

Inleiding

In recente studies is geconcludeerd dat drinkwaterslib kan worden opgewerkt tot vlokmiddel voor de zuivering van afvalwater [4, 7].
Op basis hiervan is op de rwzi Willem Annapolder vóórprecipitatie met aangezuurd drinkwaterslib in combinatie met polyelectroliet op praktijkschaal beproefd. Bij de proeven is gebruik gemaakt van ijzerhoudend slib van pompstation Huijbergen.



A. J. P. VERBERNE
DHV Water BV



W. VAN DEN BROEK
NV Delta Nutsbedrijven



J. H. WATTENBERG
Waterschap
Noord- en Zuid-Beveland

Het onderzoek sloot aan op een 4 maanden durende periode waarin op de rwzi commercieel verkrijgbaar ijzerchloridesulfaat in combinatie met polyelectroliet werd gedoseerd [1].

Vóórprecipitatie op rwzi Willem Annapolder

Een beschrijving van de rwzi Willem Annapolder en de experimenten met commercieel verkrijgbaar ijzerchloridesulfaat zijn elders in deze uitgave van H₂O opgenomen [6].
De globale resultaten van de fosfaatverwijdering in dit onderzoek zijn samengevat in tabel I. Uit het onderzoek kan worden geconcludeerd dat een fosfaatgehalte kleiner of gelijk aan 1,0 mg/l P_{tot} haalbaar is [1].

Haalbaarheidsonderzoek hergebruik van drinkwaterslib

Economische haalbaarheid
Alvorens het hergebruik van drinkwaterslib te onderzoeken is de economische haalbaarheid bestudeerd [2]. Hieruit blijkt dat ijzerhoudend slib van de pompstations Huijbergen en Ossendrecht kan worden hergebruikt op rwzi Willem Annapolder. De totale ijzerproduktie op beide pompstations bedraagt ca. 130 ton/jaar Fe. Deze hoeveelheid dekt het ijzer-

Samenvatting

Op praktijkschaal is hergebruik van drinkwaterslib van pompstation Huijbergen ten behoeve van vóórprecipitatie op rwzi Willem Annapolder beproefd.
De resultaten van dit onderzoek kunnen worden vergeleken met een voorafgaand onderzoek met commercieel verkrijgbaar ijzerchloridesulfaat.
De werking van aangezuurd drinkwaterslib blijkt vergelijkbaar met commercieel verkrijgbaar ijzerchloridesulfaat. In het onderzoek is waardevolle informatie verkregen over de praktische realisatie van het hergebruik van drinkwaterslib.

verbruik op rwzi Willem Annapolder, uitgaande van een dosering van 12 mg/l Fe.

opzichte van het gebruik van een commercieel ijzerzout.

In tabel II zijn de kosten en baten van het hergebruik van 130 ton Fe per jaar weergegeven. Op basis van deze globale schatting kunnen het Waterschap en Waterleidingbedrijf samen totaal 150.000 NLG per jaar besparen.
Opgemerkt kan worden dat in deze berekening geen rekening is gehouden met:
– extra kosten voor verwerking van ca. 45 ton ds/jaar (inerte stof in drinkwaterslib);
– extra besparing voor ontwateringsapparatuur voor 290 ton ds per jaar op de pompstations;
Aangenomen wordt dat deze indirecte kostenposten bij benadering in evenwicht zijn.
Voorts is gerekend met het huidige prijspeil voor transport-, chemicaliën- en stortkosten. Voor energiekosten en onderhoud zijn geen extra kosten berekend ten

Fosfaatverwijdering
Met behulp van bekerglasexperimenten is de verwijdering van fosfaat onderzocht [2, 3]. In deze experimenten is de werking van aangezuurd drinkwaterslib vergeleken met ijzerchloridesulfaat. Hierbij is de verwijdering van fosfaat, CZV en zwevende stof bestudeerd.
Het aanzuren is uitgevoerd met geconcentreerd zwavelzuur. Hierbij zijn 3 molen H⁺ gedoseerd op 1 mol Fe.

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat:
– de met aangezuurd drinkwaterslib behaalde resultaten vergelijkbaar zijn met de resultaten van bekerglasexperimenten met ijzerchloridesulfaat;
– bij een onderdosering van zuur aan het ijzerhoudend slib van 2,4 mol H⁺/Fe de resultaten vergelijkbaar zijn met volledige aanzuring van 3,0 mol H⁺/Fe;

Opzet praktijkproef

Algemeen
In afbeelding 1 is de winning, transport, bereiding en dosering van het drinkwaterslib weergegeven.

