

PN31050.92-15

1997-15

BIOLOGISCHE DEFOSFATERING RWZI BENNEKOM

Introductie van biologische
defosfatering in de hoofdstroom
bij een bestaande oxydatiesloot

Bibliotheek STOWA

stowa

alleen ter inzage, niet voor uitlening
nagebruik RETOUR s.v.p.

serie: thema *Zuiveringstechniek*
Zuiveringprocessen

Zuiveringsschap
Veluwe

Programma PN-1992

STOWA

32/1114()

BIOLOGISCHE DEFOSFATERING RWZI BENNEKOM

BIBLIOTHEEK DE HAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen

APR 2003

Introdactie van biologische
defosfatering in de hoofdstroom
bij een bestaande oxydatiesloot

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.

Zuiveringsschap
Veluwe

Programma PN-1992

STOWA

postbus 8090, 3503 RB utrecht tel. 030 - 321199 stichting toegepast onderzoek waterbeheer
arthur van schendelstraat 816

1702937



Inhoud	Blz.
Ten geleide	ii
SAMENVATTING	iii
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding voor het onderzoek	1
1.2 Doel en opzet van het onderzoek	1
2 RWZI BENNEKOM	2
2.1 Situatie voor ombouw	2
2.2 Situatie na ombouw	2
2.3 Aanpassingen	2
2.4 Beschrijving van de procesonderdelen	3
2.5 Afvalwaterkarakteristieken	4
3 BEMONSTERING EN ANALYSES	5
3.1 Bemonstering	5
3.2 Analyse	5
4 RESULTATEN EN BESPREKING	6
4.1 Bedrijfsvoering	6
4.2 Dagvolume en temperatuur	7
4.3 Slibkarakteristieken	7
4.4 CZV-verwijdering en slibbelasting	8
4.5 Nitrificatie en N-totaalverwijdering	9
4.6 Denitrificatie in de anoxische zone	10
4.7 Fosfaatverwijdering	11
4.8 Fosfaatafgifte in de nabezinktank en de indikker	14
5 PRAKTIJKERVARING	16
5.1 Bedrijfsvoering	16
5.2 Resultaten	16
5.3 Bedrijfsvoering met spuislib-indikker	18
5.4 Fosfaatbalans	19
5.5 Processtabiliteit	20
5.6 Invloed van de temperatuur	21
6 CONCLUSIES	23
LITERATUUR	24
BIJLAGEN:	
1 R.w.z.i. Bennekom, oude situatie	
2 Ontwerpgrondslagen, oude situatie	
3 R.w.z.i. Bennekom, nieuwe situatie	
4 Ontwerpgrondslagen, nieuwe situatie	
5 Beschrijving van het fosfaatafgifte-experiment	

Ten geleide

In 1990 werd het STORA-onderzoek naar de verwijdering van fosfaat en stikstof op rioolwater-zuiveringsinrichtingen geïntensiveerd en versneld. Doel van het speciaal hierop gerichte spoedprogramma "PN 1992" –dat van de zuiverende waterkwaliteitsbeheerders een extra onderzoeksinspanning van zeven miljoen gulden in drie jaar vergt– is het elimineren van onzekerheden en knelpunten in de thans operationele methoden en technieken. Dit om de zuiverende deelnemers in de STORA tijdig een voldoende beproefd instrumentarium te bieden om te kunnen voldoen aan de effluenteisen voor die stoffen in 1995 en later.

Daarnaast worden door de zuiverende waterkwaliteitsbeheerders in eigen beheer diverse experimenten op het gebied van de verwijdering van fosfaat en stikstof op semi-technische schaal of op praktijkschaal uitgevoerd. In een groot aantal van deze praktijkproeven wordt door de STORA financieel geparticipeerd.

Het voorliggende rapport beschrijft de introductie van biologische defosfatering op de rwzi Bennekom. Reeds in 1989 besloot het Zuiveringsschap Veluwe om deze installatie zodanig aan te passen, dat biologische defosfatering in de hoofdstroom mogelijk werd. In opdracht van het Zuiveringsschap Veluwe heeft de vakgroep Milieutechnologie van de Landbouwniversiteit Wageningen de installatie gedurende een half jaar intensief begeleid. Tevens worden de resultaten van twee jaar praktijkervaring vermeld.

Het begeleidend onderzoek tijdens de opstartfase werd uitgevoerd door de vakgroep Milieutechnologie onder verantwoording van ir. P.M.J. Janssen en begeleid door een werkgroep bestaande uit E. van 't Oever (voorzitter), J.H. Verhoek, E. van de Mey en H.A. Westhoff (Zuiveringsschap Veluwe) en J.H. Rensink en H.J. Donker (LU, vakgroep Milieutechnologie).

Utrecht, oktober 1992

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

SAMENVATTING

In 1989 is de rwzi Bennekom (oxydatiesloot, capaciteit 22.000 i.e. (à 136 g T.Z.V.), hydraulisch uitgebreid met een nabezinktank. Tevens is daarbij een deel van de beluchtingsruimte omgebouwd tot anaërobe ruimte. Hierdoor zijn goede randvoorwaarden gecreëerd voor biologische defosfatering in de hoofdstroom. Het spuislib wordt zonder verdere indikking afgevoerd naar de r.w.z.i. Ede.

Gedurende de opstartfase (1^e helft van 1990) is de installatie intensief begeleid en geoptimaliseerd, in samenwerking met de vakgroep Milieutechnologie van de Landbouwniversiteit te Wageningen.

Het doel van het onderzoek is om via een uitgebreid meetprogramma de biologische stikstof- en fosfaatverwijdering van de rwzi Bennekom te bestuderen en te optimaliseren.

Naast etmaalbemonsteringen van in- en effluent, zijn profielmetingen en fosfaatafgifte-experimenten uitgevoerd tijdens de opstartfase. Tevens worden de resultaten weergegeven van twee jaar praktijkervaring met biologische defosfatering te rwzi Bennekom.

Uit de resultaten blijkt dat vergaande biologische stikstof- en fosfaatverwijdering mogelijk is in een oxydatiesloot, die gevoed wordt met normaal huishoudelijk afvalwater.

Er wordt een totaal-N- en totaal-P-rendement bereikt van respectievelijk 82 en 88 %. De gemiddelde totaal-N- en totaal-P-concentraties in het effluent bedragen respectievelijk 9,5 mg N/l en 0,98 mg P/l.

In de nabezinktank blijkt geen fosfaatafgifte op te treden bij een normaal bedrijf van de retourslibpompen (recirculatieverhouding > 0,8). Bij toepassing van spuislibindikking (slibverblijftijd 2 dagen) ontstaat wel een aanzienlijke teruglevering van fosfaat, waardoor het fosfaatgehalte in het effluent stijgt tot ongeveer 3 mg/l.

De processtabiliteit van de biologische fosfaatverwijdering van de rwzi Bennekom is lager dan bij vergaande chemische fosfaatverwijdering, zoals toegepast bij de rwzi's Elburg en Harderwijk.

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

De rwzi Bennekom is in 1970 gebouwd als een zeer laagbelaste actief-slibinstallatie met een ontwerpcapaciteit van 22.000 i.e. (à 136 g TZV). De rwzi is oorspronkelijk uitgevoerd als oxydatiesloot met borstelbeluchting en discontinue nabezinking van het effluent in twee afsluitbare gedeelten van de beluchtingsruimte.

Wegens de gestegen hydraulische belasting van de installatie is in 1989 besloten de zuivering uit te breiden met een nabezinktank en een slibretourgemaal.

Bij deze ombouw deed zich de mogelijkheid voor om de installatie zodanig te wijzigen dat er betere procesomstandigheden ontstonden voor biologische defosfatering in de hoofdstroom. De ombouw heeft eind 1989 plaatsgevonden. De aangepaste installatie is in december 1989 weer in bedrijf genomen.

Het investeringsbedrag ten behoeve van de aanpassingen voor biologische defosfatering bedroeg f 166.500,-.

Het eerste half jaar na de ombouw heeft het Zuiveringsschap Veluwe samen met de vakgroep Milieutechnologie van de Landbouwuniversiteit Wageningen een onderzoeksprogramma uitgevoerd om de opstartfase van de biologische defosfatering te begeleiden en de procesvoering te optimaliseren.

In dit rapport worden de resultaten van dit onderzoek weergegeven. Tevens worden de resultaten vermeld, die behaald werden gedurende de eerste twee bedrijfsjaren.

1.2 Doel en opzet van het onderzoek

Het onderzoek had tot doel via een uitgebreid meetprogramma de biologische fosfaat- en stikstofverwijdering van de rwzi Bennekom te bestuderen en zo mogelijk te optimaliseren. De uitvoering van het onderzoek omvatte onder andere de volgende aspecten:

- etmaalbemonsteringen van in- en effluent,
- profielmetingen over de installatie,
- fosfaatafgifte-experimenten.

2 RWZI BENNEKOM

2.1 Situatie voor ombouw

Een plattegrond van de oude situatie is weergegeven in bijlage 1. De ontwerpgrondslagen staan vermeld in bijlage 2.

2.2 Situatie na ombouw

In bijlage 3 is een plattegrond van de nieuwe situatie weergegeven en in bijlage 4 staan de ontwerpgrondslagen vermeld. In figuur 1 is een processchema weergegeven van de rwzi na de ombouw.

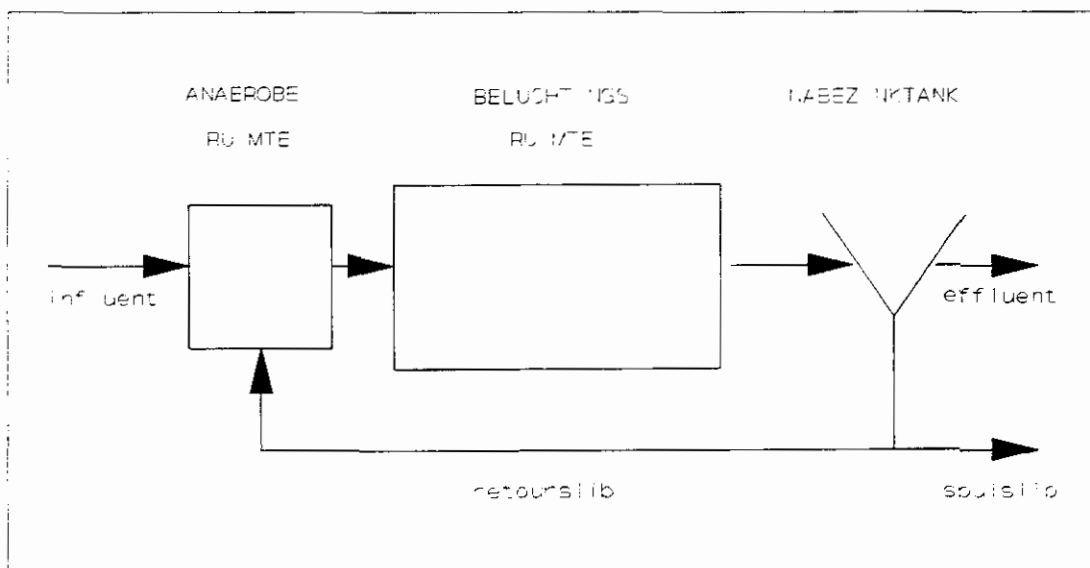


Fig. 1 Processchema rwzi Bennekom (na ombouw)

2.3 Aanpassingen

Naast de hydraulische uitbreiding van de zuivering met een nabezinktank, zijn ten behoeve van de introductie van biologische fosfaatverwijdering de volgende aanpassingen aan de installatie verricht:

- De circulatiestroom van de beluchtingsruimte is zodanig verlegd, dat deze niet meer in het eerste been terechtkomt maar in het derde. In het eerste been is de beluchtingsrotor verwijderd en verplaatst naar de aërobe zone. In de zo ontstane anaërobe ruimte zijn twee mixers geplaatst.
- De niet meer voor bezinking in gebruik zijnde bezinkbenen hebben de functie van een anoxische zone gekregen.
- Ter voorkoming van een fosfaatretourstroom vanuit de slibindikker, is de indikker uit bedrijf genomen, en wordt het spuislib direct verpompt via een reeds bestaande slibpersleiding naar het rioleringsstelsel van de r.w.z.i. Ede.

