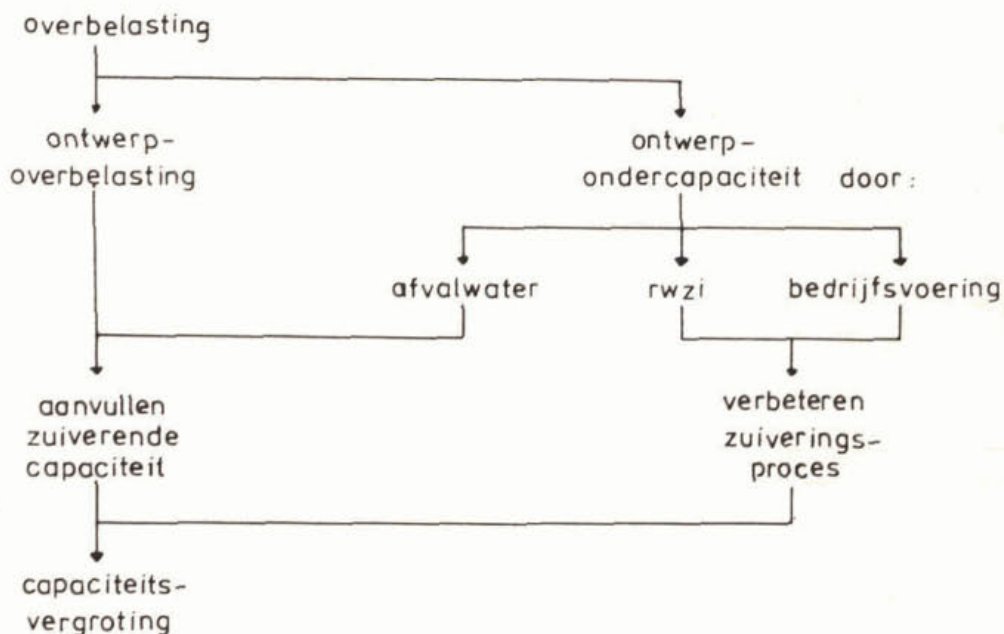
In dit rapport ligt het zwaartepunt op de behandeling van de problematiek rond ontwerpoverbelasting. Ontwerpondercapaciteit zal zo nu en dan ter sprake komen en wel om de volgende redenen:

- het gaat er in de eerste plaats om de effluentkwaliteit van de rwzi te verbeteren op welke manier dan ook; de aard van het overbelastingsprobleem is hieraan ondergeschikt;

- er is niet altijd onderscheid te maken wanneer het op het kiezen van een oplossing aankomt (zie figuur 1);
- sommige oplossingsmethodieken laten zich even goed voor beide problemen hanteren. Het zou jammer zijn dat niet te vermelden.

Het kan voorkomen dat aanscherping van effluenteisen van doorslaggevend belang is bij de keuze van de juiste oplossing. Wanneer men bijvoorbeeld moet gaan defosfateren, ligt het voor de hand om voor-precipitatie toe te passen om BZV-overbelasting van de rwzi te elimineren.

In figuur 1 wordt nog eens geïllustreerd hoe de verschillende begrippen zich tot elkaar verhouden.



Figuur 1. Het verband tussen overbelasting en capaciteitsvergroting.

In de hoofdstukken 6 t/m 10 worden de oplossingen besproken die in dit hoofdstuk categorisch aangeduid worden. De bespreking van een techniek bestaat daar steeds uit een korte beschrijving ervan, gevolgd door het vermelden van situaties waarin de techniek voor toepassing in aanmerking komt.

Er is een onderverdeling gemaakt naar technieken met een aanvullend karakter en technieken met een verbeterend karakter. Deze onderverdeling zegt iets over het effect wat van de technieken verwacht mag worden, wanneer men kijkt naar een ontwerpoverbelastings- of naar een ontwerpondercapaciteitsprobleem (zie hoofdstuk 3).

Het is een technische verdeling die niet onverbiddeijk gehanteerd kan worden. Omstandigheden van locale, financiële, of tijdelijke aard kunnen het noodzakelijk maken dat een verbeterende techniek gekozen wordt, waar figuur 1 een aanvullende techniek aangeeft.

In bijlage II worden bovengenoemde oplossingen op een aantal punten gewaardeerd zodat onderlinge vergelijking vergemakkelijkt wordt.

Bijlage III noemt een aantal praktische bevindingen die incidenteel hun waarde bewezen hebben voor het realiseren van capaciteitsvergroting.

In figuur 2 (uitklappen aan het einde van dit hoofdstuk) is het overbelastingsprobleem geschematiseerd. Het schema bevat negen keuzemogelijkheden die leiden tot een bepaald type probleemoplossing. In dit hoofdstuk zullen deze keuzemogelijkheden toegelicht worden. De paragraafnummering correspondeert daartoe met de keuzenummering in figuur 2.

4.1 Overbelasting

Een aanwijzing voor hydraulische (ontwerp)overbelasting kan verkregen worden door het aantal bedrijfsuren van de RWA-pompen te registreren. Gebruikelijk in de praktijk is dat de RWA-pomptijd maximaal 8 - 10% van de nominale DWA-pomptijd mag bedragen. Bij een lage waarde voor de slibindex of een ruimer gedimensioneerde nabezinktank (oppervlaktebelasting lager dan $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 * \text{h})$) kan deze waarde wat hoger liggen.

Overschrijding van de ontwerpwaarde voor de zuiveringscapaciteit in i.e. is een indicatie voor de grootte van de biologische ontwerpoverbelasting. Deze kan het gevolg zijn van een toename van de DWA door uitbreiding van het verzorgingsgebied van de rwzi. Uitbreiding van industriële activiteit kan hieraan natuurlijk ook debet zijn.

Ontwerpondercapaciteit wordt gekenmerkt door het dalen van de zuiveringscapaciteit van de rwzi onder de ontwerpcapaciteit, terwijl de ontwerpgrondslagen van de zuivering niet overschreden worden. Dit kan een aantal oorzaken hebben (zie 4.8).

4.2 Hydraulische of biologische overbelasting

Nadat vastgesteld is dat het om een ontwerpoverbelastingsprobleem gaat, moet de aard ervan verder bekeken worden: is het primair een hydraulisch of een biologisch probleem. Slibverlies uit de nabezinking is vaak een indicatie van een hydraulisch probleem, maar een opgevoerd drogestofgehalte in de aëratieruimte kan daarvan ook een oorzaak zijn. Het probleem is dan primair het grote BZV-aanbod.

Onvoldoende nitrificatie kan symptomatisch zijn voor hydraulische overbelasting, wanneer de verblijftijd in de beluchtingsruimte te laag ligt, of voor biologische overbelasting wanneer het een te hoog belast proces betreft.

4.3 Biologische overbelasting: bronbestrijding en karakterisering

Soms is het mogelijk de bron van de overbelasting ondubbelzinnig aan te wijzen en vervolgens te elimineren, bijvoorbeeld wanneer het een bepaalde industrie betreft. Na overleg met de betreffende vervuiler kan deze besluiten tot de bouw van een eigen zuiveringsinrichting.

Wanneer de toevoer van extra BZV op de zuivering behandeld moet worden, is het gewenst deze aanvoer te karakteriseren. Het kan bijvoorbeeld gaan om een stootbelasting, of om de aanvoer van BZV met een biologisch remmend karakter.

Stootbelastingen en biologische remming worden veroorzaakt door industriële lozingen (extern). De recirculatie van slibwater kan een interne oorzaak zijn van een stootbelasting. Stootbelastingen kunnen worden opgevangen met een egalisatiebassin: externe stoten met behulp van een "flow-through" bassin, interne stoten met een "side-line" bassin (zie 4.7).

Stoten kunnen afgevlakt worden door interne recirculatie wanneer daar hydraulisch de ruimte voor is. Belastingsstoten door slibwater worden ook wel vermeden door het slibwater apart te behandelen (zie 8.12). Een toxische stootbelasting kan beter in een volledig gemengd systeem opgevangen worden, dan bij propstroming. Ook het principe van de contactstabilisatie is minder gevoelig voor toxische belastingen.

4.4 Het opvangen van een continue BZV-ontwerpoverbelasting

Dit gebeurt vaak door het vergroten van de beluchtingscapaciteit en/of door verhoging van het drogestofgehalte in de aëratie. Volgens de STORA-richtlijn voor het ontwerp van nabezinktanks is er in de praktijk al vaak van een overbelasting op de nabezinking sprake. Verhoging van de droge stof in de aëratie draagt hier nog aan bij. In principe moet hier dan ook niet voor optimaliserende maar voor aanvullende maatregelen gekozen worden. Deze maatregelen worden in hoofdstukken 6 t/m 10 beschreven. Ze kunnen betrekking hebben op alle (drie) trappen van het zuiveringsproces.

4.5 Hydraulische overbelasting

Er moet een keuze gemaakt worden of men het water op de zuivering accepteert of dat men zich op andere wijze van het aanbod ontdoet. Een mogelijkheid is om de bron van het waterbezwaar weg te nemen. Deze moet dan duidelijk aanwijsbaar zijn. Maatregelen kunnen zijn [25]:

- het afvoeren van hemelwater waar dat eenvoudig te doen is en veel effect heeft (bijv. op industrie- of parkeerterreinen);
- het repareren van lekke en daardoor drainerende rioolleidingen;
- het opheffen van lozingen van grondwaterbemaling bij bouwputten;
- hergebruik van water (bijv. proceswater uit airconditioningsinstallaties).

Soms accepteert men het afvalwateraanbod maar moet men, ter bescherming van de rwzi, het teveel "bypassen" langs de zuivering. Dit is soms tijdelijk mogelijk wanneer het gaat om een weinig geconcentreerde lozing op groot oppervlaktewater, dat in de buurt van de rwzi aanwezig is. De bypass kan ook na de voorbezinking afgetakt worden. Het afvalwater wordt bijvoorbeeld na desinfectie geloosd.

4.6 Handhaven of vergroten van de aanvoercapaciteit naar de rwzi

Men kan besluiten bij een verhoogde RWA de capaciteit van influent- (eventueel tussen of effluent-) gemalen en van transportgemalen niet te verhogen. Daarmee accepteert men een langere regenwateraanvoer op de zuivering, omdat de ledigingstijd van het rioolstelsel toeneemt. Er wordt dus meer aanspraak gemaakt op de bergingscapaciteit van het rioolstelsel.

Dit kan leiden tot het installeren van randvoorzieningen aan het rioolstelsel [80] of tot het accepteren van een toename van de overstortfrequentie [61]. Bij een uitgestrekt rioolstelsel kan men denken aan een centralisering van de gemaalbesturing voor een optimale benutting van de beschikbare berging.

Wanneer de afvlakking van het wateraanbod in het rioolstelsel niet voldoende is voor een goed verlopend zuiveringsproces moeten op de rwzi aanvullende maatregelen genomen worden (zie 4.7).

Door de aanvoercapaciteit naar de rwzi te vergroten, ontlast men de statische berging van het rioolstelsel. Het probleem wordt nu naar de zuivering zelf verlegd.

4.7 Het aanbrenge van veranderingen in het zuiveringsproces

Veranderingen kunnen gerealiseerd worden vóór, in of na het biologisch zuiveringsproces. Bij de keuze zijn de volgende overwegingen van belang:

Egalisatie voegt niet direct zuiveringscapaciteit toe aan de rwzi, maar verschuift de behoefte daaraan in de tijd. Gemiddeld moet er dus voldoende zuiveringscapaciteit aanwezig zijn, of anders moet deze eenvoudig te realiseren zijn.

Egalisatie kan toegepast worden met een zuiver biologisch oogmerk, namelijk om concentratieverschillen te dempen in de DWA van

een gescheiden rioolstelsel, of met een hydraulisch oogmerk, namelijk om verschillen tussen DWA en RWA te nivelleren in een gemengd rioolstelsel. Egalisatie is dus een mogelijkheid wanneer men het zuiveringsproces efficiënter in de tijd wil benutten.

Aanvullingen in de eerste trap van het zuiveringsproces verdienen bijzondere aandacht.

Het is belangrijk de functie van de eerste zuiveringstrap te definiëren. Deze functie is het afvalwater zodanige kwantitatieve en kwalitatieve veranderingen te laten ondergaan dat het zuiveringsrendement van het actief-slibproces maximaal is. Een goed werkend actief-slibproces is immers in staat om een zeer hoog rendement te leveren (>99%); hoger dan met chemische middelen (in een derde zuiveringstrap) ooit haalbaar is.

Een goede eerste zuiveringstrap betekent dus lang niet altijd een goede **zuivering** in de eerste trap. In het geval van overbelasting van een conventionele rwzi zal aanvulling vaak een vermindering van de slibvolumebelasting op de nabezinking tot doel hebben (hoofdstuk 5).

Aanvullingen in het actief-slibproces hebben ook tot doel de slibvolumebelasting op de nabezinking te verminderen. Het bezonken effluent van een goed werkend actief-slibproces kan wedijveren met dat van een derde zuiveringstrap wanneer het om het gehalte van de zwevende stof gaat [63].

Aanvullingen in het nabezinkproces hebben tot doel het aangeboden slibvolume te verwerken, zonder dit te reduceren. Men accepteert dus de werking van de eerste trap en het actief-slibproces. Naast het conventionele nabezinkproces zijn vele alternatieven mogelijk. Deze alternatieven kunnen beoordeeld worden op het effect dat zij hebben op de functies van het nabezinkproces: slib/waterscheiding, slibindikking en slibberging.

Met het invoeren van een derde zuiveringstrap wordt het resultaat van de eerste twee trappen geaccepteerd, eventueel na aanvullingen. Er kan zelfs een hoge slibvolumebelasting met periodieke sliboverstort geaccepteerd worden wanneer dit geen consequenties heeft voor het actief-slibproces.

Het toepassen van een microzeef of een nabehandelingsvijver lijkt het meest reëel [47,62,95]. Zij verdienen daarom nadere aandacht (hoofdstuk 10). Andere oplossingen kunnen gekozen worden wanneer men toch al van plan was een derde trap te bouwen, bijvoorbeeld om te defosfateren.

In de keuze van de toe te passen techniek spelen mee:

- type zuiveringssysteem (grootte, slibbehandeling, type beluchting);
- de hoogte van de slibindex (een hoge slibindex is bijv. voordelig bij flotatie);
- de mate van nitrificatie;
- locale omstandigheden zoals bijvoorbeeld de aanwezigheid van oude tanks, de beschikbare ruimte, het ontvangende oppervlaktewater;
- de tijdelijkheid van het probleem;
- de financiën.

4.8 De oorzaak van ontwerpondercapaciteit

rwzi

Ontwerpondercapaciteit kan zijn oorzaak vinden in het niet optimaal afgestemd zijn van installatietechnische grootheden zoals verblijftijden, menging, snelheden en belastingen.

Concrete oorzaken zijn:

- lange verblijftijden van slib in voor- en nabezinking bij DWA;
- kortsluitstromen en neren in nabezinking en beluchtingsruimte;
- te lage ruimcapaciteit;
- onvoldoende of niet regelbaar pompvermogen (spui- en retour-slib);
- te lage OC.

bedrijfsvoering

Door onvoldoende bedrijfsvoering kan de capaciteit van de rwzi dalen. Dit is het geval wanneer wisselingen van parameters niet goed geregistreerd -kunnen- worden, zoals:

- de slibbelasting;
- de slibleeftijd;
- het zuurstofgehalte in de aëratieruimte;
- zuurgraad, nitraatgehalte en redoxpotentiaal.

Sturing kan in bovengenoemde gevallen de oplossing bieden. Wanneer manipulatie met het zuiveringsproces onvoldoende effect heeft, moet men denken aan maatregelen ter **verbetering** van de eerste of de tweede trap van het zuiveringsproces. In de keuze van de techniek spelen de overwegingen uit 4.7 weer mee.

hoedanigheid van het afvalwater

In de loop van de tijd kan de samenstelling van het afvalwater zich gewijzigd hebben. Het afvalwater kan de aanleiding zijn tot biologische problemen zoals het ontstaan van licht slib.

Aanleiding tot problemen geven:

- CZV/BZV-verhouding;
- C:N:P-verhouding;
- gering bufferend vermogen;
- lage redoxpotentiaal;
- pH-wisselingen;
- aangerot afvalwater;
- biologisch remmende stoffen;
- oppervlakte-actieve stoffen.

Ontwerpondercapaciteit veroorzaakt door factoren die inherent zijn aan de aard van het afvalwater, laat zich vaak behandelen als ontwerpoverbelasting [130] (zie 4.7).

4.9 Voorbehandeling afvalwater c.q. aanvulling zuiveringsproces

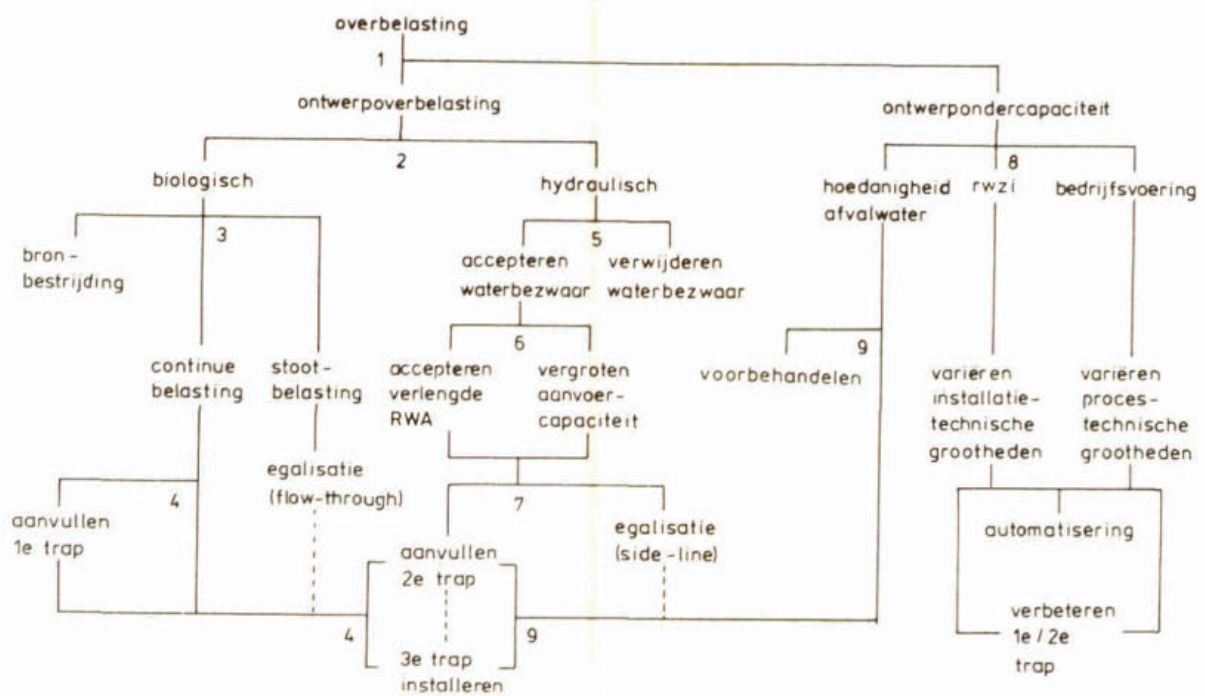
Door het toevoegen van een fosforbron of een koolstofbron (denitrificatie) kan een nutriënttekort aangevuld worden.

Soms is een pH-correctie nodig.

Aangerot afvalwater kan een voorbeluchting ondergaan in het ontvangwerk, in de zandvang of in de aanvoer naar de zuivering, met behulp van zuurstof of waterstofperoxyde. De afvallucht wordt

door een compostfilter geleid.

Een aantal technieken ter **aanvulling** van het zuiveringsproces is ook geschikt om een bepaald type afvalwater te behandelen. Het accent ligt daarbij vooral op een goed functionerend nabezinkproces. Soms is het aantrekkelijk een derde zuiveringstrap te bouwen, zie 4.7.



Figuur 2. Keuzeschema

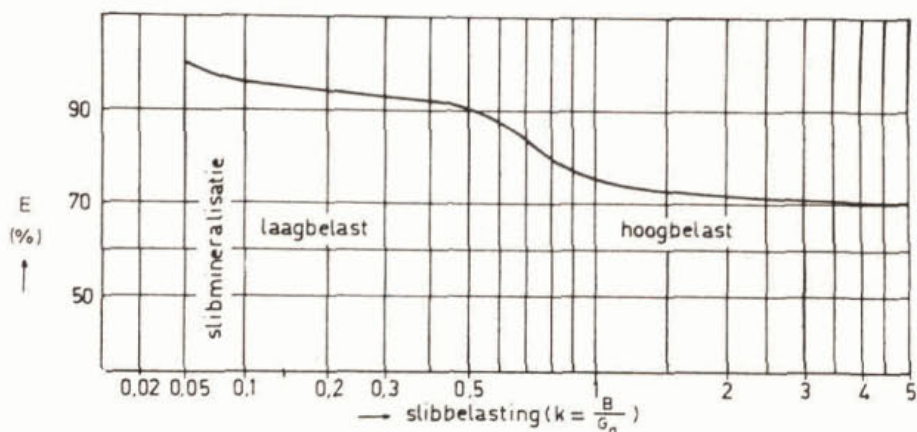
5 HET BEOORDELEN VAN EEN TECHNISCHE OPLOSSING

Het overschrijden van ontwerpgrondslagen kan zich voordoen als een BZV-overbelasting of als een hydraulische overbelasting. De effecten van dergelijke overschrijdingen zullen in dit hoofdstuk kort behandeld worden met het doel criteria te vinden om de verschillende technieken te kunnen vergelijken met betrekking tot de verwachte effluentkwaliteit.

