

NN31050.91-8

10991-08

Stikstof- en fosfaatverwijdering pilotplant onderzoek R.W.Z.I. Ede



zuiveringsschap veluwe



Programma PN-1992

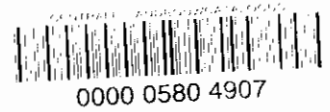
stora

3/1/1992

Stikstof- en fosfaatverwijdering

Stikstof- en fosfaatverwijdering pilotplant onderzoek R.W.Z.I. Ede

Een vergelijking tussen het bio-denitro
proces en simultane stikstofverwijdering
in combinatie met fosfaatstrippen



Programma PN-1992



W. Stork

	INHOUDSOPGAVE	I
	VOORWOORD	III
	SAMENVATTING	VI
1	INLEIDING	1
2	DOELSTELLINGEN	2
3	ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE ONDERZOCHE PROCESEN	3
3.1	<u>Bio-Denipho</u>	3
3.2	<u>Simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen</u>	5
4	PROEFOPZET	6
4.1	<u>Inleiding</u>	6
4.2	<u>Influenttoevoer</u>	6
4.3	<u>Beschrijving van de proefinstallatie</u>	8
4.3.1	<i>Inleiding</i>	8
4.3.2	<i>Straat 1: Bio-Denipho</i>	9
4.3.3	<i>Straat 2: Simultane N-verwijdering + fosfaat-strippen</i>	10
4.4	<u>Procesinstellingen</u>	11
4.4.1	<i>Straat 1: Bio-Denipho</i>	11
4.4.2	<i>Straat 2: Simultane N-verwijdering + P-strippen</i>	12
4.5	<u>Bemonstering en analyse</u>	12
5	RESULTATEN	14
5.1	<u>Bedrijfsvoering van de proefinstallatie</u>	14
5.2	<u>Proefnemingen met afvalwater van Ede</u>	16
5.2.1	<i>Stikstof</i>	17
5.2.2	<i>Fosfaat</i>	17
5.2.3	<i>Slib</i>	18
5.2.4	<i>Vergelijking van de beide processen</i>	18
5.3	<u>Proefnemingen met afvalwater uit Ede en Barneveld</u>	19
5.3.1	<i>Stikstof</i>	19
5.3.2	<i>Fosfaat</i>	21
5.3.3	<i>Slib</i>	22
5.3.4	<i>Vergelijking van de beide processen</i>	22
5.4	<u>Flankerend onderzoek</u>	23
5.4.1	<i>Effect van RWA op de procesvoering</i>	23
5.4.2	<i>Fosfaatafgifte in de slibverwerking</i>	26
5.4.3	<i>Bepaling van de alpha-factor</i>	28

5.4.4	<i>Bepaling van de fosfaatafgiftesnelheden</i>	28
5.4.5	<i>Metalen-gehaltenes in het influent</i>	31
5.4.6	<i>Effect van de opslag van het influent</i>	31
6	CONCLUSIES	33

Voorwoord

In 1990 werd het STORA-onderzoek naar de verwijdering van fosfaat en stikstof op rioolwaterzuiveringsinrichtingen geïntensiveerd en versneld. Doel van het speciaal hierop gerichte spoedprogramma "PN 1992" - dat van de zuiverende waterkwaliteitsbeheerders alleen al in het STORA-kader een extra onderzoeksinspanning van zeven miljoen gulden in drie jaar vraagt - 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 effluent-eisen 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 door het Zuiveringsschap Veluwe ondernomen pilotplant-onderzoek op de rwzi Ede naar de mogelijkheden om stikstof en fosfaat te verwijderen door middel van het Deense Bio-Denipro proces en de simultane stikstofverwijdering gecombineerd met het fosfaatstripproces. .

Het onderzoek werd door het Zuiveringsschap Veluwe opgedragen aan Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs (projectteam bestaande uit ir. E.F. Leeuw, ing. A. Kah, ing. H.J. Bakhuizen en de praktikanten R. Blokzijl en S. Veenstra) en namens het Zuiveringsschap Veluwe begeleid door een commissie bestaande uit ir. E. van 't Oever, ir. J.H. Verhoek, G. Bouwman en ing. J.J. Verbraaken.