Beschrijving van de procesonderdelenInfluentgemaal

Het influentgemaal bestaat uit vijzels van 100, 200 en 300 m³/h. De sturing van de vijzels vindt plaats met behulp van een niveaumeter in de aanvoerkelder waarbij de volgende stappen mogelijk zijn: 0, 100, 200, 300 en 600 m³/h. Daarnaast wordt continu 25 m³/h onttrokken door de nabijgelegen proefhal van de vakgroep Milieutechnologie van de Landbouwuniversiteit. Deze hoeveelheid wordt achter de vijzels weer ingebracht.

Bij DWA draait in de praktijk meestal de vijzel van 100 m³/h.

Overdag is gedurende enkele uren de vijzel van 200 m³/h in bedrijf.

's Nachts schakelt de vijzel enkele uren uit, waarbij alleen de pomp van de proefhal nog in bedrijf is. Alleen bij RWA komen de standen 300 en 600 m³/h voor. Vóór de influentvijzels is nog een regenwaterbassin aanwezig ter grootte van 7500 m³, dat dienst doet als berging bij hevige regenval.

Harkrooster

Het harkrooster verwijdert grovere delen uit het afvalwater, waarna deze via een roostergoedpers afgevoerd worden naar een container.

Anaërobe ruimte

De inhoud van de anaërobe ruimte bedraagt 850 m³, waarin een kleine contactzone (inhoud 18 m³) is aangebracht. De waterverblijftijden bij de verschillende debieten zijn in tabel 1 weergegeven.

De slibverblijftijd in de anaërobe ruimte kan eventueel verlengd worden door de beide mixers discontinu in bedrijf te stellen met behulp van een tijdsklok.

De overstort van de anaërobe ruimte naar de aërobe ruimte bestaat uit een gat in de tussenwand over een breedte van 3 meter en met een diepte van 0,4 meter. Er is een schot geplaatst om eventuele terugstroming van zuurstofrijk slib-watermengsel naar de anaërobe ruimte te voorkomen.

Tabel 1 Waterverblijftijden in de rwzi Bennekom

	influent- gemaal	L.U.- proefhal	retour- slib	totaal	waterverblijftijd	
	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	(m ³ /h)	anaërobe ruimte (uur)	kontakt- ruimte (min)
's nachts DWA	0	25	80	105	8	10
overdag DWA	100	25	80	205	4	5
overdag DWA	200	25	140	3665	2,2	3
RWA	300	25	220	545	1,5	2
RWA	600	25	380	1000	0,8	1

Beluchtingsruimte

De beluchting vindt plaats door middel van zes kooiroteren waarvan er twee gestuurd worden door de zuurstofmeter. Er vindt simultane denitrificatie plaats in de beluchtingsruimte. Aanvankelijk werd hierbij nog gebruik gemaakt van de mogelijkheid om de oorspronkelijke bezinkarmen met een tijdsklok wisselend te openen en te sluiten, ter bevordering van de denitrificatie (1 uur open, 1 uur dicht).

Direct na de laatste beluchter stort het slib-watmengsel over naar de nabezinktank. Een elektrisch gestuurde overlaatklep zorgt ervoor dat het waterniveau in de beluchtingsruimte constant blijft bij wisselende debieten, zodat de beluchters steeds dezelfde (optimale) dompediepte houden.

Nabezinktank

Het slib-watmengsel wordt gescheiden in de nabezinktank. Bij het ontwerp van de nabezinktank is rekening gehouden met een toekomstige uitbreiding van de hydraulische capaciteit naar 850 m³/h. Omdat de maximale hydraulische capaciteit van het influentgemaal nu 600 m³/h bedraagt, is de oppervlaktebelasting van de nabezinktank nu laag. Het effluent stroomt via een effluentleiding en een debietmeter naar een naastliggende sloot.

Slibretourgemaal

De capaciteit van de twee retourslibpompen is 380 m³/h per stuk. De pompen zijn voorzien van een frequentieregeling, waarbij de capaciteit van de pompen wordt gestuurd door het signaal van de effluent-debietmeter.

Spuislib

Het spuislib wordt onttrokken aan de slibretourleiding en rechtstreeks verpompt naar het rioolstelsel van de rwzi Ede. De capaciteit van de pomp bedraagt 12 m³/h. Het drogestofgehalte van het spuislib bedraagt 6 à 7 g/l. De aanwezige gravitatie-indikker is buiten gebruik gesteld.

2.5

Afvalwaterkarakteristieken

In tabel 2 wordt de samenstelling van het (ruwe) afvalwater (gewogen gemiddelden) weergegeven over 1989 en 1990. Voor het verloop van het fosfaatgehalte in het afvalwater van rwzi Bennekom in de afgelopen jaren wordt verwezen naar H₂O (23) 1990, (lit.1).

Tabel 2 Gemiddelde samenstelling van het afvalwater van Bennekom

	1989	1990**
CZV * (mg/l)	594	712
BZV ₅ (mg/l)	209	213
Kj-N (mg/l)	54	53
t-P (mg/l)	9,6	9,3
CZV : BZV ₅	2,8	3,3
CZV : Kj-N	100:9,1	100:7,4
CZV : t-P	100:1,6	100:1,3
Ca (mg/l)	10-15	
Mg (mg/l)	4- 7	
K (mg/l)	25-30	
Na (mg/l)	90-95	

* 5 à 10% van de CZV is aanwezig in de vorm van lagere vetzuren, voornamelijk acetaat;

** 1 jan. t/m 19 juli 1990.

3 BEMONSTERING EN ANALYSES

3.1 Bemonstering

Naast het routinematige bemonsteringsprogramma van het Zuiverings-schap Veluwe is tijdens de opstartfase (januari-juni 1990) een uitgebreid bemonsteringsprogramma uitgevoerd door de vakgroep Milieutechnologie van de Landbouwuniversiteit. Hieronder wordt het door de vakgroep Milieutechnologie uitgevoerde bemonsterings- en analyse-programma weergegeven.

Etmaalbemonstering

Tweemaal per week, op dinsdag en donderdag zijn aan volume-proportioneel genomen etmaalmonsters van het influent en effluent de volgende analyses verricht: CZV, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ en totaal-P. Bij de weergave van weekgemiddelden alsmede bij de berekeningen van de rendementen is uitgegaan van gewogen gemiddelden.

Profielmetingen

Met een profielmeting kan een duidelijk beeld verkregen worden van de werking van de installatie op een bepaald moment. Eenmaal per week zijn steekmonsters genomen op een negental plaatsen in de installatie, namelijk influent (I), contacttank (c1 en c2) anaërobe ruimte (An1, An2 en An3), beluchtingsruimte (Ae1 en Ae2) en effluent (E). Op de plattegrond in bijlage 3 is de situering van de monsterplaatsen weergegeven. Bij deze profielmetingen werden de volgende analyses uitgevoerd: CZV opgelost, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ en ortho-P (influent: totaal-P).

Fosfaatafgifte-experimenten

Via een fosfaatafgifte-experiment kan een beeld verkregen worden van de biologische defosfateringscapaciteit van het slib.

Door het afgifte-experiment uit te voeren met een gedefinieerd afvalwater (in dit geval een acetaatoplossing, 500 mg CZV/l) kan een beeld van de biologische defosfateringscapaciteit in de tijd verkregen worden. Een afgifte-experiment met Bennekoms afvalwater geeft een beeld van de actuele situatie.

Beide bepalingen werden wekelijks uitgevoerd. In bijlage 5 is de procedure weergegeven voor het bepalen van de fosfaat-afgiftesnelheid van het actiefslib.

Slibkarakteristieken

Van het actiefslib zijn de SVI en het microscopisch beeld in de tijd gevolgd.

3.2 Analyse

Droge stof, SVI, CZV en totaal-fosfaat zijn volgens de NEN-normen bepaald. Ortho-fosfaat, ammonium-stikstof, nitraat- en nitriet-stikstof zijn bepaald met een SKALAR analytical 40 autoanalyzer.

In dit hoofdstuk worden de resultaten weergegeven op basis van het door de vakgroep Milieutechnologie uitgevoerde bemonsteringsprogramma gedurende de opstartperiode (januari-juni 1990).

In hoofdstuk 5 worden de praktijkresultaten over een langere periode weergegeven op basis van het door het Zuiveringsschap Veluwe uitgevoerde bemonsteringsprogramma.

4.1 Bedrijfsvoering

Na de in bedrijfname van de verbouwde installatie en binnen de onderzoeksperiode (kalenderweken 6 t/m 25 van het jaar 1990) zijn een aantal wijzigingen in de procesvoering doorgevoerd. De belangrijkste, met name die gevolgen hebben voor de nutriëntenverwijdering, zijn hierna vermeld (zie ook tabel 3):

- De mixers in de anaërobe ruimte waren in de beginperiode continu in bedrijf. Aan het einde van de onderzoeksperiode (vanaf week 22) is overgegaan op intermitterende menging ter bevordering van de fosfaatafgifte in de anaërobe ruimte.
- De beide denitrificatiebenen in de beluchtingsruimte werden in de beginperiode wisselend geopend en gesloten, ter bevordering van de denitrificatie. Omdat getwijfeld werd aan het nut van deze maatregel zijn de benen continu open gehouden vanaf week 23.
- De retourslibpomp leverde tot week 12 een te laag debiet, nl. 30 m³/uur in plaats van 80 m³/uur. Hierdoor trad fosfaat-afgifte op in de nabezinktank (zie ook 4.8). Tevens leidde dit tot slibbezinking en drijfslagvorming in de contactzone, met als gevolg een verkorte contacttijd. Na verhoging van het retourslibdebiet in week 12 verdwenen deze problemen grotendeels.

Tabel 3 Procesvoering rwzi Bennekom

		weeknummer
mixers	continu	6 t/m 21
	intermitterend *	22 t/m 25
denitrificatiebenen	intermitterend **	6 t/m 22
	open	23 t/m 25
retourslibdebiet	te laag ***	6 t/m 12
	normaal	13 t/m 25
geleideschot	afwezig	6 t/m 18
	aanwezig	19 t/m 25

* intermitterend betekent: 1 uur uit, 1 uur aan

** intermitterend betekent: 1 uur dicht, 1 uur open

*** te laag is 30 m³/h, normaal is 80 m³/h bij dwa

- Uit de meetresultaten bleek dat er een terugstroming optrad van de aërobe ruimte naar de anaërobe ruimte, met als gevolg een storing van de fosfaatafgifte (zie ook 4.5, 4.7). Door

het plaatsen van een geleideschot in week 18 kon terugstroming worden voorkomen.

4.2 Dagvolume en temperatuur

De gemiddelde dagvolumina op de monsterdagen zijn in figuur 2 weergegeven. Tijdens het onderzoek is er sprake geweest van overwegend dwa-omstandigheden. Alleen in week 7 en 9 was er sprake van rwa-omstandigheden (zie ook 4.4, 4.5 en 4.7). Het temperatuurverloop van het actiefslib tijdens de onderzoeksperiode is in figuur 3 weergegeven. Opvallend is de temperatuurdaling bij regenweeraanvoer.

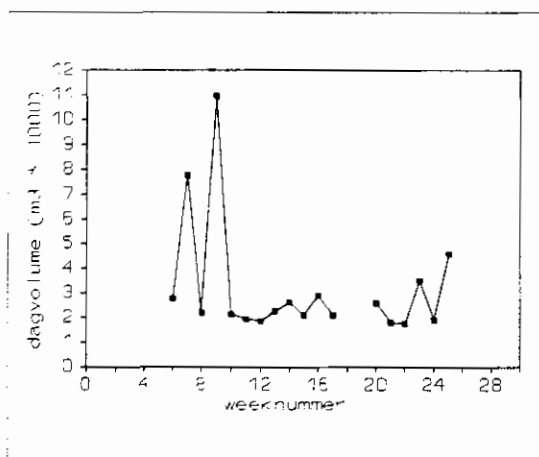


Fig. 2 Verloop van het dagvolume

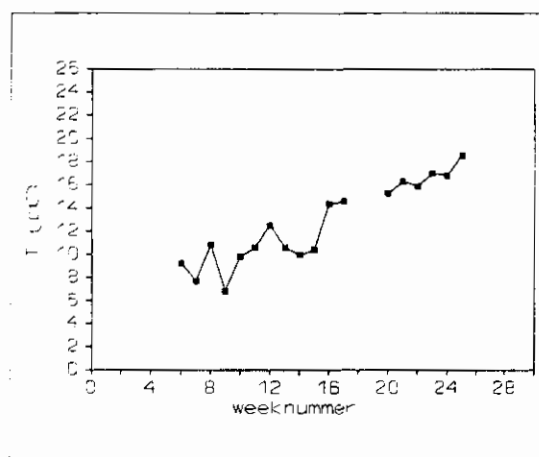


Fig. 3 Verloop van de temperatuur

4.3 Slibkarakteristieken

Het verloop van de SVI tijdens de onderzoeksperiode is weergegeven in figuur 4. Na week 10 is er een duidelijke stijging van de SVI waarneembaar. Ook uit mikroskopisch onderzoek bleek dat er omstreeks week 10 een excessieve groei van draadvormige organismen optrad. Uit de verschillende CZV-profielen (zie onder andere figuur 6) valt niet duidelijk op te maken of de werking van de contactzone voldoende is. Hierbij dient vermeld worden dat de contacttijd van enkele minuten in deze tank zeer kort is en dat derhalve niet van een normaal gedimensioneerde contacttank (waarbij de contacttijd 15-20 minuten bedraagt) gesproken kan worden. Daarom wordt steeds de term contactzone gebruikt. Na week 24 is de SVI weer gedaald tot een vrij stabiele waarde van ca. 120 ml/g.