5.1 BZV- en zwevendestofverwijdering

biologische overbelasting

Het optreden van biologische overbelasting wordt in de regel niet als zeer problematisch ervaren voor het functioneren van het actief-slibproces. Dit kan mogelijk verklaard worden omdat de remedie (opvoeren drogestofgehalte en beluchting) voor de hand ligt, maar ook omdat een beperkte mate van overbelasting weinig invloed op het zuiveringsrendement heeft (zie figuur 3).



Figuur 3. BZV-verwijdering als functie van de slibbelasting voor het actief-slibproces [Koot, 60]

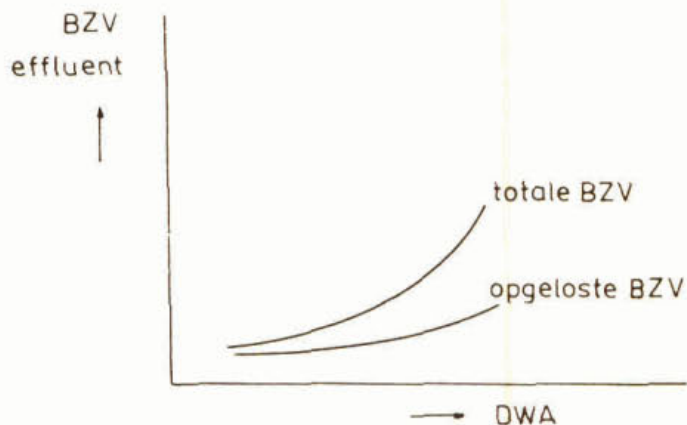
In hoofdstuk 3 werd er al op gewezen dat de genoemde maatregelen dikwijls niet bijdragen aan een oplossing, maar dat ze het probleem verplaatsen naar de nabezinking. Deze wordt zwaarder belast.

Uit onderzoek [82] blijkt dat het opgeloste BZV in het effluent van de nabezinking bij vergroting van de afvalwaterstroom (DWA) weinig toeneemt, maar dat het totaal BZV dat wel doet (figuur 4).

De conclusie moet zijn dat het opvoeren van de DWA vooral resulteert in het uitspoelen van slibdeeltjes en dus in een onvoldoende functioneren van het nabezinkproces.

hydraulische overbelasting

Uit het STORA-rapport "Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces" (deel 2, ronde nabezinktanks (praktijkonderzoek)) komt naar voren dat de oppervlaktebelasting van nabezinktanks in veel gevallen verlaagd zou moeten worden tot circa $0,8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Voor de meeste rwzi's bedraagt deze waarde circa $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Dit betekent dat in veel gevallen de nabezinking onder RWA-condities overbelast is.



Figuur 4. BZV in het effluent als functie van de DWA [82].

In de Nederlandse zuiveringspraktijk wordt deze kwetsbaarheid van het nabezinkproces wel bevestigd. Een inventarisatie van technologische jaarverslagen van de waterkwaliteitsbeheerders geeft als belangrijkste klachten:

- verstoring van het bezinkproces bij de inloopconstructie van de nabezinktank;
- slibuitspoeling uit de nabezinking;
- hoge slibindex;
- optreden van draadvormers;
- onvoldoende nitrificatie.

Deze factoren dragen alle bij tot een minder goed functioneren van het nabezinkproces.

Biologische overbelasting heeft dus een beperkte invloed op de BZV-verwijdering. Het nabezinkproces echter reageert hierop met slibuitspoeling. Het zwevendestofgehalte in het effluent, en daarmee het functioneren van de nabezinking, is dus een indicator voor biologische overbelasting van het zuiveringsproces.

Een mogelijkheid om technische oplossingen voor een overbelast zuiveringsproces te toetsen is om hun effect op de nabezinking te bekijken. De parameter daarvoor is de slibvolumebelasting VS_a :

$$VS_a = G_a * I_{SV} * q_A \quad (1)$$

Hierin is: G_a : drogestofgehalte in de beluchtingsruimte (kg/m^3)

I_{SV} : slibindex (l/kg)

q_A : oppervlaktebelasting ($m^3/(m^2 * h)$)

Technische oplossingen kunnen nu bereiken dat de slibvolumebelasting:

- gereduceerd wordt door de factoren in vgl. 1 te reduceren;
- acceptabel gemaakt wordt door het nabezinkproces te optimaliseren of door effluentbehandeling toe te passen.

In het geval men andere slib/water-scheidingstechnieken toepast,

is de slibvolumebelasting niet meer van belang. Men zal deze technieken door middel van een proef op semi-technische schaal moeten beoordelen. Hierop wordt hier niet verder ingegaan.

De slibvolumebelasting is dus een toetssteen om verschillen in effectiviteit tussen technieken te kwantificeren, voor zover het de reductie van BZV en de verwijdering van zwevende stof betreft in een conventioneel actief-slibproces.

5.2 Nitrificatie

Om iets te kunnen zeggen over de Kjeldahl-stikstof(Kj-N)verwijdering als gevolg van overbelasting is het niet voldoende om alleen de slibvolumebelasting van de nabezinking te beschouwen. Het kan immers voorkomen dat een voldoende BZV-reductie bereikt wordt bij een onvoldoende Kj-N-verwijdering. Een reden daarvoor kan zijn dat de Kjeldahl-stikstof veelal in opgeloste vorm aanwezig is en zich niet zo gemakkelijk aan de slibvlok hecht. Een goed verlopend nabezinkproces zegt dan niets over een goede Kj-N-verwijdering.

Wanneer een zuivering **biologisch overbelast** wordt, bijvoorbeeld door toename van de DWA, wordt zowel extra BZV als extra Kj-N aangevoerd. Het gevolg is dat er in een **hogerbelaast** proces **meer** Kj-N genitrificeerd moet worden. Het nitrificatieproces wordt dus op deze twee manieren nadelig beïnvloed.

De parameter die deze invloeden beschrijft, is de slibleeftijd t_s . Een hogere belasting van het zuiveringsproces doet de slibleeftijd dalen, terwijl de zwaardere Kj-N-belasting een hogere slibleeftijd wenselijk maakt.

Bij **hydraulische overbelasting** zal zich een nieuw slibevenwicht instellen. De slibhoeveelheid en de verblijftijd van het afvalwater nemen af in de beluchtingsruimte. Er bevindt zich meer slib in de nabezinking. De afname van de drogestofconcentratie in de beluchtingsruimte betekent een afname van de slibleeftijd en werkt negatief uit op de nitrificatie. Bovendien neemt ook de verblijftijd in de aërobe beluchtingsruimte af, waardoor het (langzame) nitrificatieproces in gevaar kan komen. Hier speelt dus naast de slibleeftijd ook de verblijftijd in de beluchtingsruimte een rol.

Samenvattend kan de slibvolumebelasting gebruikt worden om het effect van technische oplossingen op de BZV-reductie en de zwevendestofverwijdering te voorspellen; de slibleeftijd en de verblijftijd in de beluchtingsruimte geven informatie omtrent de te verwachten Kjeldahl-stikstofverwijdering. Deze criteria zijn van belang om de technieken, die in de volgende hoofdstukken beschreven worden, onderling te kunnen vergelijken.

Egalisatiebassins kunnen voor een tweetal doelen ingezet worden:

- demping van de DWA in gescheiden stelsels;
- demping van de RWA in gemengde stelsels.

De eerste mogelijkheid is relatief goedkoop en kan een goede methode zijn om het zuiveringsproces te verbeteren [7,110]. DWA-demping nivelleert vooral concentratieverschillen waarmee de rwzi belast wordt, en is dus van betekenis bij biologische overbelasting. Er moet een egalisatiebassin gebruikt worden dat in serie geschakeld staat met de zuiveringsstraat ("flow-through bassin").

Demping van de RWA nivelleert voornamelijk kwantitatieve verschillen in de wateraanvoer. Hierdoor kan men volstaan met het toepassen van een bassin dat als overloop fungeert ("side-line bassin"). Een dergelijk bassin vertoont weinig concentratiedemping.

De toepassing van bassins voor RWA-demping (deze zijn voor de Nederlandse zuiveringspraktijk het belangrijkste) brengt een aantal voordelen met zich mee:

- de voorbezinking wordt gelijkmatiger belast, waardoor een betere flocculatie en dus een wat hoger bezinkrendement optreedt [7];
- een gelijkmatige belasting van de beluchtingsruimte (in de tijd) komt de stabiliteit van de procesparameters (zuurstof-, drogestofgehalte), en dus ook het proces (nitrificatie!), ten goede. Tevens werken chemische toevoegingen effectiever en wordt dosering eenvoudiger;
- de nabezinking wordt lager en gelijkmatiger belast. Er kan een hoger drogestofgehalte in de beluchtingsruimte gekozen worden zonder dat de nabezinktank extreem zwaar belast wordt tijdens RWA. Op deze wijze kan het RWA-bassin bijdragen aan een verhoging van de biologische zuiveringscapaciteit;
- wanneer het drogestofgehalte in de beluchtingsruimte aanmerkelijk verhoogd wordt, is vermindering van de slibproductie te verwachten;
- tertiaire zuiveringsprocessen, zoals filtratie, microzeving en defosfatering, zijn eenvoudiger te bedrijven en worden stabiel;
- slibwater kan via een egalisatiebassin naar het zuiveringsproces gerecirculeerd worden zonder voor een stootbelasting te zorgen.

toepassingen

Zoals in 4.7 vermeld, vereist de toepassing van een egalisatiebassin dat er gemiddeld voldoende zuiveringscapaciteit aanwezig is. Het blijft een vorm van "peak-shaving".

Toch kan er indirect nog wel wat extra capaciteit gecreëerd worden, bijvoorbeeld door het drogestofgehalte in de beluchtingsruimte te verhogen waar dat eerst onmogelijk was in verband met piekafvoeren. Deze mogelijkheden kunnen RWA-egalisatiebassins aantrekkelijk maken.

Kleinere egalisatiebassins kunnen uitgevoerd worden in staal of als een uitgegraven bassin voorzien van een bodembescherming [10]. Een andere mogelijkheid is om aanwezige oude tanks voor dit doel te benutten.

Interessant in dit verband is de combinatie van egalisatiebassin en zeefinrichting. De laatste kan soms op efficiënte wijze rooster, zandvang en voorbezinking combineren. De oude voorbezinktank kan als RWA-bekken gaan fungeren, en in de beluchtingsruimte kan het drogestofgehalte opgevoerd worden. De lagere slibbelasting doet de slibproductie afnemen, en er mag een verbeterde nitrificatie verwacht worden.

7 CAPACITEITSVERGROTING VAN DE EERSTE TRAP

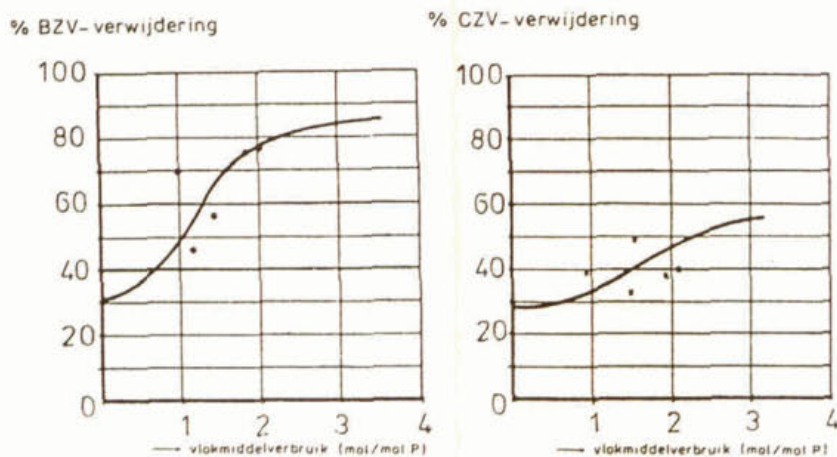
verbeterend: - vlokmiddelen
aanvullend : - zeping
- flotatie
- overslaan van de voorbezinking

7.1 Het gebruik van vlokmiddelen

Door het stimuleren van de voorbezinking met behulp van een vlokmiddel, kan een groter deel van de BZV-vracht in de eerste trap van het zuiveringsproces weggenomen worden. Tevens wordt de bezinkbaarheid van het primaire slib verbeterd. Voorprecipitatie ontlast op deze wijze het BZV-overbelaste beluchtingsproces, zodat kunstmatige ingrepen, zoals het verhogen van het drogestofgehalte en het toevoegen van beluchtingscapaciteit, achterwege kunnen blijven.

Het drogestofgehalte in de aëratie kan evenredig met de vermindering van het BZV-aanbod verlaagd worden (tot $+ 2 \text{ kg/m}^3$), waardoor de nabezinking ontlast wordt. Verdere voordelen zijn de verwijdering van fosfaat, de afname van de secundaire slibproductie en de eenvoudige installatie. Er is minimaal een voorraadsilo en een doseerinstallatie nodig.

In een proef op praktijkschaal [123] kon de BZV-eliminatie van normaal 30%, opgevoerd worden tot 50% en 70% bij dosering van 1 resp. 2 mol metaalzout per mol fosfor. De CZV-reductie nam daarbij toe van 28 naar 35 resp. 40% (zie figuur 5).



Figuur 5. BZV en CZV-eliminatie bij voorprecipitatie onder DWA-
condities.

Nadeel is de eventuele noodzaak van fosfaat-registratie om een voldoende fosfaataanbod aan de aëratie te kunnen garanderen. Verder moet gerekend worden op een toename van de primaire slibproductie. Deze bedraagt voor metaalzouten 40 tot 75%; voor kalk 150 tot 500% afhankelijk van de alkaliteit van het afvalwater. Daar tegenover staat een afname van de secundaire slibproductie waarvoor geldt volgens Koot [60]:

$$G_{sa} = 1,1 * EB - 0,04 * G_a \text{ kg/(m}^3 * \text{d)} \quad (2)$$

Stel: E = 95% , B (te behandelen BZV in de aëratie) vermindert met 40%, dan volgt uit formule 2 dat, voor een laagbelast proces, G_{sa} met circa 30% afneemt.

Bij wisselende afvoer blijkt de dosering moeilijk in te stellen. Er is sprake van een smal gebied waar de dosering optimaal is. Overdosering heeft negatieve effecten op de BZV-verwijdering [15]. De regeling van de dosering moet dus zo goed mogelijk aan de debietmeting gekoppeld worden.

toepassingen

Toepassing van voorprecipitatie komt in aanmerking, wanneer de rwzi voorzien is van een voorbezinking en doorstroomd wordt met voldoende fosfaathoudend afvalwater. Er moet ruimte zijn voor de extra hoeveelheid te verwerken primair slib. Soms kan toevoeging van een vlokhulpmiddel noodzakelijk zijn voor het adequaat functioneren van de methode.

Het RWA/DWA-quotiënt moet niet al te groot zijn om een goede doseringstechniek te waarborgen. Voorprecipitatie lijkt daarom in de eerste plaats geschikt om extra BZV-belasting op te vangen bij een geringe toename van de hydraulische belasting. Dit kan voorkomen bij een verhoogde DWA. Wanneer het nu mogelijk wordt om het drogestofgehalte in de aëratie te laten dalen, terwijl de slibbelasting gehandhaafd blijft, wordt ook de nabezinking ontlast.

Eisen aan het fosfaatgehalte van het effluent kunnen van doorslaggevende betekenis zijn om tot voorprecipitatie te besluiten.

Doseren van alleen een vlokhulpmiddel (0,25-1 mg/l) zou de BZV-eliminatie in de voorbezinking van 30 naar 45% kunnen verhogen [41].

7.2 Zeving als voorbehandeling

Zeven kunnen geïnstalleerd worden als aanvulling op, of als vervanging van vuilroosters. Op deze wijze kan een grotere fractie bezinkbare stof vòòr de voorbezinking afgevangen worden. Ook floterende stoffen als oliën en vetten kunnen tot circa 60% door zeving verwijderd worden [5]. Er worden maaswijdten toegepast van 0,2 tot 15 mm. Gebruikt worden doorgaans band- of trommelzeven.

Bij experimenten in Amerika [9] werd overstortwater na toevoeging van flocculant gezeefd. Hierbij trad een BZV-reductie op van gemiddeld 27% met een 0,3 mm trommelzeef. In ruw afvalwater mag echter een lager percentage zwevende stof verwacht worden. De BZV-verwijdering is zeer wisselend en niet direct gerelateerd aan de maaswijdte [5].

Afhankelijk van het afvalwater mag men, zonder dosering van flocculant, op zo'n 10% BZV-reductie rekenen. Er kunnen hoge oppervlaktebelastingen toegelaten worden (vele tientallen meters per uur). Overigens is er nauwelijks enig systematisch onderzoek naar zeving als voorreiniging gedaan.

toepassingen

Voor het opvangen van biologische of hydraulische overbelasting

is het gebruik van zeven van weinig nut, wanneer geen aanvullende maatregelen getroffen worden. Een uitzondering vormen mogelijk die zuiveringssystemen waar geen voorbezinking aanwezig is. Op rwzi's met een voorbezinking wordt zeving interessant wanneer dit, bijvoorbeeld in combinatie met zandvang, een voorbezinktank overbodig maakt. Deze kan dan ingezet worden als egalisatie-, beluchtings- of nabezinkbekken.

7.3 Preflotatie

Naar flotatie als voorbehandeling is eveneens weinig onderzoek gedaan. Flotatie wordt meestal toegepast als indikkingstechniek of als naklaringsmethode. In Amerika zijn flotatie-inrichtingen in gebruik voor het zuiveren van overstortwater.

Meestal wordt ontspanningsflotatie toegepast, waarbij men een onder druk met lucht verzadigde oplossing laat expanderen. De lucht komt vrij als zeer kleine belletjes, die zich hechten aan gesuspenderde deeltjes. Het complex drijft vervolgens op. Het flotaat wordt met een drijfslaagruimer verwijderd.

Voor flotatie als voorbehandeling is het gewenst dat een flink aandeel van het BZV als gesuspenderde stof aanwezig is. Eventueel kan daartoe een vlokmiddel toegevoegd worden. Aluminiumzouten schijnen hiervoor geschikt te zijn [67]; In dit onderzoek werden de flotatieparameters geoptimaliseerd. De uitkomsten waren:

- aluminiumdosering : >0,8 mg/l
- recirculatiestroom : 20 %
(=beluchte deelstroom)
- oppervlaktebelasting : 1,5 - 7 m³/(m² * h) bij een zwevendestofverwijdering van 90-60 %
- lucht/vastestofverhouding : 0,03 - 0,05

Met deze waarden kon in de eerste trap een BZV-eliminatie van circa 75% bereikt worden.

In een ander onderzoek werd, met voorschakeling van een zeeftrommel een BZV-eliminatie van 35% gehaald. Toevoeging van flocculant deed het rendement tot 60% stijgen.

Een andere (gepatenteerde) methode ter verbetering van het zuiveringsrendement is recirculatie van spuislib. Kleine deeltjes worden dan aan de slibvlok gehecht en meegefloteerd [91].

De bedrijfskosten van flotatie liggen hoger dan die van een conventioneel voorbezinkproces. Flotatie is echter veel ongevoeliger voor grote wisselingen in oppervlaktebelasting en laat een hoge oppervlaktebelasting toe.

toepassingen

Flotatie als voorbehandeling is aantrekkelijk bij een sterk variërende hydraulische en biologische (over)belasting. In aanmerking komt vooral afvalwater dat een groot aandeel slecht bezinkbare stof bevat.

Een zeefinrichting of zandvang kan aan de flotatie-inrichting

voorafgaan; flotatiebekkens worden echter ook wel met bodemruiming uitgerust.

Het flotatieproces kan verbeterd worden door chemicaliën te doseren of door spuislib te recirculeren. Doseren van chemicaliën is echter duur, en niet eenvoudig te realiseren bij een sterk wisselende afvalwateraanvoer. Recirculatie van spuislib heeft het voordeel dat het als flotaat ingedikt wordt, waardoor op de slibverwerking wordt bespaard.

Flotatie kan het voorbezinkproces geheel vervangen, waarbij hoge oppervlaktebelastingen mogelijk zijn ($6 - 7 \text{ m}^3/(\text{m}^2 * \text{h})$).

Door een voorbezinktank als flotatietank om te bouwen, kan de capaciteit van de tank 2 tot 3 maal zo groot worden. Dit biedt bijvoorbeeld de mogelijkheid om een tweede voorbezinktank tot egalisatiebekken om te bouwen, en op deze wijze hydraulische of biologische belastingsstoten op aëratie en nabezinking te vermijden.

Een flotatie-eenheid kan ook discontinu bedreven worden voor het opvangen van piekafvoeren.

Voordat tot de installatie van een flotatie-inrichting overgegaan gaat worden, is het noodzakelijk op semi-technische schaal proeven te nemen.