Tijdens het onderzoek is slib uit de spoelwatervijvers van pompstation Huijbergen gebruikt. In tabel III zijn de analysegegevens van dit slib gegeven. Het gewonnen slib werd vanuit de slibvijver in een tussenopslag gepompt.
Om ijzer uit drinkwaterslib op te lossen moet zuur aan het slib worden toegevoegd. Voor de configuratie van de

TABEL II – Economische haalbaarheid gebaseerd op 130 ton Fe/jaar (kosten gebaseerd op prijspeil 1993, [2]).

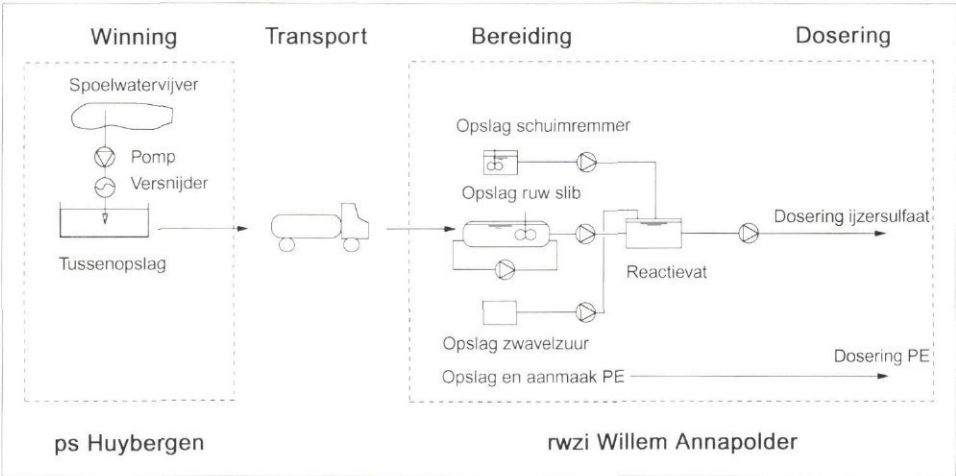
Kosten:		
transport	90.000	NLG/jaar
chemicaliën	85.000	NLG/jaar
installaties*	25.000	NLG/jaar
subtotaal	200.000	NLG/jaar
Baten		
chemicaliën	255.000	NLG/jaar
stort	95.000	NLG/jaar
subtotaal	350.000	NLG/jaar
Totaal**	150.000	NLG/jaar

* meerkosten t.o.v. installaties voor dosering commercieel ijzerzout.
** excl. extra kosten slibverwerking (rwzi) en ontwatering (pompstation).

TABEL I – Samenvatting resultaten fosfaatverwijdering in het onderzoek met ijzerchloridesulfaat (gehalten in mg/l Fe/PE/P [1]).

Chemicaliën dosering		Infl. excl. recirculatie		Infl. incl. recirculatie		Afloop voorbezinktank		Effluent	
Fe	PE	P _o	P _{tot}	P _o	P _{tot}	P _o	P _{tot}	P _o	P _{tot}
12	1,0	2,4	5,4	4,0	19,8	3,7	6,3	3,0	3,5
16	1,0	0,9	10,6	1,0	19,8	0,3	3,4	0,4	0,7
20	1,5	3,2	15,7	3,4	21,7	0,6	3,5	0,4	0,7

Fe = ijzer
PE = Polyelectroliet type A 1820
P_o = Ortho fosfaat
P_{tot} = Totaal fosfaat



Afb. 1 - Schematische weergave van winning, transport, bereiding en dosering van drinkwaterslib in het onderzoek.

TABEL III – Samenstelling drinkwaterslib van pompstation Huijbergen.