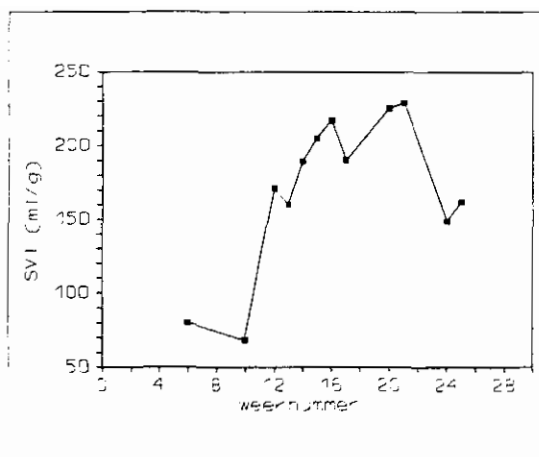


Fig. 4 Verloop van de slibvolume-index

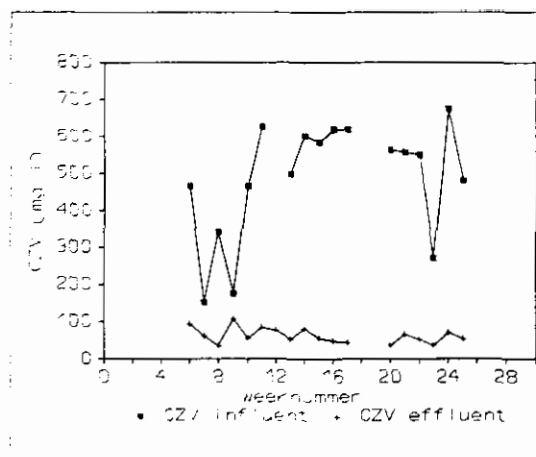


Fig. 5 Verloop van de CZV

4.4 CZV-verwijdering en slibbelasting

Het CZV-verloop in het influent en effluent gedurende de onderzoeksperiode is weergegeven in figuur 5. In figuur 6 is een karakteristiek CZV-profiel onder dwa-omstandigheden weergegeven, in figuur 7 onder rwa-omstandigheden.

Het gemiddelde drogestofgehalte tijdens het onderzoek was 3,5 g/l. De gemiddelde slibbelasting bedroeg 0,13 kg CZV/kg d.s.d, betrokken op de anaërobe, anoxische en aërobe ruimte. Wanneer de slibbelasting wordt betrokken op de aërobe en anoxische ruimte wordt deze 0,15 kg CZV/kg d.s.d.

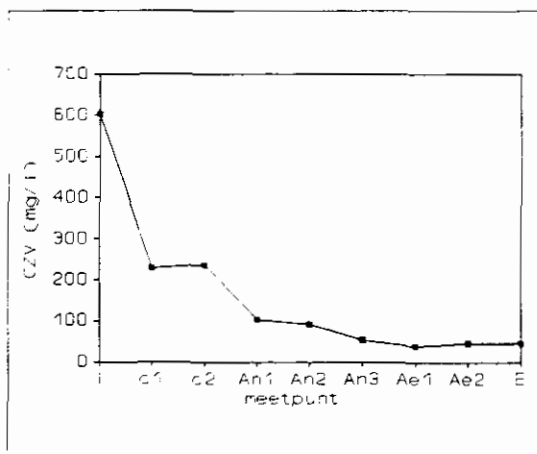


Fig. 6 CZV-profiel bij DWA (week 13)

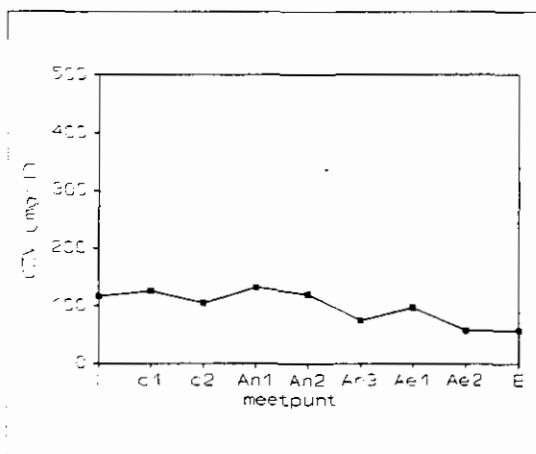


Fig. 7 CZV-profiel bij DWA (week 9)

Nitrificatie en N-totaalverwijdering

Het verloop van de influent- en effluentconcentraties voor ammonium en nitraat plus nitriet staat weergegeven in figuur 8. Uit de effluentgehalten blijkt dat de nitrificatie volledig blijft. De lage nitraat- en nitrietgehalten tonen aan dat de uitbreiding van de installatie ook tot een vrijwel volledige denitrificatie in de anaërobe en anoxische zones heeft geleid.

In figuur 9 is een karakteristiek ammoniumprofiel onder dwa-omstandigheden gegeven (geleideschot aanwezig) en in figuur 10 onder rwa-omstandigheden.

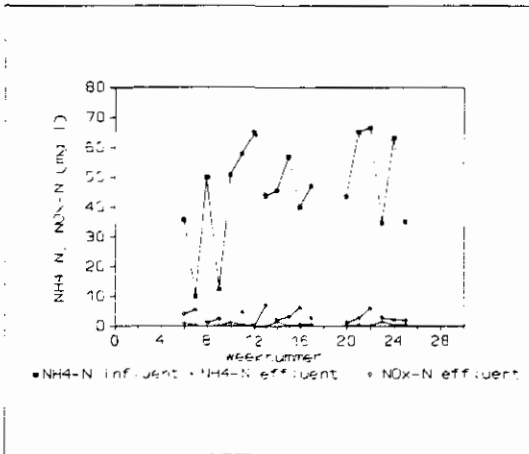


Fig. 8 Verloop van NH₄-N en NO_x-N

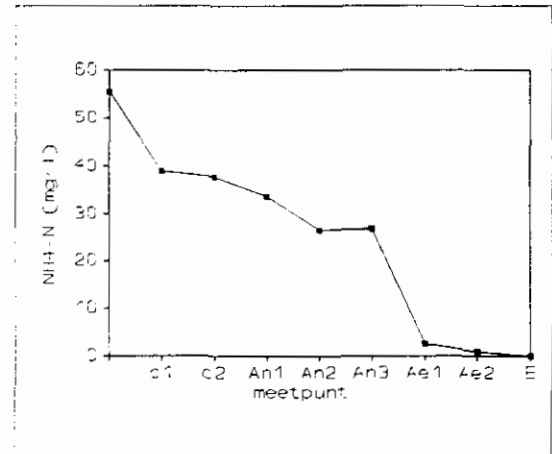


Fig. 9 NH₄-N-profiel bij DWA (week 20)

In de figuren 11 en 12 zijn twee nitraatprofielen onder dwa-omstandigheden gegeven van respectievelijk vóór en ná het aanbrengen van het geleideschot tussen de aërobe en anaërobe ruimte. Bij afwezigheid van het schot kon nitraat op de monsterpunten An2 en An3 aangetroffen worden. Dit duidde op terugstroming. Na plaatsing van het schot was dit niet meer het geval. In figuur 13 is een ammonium- en nitraatprofiel onder rwa-omstandigheden weergegeven.

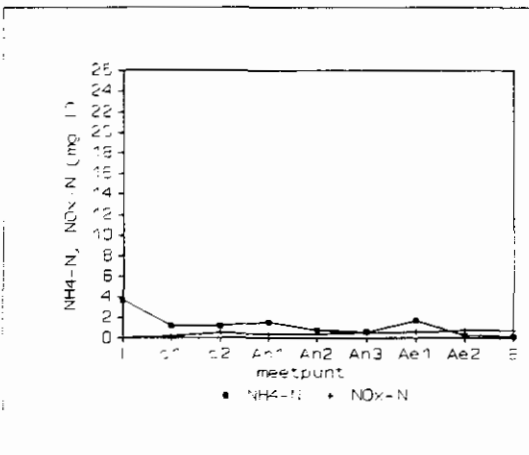


Fig. 10 NH₄-N- en NO_x-N-profiel bij RWA (week 9)

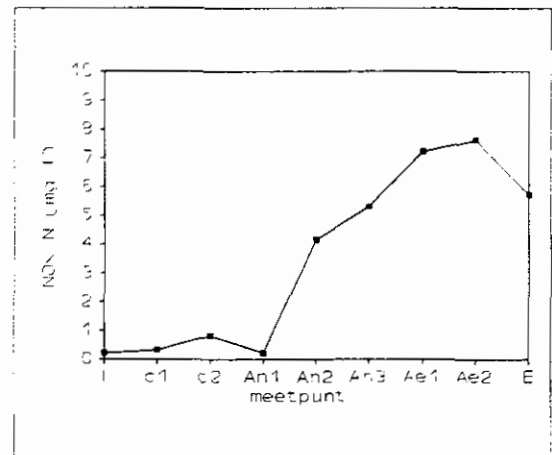


Fig. 11 NO_x-N-profiel (week 13)

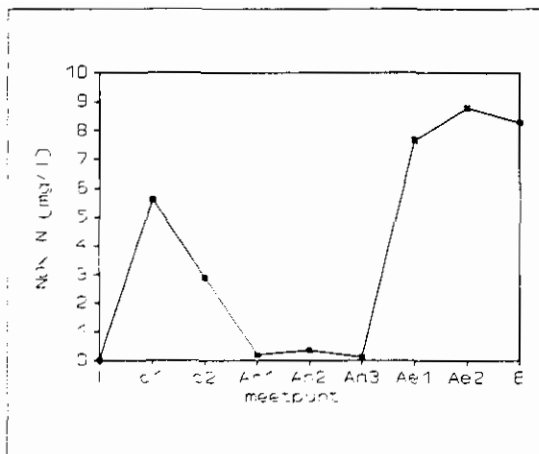


Fig. 12 NO_x-N-profiel (week 22)

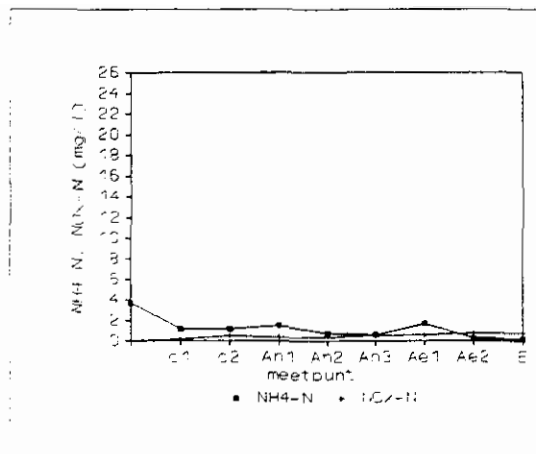


Fig. 13 NH₄-N- en NO_x-N-profiel bij RWA (week 9)

4.6 Denitrificatie in de anoxische zone

De oude bezinkbenen zijn tot week 23 als intermitterende denitrificatieruimten bedreven. Als de benen gesloten zijn, bezinkt het slib. In zowel de sliblaag als de waterlaag zijn monsters genomen in de tijd. Het resultaat van één van de metingen is weergegeven in de figuren 14 en 15. Hieruit blijkt dat ondanks de kleine concentratieverschillen er denitrificatie optreedt in de sliblaag en er een concentratiegradiënt aanwezig is.

Verder kan er een duidelijke fosfaatopname geconstateerd worden in de sliblaag. Hieruit blijkt dat bepaalde bacterien in staat zijn om ook onder anoxische omstandigheden fosfaat op te nemen (lit. 5). In de waterfase verandert er vrijwel niets.