7.4 Ombouw van de voorbezinking

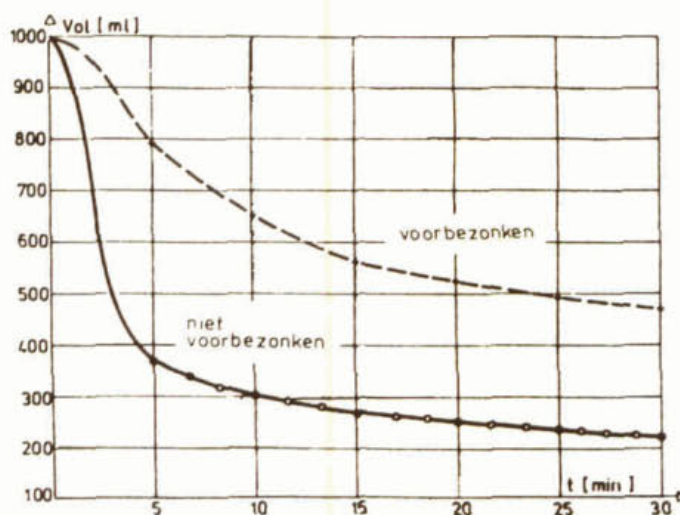
Deze mogelijkheid moet serieus overwogen worden, omdat het weglaten van de voorbezinking een aantal procestechnische verbeteringen met zich mee kan brengen [78,129]:

- bacteriën die zich aan het bezinkbare materiaal gehecht hebben, worden door voorbezinking verwijderd. Deze bacteriën bezitten een hoge activiteit voor de specifieke vervuilingen;
- het BZV dat in de voorbezinking verwijderd wordt, zou in de beluchtingsruimte maar gedeeltelijk afgebroken worden. Dit betekent dat er maar een kleine verhoging van de beluchtingscapaciteit nodig is. Dit BZV laat zich in de nabezinking gemakkelijk verwijderen;
- de bezinkeigenschappen van het secundaire slib verbeteren aanmerkelijk (zie figuur 6);
- het zuiveringsrendement zou vergelijkbaar zijn met een systeem met voorbezinking;
- de filterweerstand, als maat voor de ontwaterbaarheid neemt af met 50 - 75%;
- bij lage belastingen ($< 0,2 \text{ kg BZV}/(\text{kg d.s.} * \text{d})$) kan iets op het gistingstankvolume bespaard worden door een geringe afname van de spuislibproductie;
- door het buiten gebruik stellen van één of meerdere voorbezinktanks komt procesruimte vrij, die gebruikt kan worden voor egalisatie, beluchting of nabezinking.

Er kunnen ook nadelen aan verbonden zijn [129]:

- het actieve deel van het slib in de beluchtingsruimte neemt af. Dit moet gecompenseerd worden door verhoging van het drogestofgehalte in de beluchtingsruimte;

- mogelijk is een extra voorindikker nodig omdat gemengd slib een lager drogestofgehalte heeft dan primair slib;
- een beluchte zandvang is gewenst.



Figuur 6. Bezinkingscurve van actiefslib van voorbezonden en niet voorbezonden afvalwater [Müller, 78].

Het afvalwater wordt na de verwijdering van grove delen en na de zandvang direct in de beluchtingsruimte geleid. Mogelijk is wat meer energie nodig om het zwaardere slib in suspensie te houden. Een ander nadeel is dat de gistingsgasproductie iets kan teruglopen. In een situatie van biologische overbelasting hoeft dit geen bezwaar te zijn. De drogestofbelasting op de nabezinktank neemt toe.

toepassingen

Mogelijk wordt de toename van de drogestofbelasting niet in alle gevallen gecompenseerd door een afname van de slibindex, zodat de slibvolumebelasting op de nabezinktank stijgt. Dit nadeel kan echter gecompenseerd worden door de vrijgekomen procesruimte, in de vorm van één of meer voorbezinktanks, voor andere doeleinden te gebruiken.

Bij de aanwezigheid van meerdere voorbezinktanks kunnen enkele tanks in gebruik blijven. Na doorstroming van deze tanks is het afvalwater belucht en van de zwaarste bestanddelen ontdaan.

Een mogelijkheid is om de buiten gebruik gestelde tanks als egalisatiebassins te gebruiken. De slibuiming in de egalisatie-tanks wordt ontlast en anaërobie wordt tegengegaan doordat het afvalwater al een zekere mate van voorbezinking ondergaan heeft. Volledige RWA-egalisatie zal op deze wijze meestal niet haalbaar zijn omdat het tankvolume te klein is. Het gaat er echter om de drogestofbelasting op de nabezinking te reduceren en de tijdsduur van de maximale hydraulische belasting te bekorten. Hieraan kan een belangrijke bijdrage geleverd worden.

Men kan ook de vrijgekomen procesruimte in gebruik nemen als denitrificatiebassin. Dit is lonend wanneer het afvalwater veel nitraat of Kjeldahl-stikstof bevat, maar ook wanneer het afvalwater zoveel BZV bevat dat de nitrificatie onvoldoende is. Denitrificatie vermindert de zuurstofbehoefte, het Kjeldahl-stikstofgehalte en kan een stabiliserende invloed op de zuurgraad hebben tijdens de nitrificatie [55,57].

Aan de ruimerbrug moeten mechanismen gemonteerd worden die het actiefslib in suspensie houden, en de ruimersnelheid moet vergroot worden. Er is geen tussenbezinking nodig om denitrificerend en nitrificerend slib te scheiden. Het kan noodzakelijk zijn effluent van het zuiveringsproces te recirculeren om de denitrificatietanks van voldoende nitraat te voorzien.

Een derde mogelijkheid is de voorbezinktank als extra beluchtingsruimte in te richten. Men kan denken aan een hoogbelaste eerste zuiveringstrap. Op deze wijze kan een extra BZV-vracht opgenomen worden, zodat de tweede trap ontlast wordt.

De ruimerbrug moet nu van beluchtingselementen voorzien worden. Er is een verhoging van de ruimersnelheid nodig.

Ombouw van een voorbezinktank in een nabezinktank is aantrekkelijk wanneer de slibvolumebelasting op de nabezinking extra gereduceerd moet worden. Naast een verbetering van de slibindex wordt nu ook de slibvolumebelasting verlaagd door een vergroting van het beschikbare bezinkingsoppervlak. Deze ingreep is vooral succesvol wanneer het afvalwater een hoog percentage van het BZV in opgeloste of in colloïdale vorm bevat. De voorbezinking is dan weinig effectief qua BZV-verwijdering. Onder deze omstandigheden is ook de aanwezigheid van licht slib mogelijk (zie 8.2).

Het overslaan van de voorbezinking kan dus een maatregel zijn om de bezinkeigenschappen van het slib te verbeteren.

Daarbij kan men hydraulische overbelasting opvangen door ombouw van de voorbezinking naar egalisatie- of nabezinkruimte; biologische overbelasting door ombouw naar een denitrificatie- of beluchtingsbassin.

8 CAPACITEITSVERGROTING VAN HET ACTIEF-SLIBPROCES

verbeterend: - manipulatie met procesvariabelen
- lichtslibbestrijding
- actieve kool
- zuivere zuurstof
- vlokbelading

aanvullend : - herindeling van de beluchtingsruimte
- contactstabilisatie
- AB-techniek
- slib-op-dragertechniek
- biopreparaten
- gescheiden nitrificatie van slibwater

8.1 Manipulatie met procesvariabelen

Sturing van het zuurstofgehalte kan van belang zijn voor een voldoende nitrificatie bij een variërende aanvoer van afvalwater. Automatische sturing wordt vaak toegepast om op de kosten voor de zuurstofinbreng te besparen [48].

Verhoging van de zuurstofinbreng bij biologische overbelasting van de rwzi is een noodzakelijke maar vaak onvoldoende voorwaarde voor de verwerking van het BZV-aanbod [40,83].

Verhoging van het drogestofgehalte verlaagt de slibbelasting en de slibgroei. De slibleeftijd neemt toe, wat gunstig kan zijn voor voldoende nitrificatie. Alleen een verhoging van het drogestofgehalte is een onvoldoende voorwaarde voor het opvangen van biologische overbelasting. Het nemen van maatregelen is immers bedoeld om de nabezinking te ontlasten (zie hoofdstuk 5). Dit vereist eerder een verlaging van het drogestofgehalte.

Het opvangen van biologische overbelasting door alleen met de procesvariabelen te manipuleren, biedt maar zeer beperkte mogelijkheden, vooral wanneer de rwzi ook regenwater moet kunnen verwerken.

De slibleeftijd en het drogestofgehalte zijn door spuien te beïnvloeden. Een voldoende lange slibleeftijd is noodzakelijk voor voldoende nitrificatie. Dit geldt vooral 's-winters, wanneer de groei van nitrificerende bacteriën langzaam verloopt.

Uit de literatuur is een aantal, soms elkaar tegensprekende onderzoekservaringen bekend [48,108,128]. Onder andere wordt vermeld dat:

- de slibleeftijd een sterkere invloed op het effluent-CZV heeft dan de hydraulische verblijftijd [108];
- verlaging van de slibleeftijd de effluentkwaliteit verbeterde bij een niet nitrificerende rwzi [128];
- slib met een hogere slibleeftijd beter op stootbelastingen reageerde dan slib met een lagere slibleeftijd [108];
- slechte bezinkeigenschappen en neiging tot draadvorming na een stootbelasting vooral optraden bij een lage slibleeftijd.

Het verdient aanbeveling eens wat met deze parameter "te spelen" voor een optimaal zuiveringsresultaat.

Met het **variëren van de slibrecirculatiefactor** [20,74,78,82] kan invloed uitgeoefend worden op het drogestofgehalte in de beluch-

tingsruimte. Zo zou door verhoging van het slibretourdebiet, na het aanslaan van de RWA-pompen, voorkomen worden dat het drogestofgehalte, door het uitspoelen van slib naar de nabezinking, teveel daalt. Bovendien zou slibverlies uit de nabezinktank tenminste vertraagd worden.

Uit onderzoek blijkt evenwel dat hier maar beperkte mogelijkheden liggen. Dit komt onder andere doordat het actief-slibproces veel te traag reageert op verhoging van het retourdebiet en doordat variatie van de slibrecirculatiefactor maar op een beperkt traject mogelijk is zonder het proces nadelig te beïnvloeden [78]. Bij slecht bezinkbaar slib kan het voorkomen dat, door het opvoeren van het slibretourdebiet, de indiktijd in de nabezinktank zodanig afneemt dat de slibspiegel versneld omhoog komt en overstorten het gevolg is [113].

Positieve ervaringen zijn opgedaan door de (extra) retourslibpompen te sturen door middel van een slibspiegeldetectiesysteem.

8.2 Lichtslibbestrijding

Het oplossen van deze problematiek draagt in belangrijke mate bij aan het opheffen van biologische of hydraulische overbelasting. Hier wordt een aantal maatregelen genoemd die aan een oplossing kunnen bijdragen.

De eerste mogelijkheid is om slibuitspoeling uit de nabezinking tegen te gaan door:

- het verlagen van het drogestofgehalte in de beluchtingsruimte;
- het opvoeren van het slibretourdebiet, eventueel met sturing van de pompen door een slibspiegeldetectiesysteem;
- dosering van polyelectrolyt in de nabezinktank [115];
- chlorering van het retourslib. Draadvormende bacteriën zijn hiervoor gevoeliger dan andere bacteriën;
- het uitschakelen van een beluchter in een carrousel of in een oxydatiesloot tijdens RWA. Hierdoor wordt tijdelijk extra bezinkingscapaciteit gecreëerd, waardoor de drogestofbelasting op de nabezinktank verminderd wordt (zie 9.6).

Hoewel dit doeltreffende maatregelen kunnen zijn, wordt hiermee niet de oorzaak van de lichtslibvorming aangepakt. Factoren die hieraan bijdragen zijn [7,48,118,119,124]:

- zuurstofloosheid van het afvalwater. Dit wordt veroorzaakt door:
 - * lange verblijftijden in het rioolstelsel. De remedie is het toepassen van voorbeluchting of het doseren van zuurstof of waterstofperoxyde in de persleiding naar de rwzi;
 - * lange verblijftijden in voor- of nabezinktanks. De remedie kan zijn om vaker spuislib af te tappen, de slibruiming te verbeteren of korte tijd het slibretourdebiet op te voeren;
 - * ontmenging of onvoldoende menging van het slib/watermengsel in de beluchtingsruimte. Dit kan veroorzaakt worden door de geometrie van de tank, of door onvoldoende agitatie door het beluchtingssysteem;

- de samenstelling van het afvalwater:

- * veel opgeloste BZV;
- * extreme CZV/BZV-verhouding;
- * redoxpotentiaal;
- * pH-wisselingen;
- * C:N:P-onbalans.

Normaliter leveren deze factoren weinig problemen op. Soms kan dit wel het geval zijn op een kleine rwzi die een groot aandeel industrieel afvalwater verwerkt;

- de slibbelasting, bijvoorbeeld door:

- * onvolledige nitrificatie;
- * belastingstoten door slibwater.

Door het slib kortstondig zwaar te belasten kunnen betere bezinkeigenschappen verkregen worden. Dit kan gebeuren door vlokbelading (zie 8.5) of door het introduceren van propstrooming in de beluchtingsruimte.

8.3 Het doseren van poederkool

Het rendement van een actief-slibproces kan verbeterd worden door het afvalwater te behandelen met actieve kool. Er is veel onderzoek gedaan naar de behandeling van afvalwater met behulp van filterkolommen gevuld met gegranuleerde actieve kool. Deze filters worden toegepast zowel voorafgaand als volgend op het biologisch zuiveringsproces.

Uit diverse latere onderzoeken [12,81] blijkt echter dat het doseren van poederkool in de beluchtingsruimte een vergelijkbaar zuiveringsresultaat kan opleveren bij een lager koolverbruik.

Men is het er in de literatuur over eens dat poederkool rendementsverhogend werkt en een stabiliserende invloed heeft op het actief-slibproces. Een ander voordeel van poederkooldosering is de eenvoudige realisatie. Er is geen extra reactorruimte vereist.

Poederkool wordt continu gedoseerd in het primair effluent van de rwzi. De vereiste concentratie ligt tussen 50 - 200 mg/l. De dosering (en de prijs!) is ondermeer afhankelijk van het specifieke oppervlak van de deeltjes.

De werking van poederkool is drievoudig:

- als adsorbens voor moeilijk afbreekbare stoffen;
- als dragermateriaal voor biomassa;
- als ingrediënt van het geproduceerde slib.

De functie van dragermateriaal is belangrijk bij dosering in de beluchtingsruimte. Het is aannemelijk dat, via hechting aan het korreloppervlak, selectieve bacteriën zich kunnen handhaven. Op deze wijze kunnen zij de moeilijk afbreekbare stoffen, die aan de kool geadsorbeerd worden, oxyderen. De kool ondergaat dan zelfs een bepaalde mate van regeneratie [81,53] en er wordt een verregaand geadapteerd slib verkregen.

De slibvolumeindex zou door de actieve-kooldosering weinig beïnvloed worden [98].

De functie van actieve kool als dragermateriaal blijkt zó belangrijk te zijn dat poederkooldosering als stand-by techniek niet zinvol is. Het bleek niet mogelijk om pieklasten op te vangen

door tijdelijke dosering toe te passen. Het blijkt wel mogelijk om, wanneer een continue dosering plaatsvindt, met een hogere dosering belastingpieken op te vangen [81]. Discontinu doseren is wél zinvol als het gaat om het opvangen van een toxische stootbelasting.

Gebruik van poederkool is soms alleen rendabel wanneer dit uit het spuislib geregenereerd wordt. Regeneratie is een thermisch en dus duur proces met een beperkt rendement.

Om het nadeel van de regeneratie te omzeilen, heeft men ook getracht om gewone kool of gemalen slakmateriaal toe te passen [75,132]. Dit is veel goedkoper in het gebruik zodat regeneratie niet nodig is. Met deze technieken zijn positieve resultaten behaald na onderzoek op laboratoriumschaal. Een nadeel is de veel hogere dosering: 1000 - 2000 mg/l.

toepassingen

Toepassing is het meest effectief wanneer er sprake is van een rwzi die een flink aandeel industrieel afvalwater moet verwerken met daarin moeilijk afbreekbare stoffen.

Toxische lozingen kunnen met incidentele dosering behandeld worden.

Wanneer er sprake is van een gelijkmatige aanvoer van industrieel afvalwater naar een laagbelast zuiveringsproces, zijn de microorganismen in principe in staat zichzelf aan te passen en is kooldosering weinig zinvol.

Stootsgewijze CZV-overbelasting door huishoudelijk afvalwater kan mogelijk met (verhoogde) continue dosering opgevangen worden. Bij continue dosering zonder regeneratie moet alleen het koolverlies via het spuislib gecompenseerd worden.

Actieve kool adsorbeert bij voorkeur opgeloste hydrofobe stoffen (de meeste moeilijk afbreekbare stoffen zijn hydrofoob). Dit duidt erop dat ook voor afvalwater met een hoge opgeloste vet/olie-inhoud positieve resultaten te bereiken zijn.

Voor hydraulische overbelasting biedt deze techniek geen reële mogelijkheden.

De kosten van continue dosering zijn hoog maar mogelijk kan er op de slibverwerking bespaard worden.

Voordat tot poederkooldosering overgegaan wordt, moet tenminste op laboratoriumschaal voor diverse soorten en concentraties actieve-kool het zuiverend rendement en de invloed op de slibeigenschappen bepaald worden.

8.4 Zuivere zuurstof

Zuivere zuurstof wordt wel toegepast bij rwzi's die gedurende een bepaald seizoen overbelast zijn. Vooral bij grote rwzi's kan het ook een definitieve oplossing voor een overbelastingsprobleem zijn. De zuurstof wordt ingebracht naast de bestaande beluchting of het hele beluchtingssysteem is aangepast. Het principe vindt

toepassing bij laagbelaste en bij hoogbelaste rwzi's. Als voordelen bij permanente toepassing worden genoemd:

- verminderde slibproductie;
- verbeterde slibeigenschappen: index, ontwaterbaarheid;
- er kan een hogere BZV-belasting toegelaten worden;
- handhaving van een hoog O₂-gehalte op relatief economische wijze;
- bij afdekking van de beluchtingsruimte blijft de hoeveelheid afvalgas beperkt, zodat stankproblemen goed aangepakt kunnen worden.

Er zijn echter ook nadelen aan verbonden:

- door verhoogde CO₂-productie kan de pH in de reactor zodanig dalen dat de nitrificatie gevaar loopt;
- de prijs van zuivere zuurstof is hoog;
- de jaarlijkse kapitaalslasten liggen hoger dan bij conventionele rwzi's. De bedrijfskosten liggen ook hoger; er kan evenwel op de slibbehandeling worden bespaard.

De zuurstof kan op de rwzi geproduceerd worden, wat rendabel zal zijn bij continu gebruik (UNOX-, LINDOX-proces), of aangeleverd worden (SOLVOX-proces). De installatie blijft dan eenvoudig. Aanlevering van zuurstof is een mogelijkheid voor het tijdelijk opvangen van een overbelastingsprobleem.

toepassingen

Bij de toepassing moet in de eerste plaats gedacht worden aan hoge biologische overbelasting van grotere rwzi's. Het effect van het gebruik van zuivere zuurstof op de nitrificatie is onduidelijk, zodat bij voorkeur de eisen hier niet te streng moeten zijn. Reële mogelijkheden zijn bijvoorbeeld toepassing in de eerste trap van een tweetrapsinstallatie, wanneer ombouw hiernaar plaatsvindt, terwijl maar een beperkt tankvolume beschikbaar is.

Er kan gesteld worden dat beluchting met zuivere zuurstof aantrekkelijk is in bijzondere gevallen. Nevenvoorwaarden kunnen dan de doorslag geven, zoals de aanwezigheid van een stankprobleem, of een naburige zuurstofproducent.

Het gebruik van kant en klare zuurstof, geleverd in vloeibare vorm, kan een oplossing zijn voor het opvangen van seizoenoverbelasting (toeristenseizoen, bietencampagne).

Aan toepassing van deze techniek zal, zeker bij permanente toepassing, een pilot-plant onderzoek vooraf moeten gaan om de effecten op zuiveringsproces, slibaangroei en slibverwerking te verifiëren.

8.5 Biosorptie door middel van vlokbelading

Biosorptie is het proces waarbij de biomassa op voornamelijk adsorptieve wijze verontreinigingen verwijdt. Als zuiverings-techniek wordt dit proces toegepast bij contactstabilisatie (zie 8.7) en bij toepassing van het adsorptie-beluchtingsproces (zie 8.8). Hiervoor is dan een aparte reactorruimte nodig waarin een

zeer hoogbelast actief-slibproces bedreven wordt. Deze hoge belasting kan ook bereikt worden door (retour)slib in contact te brengen met influent (vlokbelading). In dit milieu is een relatief hoog substraatniveau aanwezig, waarin draadvormige organismen minder goed gedijen. Het laatste is meestal de reden waarom vlokbelading toegepast wordt.

Vlokbelading wordt gerealiseerd door, voordat introductie in de beluchtingsruimte plaatsvindt, influent en actiefslib te mengen. De mengzone kan in de beluchtingsruimte gerealiseerd worden. Volgens [118] zou een vlokbelading van 50-150 mg CZV/g droge stof toegepast moeten worden. Bestrijding van licht slib op deze wijze is soms succesvol, maar lang niet altijd. Voorwaarde is in ieder geval een voldoende hoge opname- of biosorptiecapaciteit van het slib.

toepassingen

Vlokbelading is een verbeterende techniek, gericht op het omlaagbrengen van de slibindex. Het kan toegepast worden om de slibvolumebelasting op de nabezinking te reduceren.

Biosorptie door vlokbelading is eenvoudig te realiseren door het aanbrengen van een mengzone waarin afvalwater en retourslib bij elkaar gebracht worden, voordat instroming in de beluchtingsruimte plaatsvindt. De mengzone is meestal door een schot van de beluchtingsruimte afgescheiden.

Met het wisselen van DWA en RWA zal een constante vlokbelading echter niet eenvoudig te realiseren zijn. Bij hydraulisch overbelaste rwzi's met langdurige RWA-belasting kunnen draadvormers alsnog bevoordeeld worden. Met een eenvoudige proef is de biosorptiecapaciteit vast te stellen [118]. Bij positief resultaat lijkt het de moeite waard deze eenvoudige methode voor lichtslibbestrijding te beproeven.

8.6 Herindeling van de beluchtingsruimte

De beluchtingsruimte van een rwzi kan op verschillende manieren ingedeeld en belast worden. Elke methode heeft zijn specifieke voor- en nadelen en past daarom bij een bepaalde praktijksituatie [7,56,74,104].

In een conventioneel zuiveringssysteem wordt het actief-slibproces bedreven in een propstroomreactor. De belasting van een laagbelast proces bedraagt 0,4 - 0,7 kg BZV/(m³ * d) bij een recirculatiefactor van 25 - 75%. Aan het proces gaat voorbezinking vooraf. Op dit systeem is een aantal varianten mogelijk.