Parameter	Eenheid	Concentratie
Calcium	(g/kg d.s)	17
Ijzer	(g/kg d.s)	445
Fosfaat	(gP/kg d.s)	17*
Mangaan	(mg/kg d.s)	994
Aluminium	(mg/kg d.s)	11
Arseen	(mg/kg d.s)	9
Cadmium	(mg/kg d.s)	7
Chroom	(mg/kg d.s)	10
Koper	(mg/kg d.s)	< 25
Lood	(mg/kg d.s)	< 20
Nikkel	(mg/kg d.s)	29
Zink	(mg/kg d.s)	12
Droge stof	(% bij 105 °C)	23
HCl onoplosbaar	(%)	17

* schatting op basis van gegevens ruw grondwater.

aanzuurinstallatie is de keuze tussen een discontinue of continue installatie van belang. Het principe van beide systemen is schematisch weergegeven in afbeelding 2. Voordeel van het continue systeem is de kleinere benodigde opslagcapaciteit. Nadeel van het systeem is de meer ingewikkelde bedrijfsvoering. Voor het praktijkonderzoek op rwzi Willem Anna-

polder is gekozen voor het continu systeem. Het reactievat is schematisch in afbeelding 3 gegeven. Tijdens de reactie wordt het vat geroerd met behulp van twee mixers. De toevoeging van zuur aan ijzerhoudend drinkwaterslib gaat gepaard met de vorming van schuim. Vooraf is in een proefinstallatie de invloed onderzocht van:

- temperatuurstijging
- wijze van samenbrengen zuur en slib
- dosering van schuimremmend middel

In de proefinstallatie is vastgesteld dat een dosering van schuim controlemiddel van 1:1.000 tot 1:2.000 noodzakelijk is. De dosering van de ijzeroplossing vond samen met polyelectrolyet debietproportioneel plaats op het influent.

Resultaten, installatietechnisch
Slib- en zuurhoeveelheden
De totale duur van het onderzoek bedroeg 8 weken. In deze tijd is 256 m³ slib gedoseerd met een gemiddeld droge-stof-

TABEL IV – Gegevens slib en zuur tijdens onderzoek.

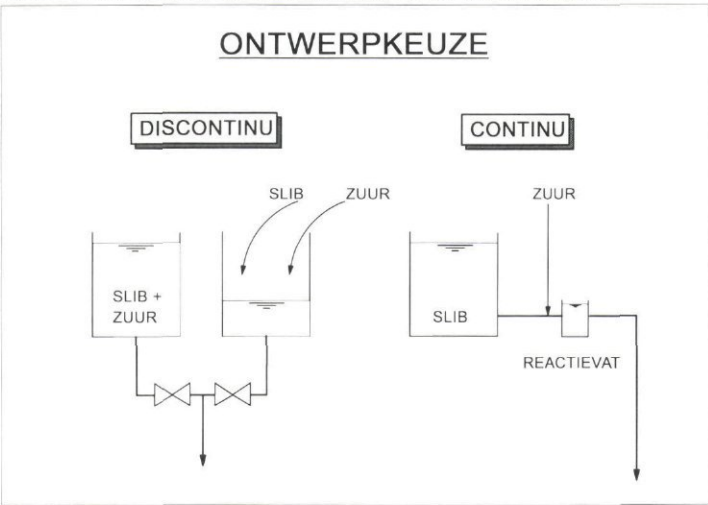
verbruikte hoeveelheid slib	:	256	m³
gemiddeld droge-stofgehalte	:	9,2	%
gemiddeld gehalte Fe(OH)₃	:	85	%
gemiddelde Fe concentratie	:	41	g/l
verbruikte hoeveelheid H₂SO₄ 96%	:	16,6	m³
gemiddelde verhouding H⁺/Fe	:	3,2	mol/mol

gehalte van 9,2%. Verdere gegevens over het gedoseerde slib en zuur zijn weer-gegeven in tabel IV. In de oorspronkelijke proefopzet is rekening gehouden met een dosering van ca. 12 mg/l Fe. Op basis van de resultaten van het onderzoek met ijzerchloridesulfaat is deze dosering verhoogd tot 20 mg/l Fe. In het onderzoek bleek de aanvoer en afname van drinkwaterslib nog niet voldoende goed afgestemd. Hierdoor bedroeg de daadwerkelijk totaal gedoseerde hoeveelheid in het onderzoek ca. 70% van de gewenste hoeveelheid.