Vanaf week 23 is het intermitterend bedrijven van de denitrificatiebenen gestopt en zijn de benen continu open. In week 23 t/m 25 is geen verhoging van het nitraatgehalte in het effluent geconstateerd. Blijkbaar wordt er door het afsluiten van de benen géén extra denitrificatie verkregen in vergelijking met het openhouden van deze benen. Vanaf week 23 is er daarom geen gebruik meer gemaakt van de mogelijkheid tot afsluiting van de voormalige bezinkgedeeltes in de beluchtingstank.

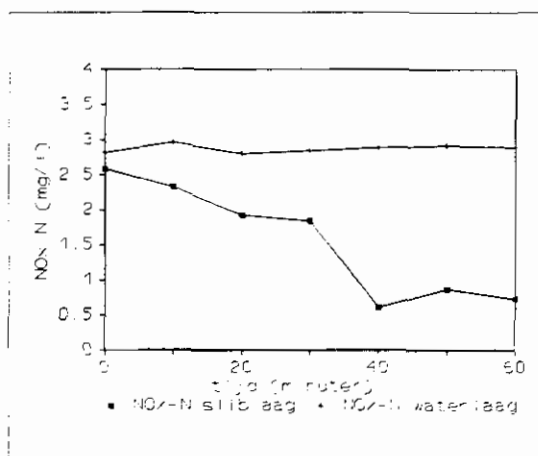


Fig. 14 Verloop van nitraat in anoxische zone

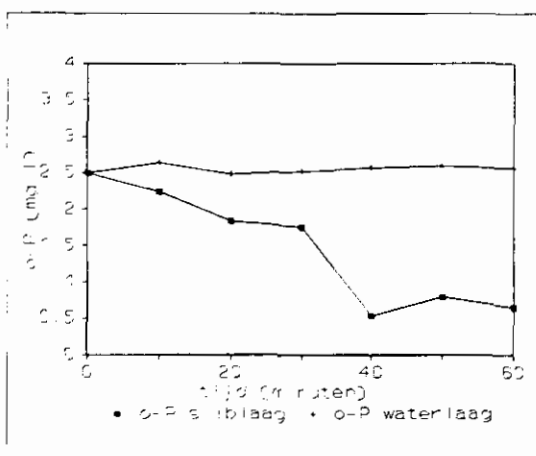


Fig. 15 Verloop van ortho-fosfaat in anoxische zone

FosfaatverwijderingVerwijderingsresultaten

De gemiddelde influent- en effluentconcentraties op de monsterdagen voor totaal-fosfaat staan weergegeven in figuur 16. Tijdens de onderzoekperiode heeft het P-gehalte in het effluent, behalve in de weken 8, 11 en 12, beneden 2 mg P/l gelegen. Het hogere P-gehalte in week 8 is te verklaren uit het te lage retourslibdebiet, waardoor fosfaatafgifte in de nabezinktank optrad (zie ook 4.8).

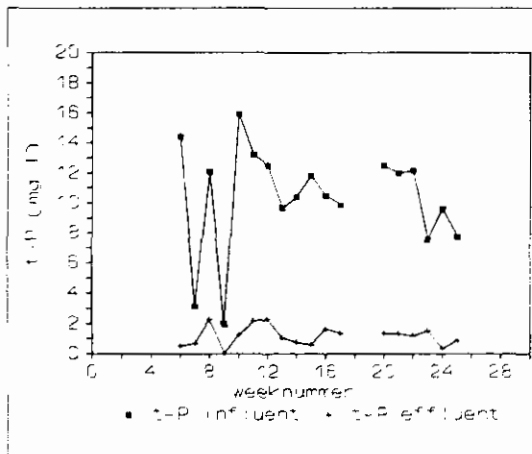


Fig. 16 Verloop van totaal fosfaat

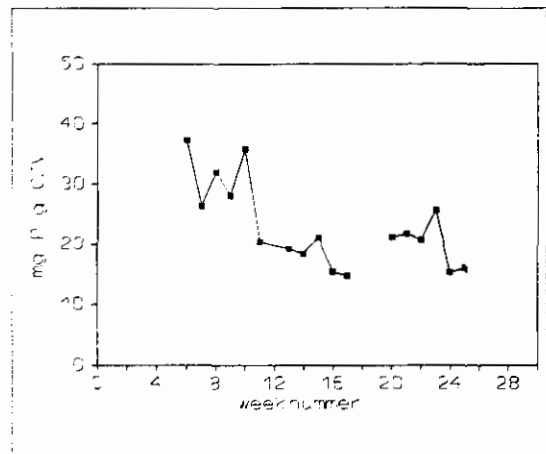


Fig. 17 Verloop van de factor $\Delta P/\Delta CZV$

Figuur 17 geeft de verwijderde hoeveelheid fosfaat per verwijderde hoeveelheid CZV weer. In feite geeft de P/CZV-verhouding (uitgedrukt in mg P/g CZV) de biologische defosfateringscapaciteit aan. Deze parameter maakt het mogelijk de defosfateringscapaciteit van een bepaald slib in de tijd te volgen en te vergelijken met de capaciteit van andere slibsoorten.

Een probleem bij de interpretatie van deze parameter treedt op bij fluctuatie van de verhouding opgelost fosfaat en gebonden fosfaat, bijvoorbeeld bij een regenperiode. Het gebonden fosfaat zal meer door adsorptie uit de waterfase verdwijnen dan door biologische opname. Tevens komt een mogelijke limitatie van fosfaat niet tot uitdrukking in de P/CZV-verhouding.

Het plaatsen van het geleideschot heeft geen duidelijke invloed op het P-gehalte in het effluent. Sinds het intermitterend bedienen van de mixers in de anaërobe ruimte is een lichte verlaging van het effluentgehalte zichtbaar. Deze procesvoering wordt daarom voortgezet.

Profielen

Eenmaal per week zijn steekmonsters genomen op negen plaatsen in de installatie. In bijlage 3 is de situering van de monsterplaatsen weergegeven op de plattegrond. Hierbij zijn de volgende afkortingen zijn gebruikt:

influent	I
contactzone	C1, C2
anaërobe ruimte	An1, An2, An3
aëratieruimte	Ae1, Ae2
effluent	E

In de figuren 18 t/m 22 staan enkele fosfaatprofielen weergegeven die gemeten zijn in de loop van het onderzoek. Tevens geeft figuur 23 een profiel onder rwa-omstandigheden. In alle profielen is een fosfaat-afgifte en fosfaat-opname te herkennen, met name in de laatste 2 maanden van het onderzoek (fig. 21 en 22). De hoogte van de fosfaat-afgifte en daarmee fosfaat-opname zal bij een profielmeting afhangen van het tijdstip op de dag waarop het profiel gemeten wordt en van de samenstelling van het dan binnengekomen afvalwater. In het rwa-profiel zijn alle concentraties sterk verdund, waardoor er nog slechts een geringe fosfaat-afgifte waarneembaar is.

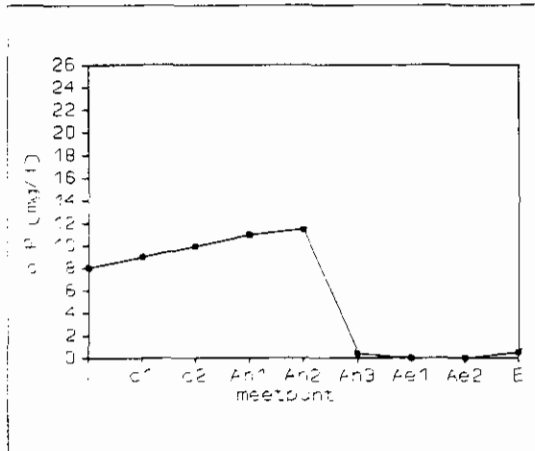


Fig. 18 Fosfaat-profiel (week 8)

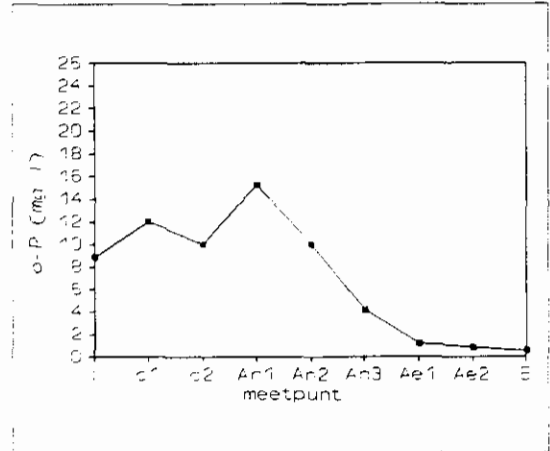


Fig. 19 Fosfaat-profiel week 13)

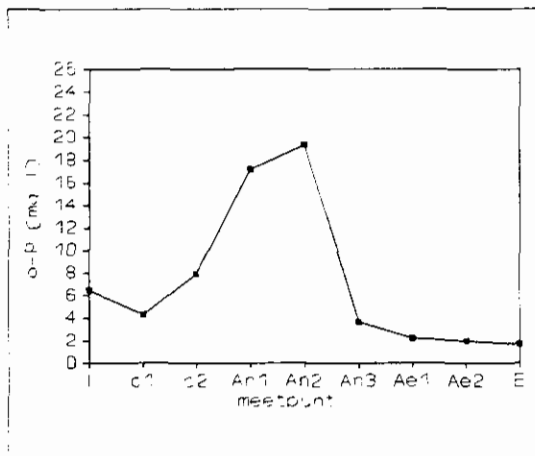


Fig. 20 Fosfaat-profiel (week 16)

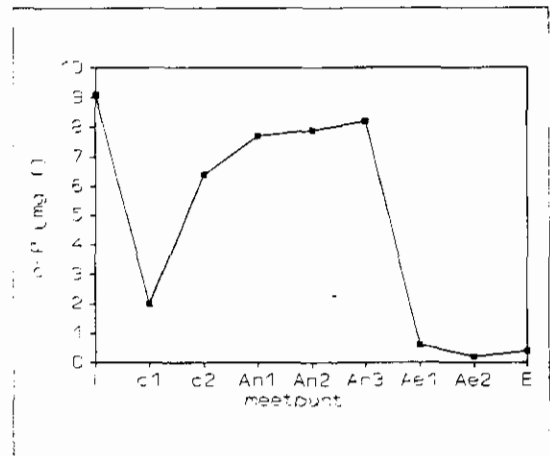


Fig. 21 Fosfaat-profiel (week 21)

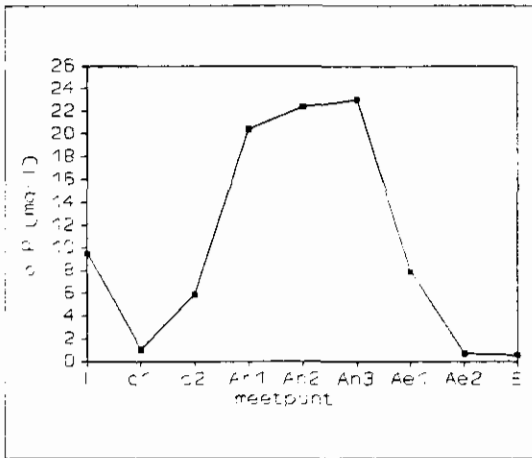


Fig. 22 Fosfaat-profiel (week 25)

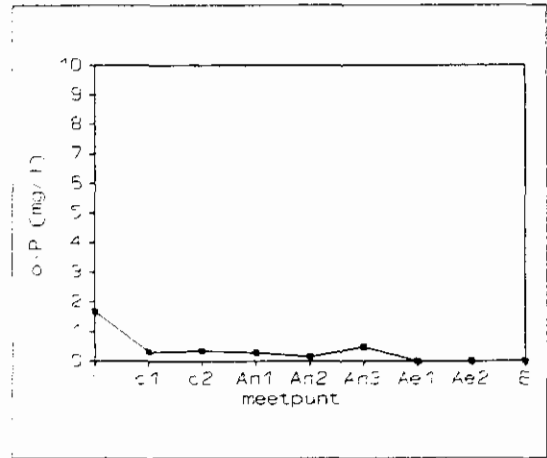


Fig. 23 Fosfaatprofiel bij RWA (week 9)

Fosfaatafgifte-experimenten

In figuur 24 is de fosfaatafgifte van het slib in de tijd weergegeven, waarbij als afvalwater een standaard acetaatoplossing is gebruikt. Hieruit blijkt dat in de loop van het onderzoek de biologische defosfateringscapaciteit van het slib is toegenomen. Deze resultaten komen overeen met de fosfaatprofielen weergegeven in de figuren 18 t/m 22.