Bij het principe van "step-loading" wordt de ruwe afvalwaterstroom gesplitst en op een aantal punten in de propstroomreactor toegelaten. Het retourslib wordt op normale wijze aan het begin van de reactor ingebracht. Er is meestal geen voorbezinking.

Op deze wijze wordt de slibinhoud van het systeem vergroot. Aan het begin van de reactor wordt immers alle retourslib met slechts een klein aandeel afvalwater toegevoerd. Ook mag een betere benutting van de ingebrachte zuurstof verwacht worden. Uitgaande van het volume van een conventioneel propstroomsysteem heeft een

step-loadingreactor een 30 - 50% hogere zuiveringscapaciteit (belasting 0,7 - 1,0 kg BZV/m³), zodat het BZV dat normaal in de eerste trap verwijderd werd nu in de beluchtingsruimte gebracht zou kunnen worden. Dit betekent niet dat de beluchtingscapaciteit evenredig opgevoerd moet worden [78]. De voorbezinktank komt zo voor andere functies ter beschikking. Het slibretourdebiet verandert in principe niet.

Toepassing van "step-loading" kan soms een verhoging van de slibindex met zich meebrengen.

In een **hoogbelast actief-slibstelsysteem** wordt weliswaar een laag zuiveringsrendement gehaald, maar in absolute zin wordt er veel meer BZV per m³ reactorruimte verwijderd. Het zuiveringsproces wordt dus geïntensiveerd. Wel blijft een laagbelaste tweede trap nodig als eindzuivering. De vraag is nu of opsplitsing van een conventionele reactor in een hoogbelast en een laagbelast deel ruimtewinst oplevert.

Stel aanvankelijk een laagbelast systeem:

$$B = 0,45 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}), V = V_{\text{totaal}}, E = 95\%.$$

Dit systeem zuivert:

$$0,95 * 0,45 * V_{\text{totaal}} = \underline{0,43} V_{\text{totaal}} \text{ kg/d.}$$

Het systeem wordt nu opgedeeld in twee trappen: een hoogbelaste trap: $B = 3 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d}), E = 70\%, V = a * V_{\text{totaal}}$, en een laagbelaste trap met dezelfde eigenschappen als het oude systeem, maar met een volume $V = (1-a) * V_{\text{totaal}}$.

$$\begin{aligned} \text{Effluent BZV eerste trap} &= \text{Influent BZV tweede trap} && \text{-->} \\ 0,3 * 3 * a * V_{\text{totaal}} &= 0,45 * (1-a) * V_{\text{totaal}} && \text{-->} \\ a &= 0,33 \end{aligned}$$

Het twee-trapssysteem zuivert dus:

$$0,7 * 3 * 0,33 * V_{\text{totaal}} = \underline{0,7} V_{\text{totaal}} \text{ kg/d.}$$

Voor een belasting van de tweede trap van 0,65 kg/(m³ * d) krijgt a de waarde van 0,42 en kan 0,9 V_{totaal} gezuiverd worden. Dit betekent dat een verbetering van de zuiveringscapaciteit van 60 resp. 100% verkregen zou kunnen worden door de beluchtingsruimte in twee delen op te splitsen.

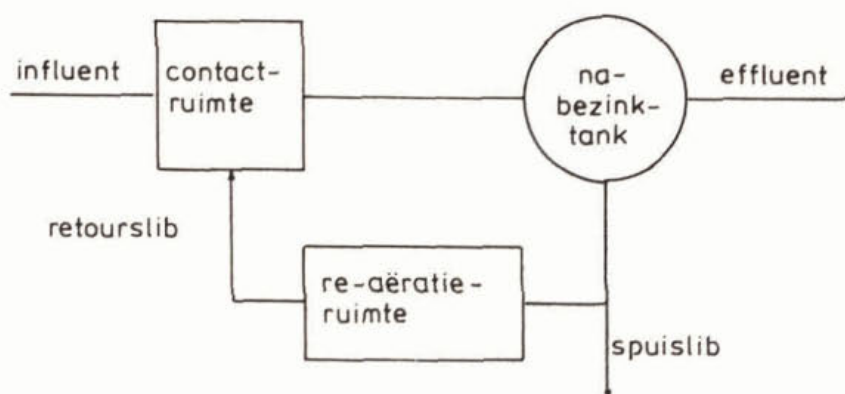
Een **volledig gemengd systeem** haalt een wat minder hoog zuiveringsrendement dan een propstroomsysteem, omdat een fractie van het afvalwater maar kort in de reactor verblijft. Bovendien kunnen de slibeigenschappen slechter uitvallen [104]. Bij RWA heeft dit systeem echter het voordeel dat de drogestofbelasting op de nabezinktank afneemt in de tijd, dankzij verdunning van de reactorinhoud. Daarbij komt dat, uitgaand van een eerste orde BZV-afbraak, het zuiverend vermogen van een volledig gemengd systeem toeneemt bij verdunning (RWA), en dat het systeem beter bestand is tegen toxische lozingen dan het propstroomsysteem.

Bij **contactstabilisatie** wordt evenals bij AB-techniek en vlokbelading gebruik gemaakt van de adsorptieve eigenschappen van het actiefslib. Toepassing van dit principe wordt in 8.7 apart behandeld.

8.7 Contactstabilisatie

Het contactstabilisatie(CS)proces kan gezien worden als een tweetrapsproces. De eerste trap is een hoogbelaste adsorptiefase. De verblijftijd bedraagt enkele uren, zodat ook wel enige biologische verwijdering zal optreden in de vorm van assimilatie. Er volgt een bezinkingsfase. Het effluent van deze bezinking wordt geloosd. In feite vindt het gehele zuiveringsproces plaats in deze eerste trap.

Het slib uit de nabezinking wordt belucht in een aparte herbeluchtingsruimte en vervolgens teruggevoerd naar de contactruimte. Spuislib kan onttrokken worden aan de nabezinktank en anaëroob of aëroob gestabiliseerd worden (figuur 7).



Figuur 7. Principe van het contactstabilisatieproces.

De herbeluchtingsruimte kan gezien worden als een zeer laagbelaste tweede zuiveringstrap waarin nitrificatie optreedt.

Ombouw van een conventioneel actief-slibproces naar contactstabilisatie is in principe weinig ingrijpend. Er is extra beluchtingscapaciteit nodig maar geen extra reactorvolume. De beluchtingstank wordt opgedeeld in een contactruimte en een stabilisatiekamer. De nabezinktank blijft gehandhaafd.

De winst aan zuiveringscapaciteit wordt in feite verkregen doordat het systeem een hogere slibinhoud heeft dan een conventioneel actief-slibstelsel van hetzelfde volume. Om een uitspraak te kunnen doen over de grootte van de extra gecreëerde zuiverende capaciteit, wordt de theorie nader bekeken:

In navolging van Guyer en Jenkins [35] en bij verwaarlozing van de niet biologisch afbreekbare CZV-fractie kan gesteld worden dat de slibinhoud van een actief-slibstelsel bepaald wordt door formule 3.

$$V_{\text{tot}} * G_a = C_d * t_s * Y * 1/E \quad (3)$$

Hierin is:	$V_{tot} * G_a$	= de slibinhoud van het systeem	(kg)
	C_d	= de dagelijkse CZV-vracht	(kg/d)
	t_s	= de slibleeftijd	(d)
	Y	= de slibaangroei per kg verwijderde CZV	(-)
	E	= het zuiveringsrendement	(-)

Als uitgangspunt voor het ontwerp van het contactstabilisatieproces mag gesteld worden [3] dat dit proces bij dezelfde slibmassa, slibleeftijd en CZV-vracht als van een volledig gemengd actief-slibstelsel een zelfde hoeveelheid spuislib produceert. Formule 3 is dan ook op het CS-proces van toepassing. Wanneer eenzelfde zuiveringsrendement verondersteld wordt, verhoudt zich de toelaatbare CZV-vracht dan ongeveer als de slibinhoud van beide systemen. Zie het volgende (praktijk)voorbeeld:

- slibgehalte contactruimte : 5 kg/m³
- slibgehalte stabilisatieruimte : 8 kg/m³
- slibgehalte conventioneel proces : 3,5 kg/m³
- volume stabilisatieruimte is twee maal volume contactruimte.

Bij deze gegevens is de slibgroei per kg CZV en de slibleeftijd voor beide processen ongeveer gelijk. De slibinhoud en dus de toelaatbare CZV-vracht verhouden zich volgens een factor:

$$(1/3 * 5 + 2/3 * 8) / 3,5 = 2.$$

De toelaatbare CZV-vracht wordt verdubbeld.

Veel hangt af van het slibgehalte dat in de herbeluchtingsruimte gehaald kan worden, en dus van het bezinkproces. Hoogbelaste processen vertonen doorgaans echter een goede slibindex.

Om op de extra beluchtingscapaciteit te besparen, is voorgesteld om de contactruimte anaëroob als een denitrificatietank te bedienen. Hoewel dit een aantrekkelijk idee lijkt, moet er rekening mee gehouden worden dat het bio-adsorptieproces onder anaërobe omstandigheden minder goed verloopt [118], en dat, ten gevolge van recirculatie van het aërobie retourslib, de anaërobie in de contactruimte in gevaar kan komen.

toepassingen

Aan toepassing zal in ieder geval pilot-plant onderzoek vooraf moeten gaan. Veel hangt af van de biosorptie eigenschappen van het slib en de aard van het afvalwater. Een belangrijk punt daarbij is in hoeverre Kjeldahl-stikstof uit het afvalwater verwijderd wordt in de contacttank. Wanneer veel opgeloste Kjeldahl-stikstof, bijvoorbeeld in de vorm van ammoniumionen aanwezig is, zou het verwijderingsrendement daarvan tegen kunnen vallen.

Uit het voorgaande blijkt het in principe mogelijk om veel zuiveringscapaciteit te winnen. De prijs is een hoger energieverbruik en een extra drogestofbelasting op de nabezinktank bij DWA. Het is de vraag of de verbetering van de slibindex en een vergroting van het spuislibvolume (waardoor reductie van het slibretourdebiet) deze extra belasting ongedaan maken.

Toepassingsmogelijkheden liggen bij oxydatietanks of bij laagbelaste actief-slibinstallaties met flinke BZV-overbelasting, bijvoorbeeld wanneer deze veroorzaakt wordt door industriële lozing (het CS-proces is weinig gevoelig voor toxische lozingen).

Voor hydraulische overbelasting biedt het proces ook mogelijkheden omdat de slibuitspoeling naar de nabezinktank beter in de hand gehouden kan worden. Bij RWA neemt de drogestofbelasting op de nabezinking sneller af dankzij het geringe reactorvolume van de contacttank; met behulp van de slibbuffer in de herbeluchtingstank kan men ervoor zorgen dat het drogestofgehalte in de contacttank niet onder een minimumwaarde daalt.

Egalisatie van de RWA wordt mogelijk wanneer zodanig veel extra BZV gezuiverd kan worden dat een voorbezinktank overbodig wordt. Deze kan dan als bufferbassin fungeren.

Behalve voor het opvangen van overbelasting, kan het proces toegepast worden omwille van volumebesparing bij normale belasting. Het gecreëerde extra volume kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor een denitrificatiefase voorafgaand aan het zuiveringsproces.

8.8 Het adsorptie-beluchtingsproces (AB-techniek)

Het AB-proces bestaat uit een twee-traps actief-slibstelsel met een zeer hoogbelaste eerste trap. In deze trap speelt de adsorptieve BZV-verwijdering een belangrijke rol. Het BZV wordt aan de slibvlok geadsorbeerd en in een later stadium afgebroken. De tweede trap is een laagbelaste nitrificerende zuiveringstrap. De trappen zijn voorzien van een gescheiden, onafhankelijke slibrecirculatie. Voorbezinking is niet nodig en zou zelfs ongewenst zijn, omdat geadapteerde microorganismen op deze wijze aan het afvalwater onttrokken worden.

Door een "voorbewerking" van afvalwater in de A-trap zou de B-trap bij wat hogere belastingen dan de normale 0,15 - 0,2 kg BZV/(kg d.s. * d) nog nitrificeren. Er kan eventueel na de A-trap zonder problemen een denitrificatiefase ingevoegd of gehandhaafd worden, omdat er nog voldoende voedingsstoffen in het effluent aanwezig zijn.

In de B-trap zijn hogere organismen te verwachten, die door de bufferende werking van de A-trap beter functioneren. Overige eigenschappen van de A-trap zijn:

- BZV-eliminatie 14 - 72%
- toename van de spuislibproductie (+30%)
- goede slibindices: 40 - 70 ml/g
- slibbelasting : 2,5 - 4,5 kg BZV/(kg d.s. * d)
- verblijftijd : 10 - 60 min.
- OC-load : 0,5
- drogestofgehalte : +2 kg/m³

Wanneer het AB-systeem vergeleken wordt met een enkeltrapssysteem met hetzelfde rendement [17], kunnen als voordelen genoemd worden:

- betere slibindex waardoor kleinere nabezinktanks nodig zijn;
- minder terreinoppervlak nodig;
- energievriendelijk waardoor lagere bedrijfskosten;
- lage investeringen.

toepassingen

Ombouw van een conventioneel proces naar een AB-proces kan gebeuren door voorschakeling van de A-trap vóór de voorbezinking. Als reactorruimte kan een bestaande zandvang of een voorbeluchting gebruikt worden, mits deze voldoende ruim gedimensioneerd is (verblijftijd circa 30 minuten [17]).

De adsorptiefase hoeft niet belucht te zijn [118], maar beluchting verhoogt wel het rendement van de adsorptiefase. Als B-trap kan ook een oxydatiebed dienst doen. In het eenvoudigste geval kan ombouw naar het AB-systeem plaatsvinden door middel van een slibretourleiding tussen de oude voorbezinktank (nu tussenbezinking) en de zandvang.

Het AB-proces levert een hogere zuiveringsprestatie dan het conventionele ééntraps proces. In principe kan dus wat meer BZV-belasting toegelaten worden. Er mag een verbetering van hoge slibindices verwacht worden tot normale waarden. Hier ligt de grootste verdienste van het AB-proces. Door verlaging van de slibindex kan de slibvolumebelasting op de nabezinking verminderd worden en kan dus de hydraulische belasting opgevoerd worden. Een beperking daarbij is dat de relatief kleine A-trap toch voldoende groot moet zijn om RWA-belastingen op te vangen, zonder dat het slibgehalte in deze trap teveel daalt. Verder mag een wat betere indikking in de nabezinktank verwacht worden, zodat het retourdebiet iets kan worden verkleind.

Het AB-proces kan interessant zijn voor capaciteitsvergroting wanneer:

- er sprake is van licht slib;
- een voorbeluchting of voldoende grote zandvang aanwezig is;
- een voorbezinking aanwezig is;
- het slib anaëroob gestabiliseerd wordt (verhoogde gasopbrengst);
- er sprake is van BZV-stootbelastingen of een matige hydraulische overbelasting.

De hogere spuislibproductie kan mogelijk leiden tot de bouw van een extra slibindikker.

8.9 Vergelijking van adsorptieve technieken

Het toepassen van vlokbelading richt zich voornamelijk op het omlaagbrengen van de slibindex en is als zodanig direct toepasbaar voor het opvangen van hydraulische overbelasting.

Het contactstabilisatieproces en het AB-proces richten zich op het verhogen van de zuiveringscapaciteit. Het AB-proces resulteert daarbij voornamelijk in extra biologische zuiveringscapaciteit, terwijl het proces van contactstabilisatie bovendien extra hydraulische capaciteit kan creëren.

De keuze van de techniek is afhankelijk van de bestaande installatie. Onder meer doordat het contactstabilisatieproces maar één slibrecirculatie heeft en geen extra reactorruimte vraagt, zal het vaak eenvoudiger in te bouwen zijn dan het AB-proces.

In het algemeen lijkt het contactstabilisatieproces meer voordelen te bieden dan het AB-proces. Het succes is wellicht sterker

afhankelijk van de samenstelling van het afvalwater in verband met een voldoende Kjeldahl-stikstofverwijdering in de contact-tank.

8.10 Slib-op-dragertechniek

Toegepast kunnen worden:

- a. vaste lichamen;
- b. vrij zwevende dragermaterialen;
- c. draaiende lichamen: dompelschijven of modulen.

Enige toegepaste systemen worden hier besproken.

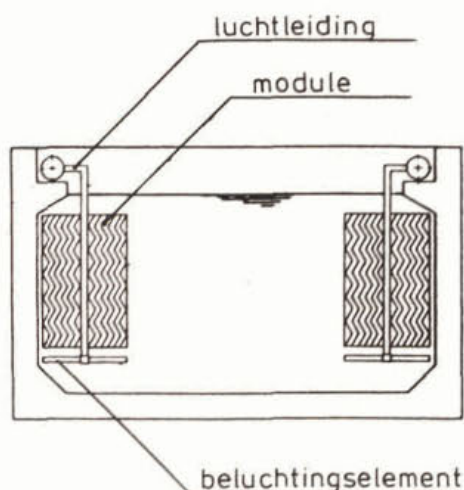
ad a. BIONET/BIO-2-SCHLAMMVERFAHREN

Figuur 8 laat de schematische weergave van deze processen zien: vullichamen worden boven de beluchters geplaatst.

Bij slibbelastingen boven de nitrificatiegrens groeit het slib op de modulen aan en breekt er in brokstukken af. Hierdoor neemt de drogestofconcentratie toe en verbetert de bezinkbaarheid van het slib. Het effect is te vergelijken het voorschakelen van een oxydatiebed zonder tussenbezinking.

Eberhardt [22] vermeldt:

- een verhoging van het slibgehalte met $1,5 \text{ kg/m}^3$ wanneer de totale biomassa op het volume van de beluchtingsruimte betrokken wordt. Deze verhoging had geen effect op de prestaties van de nabezinking;
- verbetering van effluent-BZV en -CZV (28 → 12 resp. 57 → 37 mg/l). Het zuiveringsrendement steeg overigens niet boven 86%.



Figuur 8. Het BIO-2-SCHLAMMVERFAHREN

Wanneer eisen gesteld worden aan nitrificatie komt dit proces beter tot zijn recht: **plaatselijk** (in de modulen) wordt een zuurstofgehalte gerealiseerd dat voldoende hoog is voor nitrificatie.

Onder deze omstandigheden bleek [65] het drogestofgehalte in de aëratie met 50% toe te nemen. De biomassa werd regelmatig van het drageroppervlak afgespoeld.

Er werd genitrificeerd tot een slibbelasting van $k=0,2$. Het effluent-BZV en -CZV zakte van 26 -> 16 resp. van 80 -> 55 mg/l in een praktijkproef waarin 50 m^3 vullichamen ($90 \text{ m}^2/\text{m}^3$) ingebouwd werden in 400 m^3 aëratieruimte. Het ammonium in het effluent zakte tot 6,1 mg/l (influentwaarde niet vermeld).

Wel moest de beluchtingscapaciteit vergroot worden. Overigens lijkt de zuurstofoverdracht bij toepassing van deze systemen te verbeteren door verlenging van de verblijftijd van de zuurstof in het vullichaam.

Steeds moet men bedacht zijn op het dichtslibben van de vullichamen [100].

ad b. LINPOR-proces [38,114]

Kunstschuimdragermateriaal, kubusjes met een ribbe van 10-15mm, worden toegevoegd in 10 tot 40 % van het volume van de beluchtingstank. Hiermee kan een twee- tot drievoudige concentratie van biomassa verkregen worden, en dus een twee- tot drievoudige reductie van de slibbelasting. Het effluent verlaat de beluchtingsruimte via een geperforeerde plaat, die het dragermateriaal tegenhoudt. Het effluent wordt bezonken in een conventionele nabezinktank.

In een praktijkproef werd het effluent-BZV globaal gehalveerd en trad verbetering van de slibindex op. Er werd niet naar nitrificatie gekeken.

CAPTOR-proces [18,87,106,114]

Hierbij wordt dragermateriaal van een zelfde grootte als bij het LINPOR-proces gebruikt. Het materiaal is meer sponsachtig van karakter. Het wordt door een transportband opgevoerd, passeert een pers, waar de biomassa afgescheiden wordt, en wordt teruggevoerd naar het beluchtingsbassin. Het afgescheiden slib gaat rechtstreeks naar de slibgisting. Er zou geen nabezinking nodig zijn.

Fluid-bedsystemen maken gebruik van zwevend korrelmateriaal (zand). Deze methode is niet geschikt voor inbouw in een bestaande rwzi [114].

ad c. het gebruik van dompelschijven

Extra drageroppervlak kan ook verschaft worden door dompelschijven in combinatie met het actief-slibproces. Een voordeel zou zijn dat nu geen extra zuurstofinbreng nodig is via het beluchtingssysteem [32]: de schijven voorzien in hun eigen zuurstofbehoefte.

De schijven worden mechanisch, met behulp van lucht, of door de snelheid van het passerende water aangedreven. Er worden zeer goede slibindices gerapporteerd ($+ 60 \text{ ml/g}$). Ook hier is het mogelijk de slibbelasting twee tot drie maal te verminderen. In

de experimenten kon de droge stof op de dompelschijf (betrokken op het volume van de aëratieruimte) ruim meer dan de helft van de totale droge stof uitmaken. Er werden geen metingen aan nitrificatie gedaan.

toepassingen

Deze systemen lijken goede toepassingsmogelijkheden te hebben wanneer een te hoge **BZV-belasting** van het zuiveringsproces nitrificatie onmogelijk maakt. In dit geval mag een verhoging van de droge stof in de beluchtingsruimte verwacht worden. Het is de vraag of de hiermee gepaard gaande verhoging van de slibvolumebelasting op de nabezinktank geheel gecompenseerd kan worden door verbetering van de slibindex. Vooral het LINPOR-proces lijkt veelbelovend.