Den Haag, oktober 1991

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

*

De Stuurgroep PNs 1992 die tot participatie in dit project adviseerde, bestond uit:

ir. R. den Engelse (voorzitter), ir. J. Boschloo, ir. A.E. van Giffen, ir. C. Kerstens, ir. K.F. de Korte, ir. T. Meijer, ir. P.C. Stamperius, alsmede ir. W. van Starckenburg voor de coördinatie met het programma RWZI-2000.

Als technisch secretaris treedt op ir. P. de Jong van Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs

SAMENVATTING

Ter voorbereiding op het ontwerp van de uit te breiden RWZI Ede zijn twee systeemvarianten op hun procestechnische haalbaarheid getest:

- het Deense Bio-Denipho proces
- simultane stikstofverwijdering in combinatie met het fosfaatstrip-proces.

Hierbij is uitgegaan van een effluenteis van 1 mg P/l voor totaal-fosfaat en van 10 mg N/l voor totaal-stikstof.

Het onderzoek is uitgevoerd door Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs in een daartoe gebouwde mobiele proefinstallatie. De proefnemingen vonden plaats op het terrein van de RWZI Ede in de periode maart tot september 1990. In straat 1 van de proefinstallatie werd het Bio-Denipho proces onderzocht; in straat 2 de simultane stikstofverwijdering in combinatie met het fosfaatstripproces.

Tijdens de eerste fase is voorbezonken afvalwater gebruikt van de kern Ede en gedurende de tweede fase een mengsel van voorbezonken afvalwater van Ede en Barneveld.

Uit de resultaten blijkt dat met het Bio-Denipho proces voor zowel stikstof als fosfaat lagere effluentwaarden bereikt konden worden dan met simultane N-verwijdering gecombineerd met P-strippen.

Met Bio-Denipho kon daarmee zowel aan de stikstof- als aan de fosfaateis worden voldaan. Met simultane stikstofverwijdering in combinatie met fosfaat-strippen kon wel aan de fosfaateis worden voldaan, echter niet aan de stikstofeis.

Bij RWA kon bij het Bio-Denipho proces wél en bij simultane stikstofverwijdering in combinatie met fosfaat-strippen niet meer aan de gestelde P-effluenteisen worden voldaan. Bij beide processen werd bij langdurige RWA de stikstofnorm overschreden.

1 INLEIDING

De RWZI Ede is een oxidatiebedinstallatie van 130.000 i.e. (à 136 g TZV). De aangevoerde vuilvracht zal in de komende jaren toenemen, mede door aansluiting van de kernen Harskamp, Otterlo en Wekerom. Daarnaast is het Zuiveringschap Veluwe voornemens de RWZI's Barneveld en Lunteren op te heffen en het afvalwater op de RWZI Ede te behandelen. De RWZI zal daartoe uitgebreid worden tot 300.000 i.e. (à 136 g TZV) en 9.000 m³/h.

De uit te breiden RWZI zal tevens moeten voldoen aan verscherpte effluenteisen t.a.v. stikstof en fosfaat. Conform de AMvB is de eis t.a.v. fosfaat 1 mg P/l (als voortschrijdend gemiddelde over tien waarnemingen). Conform het advies van de WAD-2 is een stikstof-eis van 10 mg N-tot/l als jaargemiddelde aangehouden. De RWZI Ede kan in de huidige configuratie niet aan de gestelde eisen voldoen en moet derhalve drastisch worden verbeterd.

In opdracht van het Zuiveringschap Veluwe zijn in 1989 door Witteveen+Bos verschillende systeemvarianten onderzocht ter voorbereiding op het ontwerp van de uit te breiden RWZI Ede. Hierbij is uitgegaan van bovengenoemde strenge effluenteisen. Na een inschatting van de proces-technische mogelijkheden en op basis van een kostencalculatie kwam het Deense Bio-Denipro proces als meest aantrekkelijke systeem naar voren. Daarnaast was simultane stikstofverwijdering in combinatie met het fosfaatstripproces een kansrijke optie.