In de figuren 25 en 26 staan de eindwaarden van de fosfaatafgifte (na 3 uur anaëroob) weergegeven van verschillende fosfaatafgifte-experimenten. De experimenten zijn uitgevoerd met vers afvalwater van Bennekom (fig. 25) en met een acetaatoplossing (fig. 26). Met name figuur 25 laat een "springerig" verloop zien. Dit is waarschijnlijk te wijten aan de wisselende samenstelling van de afvalwatermonsters. Uit figuur 26 blijkt dat bij toevoeging van een overmaat aan acetaat de P-afgiftesnelheid een minder variërend beeld laat zien. De biologische defosfateringscapaciteit in de tijd neemt toe. Op twee tijdstippen is er sprake van een duidelijke vermindering van de capaciteit. Deze vermindering is overigens niet terug te vinden in de P-gehalten in het effluent (week 13 en 15).

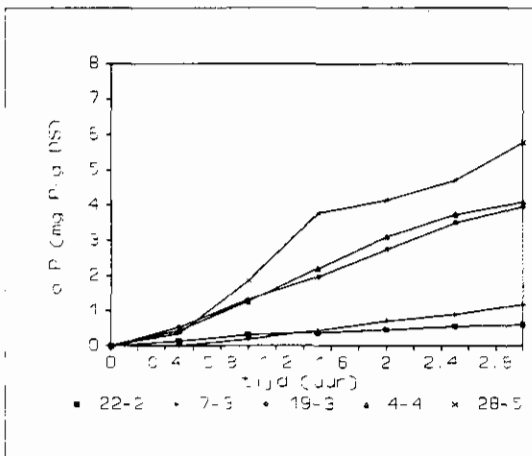


Fig. 24 Fosfaatafgifte met acetaat

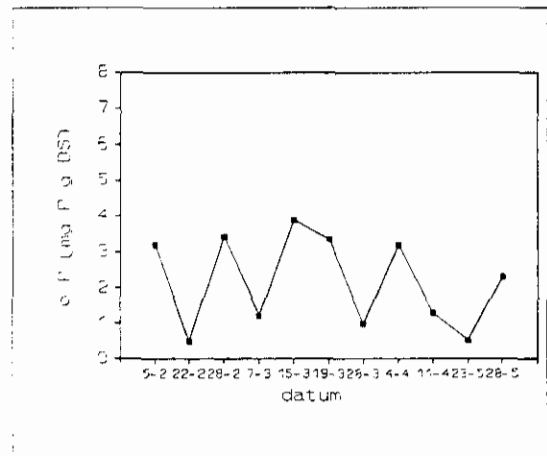


Fig. 25 Fosfaatafgifte met influent Bennekom (na 3 uur)

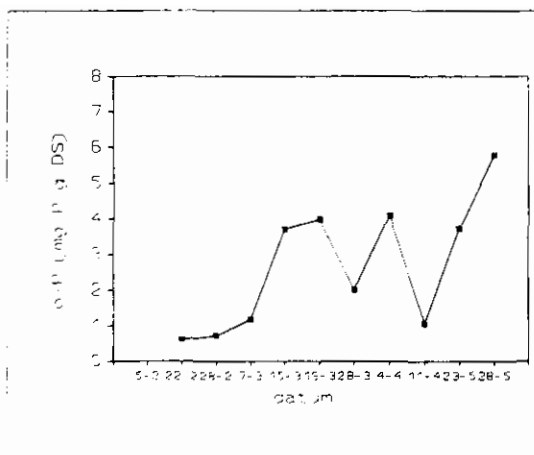


Fig. 26 Fosfaatafgifte met acetat (na 3 uur)

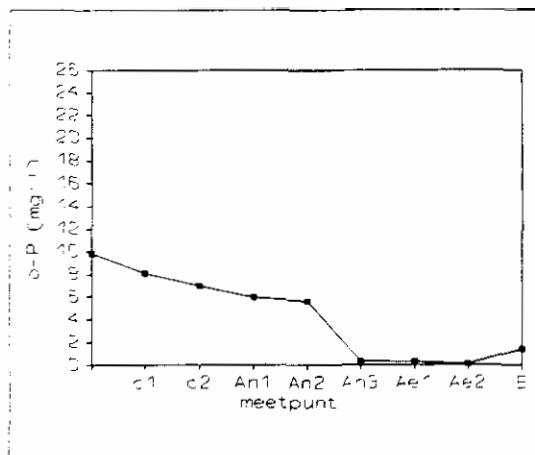


Fig. 27 Fosfaat-profiel (week 10)

Fosfaatbalans

Hieronder is de fosfaatbalans van week 20 t/m 25 weergegeven. In deze periode heeft de installatie storingsvrij gedraaid.

Influent	25,8 kg P/d
Effluent	3,0 kg P/d
	22,8 kg P/d verwijderd

Bij een gemiddelde spuislibproductie van 5500 kg d.s./week betekent dit een P-gehalte in het slib van 2,9 % van de droge stof. Deze waarde komt goed overeen met de analyse, verricht door het laboratorium van het Zuiveringsschap Veluwe, waarbij 2,8 % P in het slib werd gemeten.

4.8 Fosfaatafgifte in de nabezinktank en de indikker

Bij een te laag retourslibdebiet ontstaat een langere (anaërobe) verblijftijd van het slib in de nabezinktank. Hierdoor kan het biologisch opgeslagen fosfaat weer gedeeltelijk vrijkomen. In de figuren 18 en 27 (week 8 en 10) is een stijging van het fosfaatgehalte in het effluent te zien ten opzichte van de afloop van de beluchtingstank. Het fosfaatverwijderingsrendement wordt daarmee negatief beïnvloed. Na verhoging van het retourslibdebiet tot een recirculatieverhouding Q_r/Q van 0,8 (vanaf week 13) treedt deze afgifte niet meer op.

Bij ingebruikname van de gravitatie-indikker ondergaat het retourslib een relatief lange anaërobe periode. Het fosfaat kan weer vrijkomen en met het overloopwater teruggevoerd worden. Dit kan een negatieve invloed hebben op het fosfaatverwijderingsrendement.

In batch-experimenten is onderzocht in welke mate het fosfaat bij het slib van rwzi Bennekom afgegeven wordt. De experimenten zijn uitgevoerd met het slib uit de overstort van de beluchtingsruimte (AT-slib) en met retourslib. In zowel een ongeroerd als een langzaam geroerd batchvat (daarmee een nabezinkruimte en een indikker simule-

rend) is de fosfaatconcentratie in de bovenstaande vloeistof gevolgd. De resultaten staan vermeld in tabel 4.

Tabel 4 Fosfaatafgifte in mg/l.

NABEZINKING (AT-slib)				
tijd (uur)	geroerd		ongeroerd	
	waterlaag	sliblaag	waterlaag	sliblaag
0	0	0	0	0
0,5	0	-	0	-
1,5	0	-	0	-
2,5	0	6,8	0	8,3

INDIKKEN (retourslib)				
0	0	0	0	0
7	2	28	3	21
22	17	-	11	-
46	32	79	18	133

- niet bepaald

Uit tabel 4 blijkt dat bij het bezinkproces, zowel in de geroerde als de niet geroerde situatie, er na 2,5 uur geen fosfaat in de bovenstaande vloeistof aanwezig is. Het monster in de sliblaag toont aan dat er wel fosfaat vrijgekomen is, maar dat dit als gevolg van een concentratiegradiënt niet aantoonbaar is in het effluent. Bij de simulatie van het indikproces is na ca. 7 uur fosfaat aantoonbaar in de bovenstaande vloeistof (het terug te voeren overloopwater). Dit gehalte neemt toe naarmate het indikproces langer duurt. Ook hier is sprake van een concentratiegradiënt tussen water en sliblaag. Bij de geroerde situatie is deze gradiënt minder, met als gevolg een hogere concentratie aan fosfaat in de waterlaag.

Heeft het slib de maximale defosfateringscapaciteit bereikt, dan zal dit een verhoging van het fosfaateffluentgehalte en daarmee een verlaging van het verwijderingsrendement met zich meebrengen.

Uit deze oriënterende laboratoriumproeven blijkt dat bij toepassing van gravitatie-indikking rekening dient te worden gehouden met een aanzienlijke P-retourstroom via het overloopwater. In hoofdstuk 5.3 zal hier nader op worden ingegaan.

5 PRAKTIJKERVERVARING

5.1 Bedrijfsvoering

Vanaf ongeveer 18 weken na de opstart van de rwzi (vanaf mei 1990) is er sprake van een normale bedrijfsvoering, waarbij geen belangrijke wijzigingen meer aangebracht zijn in de procesvoering.

Vermeldenswaard is wel dat de schakelfrequentie van de mixers in de anaërobe tank in juli 1990 is verminderd tot een looptijd van 1 uur (menging) en 2 uur wachttijd (bezinking). Gedurende de wachttijd treedt bezinking van slib op in de anaërobe tank. Tijdens de mengperiode wordt het bezonken slib weer geheel in suspensie gebracht. Hierdoor wordt de slibverblijftijd in de anaërobe tank verlengd. Deze maatregel blijkt een positief effect te hebben op de P-verwijdering en is daarom gehandhaafd.

De resultaten en ervaringen gedurende 2 jaar (mei 1990 - april 1992) zullen in dit hoofdstuk besproken worden.

Hierbij wordt de periode van aug. t/m okt. 1991 apart behandeld, omdat in deze periode de na-indikker in bedrijf is geweest.

5.2 Resultaten

In tabel 5 zijn de gemiddelde resultaten vóór en ná de ombouw vermeld. De resultaten voor de ombouw zijn onderverdeeld in de periode 1984 t/m 1986 en 1987 t/m 1989. Van 1987 t/m 1989 werd incidenteel $AlCl_3$ gedoseerd ter verlaging van de soms hoge slibindex. Hierdoor trad tevens een verhoogde P-verwijdering op.

Bij gelijkblijvend CZV, BZV₅, en N-totaal-rendement is het P-totaal-rendement na de ombouw gestegen tot 88 %. De effluentconcentratie is gemiddeld minder dan 1 mg/l. Het biologisch verwijderen van fosfaat heeft geleid tot een significante verhoging van het P₂O₅-percentage van het slib (vergelijk periode 1984 t/m 1986 met periode 1990 t/m 1992).

Naast een verhoging van het P-gehalte is ook een significante verhoging van het kalium- (K_2O), calcium- (CaO) en magnesium- (MgO) gehalte in het spuislib geconstateerd. Juist deze ionen spelen een rol als (positief) tegenion van het (negatieve) fosfaation, bij de vastlegging van polyfosfaat in de cellen van fosfaat-accumulerende bacteriën.

De ombouw van de rwzi heeft geleid tot een significante afname van de gemiddelde slibvolume-index. Aangezien de influentsamenstelling niet of nauwelijks is gewijzigd, is dit hoogstwaarschijnlijk toe te schrijven aan de gewijzigde procesvoering, waarbij een hogere belading van de slibvlok plaatsvindt bij aanvang van de anaërobe zone.

Het jaargemiddelde energieverbruik per gemeten influent-i.e. (136 TZV) van de gehele installatie laat na de ombouw geen significante wijziging zien.