Bij **hydraulische overbelasting** heeft de slib-op-dragertechniek voordelen wanneer het mogelijk is om een aanzienlijk deel van het actiefslib op de drager te fixeren, zodat het drogestofgehalte in de aëratie wezenlijk omlaag gebracht kan worden. In dit geval kunnen een vermindering van G_a en verlaging van de slibindex samen de slibvolumebelasting op de nabezinking aanzienlijk reduceren.

In het onderzoek naar slib-op-dragertechnieken komt de mogelijkheid van het verlagen van het drogestofgehalte in de beluchtingsruimte niet duidelijk naar voren. Alleen bij het CAPTOR-proces mag men op zijn minst een vermindering van de drogestofbelasting op de nabezinktank verwachten, zodat dit systeem in het voordeel is.

Het gebruik van vaste en draaiende lichamen is alleen toepasbaar op zuiveringssystemen met een beperkte totale slibinhoud, om al te hoge investeringen te voorkomen.

Toepassing van vaste lichamen is gebonden aan de aanwezigheid van een bellenbeluchting, waarvan de capaciteit eventueel vergroot moet worden.

Bij zwevende dragermaterialen kan wellicht aan grootschaliger toepassingen gedacht worden.

Toepassingen van dompelschijven maakt bovendien een overkapping noodzakelijk en vraagt dus extra kosten. Wel kunnen ze, althans voor een deel, in hun eigen zuurstofbehoefte voorzien [106].

8.11 Biopreparaten

Regelmatig worden biopreparaten aanprezen als de sleutel tot het oplossen "van al uw afvalwaterproblemen". Ook voor capaciteitsvergroting van rwzi's wordt met biopreparaten geadverteerd. Sommige preparaten zouden in staat zijn om BZV-overbelastingsverschijnselen te elimineren, de slibindex te verlagen en licht slib te bestrijden.

Er zijn slechts weinig onderzoekingen gedaan naar de toepassing van biopreparaten [105,131]. In de praktijk worden ze met wisselend succes toegepast.

Biopreparaten bevatten meestal enzymen, speciale bacteriën, sporelementen, inert dragermateriaal. Het mogelijk effect van deze ingrediënten wordt kort besproken.

Enzymen kunnen de omzettingssnelheid van de biomassa verhogen [131]. Voorwaarde is dat het toegevoegde preparaat inderdaad het snelheidslimiterende enzym bevat en dat er anderzijds geen storende invloeden aanwezig zijn, zoals toxinen of abiotische factoren.

Het toevoegen van bacteriën is zinvol wanneer er onvoldoende geadapteerde bacteriën aanwezig zijn. Waarschijnlijk daarom worden biopreparaten weleens succesvol gebruikt bij het versneld opstarten van een rwzi.

Bij een lopend proces echter mag men verwachten dat de best geadapteerde bacteriën van nature in de beluchtingsruimte aanwezig zijn. Onvoldoende afbraak van BZV kan dan veroorzaakt worden door toxische stoffen of door toxische stofwisselingsproducten van andere bacteriën.

Het kan zijn dat het biopreparaat precies die bacteriestam bevat die het best bestand is tegen die toxiciteit. In zo'n geval kan toepassing succesvol zijn.

Sporeëlementen zijn in huishoudelijk afvalwater altijd in voldoende mate aanwezig. Toevoeging door middel van een biopreparaat is zinloos.

Inert dragermateriaal wordt soms toegevoegd ter stimulering van de bacteriële groei. Dit materiaal wordt ionenuitwisselend vermogen toegeschreven [120] en kan metaalionen en eventuele andere giftige kationen binden. Toevoeging van dergelijk materiaal kan in sommige gevallen zinvol zijn, bijvoorbeeld wanneer toxinen de groei van biomassa en dus de zuiverende capaciteit beperken. Met het doseren van poederkool zou wellicht hetzelfde effect bereikt kunnen worden.

In principe zou analyse van de biochemie van het actief-slibproces het succes van een biopreparaat moeten kunnen voorspellen. In de praktijk is dit (nog) niet mogelijk, zodat de werking proefondervindelijk nagegaan moet worden.

De fabrikant schrijft daarbij meestal een doseringsprocedure voor. Men kan zich daarom afvragen of de behaalde successen aan het biopreparaat, of aan de procedure toe te schrijven zijn.

Een voorbeeld is het geleidelijk verhogen van het industriële aandeel in het afvalwater tot normale waarden, onder toevoeging van het biopreparaat. Dit gebeurt na vergiftiging van het actief-slib. Door het geleidelijke opvoeren krijgen bacteriën beter de kans zich aan te passen, wat het succes zou kunnen verklaren.

toepassingen

Het gebruik van biopreparaten voor het aanvullen van de biologische of hydraulische zuiveringscapaciteit in een overigens goeddraaiend zuiveringsproces lijkt zo goed als zinloos.

Het zuiveringsproces zou verbeterd kunnen worden, bijvoorbeeld doordat draadvormige organismen verdrongen worden door andere organismen of doordat toxische stoffen gebonden worden. In deze gevallen lijken meer doorzichtige technieken als vlokbelading of toevoeging van poederkool beter op hun plaats.

Het gebruik van biopreparaten blijkt soms een laatste middel. Men zou kunnen stellen dat met de huidige kennis van zaken het gericht toepassen van een biopreparaat vrijwel onmogelijk is.

De fabrikanten wijzen er (indirect) terecht op dat men met het actiefslib kan manipuleren om een beter zuiveringsrendement te verkrijgen. Deze technieken (zoals bijv. gewinning) worden ten onrechte weinig toegepast. Ze zijn echter goedkoop en bieden kans op een permanente verbetering van het zuiveringsproces.

8.12 Gescheiden nitrificatie van slibwater

Slibwater is in een aantal gevallen verantwoordelijk voor een groot aandeel in de zwevendestof- en ammoniumbelasting van de rwzi. Dit aandeel kan in belangrijke mate bijdragen aan overbelasting van de rwzi.

Witte [129] karakteriseerde het slibwater als volgt:

- drogestofgehalte: 0,6 - 1,0% (30 -50 maal dat van onbehandeld afvalwater);
- CZV : 1000-6000 mg/l ;
- BZV : 170-2300 mg/l ;
- NH₃ : + 400 mg/l ;
- hoeveelheid : circa 1% van het aanvoerdebiet van onbehandeld afvalwater; extra biologische belasting 5-10%;
- biologisch actief (neiging tot opdrijven van slib).

De eerste mogelijkheid om overbelastingsverschijnselen te voorkomen is om het slibwater geleidelijk, d.w.z. zonder dat er een stootbelasting optreedt, terug te voeren naar het zuiveringsproces. In tabel 1 onder A wordt hiertoe een aantal mogelijkheden genoemd.

Voorbehandelingsmogelijkheden worden in tabel 1 onder B aangegeven. Bij hoge drogestofgehalten van het slibwater loont het soms de moeite het slib in het slibwater chemisch-fysisch in te dikken.

Een verdergaande maatregel is het gescheiden nitrificeren van het slibwater. Hiermee zijn met pilot-plantstudies goede resultaten behaald [70,84]. Ander onderzoek [27,44] geeft aan dat de nitrificatie belemmerd kan worden door een hoge ammoniumconcentratie, door salpeterzuur, of door metaalverbindingen en organische stoffen die onder anaërobe omstandigheden (in de gistingstank) gevormd worden. Het probleem van een sterke daling van het bicarbonaatgehalte is vrij algemeen. Dit kan door calciumcarbonaatdoserings gedeeltelijk ondervangen worden.

In een experiment [46] werd bij een verblijftijd van 18 tot 20 uren het slibwater voor circa 60% genitrificeerd. Met toevoeging van CaCO₃ steeg dit percentage tot 70% bij een influentconcentratie van 700 mg ammoniumstikstof per liter. Een te laag bicarbonaatgehalte leek toch het nitrificatieproces te belemmeren.

A. Behandeling in het actief-slibproces

Terugvoeren slibwater naar:

- niet beluchte zandvang : niet mogelijk
- beluchte zandvang : aanbevolen
- voorbezinking bij niet beluchte zandvang : aanbevolen
- voorbezinking bij beluchte zandvang : mogelijk
- beluchtingsruimte : niet mogelijk

B. Gescheiden behandeling

Maatregel:

- egalisatie : meestal zinvol
- slib/waterscheiding door:
 - 1. indikken slibwater : economisch indien geen chemi-
caliëndosering nodig is
 - 2. machinaal ontwateren : duur, vaak in combinatie met 3
 - 3. dosering poly-
electrolyt : duur in combinatie met 1 of 2
 - 4. kalkdosering : economisch bij levering aan de
landbouw
- gescheiden nitrificatie : duur, alleen in bijzondere ge-
vallen: stikstofrijk slibwater
e.d.
- voorbeluchting met toe-
voeging spuislib : mogelijkheid bij overbelaste
rwzi's

Tabel 1. Mogelijkheden van slibwaterbehandeling bij actief-slib-
installaties [Witte, 129].

toepassingen

Nitrificatie van slibwater vraagt een aparte reactorruimte. Aan-
trekkelijk is het hergebruik van een oude tank. Om nabezinking te
omzeilen en een hoog drogestofgehalte te kunnen handhaven, kan
men voor een slib-op-dragertechniek kiezen, bijv. dompelschijven.
Wanneer men ervoor zorgt dat het slibwater, indien afkomstig uit
een verwarmde gistingstank, niet te ver afkoelt (tot circa 20
°C), wordt het nitrificatieproces versneld en wordt het reactor-
volume beperkt.

Het nitraatrijke effluent kan toegevoerd worden aan een aanwezig
denitrificatieproces. Dit kan de nitraatrecirculatie reduceren.
Bovendien kan terugvoering in het zuiveringsproces een welkome
extra "input" van nitrificerende bacteriën betekenen.

CAPACITEITSVERGROTING VAN HET NABEZINKPROCES

- verbeterend: - verbetering van nabezinktank en slibruiming
 - flotatie
 - buis- en lamellenafscheiders
 - vlokhulpmiddel
 - zeping
 - bezinking in de beluchttingsruimte

9.1 Verbetering van nabezinktank en slibruiming

In deze paragraaf wordt alleen aandacht besteed aan ronde tanks. In de praktijk worden constructieve verbeteringen nagestreefd met verschillende bedoelingen:

- tegengaan van het uitspoelen van lichte slibvlokjes;
- het verhinderen of vertragen van slibverlies tijdens RWA;
- het tegengaan van denitrificatie tijdens DWA;
- verlaging van het retourdebiet.

verbetering van coagulatie en flocculatie (ad a.)

Deze processen kunnen geoptimaliseerd worden door een zo gunstig mogelijke in- en uitlaatconstructie voor de tank te kiezen.

Vergroting van de diameter van de inlooptrommel kan soms gunstig zijn om de verstoring van de slibdeken, op de plek waar het afvalwater ingeleid wordt, zo klein mogelijk te houden. Het netto bezinkoppervlak neemt daardoor toe [113]. De insteekdiepte van de inlooptrommel is een compromis tussen het bevorderen van coagulatie en (deken)filtratie enerzijds (diep insteken) en het beperken van de kortsluitstroom anderszijds (ondiep insteken).

Het gebruik van een effluentgoot met dubbele overstortrand (verlaging van de mesbelasting) blijkt weinig zinvol. Meestal treedt slibverstort het eerst op over de buitenste rand. Wanneer de slibspiegel te ver stijgt, neemt de stroomsnelheid onder de gootbodem toe, waardoor slibdeeltjes opgewoeld worden. Afhankelijk van de rwzi moet tenminste 20 cm tussen gootbodem en slibspiegel aanwezig zijn om dit effect te voorkomen.

Op een zelfde manier kan ook een duikschot de slibspiegelhoogte beperken [113].

Een hoge ruimersnelheid werkt soms averechts.

de verblijftijd van het slib in de nabezinking (ad b. en c.)

Gegeven het actief-slibproces, hebben denitrificatie en sliboverstort beide te maken met een te lange slibverblijftijd in de nabezinking.

(Een uitzondering hierop is de aanwezigheid van slecht bezinkbaar slib, dat juist een lange verblijftijd nodig lijkt te hebben voor vertraging van de slibspiegelstijging.)

Wanneer voldoende slibretourpompvermogen aanwezig is, wordt de verblijftijd in de bezinktank bepaald door de tijdsduur voor het vertikaal transport (bezinkeigenschappen) plus de tijdsduur benodigd voor het horizontaal transport (slibruiming). De verblijftijd is dus te verminderen door het verbeteren van de bezinkeigenschappen (dosering polyelectrolyt), of door het verbeteren van de slibruiming, door de ruimercapaciteit op te voeren.

De meest succesvolle maatregel blijkt het vergroten van de blad-

hoogte van de ruimer. Soms wordt ook met succes een tweede ruimerarm geïnstalleerd of de ruimersnelheid opgevoerd. De horizontale snelheidscomponent kan geëlimineerd worden door hevelruiming toe te passen (zie ad d.).

verhoging van het drogestofgehalte in het retourslib (ad d.)

Een laag drogestofgehalte kan veroorzaakt worden door onvoldoende verblijftijd of primair door de slechte bezinkeigenschappen van het slib (zie ad b.).

Een andere oorzaak is de aanwezigheid van een grote kortsluitstroom. Deze is mogelijk te verminderen door toepassing van een plaat tussen inlooptrommel en slibzak. Een hevelruimer is een afdoende oplossing maar kan anderszijds een kortsluitstroom introduceren door bezonken water op te zuigen. Een combinatie van hevelruiming met slibspiegeldetectie kan mogelijk een oplossing bieden.

toepassingen

In de praktijk zijn de successen behaald door optimalisatie van de nabezinktank of slibruiming beperkt. Het lijkt echter wel de moeite waard hieraan aandacht te besteden voor er aan andere, meer ingrijpende maatregelen gedacht wordt.

9.2 Flotatie

Het meest in aanmerking voor het floteren van secundair slib komt het ontspanningsflotatieproces. Hierbij wordt meestal een deelstroom van het effluent onder druk (circa 5 atm.) met lucht verzadigd. Na expansie ontstaan luchtbelletjes met een zeer kleine diameter ($< 0,1$ mm). Deze hechten zich aan het actiefslibdeeltje. Het conglomeraat drijft op en er ontstaat een drijf-laag die met een ruimer verwijderd wordt. Heeft het conglomeraat een hoger soortelijk gewicht dan het water, dan treedt alsnog bezinking op. In de flotatie-tank is daarom soms ook een bodemruimer aanwezig.

Er zal evenwel altijd een fractie van de zwevende stof zijn waarvan het conglomeraat van deeltje en luchtbelletje een soortelijk gewicht heeft dat weinig verschilt met dat van de omringende vloeistof. Deze deeltjes worden in de flotatietank niet afgevangen. Nog meer dan bij nabezinking is daarom een goede flocculatie van het actiefslib van groot belang. De flocculatie kan met behulp van een vlokmiddel gestimuleerd worden.

In diverse onderzoeken [30,50,71] worden oppervlaktebelastingen van 1 tot $7 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ toegelaten. De werking bij deze grote verschillen maakt de techniek in de eerste plaats aantrekkelijk voor toepassing in plaats van, of parallel aan de nabezinking. Bij flotatie **vóór** het nabezinkproces hoeven niet zulke zware eisen aan de effluentkwaliteit gesteld te worden. Hier is echter het gevaar aan verbonden dat de flotatie de nabezinking nadelig kan beïnvloeden. Conglomeraten met een soortelijk gewicht ongeveer gelijk aan dat van water, onttrekken zich ook aan het nabezinkproces.

toepassingen

Zoals vermeld is flotatie aantrekkelijk vanwege de hoge oppervlakte- en drogestofbelastingen die haalbaar zijn (3 - 5 maal die van de conventionele nabezinktank). Verdere voordelen zijn het hoge drogestofgehalte van retour- en spuislib (lager retourdebiet, besparing op de slibverwerking) en het hoge zuurstofgehalte in retourslib en effluent.

Als "goedkope" capaciteitsvergroten de techniek komt eigenlijk alleen de ombouw van een nabezinktank in een flotatietank ter sprake. Hiermee is echter nauwelijks ervaring opgedaan.

Men zou kunnen besluiten tot de bouw van een proefinstallatie wanneer men last heeft van zeer hardnekkige lichtslibproblemen. Flotatie wordt immers voordeliger bij hoge slibindices. Boven de 150 ml/g zou het proces tegen de conventionele nabezinking kunnen concurreren wanneer ook de besparing op de slibverwerking meegetre kend wordt [50].

Omdat de slib/waterscheiding de laatste fase van het zuiveringsproces is, zijn goede en stabiele procesresultaten van nog meer belang dan bij ingrepen eerder in het zuiveringsproces. Zolang het flotatieproces niet even betrouwbaar blijkt als het nabezinkproces, kunnen lichtslibproblemen daarom veiliger opgelost worden door bijvoorbeeld vlokbelading.

Voor een verdergaande beschouwing van het gebruik van flotatie in de tweede zuiveringstrap wordt verwezen naar het STORA-rapport slib/waterscheiding [116].

9.3 Buis- en lamellenafscidders

Buis- en lamellenafscidders bestaan uit configuraties van buizen (diameter 5 cm) respectievelijk platen (plaatafstand 10 cm). De as van de buis, of het vlak van de plaat, maakt een hoek van circa 60 graden met de horizontaal.

In de buis of tussen de platen heerst een laminair stromingspatroon. Onder deze omstandigheden is de verblijftijd van de te bezinken vloeistof van ondergeschikt belang voor de effluentkwaliteit. Deze hangt slechts af van het beschikbare bezinkingsoppervlak dat door de buis- of plaatconfiguratie sterk vergroot wordt.

Op deze wijze kan de hydraulische oppervlaktebelasting gemiddeld verviervoudigd worden ten opzichte van de conventionele nabezinking, en wordt circa $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ [116]. De verblijftijd ligt grofweg rond de 20% van die van de gewone nabezinking. De drogestofbelasting bedraagt gemiddeld $12 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Verder is van belang dat de effluentkwaliteit van de afscheider sterk achteruit gaat wanneer de onderkant ervan de slibspiegel raakt.

De slib/waterscheiding wordt volgens bovenstaande gegevens geïntensiveerd. Per eenheid van geprojecteerd (horizontaal) oppervlak is intensivering met een factor 4 mogelijk.

De slibindikking zal door de korte verblijftijden veel minder goed verlopen. De geometrie van de bestaande nabezinktank is daarbij een gegeven, waaraan weinig veranderd kan worden.

De slibberging wordt op twee manieren nadelig beïnvloed:

- de bergingscapaciteit in de tank neemt af omdat de indikking minder goed verloopt. Hierdoor komt de onderzijde van de bergingszone omhoog;
- de slib/waterscheidingscapaciteit neemt af wanneer de afscheider de slibspiegel raakt. Hierdoor wordt de bergingszone aan de bovenzijde begrensd door de onderkant van de ingehangen afscheider.

toepassingen

Wanneer slibbergings- en indikkingsproblemen niet spelen, kunnen buis- of lamellenafscheiders de capaciteit van de nabezinking verveelvoudigen. In geval van hydraulische overbelasting is toepassing dus weinig zinvol. Mogelijk is toepassing denkbaar bij biologische overbelasting en zeer goede bezinkeigenschappen van het slib.

Om vervuiling van buizen en lamellen te bestrijden, moeten ze gemakkelijk drooggezet kunnen worden. Lamellen lijken daarbij wat gemakkelijker in het gebruik dan buizen.

Bij toepassing van deze afscheiders als derde zuiveringstrap, dus achter de nabezinking, zijn indik- en bergingsproblemen van minder belang. Toepassing is denkbaar voor de afscheiding van overstortend slib.

Hoeveel geprojecteerd oppervlak is daarvoor ongeveer benodigd? Bij bovengenoemde getallen is de hydraulische belasting maatgevend. Er is dus nog een kwart van het oorspronkelijke oppervlak benodigd wanneer men uitgaat van de veel gehanteerde waarde van $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ voor een conventioneel nabezinkproces.

9.4 Dosering van vlokhulpmiddel in de nabezinking

Het tegengaan van slibverlies door dosering van vlokhulpmiddel werd door de STORA onderzocht [115]. De belangrijkste resultaten van dit onderzoek zijn:

- polymeerdosering remt de stijging van de slibspiegel in de nabezinktank af en kan deze zelfs tot stilstand brengen;
- dosering kan discontinu (tijdens RWA) plaatsvinden;
- in het onderzoek (op de rwzi Oss) was een dosering van meer dan 2,6 mg/l optimaal;
- de kosten bedragen enkele dubbeltjes per i.e. per jaar.

toepassingen

Dosering van vlokhulpmiddel kan een eenvoudige methode zijn om incidenteel slibverlies bij hydraulische overbelasting tot staan te brengen. Een succesvolle toepassing hangt zeker af van de duur van de RWA, het drogestofgehalte in de beluchtingstank, de slibindex en de slibretourcapaciteit. Door dosering wordt het slibvolume in de nabezinktank verkleind. Dit betekent dat er bij licht of slecht bezinkbaar slib het hoogste rendement van de methode te verwachten is.

Toepassing lijkt slechts zinvol na optimalisatie van de slibrui-
ming.

9.5 Zeving

a. zeving naast de nabezinking

Deze mogelijkheid kan worden toegepast bij oxydatiebedden of dompelschijven [94]. Zeving van het effluent van het actief-slibproces is nauwelijks onderzocht. Er is wel onderzoek gedaan naar microzeving van bezonken effluent met een hoog zwevendestofgehalte. Dit bleek met goed geoxydeerd effluent haalbaar tot een gehalte van slechts 100 - 150 mg/l (zie 10.1). Van een dergelijke techniek kan dus geen aanvaardbaar resultaat verwacht worden.

b. zeving in de beluchtingsruimte

Er is wel geëxperimenteerd met zeven in het beluchtingsbassin [8]. Deze houden de biomassa gedeeltelijk tegen, zodat de nabezinking ontlast wordt. Bovendien kan het slibretourdebiet vermindert worden.