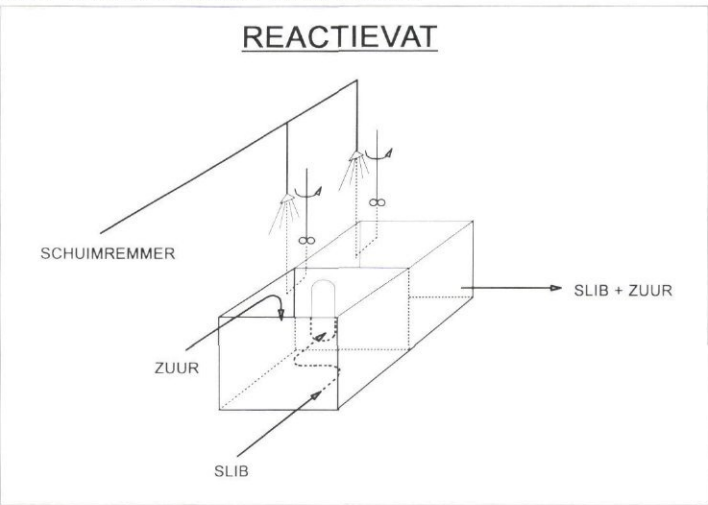
Slibaanvoer
Een storingsfactor in het onderzoek was het regelmatig stagneren van de slib-aanvoer. Dit was het gevolg van de relatief onbeheersbare situatie ter plaatse van de spoelwatervijvers. Door verstopping van de bovenwaterafvoerleiding en het extra spoelen van filters kwamen regelmatig grote hoeveelheden water op de vijvers terecht waardoor slibwinning niet mogelijk was.

Verstoppen
Tijdens het onderzoek bleken grovere verontreinigingen en reststoffen in de tank van de transporteur regelmatig de oorzaak voor verstoppingen van pompen en leidingen. Vergroting van leidingen bleek hiervoor geen bedrijfszekere oplossing. In leidingen met te grote diameters bleek slib in de loop van de tijd in te dikken tot een verstoppende massa. Opgemerkt kan

Afb. 2 - Schematische weergave discontinue en continue aanzuurinstallatie.



Afb. 3 - Schematische weergave van het reactievat.



worden dat verstoppingen alleen in de tweede helft van het onderzoek optraden. Op dat moment werd slib uit diepere lagen van de vijver gewonnen. In dit slib zaten, zichtbaar, meer verontreinigingen in de vorm van zand.

Schuimvorming

Incidenteel is het niet mogelijk gebleken de schuimvorming in het reactievat te beheersen. De oorzaak hiervoor was mede gelegen in het verstopping van de versproeiers van het schuim controle-middel. Daarnaast trad schuimvorming op tijdens topbelasting van de installatie. Deze situatie doet zich voor bij langdurige regenwateraanvoer. Door een te snelle aanmaak van slib en zuur bouwde zich snel een groter wordende schuimlaag op die met de proefinstallatie niet beheersbaar was.

Bij een normale aanmaaksnelheid bleek oncontroleerbare schuimvorming op te treden als slib met een te hoog droge-stofgehalte werd toegepast. De grens voor het droge-stofgehalte bedroeg circa 10%. Door verdunning van het slib met water bleek de schuimvorming weer beheersbaar.

Variaties ijzergehalte

Tijdens het onderzoek varieerde het ijzergehalte in het slib van < 1 g/l tot ca. 75 g/l Fe. Deze variatie betekent een sterk wisselende bedrijfsvoering van de installatie. Bij elke nieuwe vracht werden ijzergehaltenes, dichtheden en droge-stofgehaltenes intensief gecontroleerd.

Resultaten met betrekking tot kwaliteit

Fosfaatverwijdering

Een samenvatting van de resultaten in de storingsvrije periode voor de fosfaatverwijdering is gepresenteerd in tabel V. Bij de vergelijking van tabel I en V blijkt dat de resultaten van het onderzoek met drinkwaterslib globaal gelijk zijn aan de resultaten die met het onderzoek met ijzerchloridesulfaat werden verkregen.

Verwijdering van CZV en SS

In tabel VI zijn de resultaten van de verwijdering van CZV en SS voor de proefperiode weergegeven. Ter ver-

gelijking zijn ook de cijfers uit voorgaande jaren en de cijfers van het onderzoek met ijzerchloridesulfaat weergegeven. Mede omdat in het onderzoek geen langdurige storingsvrije meetperioden zijn behaald is het moeilijk hieraan conclusies te verbinden.