Tabel 5 Resultaten van de rwzi Bennekom(gewogen gemiddelde van alle waarnemingen)

		1984 t/m 1986	1987 t/m 1989	mei 1990 t/m april 1992*
anaerobe ruimte dosering AlCl ₃		nee nee	nee ja**	ja nee
etmaaldebiet	(m ³ /d)	2893	3482	3630
influent				
CZV	(mg/l)	554	536	539
BZV,	(mg/l)		182	183
NKj	(mg/l)	58,5	48,6	52,3
P-totaal	(mg/l)	14	10,7	8,1
CZV/P		40	50	67
effluent				
CZV	(mg/l)	40	32	32
BZV,	(mg/l)	4	3	3
NKj	(mg/l)	7,3	6,4	4,4
NO ₃ -N	(mg/l)	3,2	4,6	5,1
N-totaal***	(mg/l)	10,5	11,0	9,5
P-totaal	(mg/l)	9,0	4,3	0,98
droogrest	(mg/l)	-	8	5
rendementen				
CZV	(%)	93	94	94
BZV,	(%)	-	98	98
NKj	(%)	88	87	92
N-totaal	(%)	82	77	82
P-totaal	(%)	36	60	88
slibhuishouding				
SVI	(ml/g)	175	177	120
spuislib				
org. stof	(g/kg)	748	713	737
N	(g/kg)	65	62	66
P ₂ O ₅ ,	(g/kg)	53	62	64
K ₂ O	(g/kg)	10,2	8,4	15,7
CaO	(g/kg)	31	32	37
MgO	(g/kg)	8,4	8,2	9,9
energieverbruik				
totaal	(kWh/ie.j)	22,5	20,9	21,3

- * exclusief aug. en sept. 1991, waarin de indikker in bedrijf was.
 ** incidenteel t.b.v. verlaging van slibindex.
 *** aangehouden: N-totaal = NKj + NO₃-N

Bedrijfsvoering met spuislib-indikker

In de periode augustus-september 1991 is het spuislib niet verpompt naar Ede, maar ingedikt in de aanwezige spuislib-indikker en vervolgens per as afgevoerd. De gemiddelde verblijftijd in de indikker is twee dagen. Het overloopwater wordt daarbij teruggevoerd naar de anaërobe ruimte. In figuur 28 is het verloop weergegeven van de ortho-P-concentratie in het effluent vóór, tijdens en ná deze periode. Uit deze figuur blijkt duidelijk het negatieve effect van de terugvoer van het overloopwater. Na ingebruikname van de indikker stijgt het $\text{PO}_4\text{-P}$ - gehalte binnen een week tot een waarde van gemiddeld 3 mg/l. Uiteindelijk komt ca. 30 % van de verwijderde fosfaatvracht retour met het overloopwater van de indikker.

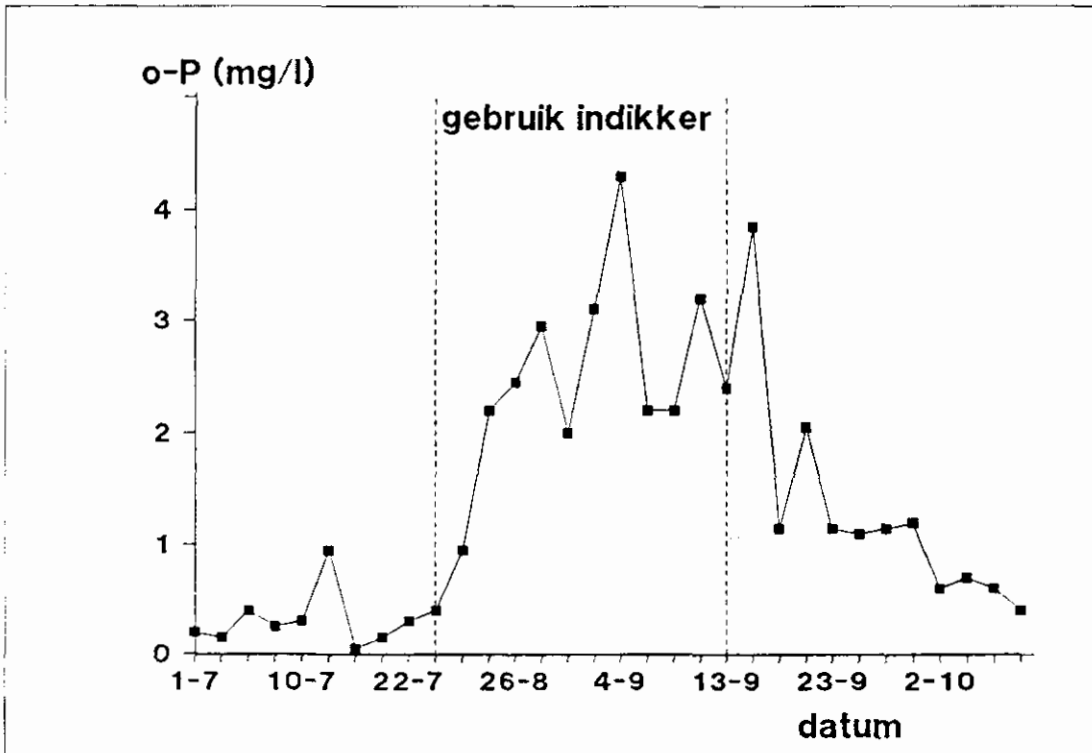


Fig. 28 Verloop van het ortho-P gehalte in het effluent bij ingebruikname van de spuislibindikker

Fosfaatbalans

In figuur 29 is een P-balans weergegeven over de eerste drie maanden van het jaar 1992. Het P-gehalte in de droge stof van het spuislib bedraagt gemiddeld 3,1 % (bereik 2,9 - 3,3%). Uit dit gegeven, gecombineerd met de verwijderde P-vracht uit de waterfase, kan een slibproduktie worden berekend van 700 kg d.s. per etmaal. Gemiddeld is een spuislibproduktie gerapporteerd van 750 kg d.s. per etmaal. Dit komt redelijk met elkaar overeen.

Het effluent bevat gemiddeld 5 mg/l droogrest. Aangezien het P-gehalte in deze droogrest en die in het actiefslib aan elkaar gelijk mogen worden gesteld (lit.4), komt de genoemde 5 mg/l droogrest overeen met 0,15 mg gebonden P/l. Hieruit volgt een ortho-P concentratie in het effluent van 0,83 mg/l.

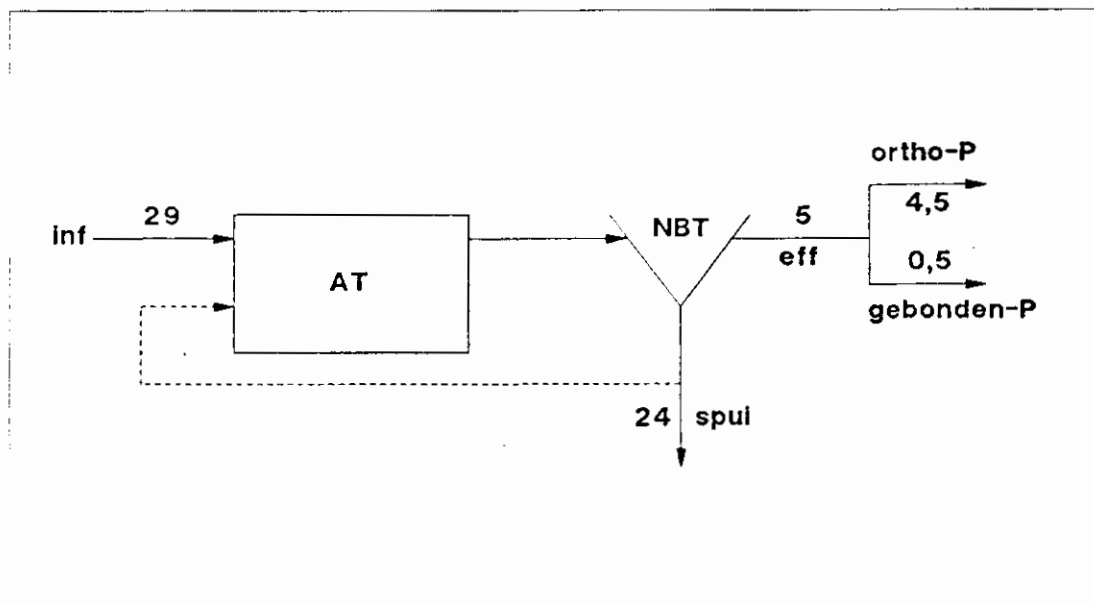


Fig. 29 Fosfaat balans rwzi Bennekom in kg P/dag (jan t/m maart 1992)

Processtabiliteit

In figuur 30 is de log-normale cumulatieve frequentieverdeling van het P-totaal-gehalte weergegeven van de rwzi Bennekom, alsmede van de rwzi's Elburg en Harderwijk, die via chemische precipitatie het fosfaat verwijderen. Deze twee rwzi's zijn wat betreft het aantal waarnemingen (80 tot 100) en het zwevende stofgehalte in het effluent (11 en 8 mg/l in resp. Elburg en Harderwijk) redelijk vergelijkbaar met rwzi Bennekom.

Uit figuur 30 blijkt dat de getrokken lijnen voor de rwzi's Elburg en Harderwijk steiler verlopen dan voor de rwzi Bennekom. Dit wijst erop dat de processtabiliteit van biologische fosfaatverwijdering, toegepast in de hoofdstroom op rwzi Bennekom, lager is dan die van de rwzi's Elburg en Harderwijk.

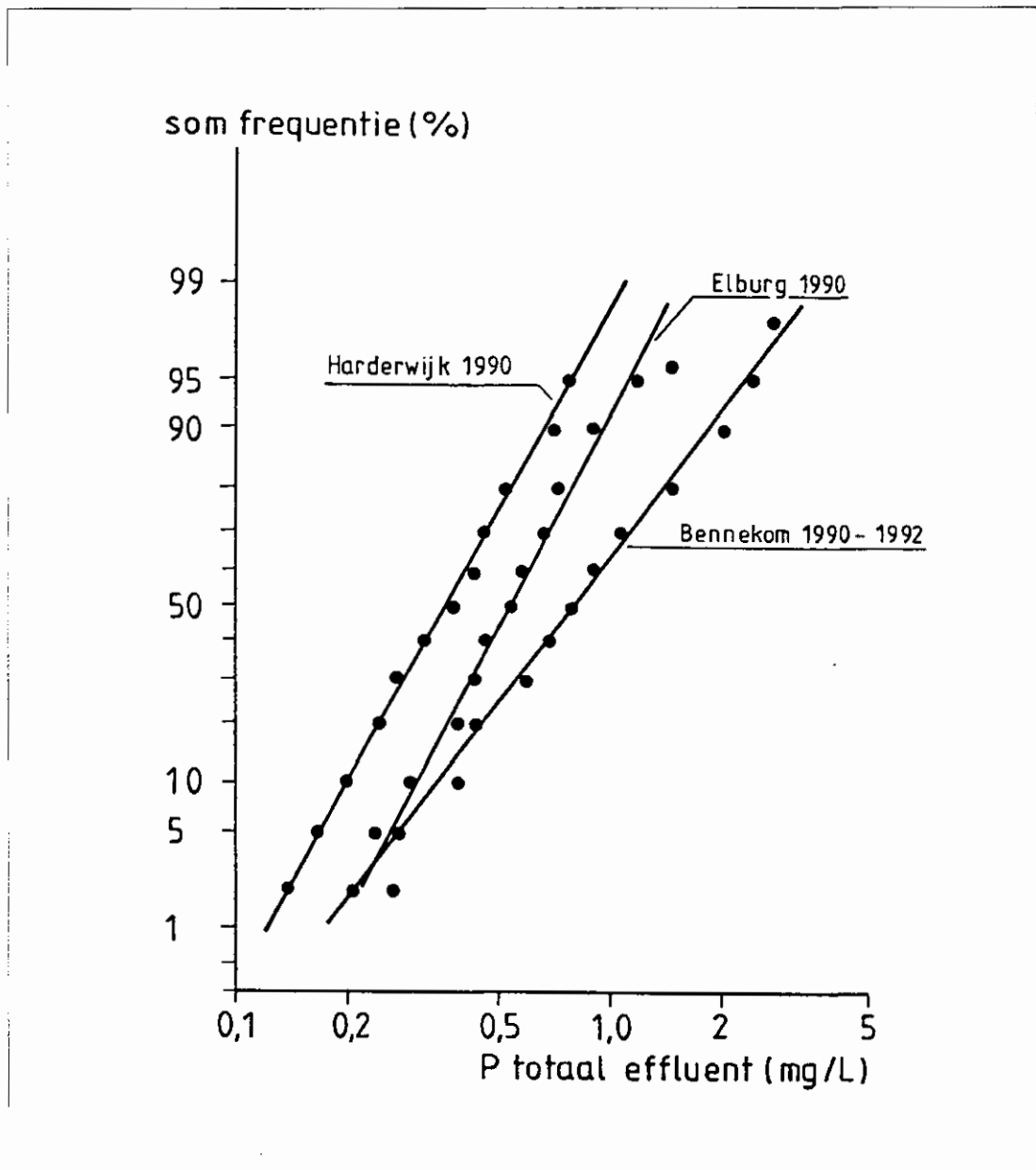


Fig. 30 Cumulatieve frequentieverdeling van het P-totaal-gehalte in het effluent van 3 rwzi's

Invloed van de temperatuur

Getracht is om na te gaan wat de invloed is van de temperatuur op het proces van biologische fosfaatverwijdering. Daartoe is de relatie vastgelegd tussen het P-totaal-gehalte van het effluentmonster en de gemiddelde weektemperatuur van de inhoud van de beluchtingsruimte. Vervolgens zijn de gegevens opgesplitst in temperatuurklassen, waarin tenminste tien P-totaal-metingen voorkomen. Het resultaat van deze bewerking is weergegeven in tabel 6. In deze tabel is tevens het gemiddelde nitraat- en droogrestgehalte in het effluent vermeld bij deze vijf temperatuurklassen.