De studie werd uitgevoerd met een hoogbelast, niet nitrificerend slib. Een trommelzeef draaide om een verticale as onder het vloeistofoppervlak. Het zeefgaas (10 - 20 μ) werd elke omwenteling gereinigd door ultrasoon trillen. Het water passeerde het gaas van buiten naar binnen. De belangrijkste resultaten waren dat bij een drogestofgehalte van 6,5 g/l:

- meer dan 99% van de zwevende stof verwijderd werd;
- bij een oppervlaktebelasting van 5 - 10 $m^3/(m^2 * h)$ aan de eis van 30 mg/l zwevende stof voldaan werd;
- de bezinking van gezeefd effluent problemen kan opleveren omdat het effluent veel kleine deeltjes bevat;
- de zeef vooral draadvormige organismen goed tegenhoudt.

Het laatste kan tot gevolg hebben dat de vorming van licht slib bevordert wordt. Bij zeving naast de conventionele nabezinking kan dit negatieve consequenties hebben voor de slibvolumebelasting op de nabezinktank.

Het idee om de slibmassa vast te houden in de beluchtingsruimte lijkt een elegante methode om de nabezinking te ontlasten, zowel qua drogestofbelasting als qua hydraulische belasting (vermindert slibretourdebiet). Het vasthouden van slib kan ook bereikt worden door het te fixeren op dragermateriaal.

Aan de toepassing van technieken met deze opzet zal meer onderzoek vooraf moeten gaan.

Een momenteel beter uitvoerbare methode is het toepassen van bezinking in de beluchtingsruimte.

9.6 Bezinking in de beluchtingsruimte

Dit is een methode om de belasting op de nabezinking te verminderen, die in de praktijk toegepast wordt bij carrousel of oxydatiesloten. Door tijdens RWA een beluchter af te schakelen kan het slib in de beluchtingsruimte bezonken worden. Het "bezonken" afvalwater wordt naar de nabezinking gevoerd.

Door op deze wijze slib aan het zuiveringsproces te onttrekken, neemt de slibbelasting toe. Er wordt een hogerbelast proces bedreven, waardoor met een lagere OC-load volstaan kan worden.

Bij lang aanhoudende RWA zou op deze wijze teveel slib aan het zuiveringsproces onttrokken kunnen worden. Een mogelijkheid om dit probleem te omzeilen (voor nieuw te bouwen rwzi's) is het bezonken slib met een kettingruimer te transporteren tot voorbij de effluentoverlaat, en het vervolgens weer op te woelen.

Met deze "truc" kan hydraulische overbelasting in meer of mindere mate opgevangen worden afhankelijk van de bezinkeigenschappen van het slib, de geïnstalleerde beluchtingscapaciteit en de duur van de RWA.

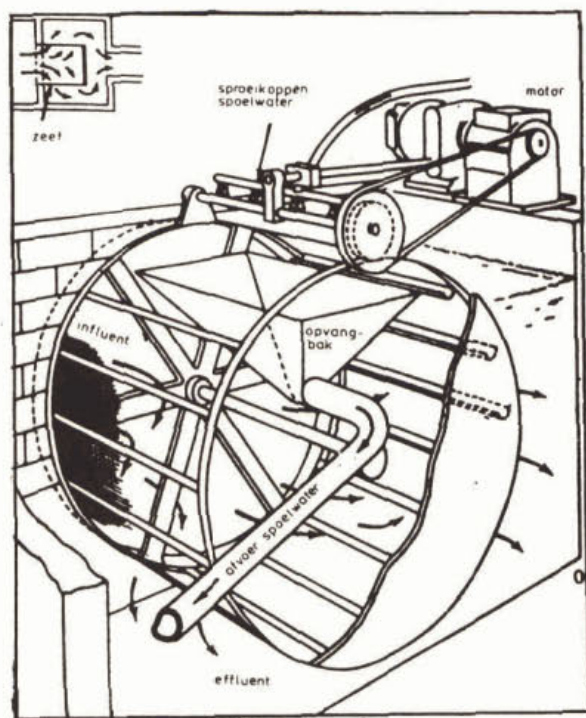
10 CAPACITEITSVERGROTING VIA EEN DERDE ZUIVERINGSTRAP

- aanvullend: - microzeving
- nabehandelingsvijvers

10.1 Microzeving na een overbelaste nabezinking

Figuur 9 toont een principeschets van een microzeefeenheid. Deze bestaat uit een van binnen naar buiten doorstroomde draaiende zeeftrommel. De trommel hangt in een bak die voorzien is van een spoelwaterleiding met pomp ter voeding van watersproeiers die het zeefoppervlak één maal per omwenteling schoonspoelen. Het vuile spoelwater wordt opgevangen in een trechter en via een holle as teruggevoerd naar de rwzi.

Over het filtergaas (openingen van 5 - 40 μ) staat een drukverschil dat correspondeert met het verschil in waterhoogte binnen en buiten de zeef.



Figuur 9. Principe van een microzeefinstallatie.

Om te grote drukverschillen te voorkomen moet, ter bescherming van het filtermateriaal, een overloop met bypass voor het influent worden gemaakt.

- Als voordelen van het gebruik van microzeven worden wel genoemd:
- doorstroming met vrij verval (wel spoelpomp nodig);
 - weinig plaatsgebruik;
 - weinig gevoelig voor stootbelastingen bij een automatische toerenregeling van de zeeftrommel;
 - geringe investerings- en bedrijfskosten.

De volgende eigenschappen zijn van belang:

belasting:

Er zijn zelfs bij hoge zwevendestofgehalten belastingen tot $20 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ haalbaar. Van invloed op de toe te laten belasting zijn: filtratie-eigenschappen van de suspensie, filterdoekspecificaties, watertemperatuur, toelaatbaar drukverlies en toerental van de trommel.

maaswijdte:

Deze moet groter zijn dan 10μ om het benodigde zeefoppervlak beperkt te houden en kleiner zijn dan 25μ bij polyesterweefsel of 35μ bij staalweefsel om nog een voldoende rendement te behalen [94,95].

drukval:

Maximaal 15 tot 20 cm waterkolom, optimaal 5 - 10 cm.

toerental:

Maximaal 5 min^{-1} , optimaal minder dan 1 min^{-1} .

spoelwater:

Druk boven 1,6 bar. De spoelwaterproductie bedraagt circa 2-4 % van de capaciteit maar dit kan wel tot 12 % oplopen.

reiniging:

Eens in de 2 - 6 weken met een chemicaliënoplossing. Soms wordt reiniging door UV-bestraling succesvol toegepast.

toepassingen

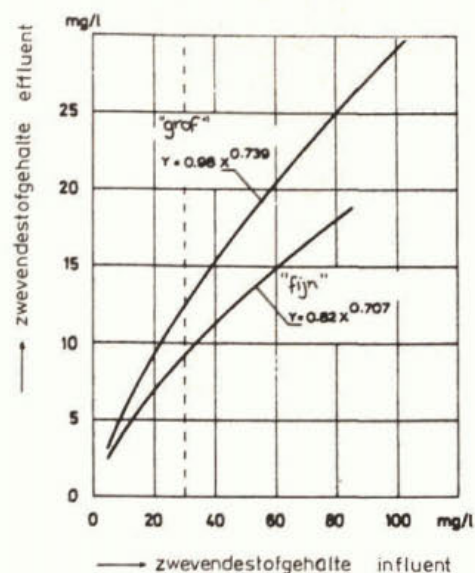
De belangrijkste voorwaarde voor toepassing is de aanwezigheid van een geheel geoxydeerd effluent van het actief-slibproces ($k = 0,05 - 0,3$). Hierin dient de organische restverontreiniging als goed filtreerbare stof aanwezig te zijn. Opgeloste of colloïdale verontreiniging is hierom ongewenst. Bovendien bevorderen zulke verontreinigingen microbiële aangroei op het filterdoek. Frequent reinigen wordt daardoor noodzakelijk. Het opvangen van grote biologische overbelasting is met een microzeef dus niet goed mogelijk, omdat de oxydatiegraad van het effluent vermindert.

Bij een overbelaste nabezinking kan microzeving toegepast worden wanneer er van matige slibuitspoeling sprake is: 100 mg/l zwevende stof. Voor licht slib ligt deze waarde op 150 mg/l. Met relatief grof filterdoek ($25 - 35 \mu$) kan dan aan de eis van 20 mg/l BZV en 30 mg/l zwevende stof voldaan worden. Strengere eisen zijn onder deze condities niet haalbaar (zie figuur 10).

Meestal is bij slibuitspoeling door hydraulische overbelasting het slib goed geflocculeerd, zodat men betere resultaten van de microzeving mag verwachten dan wanneer de techniek toegepast wordt voor effluentpolishing.

Bij oxydatiebedden of dompelschijven kan microzeving de nabezinking zelfs geheel vervangen.

Meestal is voor installatie van een microzeefeenheid pilot-plant-onderzoek noodzakelijk.



Figuur 10. Prestaties van een microzeefinstallatie [95]

10.2 Nabehandelingsvijvers

Nabehandelingsvijvers kunnen toegepast worden om slibuitspoeling uit de nabezinking op te vangen.

Wanneer uitgevoerd als een gegraven bassin, brengen ze geen extra pompkosten met zich mee. De diepte moet klein zijn (1 - 1,5m) in verband met een adequate zuurstofvoorziening. Afhankelijk van de frequentie en de mate van slibuitspoeling kan men besluiten tot gedeeltelijke automatisering van de slibruiming.

Om algengroei te voorkomen, moet de verblijftijd tijdens DWA beneden de vijf dagen blijven. Deze eis begrenst het maximale volume van de vijver. Aan de andere kant is het gewenst tijdens piekafvoeren de oppervlaktebelasting op de vijver niet te ver op te laten lopen. De bezinkvoorwaarden in de vijver zijn immers ongunstig: stootbelastingen, eenvoudige in- en uitloopconstructie, geen dekenfiltratie en geen continue slibruiming.

Een voordeel is dat uitspoelend slib doorgaans goed geflocculeerd is. De verblijftijd in de vijver is dan voor het verwijderingsrendement minder belangrijk. Het rendement hangt voornamelijk af van het vijveroppervlak.

Verder moet aandacht besteed worden aan de stabiliteit van de stroming en aan de uitschuring van slib.

toepassingen

Nabehandelingsvijvers vragen een groot oppervlak; dit zal de toepassing beperken tot landelijke gebieden.

Omdat men slibuitspoeling accepteert, mag deze niet zo groot zijn dat de slibinhoud van het zuiveringssysteem te ver daalt. In verband met de te verwachten lange verblijftijd en de beperkte zuurstofvoorziening, moet het slib verregaand gestabiliseerd

zijn. Toepassing bij oxydatietanks, oxydatiesloten of carrousel-
lijkt daarom het meest voor de hand liggend.

Het gebruik heeft als voordeel dat niet in het zuiveringsproces
ingegrepen hoeft te worden. De aanleg kan mogelijk geschieden op
nat oppervlak, bijvoorbeeld in of als uitgraving van een bestaan-
de waterloop.

11 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

11.1 Conclusies

- Een algemene oplossing voor het overbelastingsprobleem is niet te geven. Wel is een beperkte mate van schematisatie mogelijk.
- Het doel van de eerste zuiveringstrap blijkt niet alleen het zorgen voor een maximale BZV-verwijdering maar het verschaffen van een goed uitgangproduct voor het actief-slibproces.
- In veel gevallen wordt overbelasting veroorzaakt door een te hoge slibvolumebelasting op de nabezinking. Verlaging van het drogestofgehalte, verlaging van de slibindex en verlaging van de oppervlaktebelasting van de nabezinktank dragen dan bij tot capaciteitsvergroting.
- Egalisatie biedt een grote mate van zekerheid bij het opvangen van hydraulische en biologische overbelasting en is met name aantrekkelijk bij hergebruik van voorbezinktanks.
- Vlokmiddeldosering in de voorbezinktank voldoet bij biologische overbelasting. Een gelijkmatige wateraanvoer is gewenst. De hoeveelheid primair slib wordt groter.
- Zeving als voorbehandeling kan succesvol toegepast worden op rwzi's zonder voorbezinking. Soms kan, in combinatie met een zandvang, de voorbezinking overbodig worden, waardoor procesvolume vrijkomt. Dit volume kan op verschillende manieren benut worden.
- Preflotatie biedt goede perspectieven voor biologische en hydraulische overbelasting, vooral bij gestimuleerde vlokvorming.
- Door ombouw van de voorbezinktank tot egalisatie-, contact- of nabezinktank kan soms de belasting op de nabezinking verminderd worden, o.a. door verbetering van de slibindex. Het effect op de nitrificatie moet op (semi)technische schaal bepaald worden.
- Door manipulatie met procesparameters kan ontwerpoverbelasting beperkt aangepakt worden.
- Lichtslibbestrijding speelt een belangrijke rol bij het verlagen van de slibvolumebelasting en dus bij het opvangen van hydraulische en biologische overbelasting.
- Vlokbelading is een aantrekkelijke methode voor lichtslibbestrijding. Voorwaarde is voldoende biosorptiecapaciteit van het slib.
- Continue poederkooldosering verhoogt de biologische zuiveringscapaciteit. Discontinue dosering is slechts zinvol voor adsorptie van moeilijk afbreekbare hydrofobe stoffen.
- Het gebruik van zuivere zuurstof in de beluchtingsruimte lijkt vooral aantrekkelijk voor het opvangen van tijdelijke overbelasting, wanneer de zuurstof kant en klaar aangeleverd wordt.

- AB-techniek kan de biologische zuiveringscapaciteit vergroten. Toepassing is aantrekkelijk wanneer ook van licht slib sprake is, en procesruimte voor de A-trap aanwezig is (zanvang e.d.). Voorwaarde is voldoende biosorptiecapaciteit van het slib.
- Contactstabilisatie biedt mogelijkheden voor zowel biologische als hydraulische overbelasting. Mogelijk wordt de Kjeldahl-stikstofverwijdering negatief beïnvloed. Voorwaarde is voldoende biosorptiecapaciteit van het slib.
- Slib-op-dragertechnieken bieden mogelijkheden voor biologische overbelasting wanneer er sprake is van licht slib. In andere gevallen is het de vraag of er van een afname van de slibvolumebelasting sprake is. Deze beperkingen gelden niet voor het CAPTOR-proces.
- Het gericht toepassen van biopreparaten lijkt (nog) onmogelijk. Manipuleren met actiefslib (bijv. gewinning) lijkt zeer zinvol wanneer er sprake is van remming van de biologische activiteit.
- Bij herindeling van de beluchtingsruimte zijn volledige menging en vooral contactstabilisatie minder gevoelig voor biologisch remmende stoffen. Propstroming kan de slibindex verbeteren. Opdeling van de beluchtingsruimte in een hoogbelast en een laagbelast deel, 'step-loading' en contactstabilisatie kunnen de biologische zuiveringscapaciteit verhogen.
- Gescheiden nitrificatie van slibwater is een reële mogelijkheid wanneer het slibwater een grote bijdrage levert aan de BZV- en ammoniumbelasting. Het nitrificatieproces kan procestechnische problemen met zich meebrengen.
- Flotatie in plaats van nabezinking is aantrekkelijk vanwege de hoge oppervlaktebelastingen die haalbaar zijn. Omdat het de laatste fase van het zuiveringsproces betreft, lijkt extra voorzichtigheid bij deze toepassing geboden.
- Buis- en lamellenafscheiders lijken (bij inbouw) problemen op te gaan leveren bij de berging en indikking van slib. Als derde zuiveringstrap is toepassing mogelijk aantrekkelijker.
- Door optimalisering van slibruiming en nabezinktank lijken op zijn hoogst beperkte verbeteringen haalbaar. Toepassing lijkt een "noodzakelijke maar onvoldoende voorwaarde" voor capaciteitsvergroting.
- Dosering van polyelectrolyt in de nabezinking lijkt vooral interessant bij hydraulische overbelasting van beperkte duur bij slecht bezinkbaar slib.
- Zeving in plaats van nabezinking is met de gangbare typen microzeven althans voor het actief-slibproces niet haalbaar. Zeving in de beluchtingsruimte verkeert in een experimenteel stadium maar lijkt interessante mogelijkheden te bieden.
- Microzeving als derde zuiveringstrap is te overwegen wanneer er sprake is van een goed geoxydeerd effluent, terwijl de zweven-destofuitspoeling beperkt blijft tot 100-150 mg/l.

- Nabehandelingsvijvers bieden een redelijke zekerheid bij het afvangen van uitgespoeld slib en dus bij het opvangen van vooral hydraulische overbelasting.
- Volgens de in dit rapport gehanteerde normen blijkt circa 20% van de rwzi's biologisch overbelast en 77% hydraulisch overbelast. De normgevoeligheid is laag.

11.2 Aanbevelingen

- Bestuderen van de invloed die het weglaten van de voorbezinking heeft op het zuiveringsproces, bij diverse slibbelastingen en bij diverse bestemmingen voor de voorbezinktank(s).
- Praktijkonderzoek naar de verbetering van de inloopconstructie van nabezinktanks.
- Onderzoek naar verlaging van het (zwevende) drogestofgehalte in de beluchtingsruimte met behulp van slib-op-dragertechnieken.
- Experimenteel onderzoek aan preflotatie op semitechnische schaal.
- Verdergaand literatuuronderzoek en praktijkonderzoek naar de prestaties van zeven in de eerste zuiveringstrap.
- De werking van de eerste zuiveringstrap van de bestaande actief-slibinstallaties evalueren met het oog op efficiëntere benutting van het beschikbare procesvolume in de voorbezinktank(s). Dit zou kunnen resulteren in de ombouw van één of meerdere voorbezinktanks.
- Praktijkonderzoek naar het CAPTOR-proces op hydraulisch overbelaste rwzi's.
- Inventariseren en publiceren van "klaarmeester-trucs" ter optimalisatie van rwzi's.

12 LITERATUUR

- 1 Advani, R.K. en Vath, C.A. - Expanding a publicly-owned treatment plant to accommodate industrial waste waters - a case history. Proc. of 33rd Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 1978, 1-9.
- 2 Albrecht, E. - The partial oxygen aeration process - a solution for the problem of overloaded sewage-treatment plants. Gas Aktuell, vol. 22, 1981, 23-30.
- 3 Alexander, W.V., Ekama, G.A. en Marais, G.V.R. - The activated sludge process part 2. Application of the general kinetic model to the contact-stabilization process. Water Research, vol. 14, 1980, 1737-1747.
- 4 Anonymous - Dissolved-air treatment of combined sewer overflows. U.S. Federal Water Pollution Control Agency, Research series WP 20-17, jan. 1970.
- 5 Anonymous - Mechanische Abwasservorreinigung mit Sieben. Wasser, Luft und Betrieb, no.4, 1986, 28-30.
- 6 Anonymous - Performance evaluation and troubleshooting at municipal wastewater treatment facilities. U.S. Environmental Protection Agency, rapportno. EPA 430/9-78-001.
- 7 Anonymous - Process design manual for upgrading existing wastewater treatment plants. U.S. Environmental Protection Agency, rapportno. 1-71-004a, 1974.
- 8 Anonymous - Replacement of activated sludge secondary clarifiers by dynamic straining. U.S. Environmental Protection Agency, rapportno. EPA-670/2-75-045, 1975.
- 9 Anonymous - Screening/Flotation treatment of combined sewer overflows. U.S. Environmental Protection Agency, rapportno. 11020 FDC 01/72, jan. 1972.
- 10 Anonymous - Surge facility for wet and dry weather flow-control. U.S. Environmental Protection Agency, rapportno. 2-74-075, 1974.
- 11 Barber, N. - Home remedy helps fight sludge bulking. Water & Sewage Works, vol. 125, no. 4, 1978, 45-46.
- 12 Benedek, P. - Methods to increase the efficiency of sewage treatment processes. GWF: Wasser/Abwasser, vol. 122, no. 12, 1981, 572-581.
- 13 Billmeier, E. - Einfluss der Rücklaufführung auf das Absetzverhalten belebter Schlämme. GWF: Wasser/Abwasser, vol. 127, no. 5, 1986, 239-245.
- 14 Billmeier, E. - Leistungssteigerung der Nachklärung von Belebungsanlagen. Korrespondenz Abwasser, vol. 126, no. 1, 1978, 1-8.
- 15 Bischofsberger, W. - Chemische Fällung zur Leistungssteigerung überbelasteter mechanisch biologische Kläranlagen. Ber. Wasser-gütewirtsch. Gesundheitsingenieurwes., vol. 12, 1976, 99-124.