Parallel aan het praktijkonderzoek is een groot aantal bekerglasexperimenten uitgevoerd. Deze experimenten werden uitgevoerd met een in de praktijkinstallatie aangemaakte ijzeroplossing. Hierbij werden instellingen gecontroleerd en de resultaten vergeleken met een commercieel ijzerzout. Op basis van diverse experimenten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

Doseerhoeveelheid

Bij de dosering van drinkwaterslib wordt een deel van het ijzer weer gebonden door in het slib aanwezige fosfaat (vergelijk tabel III) en mogelijk andere bestanddelen. Derhalve moet de dosering hoger zijn ten opzichte van commercieel ijzerchloride sulfaat. Vooralsnog wordt de verhoogde dosering geschat op 10%.

Ijzerverbruikende stoffen

Gedurende een periode van ongeveer een week waren aanzienlijk hogere doseringen noodzakelijk dan gebruikelijk. De benodigde dosering van zowel drinkwaterslib als ijzerchloridesulfaat bedroegen hierbij 40 mg/l en meer.

Mogelijk bevatte het influent op dat moment veel ijzerverbruikende stoffen of complexvormers.

TABEL VI – Samenvatting verwijdering CZV, SS en N_{tot} in mg/l.

	Influent	Afloop	Effluent VBT
dosering ijzerchloridesulfaat:			
SS	169	68	8
CZV	1.126	256	53
N _{tot}	77	47	31
dosering aangezuurd drinkwaterslib:			
SS	123	75	8
CZV	845	253	59
N _{tot}	62	44	29

Opgemerkt kan worden dat ook als gevolg van de soms tijdelijk slechte werking van de indikker een hogere dosering noodzakelijk was [1].

Oplossen drinkwaterslib

In sommige gevallen lost ijzerslib niet geheel op, ook niet bij een overmaat toegevoegd zuur. Dit aspect wordt ook elders in de literatuur beschreven en is in Nederland waargenomen bij drinkwaterslib van een oppervlaktewaterbedrijf [5]. Het verschijnsel wordt toegeschreven aan ijzerbindende organische stoffen die bij oppervlaktewaterbedrijven in relatief hoge concentraties aanwezig zijn. Mogelijk zijn vervuilingen, die in de loop der jaren in de onbeschermdeslibvijvers terecht zijn gekomen, de oorzaak.

Daarnaast kan ook het verouderingsverschijnsel van slib in de slibvijvers een rol spelen. Volgens de literatuur kunnen hierbij moeilijker oplosbare ijzerverbindingen ontstaan.

Tenslotte bestaat de mogelijkheid dat bij verandering van slib een deel van het driewaardige ijzer wordt gereduceerd tot tweewaardig ijzer. Dit ijzer vormt geen onoplosbare verbinding met fosfaat. Verwacht wordt dat in de toekomst bovenstaande aspecten geen significante rol spelen bij hergebruik van vers en gecontroleerd geproduceerd slib.

Doseerhoeveelheid

Uitgaande van een dosering van 20 mg/l Fe kan de jaarlijkse ijzerbehoefte van de rwzi Willem Annapolder worden berekend. In 1992 werd 7,85 mln m³ gezuiverd. Dit komt overeen met een jaarverbruik van 157 ton Fe. Aangezien de totale ijzerproduktie op de pompstations Huijbergen en Ossendrecht 130 ton Fe bedraagt, bedraagt het tekort 27 ton Fe per jaar. Dit tekort kan worden opgevangen door aanvullende dosering van een commercieel ijzerzout of het aanvoeren van slib van een derde pompstation.