Verder is de spuislibproductie in de zomerperiode ($T > 11\text{ }^{\circ}\text{C}$) en de winterperiode ($T < 11\text{ }^{\circ}\text{C}$) bepaald. Het aantal waarnemingen (weken) in beide perioden is vrijwel gelijk. De gemiddelde slibproductie in de zomer en winter bedraagt resp. 4,4 en 5,6 ton droge stof per week. In figuur 31 zijn de gemiddelde resultaten grafisch weergegeven.

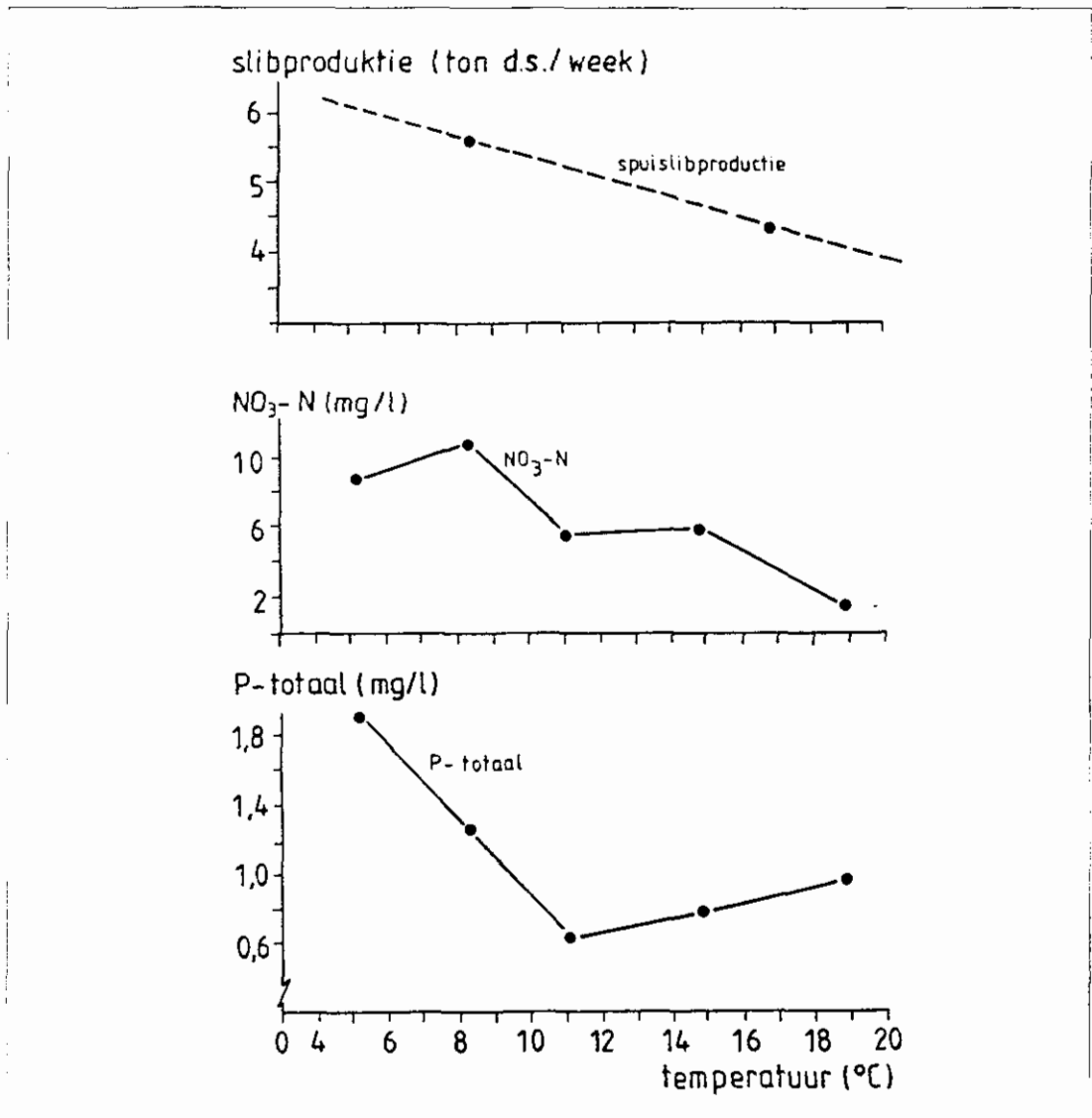


Fig. 31 De invloed van de temperatuur op de effluentkwaliteit en de spuislibproductie van rwzi Bennekom

Tabel 6 Relatie tussen temperatuur en effluentkwaliteit

temperatuurklassen (°C)		gem.	P-totaal	effluentgehalte in mg/l	
range				NO ₃ -N	droogrest
≤ 7		5,2	1,80	8,8	3,1
8 t/m 9		8,3	1,20	11,0	5,7
10 t/m 12		11,0	0,64	5,6	4,0
13 t/m 16		14,8	1,78	5,9	5,7
≥ 17		18,9	0,96	1,5	5,4

Zowel bij de twee lagere als bij de twee hogere temperatuurklassen blijkt het P-gehalte in het effluent te stijgen. Bij de lage temperatuurklassen is er sprake van een hogere remming van het proces van biologische fosfaatverwijdering als gevolg van het hogere nitraatgehalte in het effluent, en dus ook in het retourslib. De droogrest in het effluent valt binnen het concentratiebereik van 3-6 mg/l. Deze geringe verschillen hebben geen significante invloed op het P-totaal-gehalte in het effluent.

Bij hogere temperaturen is er sprake van een lagere slibproductie, als gevolg van een verdergaande slibmineralisatie. De P-vracht die met het spuislib wordt afgevoerd daalt hierdoor eveneens. Dit lijkt de belangrijkste reden te zijn voor de stijging van het P-gehalte in het effluent bij hogere temperaturen. Berekend kan worden dat bij een verminderde slibproductie van 1,2 ton d.s. per week het effluentgehalte met 1,3 mg P/l zal stijgen. De werkelijke verhoging is minder, waarschijnlijk door een verbeterde biologische fosfaatverwijdering bij hogere temperaturen. Bij hogere temperaturen verloopt het denitrificatieproces vollediger, waardoor de negatieve invloed van nog aanwezig nitraat in het retourslib op de fosfaatafgifte in de anaerobe ruimte eveneens vermindert.

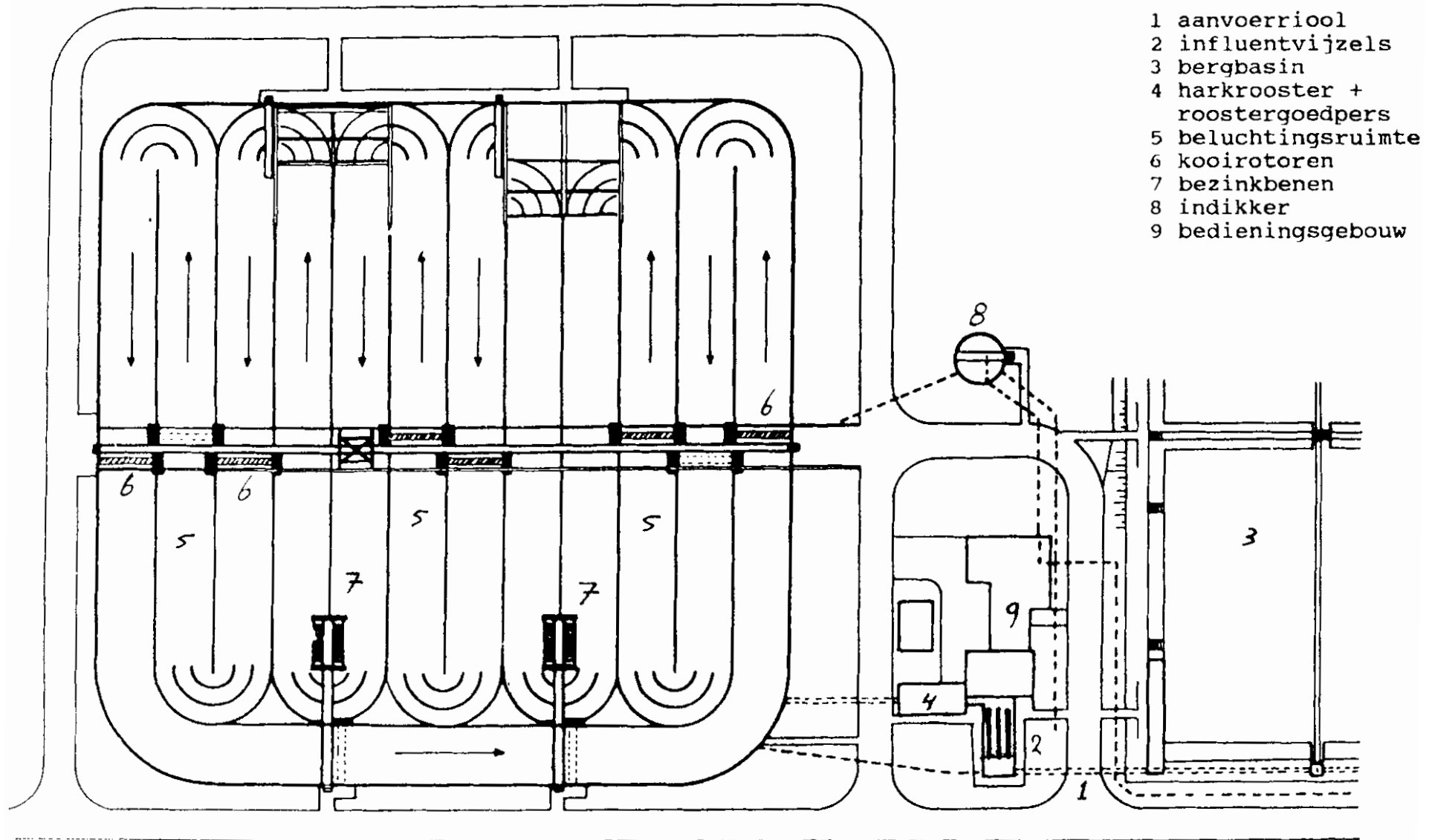
Na ruim twee jaar praktijkervaring met biologische fosfaatverwijdering in de hoofdstroom op de rwzi Bennekom kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Biologische fosfaatverwijdering in combinatie met biologische stikstofverwijdering is mogelijk op een laagbelaste actiefslib-installatie ($S_b = 0,05 \text{ kg BZV}_5/\text{kg d.s.d}$) van het type oxydatiesloot, gevoed met huishoudelijk afvalwater.
- Er wordt een P-totaal- en N-totaal-rendement bereikt van respectievelijk 88 en 82 %. De gemiddelde P-totaal- en N-totaal-concentraties in het effluent bedragen respectievelijk 0,98 en 9,5 mg/l.
- Bij een te lange slibverblijftijd in de nabezinktank, zoals is voorgekomen tijdens de opstartfase, kan fosfaatafgifte optreden in de nabezinktank. Bij normale recirculatieverhoudingen ($Q_r/Q > 0,8$) is dit verschijnsel echter te verwaarlozen.
- Bij verblijftijden van meer dan 24 uur van het biologisch defosfaterende spuislib in een gravitatie-indikker ontstaat een zodanige teruglevering van fosfaat, dat niet meer aan de fosfaat-lozingseisen kan worden voldaan.
- De processtabiliteit van de biologische fosfaatverwijdering van de rwzi Bennekom is lager dan bij toepassing van voorgaande chemische fosfaatverwijdering, zoals toegepast bij de rwzi's Elburg en Harderwijk.
- De temperatuur in de beluchtingsruimte heeft een indirecte invloed op het resultaat van de biologische fosfaatverwijdering. Bij lage temperaturen kan een verhoogd nitraatgehalte een negatieve invloed hebben, terwijl bij hogere temperaturen de spuislibproductie afneemt, waardoor minder fosfaat via 'normale' celinbouw aan de waterfase wordt onttrokken.