- 16 Bischofsberger, W., Ruf, H., Hruschka, H. en Hegemann, W. - Anwendung von Fällungsverfahren zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit biologischer Anlagen, Teil II. Ber. Wassergütewirtsch. Gesundheitsingenieurwes. vol. 22, 1978.
- 17 Böhnke, B. - AB-Technology, Erfahrungsaustausch, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Aachen, 1984.
- 18 Cooper, P.F., Walker, I., Crabtree, H.E. en Alfred, R.P. - Evaluation of the CAPTOR-proces for uprating an overloaded sewage works. Process Eng. Aspects Immobilised Cell Syst., congresverslag, 1986, 205-217.
- 19 Dembek, G. en Bewersdorff, H.W. - Short-time increase of sewer capacity by addition of water-soluble polymers. GWF: Wasser/Abwasser, vol. 122, no. 9, 1981, 392-395.
- 20 Dequinze, J. - Influence des phenomenes transitoires sur la conduite du decanteur secondaire dans une station d'épuration a boues activées soumise a des variations du debit d'alimentation. Tribune du CeBedeau, vol. 37, no. 482-483, 1984, 3-15.
- 21 Donati, R., Wienzäpfel, B. en Jamonet, B. - Oxygenation of some treatment units at the Cervia sewage works (Italy). The Airoxal process. Eau et Industrie, 1982, no. 65, 23-28.
- 22 Eberhardt, H., Klee, O. en Weber, W. - Efficiency increase in an overloaded sludge plant by installation of submerged solid blocks. Wasserwirtschaft, vol. 74, no. 2, 1984, 47-53.
- 23 Eitner, D. - Aerated grit chamber in combination with an A (adsorption) stage; operating results of the Haan-Gruiten sewage treatment plant. Gewässerschutz, Wasser, Abwasser, vol. 70, 1984, 203-224.
- 24 Ermel, G. - Stickstoffentfernung in einstufigen Belebungsanlagen, -Steuerung der Nitrification-, Fachbereich für Bauingenieur und Vermessungswesen der Techn. Univ. Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Braunschweig 1983, dissertatie.
- 25 Ermenault, J.P. - Incidence of the reliability of sewer network on that of waste water treatment plants. Techn. Sci. Munic., no. 8-9, 1984, 423-430.
- 26 Flanagan, M.J. - Upgrading the activated sludge process through automatic control. AIChE Symp. Ser., vol 75, no. 190, 1979, 232-242.
- 27 Ford, D.L. - Trouble-shooting and control of nitrification wastewater systems. AIChE Symp. Ser., vol. 77, no. 209, 1981, 159-170.
- 28 Forsell, B. en Hedstrom, B. - Lamella Sedimentation: A compact separation technique. Journal WPCF, april 1975.
- 29 Fuchs, L. - Möglichkeiten zur Sanierung hydraulisch überbelasteter Kläranlagen in kleinen und mittleren Gemeinden. Kommunalwirtschaft, 1981, no.9, 321-324.

- 30 Gehr, R. en Henry, J.G. - Assessing flotation behaviour of different types of sewage suspensions. Prog. Wat. Techn., vol. 12, 1980, 1-21.
- 31 Grimmel, W. - Effective aeration systems for "overloaded" (sewage) plants. Kommunalwirtschaft, 1981, no.9, 336-339.
- 32 Guardino, C.F., Wilson, T.E., Lozanoff, M. en Nelson, M.D. - Upgrading activated-sludge plants using rotary biological contactors. Water Pollution Control, vol. 79, no. 2, 1980, 255-271.
- 33 Günthert, F.W. - Solids distribution & short circuiting in the final settling tanks of activated sludge plants. GWF: Wasser/Abwasser, vol. 126, no.3, 1985, 136-140.
- 34 Günthert, F.W. - Thickening zone and sludge removal in circular final settling tanks. Water Sci. and Techn., vol 16, no. 10/11, 1984, 303-316.
- 35 Guyer, W. en Jenkins, D. - The contact-stabilization activated sludge process - oxygen utilization, sludge production and efficiency, Water Research, vol. 9, 1975, 553-560.
- 36 Hanisch, B. - Die wirtschaftliche Anwendung von Flotation mit sehr kleinen Luftbläsen zur Reinigung von Abwasser. Stuttg. Ber. Siedlungswasserwirtsch. 8, 1960.
- 37 Hansen, B.E., Luthy, R.F. en Moshiri, M. - Upgrading a large treatment plant. Journal WPCF, vol. 54, no. 9, 1982, 1270-1280.
- 38 Hegemann, W. - A combination of the activated sludge process with fixed film biomass to increase the capacity of waste water treatment plants. Wa. Sci. Technol., vol. 16, no. 10/11, 1984, 119-130.
- 39 Hegemann, W. - Development trends in wastewater aeration. Ber. Wassergütewirtsch. Gesundheitsingenieurwes., Techn. Univ. München, vol 28, 1980, 7-28.
- 40 Hegemann, W. - General possibilities of increasing the efficiency of activated sludge plants. Ber. Wassergütewirtsch. Gesundheitsingenieurwes., Techn. Univ. München, vol. 51, 1984, 53-77.
- 41 Hegemann, W. - Upgrading the performance of biological treatment plants. Korrespondenz Abwasser, vol. 30, no. 10, 1983, 704-711.
- 42 Hegemann, W. en Wildmoser, A. - Sanierung einer Belebungsanlage durch den Einsatz von schwimmenden Aufwuchskörper zur Biomassenanreicherung. GWF: Wasser, Abwasser, no.9, 1986, 415-421.
- 43 Heyden, W. - Mutierte Mikroorganismen helfen beim biologischen Abbau von industriell verunreinigtem Abwasser. - Seifen-Ole-Fette-Wachse, vol. 109, no. 11/12, 1983, 337.
- 44 Hill, A.J. en Neufeld, R.D. - Influence of un-ionized ammonia and inorganic carbon on biological nitrification. Proc. 34th Ind. Waste Conf., Purdue Univ., 1979, 73-86.

- 45 Hull, D.H. - Polymer helps "overflows" go down the drain. *Water Wastes Eng.*, vol. 15, no. 5, 1978, 55-56.
- 46 Hultgren, J. en Hultman, B. - Experimental and theoretical basis for expanding and upgrading the Akeshov-Nockeby plant. *Wa. Sci. Techn.*, vol 16, no. 12, 1984, 635-647.
- 47 Hüper, F. - Filteranlagen zur Sanierung hydraulisch überbelasteter Nachklärungen. *Korrespondenz Abwasser*, 1985, no. 10, 871-876.
- 48 Institute of Water Pollution Control - Workshop session on works operational problems, with special reference to activated-sludge plants. *Water Pollution Control*, vol. 77, no. 1, 1978, 97-115.
- 49 Jansen, H - Ursachen von Überbelastungen, ihre Auswirkungen auf die Umwelt, Gegenmassnahmen. *Gewässerschutz.Wasser.Abwasser*, vol. 19, 1975, 495-505.
- 50 Jedele, K. - Anwendung der Entspannungsflotation zur Trennung des belebten Schlammes vom Wasser. *Stuttg. Ber. Siedlungswasserwirtsch.* 84, 1984.
- 51 Jeffries, C., Crook, B.V. en Crudby, D.B. - Initial operating experiences of uprating Diss sewage treatment works using the BOC-Vitox system. *Water Pollution Control*, vol. 81, no. 5, 1982, 633-644.
- 52 Jenkins, D. en Orhon, D. - Upgrading overloaded activated sludge plants into contact-stabilization. *Prog. in Wat. Techn.*, no. 8, 1977.
- 53 Jüntgen, H., Jockers, R. en Klein, J. - Verbesserte Abwasser-Reinigung durch Kombination von biologischem Abbau mit Aktivkohle-Adsorption. *Umwelt*, 1981, no. 4, 310-317.
- 54 Kassner, W. - Use of old components in new process configurations during expansion of existing sewage works. *Korrespondenz Abwasser*, 1983, no.10, 726-739.
- 55 Kayser, R. en Ermel, G. - Simultane Stickstoffelimination -Beitrag zur praktischen Anwendung auf Kläranlagen. *Wasser und Boden*, vol. 34, no.5, 1982.
- 56 Kent, C. - A complete-mix plant using lime for nitrogen control. *WPCF Highlights*, vol. 18, no. 10, 1981, 9-11.
- 57 Kienzle, K.H. - Anwendung und Anordnung von Denitrifikationsbecken. *Korrespondenz Abwasser*, vol. 27, 1980, 229-236.
- 58 Kienzle, K.H. - Increase and stabilization of the treatment efficiency of low loaded activated sludge plants by denitrification. *GWf: Wasser/Abwasser*, vol. 114, no. 11, 1973, 537-544.
- 59 Kinsella, D.A. - Basin boosted to standard with proper aerators. *Water & Sewage Works*, vol. 126, no. 7, 1979, 53.
- 60 Koot, A.C.J. - Behandeling van afvalwater, uitgeverij Waltman, Delft, 1980.

- 61 Koot, A.C.J. - Inzameling en transport van rioolwater. uitgeverij Waltman, Delft, 1977.
- 62 Koot, A.C.J. - Tertiaire behandeling van afvalwater. Colledge-
taat Vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing, Techn.
Univ. Delft.
- 63 Krauth, K. - Möglichkeiten zur Leistungssteigerung beim Ausbau
bestehender Klärwerke insbesondere von Belebungsanlagen. Stuttg.
Ber. Siedlungswasserwirtsch., vol. 78, 1983, 163-170.
- 64 Krauth, K en Schmid, R. - Auswirkungen von Regenüberlaufbecken
auf Belebungsanlagen. Stuttg. Ber. zur Siedlungswasserwirtsch.,
vol. 63, 1979.
- 65 Lang, Hans - Nitrification in biological treatments with the aid
of "Bio-2-Schlamm processing". Wasserwirtschaft, vol. 71, no. 6,
1981, 166-169.
- 66 Leumann, P. en Rüegg, W. - Leistungssteigerung in überbelasteten
Kläranlagen durch Einsatz von Flockungsmitteln am Beispiel von
Kläranlagen im Kanton Zürich. Gewässerschutz.Wasser.Abwasser,
vol. 19, 1975, 495-505.
- 67 Levy, R.L., White, R.L. en Shea, T.G. - Treatment of combined and
raw sewages with the dissolved air flotation process. Water
Research, vol. 6, 1972, 1487-1500.
- 68 Loll, U. - Stählermatic - ein neue verfahrenstechnik zur biologi-
sche Abwasserreinigung. Kommunalwirtschaft, 1979, no.9, 302-306.
- 69 Loudenot, M. - L'epuration biologique des eaux residuaires en
deux phases. Inform. Chim., no. 112, 1972, 75-79.
- 70 Lue-Hing, C. en Obayashi, A.W. - Biological nitrification of
sludge supernatant by rotating disks. Journal WPCF, vol. 48, no.
1, 1976, 25-46.
- 71 Maddock, J.E.L. en Thomlinson, E.J. - The clarification of an
activated sludge treatment plant using dissolved-air flotation.
Water Pollution Control, vol. 79, 1980, 117.
- 72 Meenahan, J.G., Foess, G.W. en Blough, D. - Effects of flow
equalization on the operation and performance of an activated
sludge plant. U.S. National Technical Information Service, rap-
portno. PB 272657, 1977.
- 73 Meyer, H. - Ein Beitrag zur Sanierung von Einstufigen biologi-
schen Kläranlagen unter besondere Berücksichtigung der Zusammen-
hänge zwischen Vorklärbecken und Belebungsbecken. Gewässer-
schutz.Wasser.Abwasser, vol.19, 1975, 549-568.
- 74 Möbius, C.H. - Massnahmen zur Beseitigung von Funktionsstörungen
und Überbelastungen im Bereich der Restabwasserreinigung. Papier,
vol. 38, no. 1, 1984, 18-20.

- 75 Mohtahdi, M. en Franke, F. - Untersuchungen zur Abwasserreinigung mit Braunkohlenkoks an kommunalen und industriellen Abwässern. *Chemie-Ing. Techn.*, vol 51, no. 3, 1979, 217-219.
- 76 Mudrack, K. - Simultananfällung als Mittel zur Behebung von Schwierigkeiten und zur Leistungssteigerung. *Gewässerschutz.Wasser.Abwasser*, vol. 19, 1975, 601-607.
- 77 Mulbarger, M.C., Zacharias, K.L., Nozir, F. en Patrick, D. - Activated sludge reactor / final clarifier linkages: succes demands fundamental understanding. *Journal WPCF*, vol. 57, no. 9, 1985, 921-928.
- 78 Müller, L. - Steuerungsmöglichkeiten für Belebtschlammanlagen. *Karlsruher Ber. Ingenieursbiologie, Univ. Karlsruhe*, vol. 10, 1977, dissertatie.
- 79 Muskat, J. - Einsatz von Plattenabscheidern in der Nachklärung zur Leistungssteigerung überbelasteter Kläranlagen. *Gewässerschutz.Wasser.Abwasser*, vol. 19, 1975, 693-706.
- 80 Nationale Werkgroep Riolering en Waterkwaliteit - Randvoorzieningen aan rioolstelsels. *VROM-publicatie*, 1984.
- 81 Neumann, U. - Ein Beitrag zur kombinierten biologischen und adsorptieven Abwasserreinigung, dissertatie, Universität Dortmund, Abteilung Chemietechnik, Dortmund, 1983.
- 82 Pearson, S.C. en Soltis, R.G. - An overloaded sludge plant. Try chemical treatment. *Water Sewage Works*, vol. 121, no. 6, 1974, 116-117.
- 83 Petzhold, W. - Wastewater treatment by aeration. *Umwelt*, 1984, no. 2, 105-106.
- 84 Prakasam, T.B.S., Robinson, W.E. en Lue-Hing, C. - Nitrogen removal from digested sludge supernatant liquor using attached and suspended growth systems. *Proc. 32nd Ind. Waste Conf., Purdue Univ.*, 1977, 745-758.
- 85 Probststein, R.F. en Hicks, R.E. - Lamella Settlers: A new operating mode for high performance. *Ind. Wat. Eng.*, jan/feb 1978, 6-8.
- 86 Quasim, S.R. en Stinehelfer, M.L. - Effect of a bacterial culture product on biological kinetics. *Journal WPCF*, vol 54, no. 3, part 1, 1982, 255-260.
- 87 Richards, S.R., Davies, M. en Hastwell, C. - An evaluation of the CAPTOR-process: a controllable fixed film process for wastewater treatment. *Process Eng. Aspects Immobilised Cell Syst.*, congres-verslag, 1986, 286-289.
- 88 Robinson, M., Varley, R.A. en Kimber, A.R. - The use of oxygen to upgrade the treatment capacity of a conventional surface-aeration plant at Holdenhurst (Bournemouth) Sewage-Treatment Works. *Water Pollution Control*, vol. 82, no.1, 1983, 49-51.

- 89 Robson, C.M., Nickerson en G.L., Van Atten, J.L. - Increasing water treatment capacity and efficiency by chemical addition. Purdue Univ., Eng. Ext. Ser., vol. 141, 1972, 95-117.
- 90 Roediger, H. - Entspannungs-Flotation anstatt Vorklärung und Schlamm-Eindickung. Gewässerschutz.Wasser.Abwasser, vol. 19, 1975, 505-518.
- 91 Roediger, H. - Leistungssteigerung stark belasteter Kläranlagen durch Anwendung der Entspannungsflotation als Vorklärung. Kommunalwirtschaft, 1981, no. 9, 297-301.
- 92 Roediger, M. - Experience with flotation of raw sewage (pre flotation). Stuttg. Ber. Siedlungswasserwirtsch., vol. 87, 1985, 45-49.
- 93 Roediger, M. - Process improvements for increasing the efficiency of sewage treatment plants. Kommunalwirtschaft, 1983, no. 9, 301-305.
- 94 Roth, M. - Untersuchungen zur Mikrosiebung nach aerober biologischer Abwasserreinigung. Stuttg. Ber. Siedlungswasserwirtsch., vol. 75, 1982.
- 95 Roth, M. en Hanisch, B. - Versuche zur Suspensa-entnahme aus biologisch gereinigten Kläranlagenabläufen mit Hilfe eines Mikrosiebes. GWF: Wasser/Abwasser, vol 116, no. 5, 1975.
- 96 Rücken, W. - Adaptierten Mikroorganismen ersetzen zerstörte Biomasse. Wasser, Luft und Betrieb, vol 28, no. 3, 1984, 14-16.
- 97 Sampayo, F.F. en Hollopeter, D.C. - The influence of industrial waste on nitrification. Proc. of 33rd Ind. Wa. Conf., Purdue University, 1978, 142-154.
- 98 Scaramelli, A.B. en DiGiano, F.A. - Upgrading the activated sludge system by addition of powdered carbon. Water & Sewage Works, vol. 120, no. 9, 1973, 90-94.
- 99 Schaible, R. - Einsatz des Reinsauerstoffverfahrens zur Leistungssteigerung von Belebungsanlagen, dargestellt an Betriebsergebnissen von Versuchsanlagen und von ausgeführten Anlagen. Gewässerschutz.Wasser.Abwasser, vol. 19, 1975, 609-639.
- 100 Schlegel, S. - Der Einsatz von getauchten Festbettkörpern beim Belebungsverfahren. GWF: Wasser, Abwasser, no.9, 1986, 421-428.
- 101 Schlegel, S. - Increasing the efficiency of the activated sludge process by automatic operation. Ber. Wassergütewirtsch. Gesundheitsingenieurwes., Techn. Univ. München, vol. 51, 1983, 273-298.
- 102 Schneider, M. - Experimental results with A (adsorption) pilot plants at the South Düsseldorf and North Düsseldorf sewage treatment plants, and expansion intentions. Gewässerschutz.Wasser. Abwasser, vol 70, 1984, 173-202.

- 103 Schrieber, R. - Flotation, an important process for wastewater treatment, sludge thickening, material recovery, and efficiency improvement of wastewater treatment plants. Ber. Abwassertechn. Ver., vol 34, 1982, 351-354.
- 104 Schwägler, U. - Vergleichende Untersuchungen über das Absetzverhalten des Belebtschlammes in Volldurchmischten Becken und beim Kaskadenbetrieb. Stuttg. Ber. Siedlungswasserwirtsch., vol. 67, 1980.
- 105 Schyns, P.F.T. - Rendementsverhoging van een actief-slibinstallatie met een biopreparaat? Afstudeerverslag, Vagroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing, Techn. Univ. Delft, 1986
- 106 Sekoulov, I. - Leistungssteigerung von Belebungsanlagen durch Kombination mit Festbettreaktoren. Stuttg. Ber. Siedlungswasserwirtsch., vol. 78, 1983, 189-202.
- 107 Sekoulov, I. - Nitrification increase in fixed bed reactors. Stuttg. Ber. Siedlungswasserwirtsch., vol. 61, 1979, 139-160.
- 108 Sherrard, J.H. en Lawrence, A.W. - Response of activated sludge to step increase in loading. Journal WPCF, vol. 47, no. 7, 1975, 1848-1856.
- 109 Skirdov, I., Kol'tsova, S.I. en Morozova, K.M. - Methods of improvement of the secondary settling tanks operation efficiency. Symp. Adv. Equip. Facil. Wastewater Treat., 6th, 1978, 53-56, uitgave: U.S. Environmental Protection Agency, rapportno. PB-290966.
- 110 Smith, J.M., Feige, W.A. en Masse, A.N. - Upgrading existing waste-water treatment plants. Prog. Wat. Technol., 1972, no. 1, 103-117.
- 111 Stamberg, J.B. - Activated sludge treatment with oxygen. U.S. Environmental Protection Agency series, rapportno. EPA-670/2-73-073, 1973.
- 112 Stenstrom, M.K., Ng, A.S. en Vazirinejad, H.R. - Economic evaluation of upgrading aeration systems, vol 56, no 1, 1984, 20-26.
- 113 STORA-publicatie - Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces.
1. Literatuur (1981)
2. Ronde nabezinktanks (ontwerpgegevens en bedrijfservaring) (1981)
- 114 STORA-publicatie - Mogelijkheden van slib-op-dragersystemen voor de aërobe biologische zuivering van stedelijk afvalwater, literatuurstudie, 1986.
- 115 STORA-publicatie - Overbelasting van nabezinktanks. Voorkoming van slibverlies met poly-electrolyten, 1981.
- 116 STORA-publicatie - slib/waterscheiding, 1986 (in voorbereiding).

- 117 STORA-publicatie - Sturing en regeling van de zuurstofinbreng in het actief-slibproces. 1. Literatuur en inventarisatie, 2. Praktijkonderzoek aan propstroomsystemen.
- 118 STORA-publicatie - Voorkomen en bestrijden van licht slib. De rol van de biosorptie, 1981.
- 119 Thomlinson, E.J. en Chambers, B. - Control Strategies for bulking sludge. *Wa. Sci. Techn.*, vol 16, no. 10/11, 1984, 34.
- 120 Tillinghast, J.T. - Blähschlammbekämpfung und erhöhung der Nutzleistung von Kläranlagen. *Korrespondenz Abwasser*, vol 25, no. 1, 1978, 20-25.
- 121 U.S. Environmental Protection Agency - Water pollution control plant upgraded to meet EPA regs. *Civil Engineering (ASCE)*, vol. 52, no.6, 56-57.
- 122 Veits, G. - Einfluss der Vorklärung auf die biologische Stufe und auf die Wirtschaftlichkeit von Belebungsanlagen. Dissertatie, Lehrstuhl für Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, Techn. Univ. München, 1977.
- 123 Verbessertes Gewässerschutz durch Leistungssteigerung in der Klärtechnik. Institut für Bauingenieurwesen V, Techn. Univ. München. *Ber. Wassergütewirtsch. Gesundheitsingenieurwes.*, vol 12, 1976.
- 124 Wagner, F. - Increasing the efficiency of activated sludge plants by fighting bulking sludge. *Stuttg. Ber. Siedlungswasserwirtsch.*, vol. 78, 1983, 176-188.
- 125 Ward, R.C. en Goble, J.F. - Upgrading activated sludge process with rotating biological contactors. *Proc. Int. Conf. Fixed-Film Biol. Processes*, 1st, vol. 2, 1982, 617-632, congressverslag no. AD-A126 377, uitgave: NTIS Springfield, Va., USA.
- 126 Weber, J. en Hahn, H.H. - Flotation for treatment at seasonally overloaded municipal sewage treatment plants. *Korrespondenz Abwasser*, vol. 31, no. 10, 1984, 820-824.
- 127 Weisz, R. - Zusatzbegasung mit Reinsauerstoff bei der biologische Abwasserreinigung. *Abwassertechnik*, no. 4, augustus 1985, 40-41.
- 128 Wilson, T.E., Ambrose, W.A. en Buhr, H.O. - Operating experiences at low solids retention time. *Wat. Sci. Techn.*, vol. 16, no. 12, 1984, 661-672.
- 129 Witte, H. - Untersuchungen zur Mitbehandlung von Trübwasser aus Faulräumen im Abwasserbehandlungsprozess unter besondere Berücksichtigung des Belebungsverfahrens. Dissertatie, Gewässerschutz. *Wasser.Abwasser*, vol. 18, Aachen, 1975.
- 130 Wolf, P. - Cost-effective performance improvement of sewage works. *Korrespondenz Abwasser*, vol. 30, no. 10, 1983, 700-702.