Conclusies

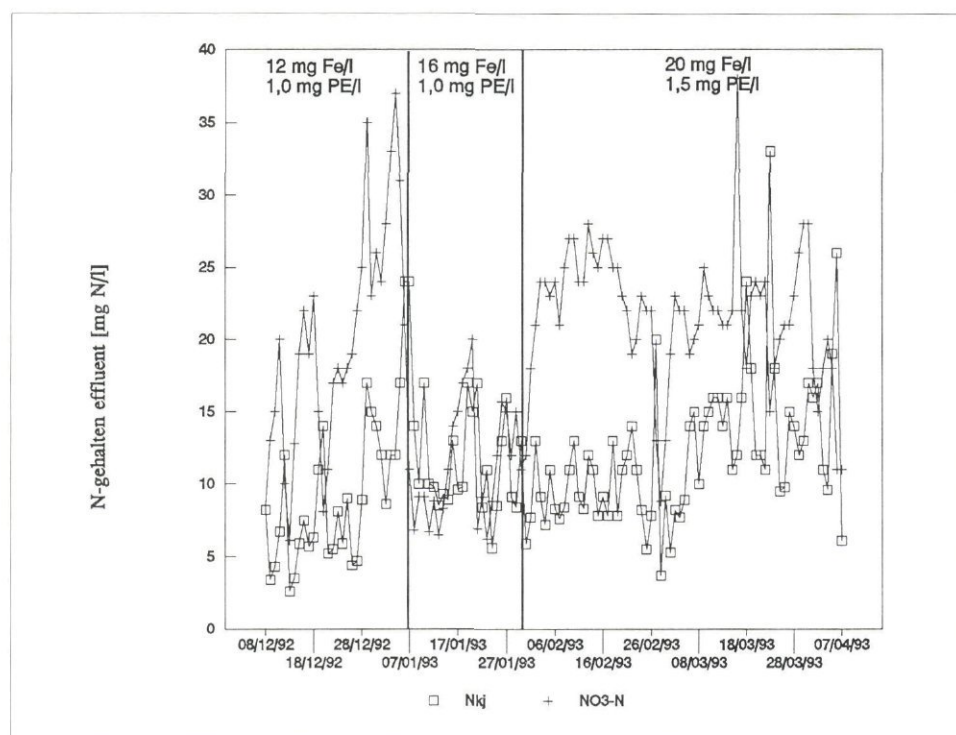
Op basis van het onderzoek kan worden geconcludeerd dat:

- met behulp van aangezuurd ijzerhoudend drinkwaterslib vergelijkbare resultaten kunnen worden bereikt als met een commercieel ijzerzout;
- hergebruik van slib van de pompstations Huijbergen en Ossendrecht op de rwzi Willem Annapolder economisch haalbaar is;
- om de bedrijfszekerheid van slib-

TABEL V – Samenvatting resultaten fosfaatverwijdering in het onderzoek met aangezuurd drinkwaterslib (gehalten in mg/l Fe/PE/P).

Chemicaliën dosering		Infl. excl. recirculatie		Infl. incl. recirculatie		Afloop voorbezinktank		Effluent	
Fe	PE	P _o	P _{tot}	P _o	P _{tot}	P _o	P _{tot}	P _o	P _{tot}
15 *	1,5	5,8	9,5	5,8	16,5	1,1	4,3	0,8	1,4
22 **	1,5	4,0	9,3	3,7	11,7	1,5	4,4	0,5	0,9

* gemiddelde van 5 etmaalmetingen, dosering 13-17 mgFe/l
** gemiddelde van 10 etmaalmetingen, dosering 18-26 mgFe/l



Afb. 5 - Ammonium- en nitraatgehaltes in het effluent van de oxydatiebedden.

20 mg Fe/l en 1,5 mg PE/l, verdween deze afzetting (visuele waarneming). Hoewel bij lagere doseringen voldoende fosfor werd verwijderd, kan op basis van deze waarnemingen worden geconcludeerd dat de chemicaliëndosering vooral moet zijn afgestemd op de verwijdering van zwevende stof.

Toekomstige N-verwijdering

Tijdens het STOWA-onderzoek naar onder andere denitrificerende filters op de rwzi Houtrust kon nitraat in het effluent worden verwijderd tot minder dan 2 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$. Als deze filters ook kunnen worden toegepast in combinatie met oxydatiebedden, kan op de rwzi Willem Annapolder bij gelijkblijvende condities naar verwachting gedurende de winterperiode een N_{tot} -gehalte in het effluent van circa 12 mg/l worden bereikt. Eén en ander zal echter nog proefondervindelijk moeten worden vastgesteld.

Voorts mag worden verwacht dat de nitrificatiecapaciteit bij voortzetting van de chemicaliëndosering verder zal toenemen:

- in de literatuur is er sprake van een adaptatietijd, die kan oplopen tot circa 1 jaar. Hoewel de laag met heterotrofe organismen dunner is, zal de toename van het aantal autotrofe organismen nog enkele maanden in beslag nemen;
- de nitrificatiesnelheid is optimaal bij een procestemperatuur tussen 15 en 30°C. Gedurende de zomermaanden zullen de $\text{NH}_4\text{-N}$ gehalten lager zijn. In dat geval is wellicht een jaargemiddelde

effluentkwaliteit haalbaar van 10 mg $\text{N}_{\text{tot}}/\text{l}$ of lager, zodat op termijn aan de gewenste effluentkwaliteit kan worden voldaan.