LITERATUUR

- 1 Janssen, P.M.J., E. Smoes, J.H. Rensink, (1990). Drastische fosfaatverlaging in afvalwater en de gevolgen voor biologische defosfatering. *H₂O* (23), nr. 1, pag. 6-8.
- 2 Kampf, R., A.C.M.P. de Jong, G.B.J. Rijs, R. van Dalen, (1990). Invloed van fosfaatvrije wasmiddelen op de fosfaatvastlegging bij de zuivering van stedelijk afvalwater. *H₂O* (23), nr. 21, pag. 564-569.
- 3 STORA (1991). Handleiding biologische fosfaatverwijdering. Rapport in reeks 'Programma PN-1992', nr. 91-07.
- 4 Tessel, P.J., (1991) Chemisch defosfateren van communaal afvalwater; een evaluatie. *H₂O* (24), nr. 13, pag. 340-345.
- 5 Loosdrecht, M.C.M. van, G.J. Smolders, T. Kuba, S.J. Heijnen, (1992). Biologische defosfatering onder denitrificerende condities. *H₂O* (25) 1992, nr. 19, pag. 526-531.

BIJLAGE 1 RWZI BENNEKOM, OUDE SITUATIE



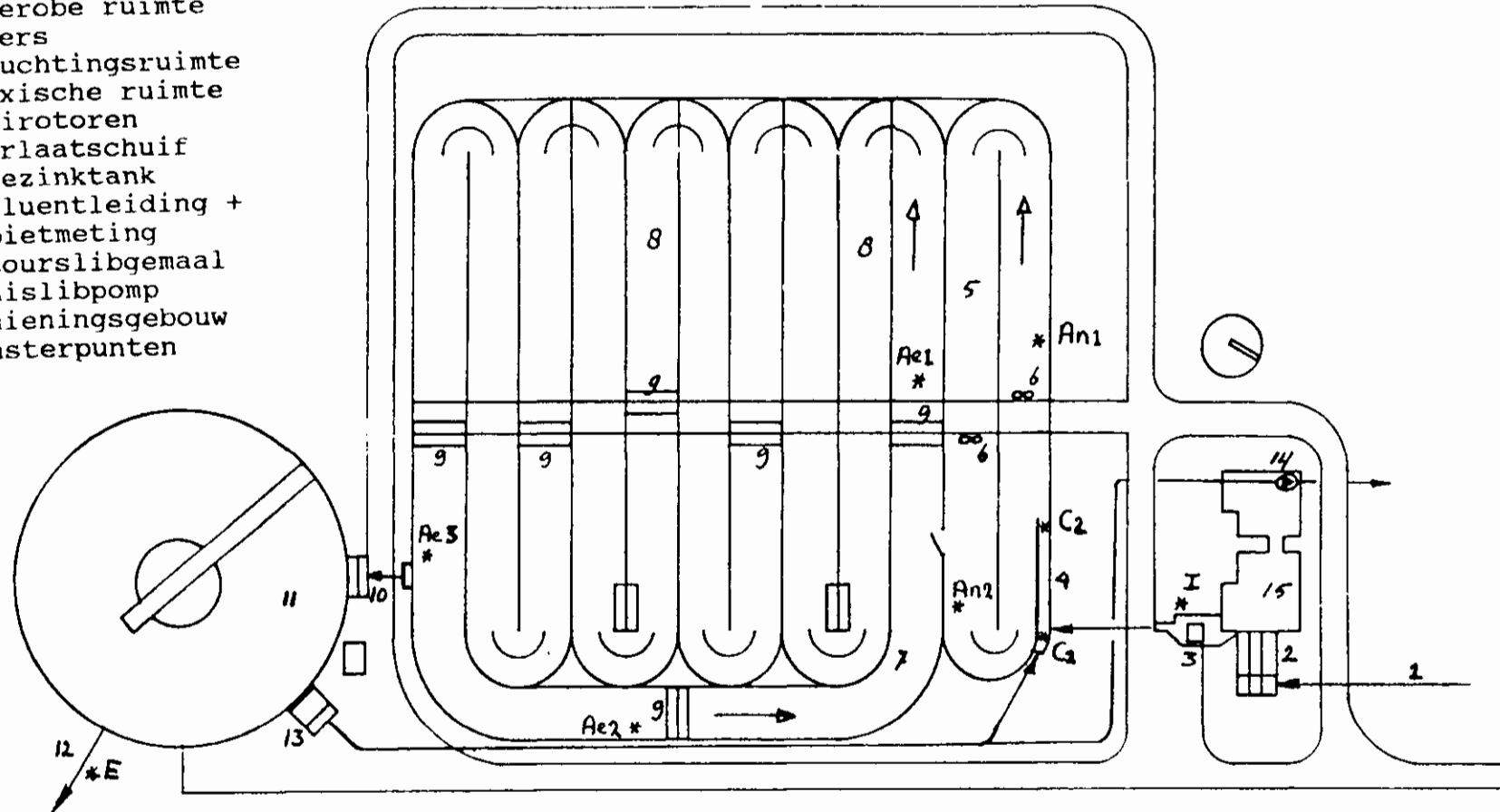
BIJLAGE 2 ONTWERPGRONDSLAGEN, OUDE SITUATIE

GEGEVENS R.W.Z.I. BENNEKOM (bouwjaar 1970)
(in bedrijf 1971)

<u>Ontwerpgrondslag</u>	16.500	i.e. (30.000)
(historisch)		
maximum pompkapaciteit	300	m ³ /h (600)
 <u>Influentgemaal</u>	 600	 m ³ /h
1 vijzel	100	m ³ /h
1 vijzel	200	m ³ /h
1 vijzel	300	m ³ /h
 <u>Rooster</u>		
1 Passavant fijn staaf rooster + verkleiner	300 600	m ³ /h m ³ /h
 <u>Oxydatiesloot</u>		
inhoud:		
bij waterdiepte van 1,25 m	± 8.100	m ³ (maximum)
bij waterdiepte van 0,90 m	± 5.800	m ³ (minimum)
oppervlakte	6.500	m ²
belasting	890	kg BZV
slibbelasting		0,05 kg BZV/kg d.s.dag
 <u>Beluchters</u>		
aantal kooirotors	6	stuks
breedte kooirotors	6	m
 aantal fundatieplaatsen	 10	 stuks
 <u>Na-indikker</u>		
inhoud	100	m ³
pomp overloopwater	11	m ³ /h
 ingedikt slibpomp	 10	 m ³ /h
diameter	6,25	m
kantdiepte	3	m

RWZI Bennekom

- 1 aanvoerringoel
- 2 influentvijzels
- 3 harkrooster + roostergoedpers
- 4 contactzone
- 5 anaerobe ruimte
- 6 mixers
- 7 beluchtingsruimte
- 8 anoxische ruimte
- 9 kooiroteren
- 10 overlaatschuif
- 11 nabezinktank
- 12 effluentleiding + debietmeting
- 13 retourslibgemaal
- 14 spuislibpomp
- 15 bedieningsgebouw
- * monsterpunten



0 5 10 20 30 40 50m

BIJLAGE 4 ONTWERPGRONDSLAGEN, NIEUWE SITUATIE

ONTWERPGEGEVENS VOOR UITBREIDING BENNEKOM (1e FASE)

Bergingstank

aantal bakken	4	stuks
inhoud totaal	7.500	m ³

Ontwerpkapaciteit

i.e. TZV 136	22.000	i.e.
maximale hydraulische capaciteit	600	m ³ /h
DWA 1989	2.500	m ³ /dag

Influentgemaal

1 vijzel	100	m ³ /h
1 vijzel	200	m ³ /h
1 vijzel	300	m ³ /h

Harkrooster en roostergoedpers (nieuw)

capaciteit	850	m ³ /h
------------	-----	-------------------

Anaerobe ruimte

inhoud	850	m ³
inhoud kontaktzone	18	m ³
mengers	2	stuks
waterhoogte	0.9	m

Beluchtingsruimte

slibbelasting	0.05	kg BZV/kg d.s.dag
waterhoogte	0.9	m
slibgehalte	3.3	kg/m ³
inhoud	4.850	m ³
slibhoeveelheid	16.000	kg d.s.

Beluchters

aantal kooirotoren	6	stuks
breedte kooirotoren	6	m
aantal fundatieplaatsen in beluchte ruimte	8	stuks

Nabezinktank (nieuw)

oppervlakte	1.350	m ²
diameter	41.5	m
kantdiepte	1.5	m
oppervlaktebelasting	0.44	m ³ /m ² .uur

Retourslibgemaal (nieuw)

Hydrostalpompen toerengeregeld	2	stuks
capaciteit per pomp	380	m ³ /h

N.B. Bij de dimensionering van het harkrooster, de nabezinktank en het slibretour-gemaal is rekening gehouden met een toekomstige uitbreiding van de hydraulische capaciteit tot 850 m³/h.

Leidraad voor het uitvoeren van een fosfaatafgifte/heropname-experiment ter bepaling van de acinetobacter-activiteit van een actiefslib.

DOEL:

Het bepalen van de mate waarin actiefslib op biologische wijze fosfaat uit het afvalwater kan verwijderen.

Dit is te beoordelen aan de hoeveelheid ortho-fosfaat die het slib aan de oplossing afstaat na het doseren van acetaat-CZV in een onbeluchte periode en de mate waarin dit afgegeven fosfaat in de daarop volgende beluchte periode weer door het slib opgenomen wordt (= acinetobacter-activiteit).

BENODIGDHEDEN:

- proefvat (bij voorkeur rechthoekig, inhoud ± 2 liter);
- magneetroerder met roervlo;
- luchtpompje met beluchtingselement;
- klein bekerglaasje of pipet met grote opening voor het nemen van het monster;
- trechter met vouwfilters (zwartband);
- monsterflesjes of reageerbuizen (inhoud 25 tot 50 ml);
- geconcentreerde Na-acetaat-oplossing;
- H₂SO₄-oplossing (18 M);
- stopwatch;
- zuurstofmeter met electrode;
- apparatuur voor het meten van ortho-fosfaat volgens NEN 6479 (fotometrisch) of NEN 6663 (autoanalyser);
- apparatuur voor het meten van de drogestofconcentratie in actiefslib.

UITVOERING EXPERIMENT:

Het experiment dient uitgevoerd te worden in een periode dat de rwzi storingsvrij functioneert en bij voorkeur onder dwaomstandigheden.

1. Vul het proefvat voor 3/4 met actiefslib uit de beluchtingsruimte nabij de overloop naar de nabezinkruimte. Start de magneetroerder, plaats de zuurstofelectrode en het beluchtingselement in het proefvat en belucht het slibwatermengsel zodanig dat de zuurstofconcentratie groter is dan 3 mg/l.
2. Stop met beluchten na ongeveer 15 minuten en doseer ongeveer 150 mg acetaat-CZV/g d.s. (schat hiertoe vooraf het gehalte aan droge stof in het proefvat).

Stel de magneetroerder zo in, dat wel een goede menging maar geen luchtinslag optreedt.

3. Neem de monsters in de onbeluchte periode op:
 $t = 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120, 180$ (minuten).
Neem het eerste monster ($t = 0$), als het zuurstofgehalte na het stoppen van de beluchting onder 1 mg/l is gedaald.

Filtreer een monster direct en bepaal het gehalte ortho-fosfaat in het filtraat; wanneer de bepaling later uitgevoerd wordt, dient het filtraat geconserveerd te worden met enkele druppels H_2SO_4 (18 M).

4. Neem tussendoor een monster uit het proefvat ter bepaling van het drogestofgehalte.
5. Start de beluchting na het monster op $t = 180$. Het zuurstofgehalte dient voortdurend hoger te zijn dan 3 mg/l .
6. Neem de monsters in de beluchte periode (na $t = 180$) op:
 $t = 185, 190, 200, 210, 220, 230, 240, 270$ (minuten).
Filtreer een monster direct etc. (zie onder punt 3).
7. Beëindig het experiment na $t = 270$.

UITWERKING RESULTATEN:

- a. Bereken de ortho-P-afgifte in de onbeluchte periode (van $t = 0$ tot 180) en de ortho-P-opname in de beluchte periode (van $t = 180$ tot 270) uitgedrukt als mg P/g d.s. .
Deze getallen geven de acinetobacter-activiteit weer.
- b. Zet de ortho-P-concentraties (mg P/l) in een grafiek uit tegen de tijd (minuten).

Bereken de hoogste P-afgiftesnelheid van het actiefslib in de onbeluchte periode uit het (lineaire) eerste gedeelte van de grafiek na de start van het experiment (na $t = 0$) en druk deze uit in mg P/g d.s. uur .

Doe hetzelfde voor de beluchte periode (na $t = 180$) en bereken de hoogste P-opnamesnelheid.

OPMERKINGEN:

Herhaal dit experiment na ongeveer een week, ter bevestiging van het eerder bereikte resultaat.