- 131 Woynowska-Baryla, J. en Young, J.C. - Measuring the effect of biocatalytic additives on treatment process performance. Journal WPCF, vol. 55, no. 11, 1983, 1373-1380.
- 132 Yodnane, P en Neufeld, R.D. - Upgrading of activated sludge units via the addition of coals and coal gasification plant chars. Proc. Ind. Waste Conf., vol. 77, 1977, 1090-1100.
- 133 Zingler, E. - Ausgleichs- und Rückhaltebecken zur Leistungssteigerung von Klärwerken. Gewässerschutz.Wasser.Abwasser, vol. 19, 1975, 661-674.

Literatuur-index:

AB-techniek: 17,23,102.
 actieve kool: 12,53,75,81,97,98,132.
 apart nitrificeren slibwater: 27,44,46,70,84,117,129.
 beluchting: 31,39,59,83,112.
 bezinking in beluchtingsruimte: 119.
 bicarbonaattoevoeging: 11.
 biopreparaten: 43,86,96,105,120,131.
 buis/lamellenseparatoren: 28,79,85,110,116.
 contactstabilisatie: 1,3,7,35,52.
 egalisatie: 7,10,64,72,110,133.
 flotatie eerste trap: 4,9,30,67,90,91,92.
 flotatie tweede trap: 30,36,50,71,78,103,116,126.
 hergebruik oude tanks: 54.
 herindeling beluchtingsruimte: 7,56,69,74,104.
 lichtslibbestrijding: 7,11,48,76,119,120,124.
 manipulatie procesparameters: 13,20,26,48,74,77,78,82,108,113,128.
 nabehandelingsvijvers: 62.
 nabezinktank en slibruiming: 14,33,34,40,109,113,125.
 nitrificatie en denitrificatie: 24,27,55,56,57,58,97.
 overslaan voorbezinking: 73,78,122.
 overzichtsartikelen: 7,12,15,29,40,41,63,93,110,123,130.
 probleemanalyse: 6,25,48,49,60,77,82,101,130.
 procesbewaking: 26,48,101,117.
 riolen en randvoorzieningen: 19,45,61,80.
 slib-op-dragertechniek: 18,22,32,38,42,65,68,87,100,106,107,114,125.
 vlokbelading: 118.
 vlokhulpmiddel in de nabezinking: 110,115.
 vlokmiddeldosering eerste trap: 15,16,37,41,66,82,89,110.
 zeving eerste trap: 5,9,29,37,63.
 zeving tweede trap: 8,47,116.
 zeving derde trap: 47,94,95.
 zuivere zuurstof: 2,21,41,51,83,88,99,111,121,127.

B I J L A G E N

**OVERSCHRIJDING VAN ONTWERPGRONDSLAGEN OP NEDERLANDSE
RIOOLWATERZUIVERINGSINRICHTINGEN**

Om een idee te krijgen over de mate waarin Nederlandse rwzi's biologisch en hydraulisch overbelast zijn, werden de CBS-statistieken van 1983 bestudeerd. Daarbij zijn de volgende vragen gesteld:

- hoeveel rwzi's waren BZV-overbelast en in welke mate;
- hoeveel rwzi's waren hydraulisch overbelast en in welke mate;
- bij welke zuiveringssystemen is dat het geval (type en grootte);
- hoe sterk is het voorkomen van overbelasting afhankelijk van een variatie in het criterium dat de overbelasting bepaalt (gevoeligheid).

Voor een antwoord op deze vragen, werden er criteria voor hydraulische en biologische overbelasting geformuleerd.

De rwzi's zijn ingedeeld in klassen, waarvan de klassegrenzen globaal overeenkomen met veranderingen in het type van het zuiveringsproces:

- * 3000 i.e. (bovengrens discontinue oxydatiesloot)
- * 10000 i.e. (bovengrens ondiepe oxydatiesloot)
- * 30000 i.e. (ondergrens anaërobe slibstabilisatie)
- * 60000 i.e. (onderverdeling van de 30000-100000 klasse)
- * 100000 i.e. (bovengrens enkele zuiveringsstraat)

Om vergelijkingen te kunnen maken werd als voorwaarde gesteld dat zich minstens 10 rwzi's in één klasse moeten bevinden. Was dat niet het geval dan werd de klasse met de voorgaande kleinere klasse samengevoegd.

Een rwzi ter grootte van de klassegrens werd tot de grotere klasse gerekend.

Biologische overbelasting werd vastgesteld door de dagelijkse BZV-aanvoer te delen door de ontwerpgrondslag voor deze BZV-aanvoer. Was dit quotiënt groter dan 1 dan werd de rwzi overbelast geacht. De dagelijkse BZV-aanvoer werd bepaald uit bemonstering.

In tabel I is de verhouding tussen BZV-belasting en ontwerpbelasting als functie van type en klassegrootte gegeven. Uit de tabel blijkt dat:

- een relatief klein aantal rwzi's volbelast is (80 - 100% van de ontwerpwaarde);
- 64% van de rwzi's voor minder dan 80% van de ontwerpwaarde belast is;
- grote BZV-overbelasting voorkomt bij continue oxydatiesloten kleiner dan 10000 i.e., en bij discontinue oxydatiesloten;

Tabel I. BZV-belasting van rwzi's in Nederland

type	grootte (i.e./1000)	aantal	quotiënt dagelijkse BZV-aanvoer en ontwerpnorm BZV-aanvoer					
			< 0,8	0,8 - 0,9	0,9 - 1,0	1,0 - 1,1	1,1 - 1,2	> 1,2
oxydatiebed	n < 10	15	9	1	1	1	1	2
	10 ≤ n < 30	21	11	2	3	1	3	1
	n ≥ 30	18	15	1	0	1	0	1
aeratie tank	n < 60	19	11	2	1	0	0	5
	60 ≤ n < 100	16	13	1	0	1	0	1
	n ≥ 100	18	11	2	1	1	2	1
oxydatie tank	n < 10	12	8	1	1	0	0	2
	n ≥ 10	24	20	1	1	1	1	0
continue oxydatiesloot	n < 3	36	17	4	4	2	1	8
	3 ≤ n < 10	46	28	4	5	2	1	6
	n ≥ 10	19	16	2	0	0	1	0
carrousel	n < 30	27	22	2	0	2	0	1
	30 ≤ n < 60	24	18	1	4	0	1	0
	n ≥ 60	20	13	5	0	2	0	0
discontinue oxydatiesloot	n < 3	36	14	1	6	3	3	9
	(n ≥ 3	3	0	0	1	0	1	1)
totaal		354	226	30	28	17	15	38

- 10% verhoging van bovengenoemd quotiënt het probleem weliswaar minder groot maakt, maar geenszins doet verdwijnen. Vooral boven 20% overbelasting functioneren relatief veel rwzi's van alle typen met uitzondering van de carrousel;
- circa 20% van alle rwzi's zich bevindt boven het criterium 1,0, 15% van de rwzi's bevindt zich boven de waarde 1,1 (dwz. meer dan 10% overbelasting).

Hydraulische overbelasting werd bepaald door de tijd, waarin met maximale (=RWA) capaciteit gepompt wordt, te vergelijken met de nominale DWA-pomptijd over een gemiddelde dag.

Als criterium voor overbelasting wordt wel gesteld dat de RWA-pomptijd minstens 8 - 10% van de DWA-pomptijd moet bedragen. Boven deze waarde bestaat de kans dat de slibspiegel in de nabezinktank zo ver stijgt dat gevaar voor sliboverstort bestaat.

De RWA-pomptijd (t_{RWA}) werd uit CBS-gegevens geschat door het totaal verwerkt jaarvolume (V_{tot}) te verminderen met de ontwerpwaarde voor het jaarlijks droogweeraanbod ($\sum ODDWA$). Dit verschil stelt het regenwateraanbod voor dat de zuivering jaarlijks moet kunnen verwerken. Delen door het maximale pompvermogen (P_{RWA}) levert de tijd op die per jaar nodig is om het regenwateraanbod te kunnen verwerken. t_{RWA} wordt nu:

$$* \quad t_{RWA} = \frac{V_{tot} - \sum ODDWA}{P_{RWA} \cdot 365} \quad (I)$$

Hierin is: ODDWA = de dagelijkse droogweeraanvoer volgens de ontwerpgrondslag.

t_{DWA} is het quotiënt van de dagelijkse droogweeraanvoer en het opgestelde DWA-pompvermogen. Voor dit quotiënt is een minimum van 10 pompuren aangehouden.

Andere criteria zoals:

- de ontwerpwaarde van de oppervlaktebelasting van de nabezinking,
 - het optreden van slibuitspoeling,
- hebben het nadeel dat ze afhankelijk zijn van de slibindex of dat ze moeilijk met een regelmatig bemonsteringsschema getoetst kunnen worden.

In tabel II zijn de resultaten gegeven als functie van type en klassegrootte. Conclusies:

- over de gehele linie (type en klasse) blijkt een groot aantal gevallen van overbelasting (77% van de rwzi's met t_{RWA}/t_{DWA} groter of gelijk aan 0,11);
- het grootste aantal overbelaste rwzi's bevindt zich in de range 0,21 - 0,44 : 41% van de overbelaste rwzi's;
- wanneer men het criterium voor hydraulische overbelasting 6 maal ruimer kiest ($t_{RWA}/t_{DWA} > 0,6$), neemt het probleem pas aanzienlijk in omvang af: nog 11% blijft overbelast.

Tabel II. Hydraulische belasting van rwzi's in Nederland

type	grootte (i.e./1000)	aantal	quotiënt RWA-pompduur en nominale DWA-pompduur					
			0 -0,10	0,11-0,20	0,21-0,40	0,41-0,60	0,61-0,80	> 0,80
oxydatiebed	n < 10	16	2	3	4	2	2	3
	10 ≤ n < 30	21	1	2	6	8	1	3
	n ≥ 30	18	3	2	7	2	2	2
aeratietaank	n < 60	18	5	5	4	1	0	3
	60 ≤ n < 100	13	5	2	5	1	0	0
	n ≥ 100	20	8	6	5	1	0	0
oxydatietaank	n < 10	11	3	3	3	2	0	0
	n ≥ 10	20	9	3	7	0	1	0
continue oxydatiesloot	n < 3	41	5	8	12	8	3	5
	3 ≤ n < 10	48	11	7	16	11	2	1
	n ≥ 10	20	8	4	7	1	0	0
carrousel	n < 30	26	8	4	12	1	1	0
	30 ≤ n < 60	21	3	7	10	1	0	0
	n ≥ 60	18	7	4	5	2	0	0
discontinue oxydatiesloot	n < 3	36	3	7	8	10	2	6
	(n ≥ 3	4	0	1	0	2	1	0)
totaal		351	81	68	111	53	15	23

OVERZICHT VAN BESPROKEN METHODEN

		←-----eerste trap-----		
		egalisatie	vlokmiddel	zeving
1.	hydraulische overbelasting:			
	a. hoge DWA	++	+	o
	b. hoge RWA	++	o	o
2.	biologische overbelasting	++	++	+/- hoedanigheid DWA
3.	biologische remming	++ verduunning	+/- coprecipitatie	oo
4.	slibvolumebelasting (Ga.v0.ISV)	++ verlaging v0	++	+/- hoedanigheid DWA
5.	nitrificatie	+/- als hogere Ga	++	o
6.	spuislibvolume	+/- als hogere Ga	--	o
7.	volume/oppervlak	--	++	+ i.p.v. voor- bezinking
8.	inpasbaarheid op rwzi	+	+	+
9.	tijdelijk overbelastingsprobleem	--	++	--
10.	rendement/ betrouwbaarheid	++	++	+/- hoedanigheid DWA
11.	bedrijfskosten	+	--	++
12.	investeringen	+/- hergebruik tank	++	-

- ++ = positieve invloed
 + = waarschijnlijk positieve invloed
 oo = geen invloed
 o = waarschijnlijk geen invloed
 -- = negatieve invloed
 - = waarschijnlijk negatieve invloed
 n.v.t. = niet van toepassing

		---le-trap--- (slot)----->	
		flotatie	ombouw voor- bezinking
1.	hydraulische overbelasting:		
	a. hoge DWA	+	++ >nabezinking >egalisatie
	b. hoge RWA	+	++ >egalisatie >nabezinking
2.	biologische overbelasting	+	+/- hoedanigheid DWA
3.	biologische remming	o	+ >hoogbelaste A-trap
4.	slibvolumebelasting (Ga.v0.ISV)	+	+/- afhankelijk ombouw
5.	nitrificatie	+	+/- via pilot- plant
6.	spuislibvolume	o	+/- via pilot- plant
7.	volume/oppervlak	+	oo
		inbouw voor- bezinking	
8.	inpasbaarheid op rwzi	+	+/- afhankelijk type
9.	tijdelijk overbelas- tingsprobleem	--	-
10.	rendement/ betrouwbaarheid	+/- via pilot- plant	+ via pilot- plant
11.	bedrijfskosten	-	o
12.	investeringen	--	+

++ = positieve invloed
 + = waarschijnlijk positieve invloed
 oo = geen invloed
 o = waarschijnlijk geen invloed
 -- = negatieve invloed
 - = waarschijnlijk negatieve invloed
 n.v.t. = niet van toepassing

		-----actief-slibproces-----		
		manipulatie procesparam.	lichtslib- bestrijding	poederkool
1.	hydraulische overbelasting:			
	a. hoge DWA	+/-	+	oo
	b. hoge RWA	+/-	+/-	oo
2.	biologische overbelasting	-	-	+ mits conti- nue dosering
3.	biologische remming	oo	oo	++
4.	slibvolumebelasting (Ga.v0.ISV)	-	++	+/-
5.	nitrificatie	+/-	o	o + bij conti- nue dosering
6.	spuislibvolume	+/-	+/-	+/-
7.	volume/oppervlak	oo	oo	oo
8.	inpasbaarheid op rwzi	++	++	++
9.	tijdelijk overbelas- tingsprobleem	+	+	+ mits conti- nue dosering
10.	rendement/ betrouwbaarheid	+/-	+	+
11.	bedrijfskosten	+/-	++	--
12.	investeringen	++	++	++

++ = positieve invloed
 + = waarschijnlijk positieve invloed
 oo = geen invloed
 o = waarschijnlijk geen invloed
 -- = negatieve invloed
 - = waarschijnlijk negatieve invloed
 n.v.t. = niet van toepassing

----actief-slibproces-(vervolg)----

	zuivere zuurstof	AB-techniek	contact- stabilisatie
1. hydraulische overbelasting:			
a. hoge DWA	+ verlaging slibindex	+	+
b. hoge RWA	+/- verlaging slibindex	+/-	++
2. biologische overbelasting	++	+	++
3. biologische remming	o	+	++
4. slibvolumebelasting (Ga.vO.ISV)	+ verlaging slibindex	+	+/- bij DWA ++ bij RWA
5. nitrificatie	+/- soms pH- verlaging	++	+/- afhankelijk biosorptie
6. spuislibvolume	+	--	o
7. volume/oppervlak	o	+/- o bij grote zandvang	oo
8. inpasbaarheid op rwzi	+/- afhankelijk type	+/- afhankelijk type	+/- afhankelijk type
9. tijdelijk overbelas- tingsprobleem	++ mits aanle- vering O2	--	+
10. rendement/ betrouwbaarheid	+	+/- afhankelijk biosorptie	+/- afhankelijk biosorptie
11. bedrijfskosten	--	+	--
12. investeringen	+ mits aanle- vering O2	+ mits grote zandvang	++

++ = positieve invloed
 + = waarschijnlijk positieve invloed
 oo = geen invloed
 o = waarschijnlijk geen invloed
 -- = negatieve invloed
 - = waarschijnlijk negatieve invloed
 n.v.t. = niet van toepassing

----actief-slibproces-(vervolg)----			
	vlokbelading	slib-op-dra- gertechniek	bio- preparaten
1. hydraulische overbelasting:			
a. hoge DWA	+/-	+/- + met CAPTOR	o
b. hoge RWA	+/-	+/- + met CAPTOR	o
2. biologische overbelasting	+/-	+	o
3. biologische remming	+/-	+/-	+/-
4. slibvolumebelasting (Ga.v0.ISV)	+/-	+/- + met CAPTOR	o
5. nitrificatie	+/-	++	o
6. spuislibproductie	+/-	++	o
7. volume/oppervlak	oo	oo	oo
8. inpasbaarheid op rwzi	++	+ mits bellen- beluchting	++
9. tijdelijk overbelas- tingsprobleem	+	--	-
10. rendement/ betrouwbaarheid	+	+/- + bij LINPOR	--
11. bedrijfskosten	++	+/-	--
12. investeringen	++	+/-	++

++ = positieve invloed
 + = waarschijnlijk positieve invloed
 oo = geen invloed
 o = waarschijnlijk geen invloed
 -- = negatieve invloed
 - = waarschijnlijk negatieve invloed
 n.v.t. = niet van toepassing

		-actief-slibproces-(slot)	
		herindeling bel. ruimte	gesch. ni- trif. slibw.
1.	hydraulische overbelasting:		
	a. hoge DWA	+/-	+/-
	b. hoge RWA	+/-	+/-
2.	biologische overbelasting	+/- afhankelijk type rwzi	+/- afh. slibw. productie
3.	biologische remming	+	--
4.	slibvolumebelasting (Ga.v0.ISV)	+/- verlaging slibindex	++
5.	nitrificatie	+ vergroting slibinhoud	++
6.	spuislibproductie	+ vergroting slibinhoud	++
7.	volume/oppervlak	oo	--
8.	inpasbaarheid op rwzi	+/- afhankelijk type	+ mits slib- gisting
9.	tijdelijk overbelas- tingsprobleem	+	--
10.	rendement/ betrouwbaarheid	+	+/- via pilot- plant
11.	bedrijfskosten	+	+/-
12.	investeringen	++	-

++ = positieve invloed
 + = waarschijnlijk positieve invloed
 oo = geen invloed
 o = waarschijnlijk geen invloed
 -- = negatieve invloed
 - = waarschijnlijk negatieve invloed
 n.v.t. = niet van toepassing

		<-----nabezinking----->		
		flotatie	buis/lamell. bezinking	dosering po- lyelectrolyt
1.	hydraulische overbelasting:			
	a. hoge DWA	+/- via pilot- plant	o	+/-
	b. hoge RWA	+/- via pilot- plant	-	+
2.	biologische overbelasting	+/- via pilot- plant	+/- + bij lage slibindex	-
3.	biologische remming	oo	oo	oo
4.	slibvolumebelasting (Ga.v0.ISV)	n.v.t.	o	o
5.	nitrificatie	+/- via verho- ging Ga	o	-
6.	spuislibvolume	+	o	+
7.	volume/oppervlak	- oo bij in- bouw nabez.	oo	oo
8.	inpasbaarheid op rwzi	+	+	++
9.	tijdelijk overbelas- tingsprobleem	--	--	++
10.	rendement/ betrouwbaarheid	+/- via pilot- plant	+	+
11.	bedrijfskosten	--	++	--
12.	investeringen	--	--	++

++ = positieve invloed
 + = waarschijnlijk positieve invloed
 oo = geen invloed
 o = waarschijnlijk geen invloed
 -- = negatieve invloed
 - = waarschijnlijk negatieve invloed
 n.v.t. = niet van toepassing

		←-----derde trap----->		
		buis/lamell. bezinking	microzeving	nabehandel. vijver
1.	hydraulische overbelasting:			
	a. hoge DWA	+	+	++
	b. hoge RWA	+	+	++
		mits beperkt slibverlies	mits beperkt slibverlies	mits beperkt slibverlies
2.	biologische overbelasting	+	+	+
		mits beperkt	mits beperkt	mits beperkt
3.	biologische remming	oo	oo	oo
4.	slibvolumebelasting (Ga.v0.ISV)	++	++	++
		kan hoog blijven	kan hoog blijven	kan hoog blijven
5.	nitrificatie	o	o	o
		mits beperkt slibverlies	mits beperkt slibverlies	mits beperkt slibverlies
6.	spuislibvolume	o	o	o
7.	volume/oppervlak	--	--	--
8.	inpasbaarheid op rwzi	+/-	+/-	+/-
9.	tijdelijk overbelas- tingsprobleem	-	--	-
10.	rendement/ betrouwbaarheid	+	+	++
			via pilot- plant	
11.	bedrijfskosten	o	-	-
				slibzuigen
12.	investeringen	--	-	-

- ++ = positieve invloed
 + = waarschijnlijk positieve invloed
 oo = geen invloed
 o = waarschijnlijk geen invloed
 -- = negatieve invloed
 - = waarschijnlijk negatieve invloed
 n.v.t. = niet van toepassing

PRAKTISCHE BEVINDINGEN**Geleidbaarheidselectrode**

Op deze wijze kunnen industriële stootbelastingen geregistreerd worden.

Drijfslaagbestrijding

Soms wordt dit met succes gedaan door sproeiers aan de ruimerbrug te bevestigen.

Polymeertoevoeging aan het rioolstelsel [19,45]

Deze techniek kan de capaciteit van buizen en pompen vergroten, door vermindering van stromingsweerstand.

Remschotten

Deze worden soms toegepast achter borstel- of kooibeluchters om de zuurstofinbreng van deze rotoren te verhogen.

Verkorting afluattijd

Dit is een mogelijkheid om de capaciteit van discontinue oxydatiesloten te verhogen. Mogelijkheden kunnen zijn: installeren van extra pompvermogen of het verlagen van het niveau van het ontvangende water.

Bicarbonaatsdosering [11]

Bicarbonaat bleek de bezinkingseigenschappen van slib te verbeteren.