Conclusies

Op basis van de resultaten van het vóórprecipitatie-onderzoek is voor de rwzi Willem Annapolder geconcludeerd dat:

- door dosering van ijzerchloridesulfaat in combinatie met polyelectrolyet in de voorbezinktank P_{tot} -gehalten in het effluent kunnen worden bereikt van 1 mg/l en lager;
- door vóórprecipitatie de nitrificatiecapaciteit van de oxydatiebedden naar verwachting ook bij lagere temperaturen gehandhaafd blijft, zodat in de winterperiode effluentgehalten van 10 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ en lager kunnen worden bereikt;
- door een gecombineerde dosering van ijzerzouten en polyelectrolyet bij optimale procescondities naar verwachting scaling van de vulelementen in de oxydatiebedden kan worden voorkomen;
- bij toepassing van vóórprecipitatie voldoende P beschikbaar blijft voor biofilmgroei in de oxydatiebedden;
- in combinatie met een denitrificerend filter en een verdergaande verbetering van de nitrificatiecapaciteit van de oxydatiebedden door adaptatie en temperatuurinvloeden, een goede kans aanwezig is dat een jaargemiddelde effluentkwaliteit kan worden bereikt van 10 mg $\text{N}_{\text{tot}}/\text{l}$ en lager. Vervangen van de lavastenen door kunststof vulelementen zou in dat geval niet noodzakelijk zijn.

Voor de slibproductie kunnen vooralsnog geen eenduidige conclusies worden getrokken.

Literatuur

1. Waterschap Noord- en Zuid-Beveland. (1991). 'Aanzet tot strategieplan nutriëntenverwijdering'. Notitie afdeling Waterbeheer.
2. Helvoort, P. C. A. M. van en Haarlem, J. E. (1993). 'Aanpak van de stikstof- en fosfaatproblematiek door het Waterschap Noord- en Zuid-Beveland'. H_2O (26) 1993, nr. 25.
3. Verberne, A. J. P., Brock, W. van der en Wattenberg, J. H. (1993). 'Praktijkonderzoek naar vóórprecipitatie met drinkwaterslib'. H_2O (26) 1993, nr. 25.
4. Waterschap Noord- en Zuid-Beveland, 'Jaarverslag waterbeheer' 1990, 1991 en 1992.

Praktijkonderzoek vóórprecipitatie

• Slot van pagina 745

hergebruik te waarborgen een robuuste slibverwerkingsinstallatie benodigd is;

- 'hinderlijke' verontreinigingen zoals zand en takjes dienen te worden voorkomen en een zo constant mogelijk produkt dient te worden geleverd;
- bij de dosering van drinkwaterslib circa 10% extra dient te worden gedoseerd voor ongewenste ijzerbindende bestanddelen waaronder fosfaat in het drinkwaterslib zelf.

Literatuur

1. Kuij, R. J. van der en Noorden A. W. J. van (1993). 'Vergaande P- en N-verwijdering in oxydatiebeddingen; vóórprecipitatie-onderzoek op de rwzi Willem Annapolder'. H_2O (26) 1993, nr. 25.
2. DHV Water BV in opdracht van NV Delta Nuts-bedrijven (1993). 'Dossier G8198-10-100 Hergebruik spoelwaterslib Huijbergen en Ossendrecht'.
3. Broek, W. van den (1993). 'Ervaringen met opwerking tot vlokmiddel van slib van de pompstations Huijbergen en Ossendrecht. Voordracht tijdens de KIWW-NVA Workshop 'Nuttige inzet van drinkwaterslib bij rioolwaterzuiveringsinrichtingen'.
4. Verberne, A. J. P. (1992). 'Hergebruik van drinkwaterslib voor defosfatering haalbaar?'. H_2O (25) 1992, nr. 18.
5. DHV Water BV in opdracht van NV Energie- en Watervoorziening Rijnland (1992). 'Dossier G8036-10-001 Onderzoek naar hergebruik van slib van de voorzuivering Lindenbergh'.
6. Helvoort, P. C. A. M. van en Haarlem, J. E., (1993). 'Aanpak van stikstof- en fosfaatproblematiek door het Waterschap Noord- en Zuid-Beveland'. H_2O (26) 1993, nr. 25.
7. Koppers, H. M. M. en Heijman, S. G. J. (1991). 'Drinkwaterslib: van storten naar nuttig toepassen'. H_2O (24) 1991, nr. 25.