In december 1989 vond een studiereis plaats naar Denemarken, om meer inzicht te verkrijgen in de toepassingsmogelijkheden van het Bio-Denipro proces. De verzamelde praktijkgegevens in Denemarken zijn vastgelegd in het RWZI-2000-rapport "Verkenning Bio-Denitro/Bio-Denipro" (juni 1990).

Aangezien er met beide processen in Nederland geen praktijkervaring was, werd besloten om beide bovengenoemde systemen onder Nederlandse omstandigheden en specifiek voor de situatie te Ede op hun procestech-nische haalbaarheid te toetsen. Het onderzoek is uitgevoerd door Witteveen+Bos in een mobiele proefinstallatie op het terrein van de RWZI Ede.

2 DOELSTELLINGEN

De doelstelling voor het onderzoek was een antwoord te geven op de volgende vragen:

Kan met het Bio-Denipho proces en/of met fosfaat-strip proces aan een fosfaat-eis worden voldaan van 0,7 mg P-totaal/l in het effluent (hetgeen vergelijkbaar is met 1 mg P-totaal/l als gemiddelde over tien waarnemingen) ?

Kan met het Bio-Denipho proces en/of een omloopsysteem met simultane stikstofverwijdering aan een stikstofeis worden voldaan van 7 mg N-totaal/l in het effluent ?

Aangezien bij met name het Bio-Denipho-systeem in Denemarken N-totaalgehalten in het effluent haalbaar blijken van 7 mg N-totaal/l, is deze eis, die strenger is dan de verwachte eis van 10 mg N-totaal/l voor de nieuwe RWZI, als uitgangspunt gesteld voor de proefnemingen.

Als nevensdoel wordt getracht inzicht te verkrijgen in:

- de slibkwaliteit en -kwantiteit van de beide onderzochte processen;
- de stabiliteit van de processen bij regenweeraanvoer (RWA).

3 ALGEMENE BESCHRIJVING VAN DE ONDERZOCHE PROCESSEN

3.1 Bio-Denipho

Het Bio-Denipho proces is een in Denemarken ontwikkeld actief-slibstelsysteem voor vergaande stikstof- en fosfaatverwijdering. Het is een gemodificeerde uitvoering van het Bio-Denitro proces. Het principe van zowel Bio-Denipho als Bio-Denitro berust op alternerende nitrificatie en denitrificatie in twee gekoppelde aëratiecircuits. Omdat beide processen achtereenvolgens in dezelfde ruimte plaatsvinden, ontbreekt een recirculatiestroom, die het gevormde nitraat terug voert naar de denitrificatiezone.

De Bio-Denitro installatie bestaat uit twee paarsgewijs geschakelde beluchtingscircuits die alternerend worden belucht en gevoed. Door middel van een onderlinge verbinding en geregelde in- en uitvoerkleppen kan de waterstroom in wisselende volgorde door de beide tanks worden gestuurd. De tanks zijn voorzien van beluchting en voortstuwing, waardoor zowel aërobe als anoxische condities kunnen worden gecreëerd. Nitrificatie vindt plaats in de beluchte fase. Denitrificatie vindt plaats in de niet-beluchte fase onder toevoer van influent-BZV.

De P-verwijdering bleek bij Bio-Denitro beter te zijn dan bij de conventionele actief-slibinstallaties. Het alternerend beluchten bevorderde blijkbaar de ontwikkeling van fosfaat-ophopende bacteriën. Dit gaf aanleiding tot de ontwikkeling van het Bio-Denipho systeem.

Bio-Denipho is een gemodificeerde uitvoering van Bio-Denitro met een voorgeschakelde anaërobe tank. Voor toepassing van biologische defosfatering (= de ontwikkeling van fosfaat-ophopende bacteriën) is een anaërobe fase met aanwezigheid van lagere vetzuren noodzakelijk. In de anaërobe tank wordt een gedeelte van de in het afvalwater aanwezige BZV - hoeveel is afhankelijk van de kwaliteit van het afvalwater - omgezet in lagere vetzuren en vervolgens opgenomen door de fosfaat-ophopende bacteriën.

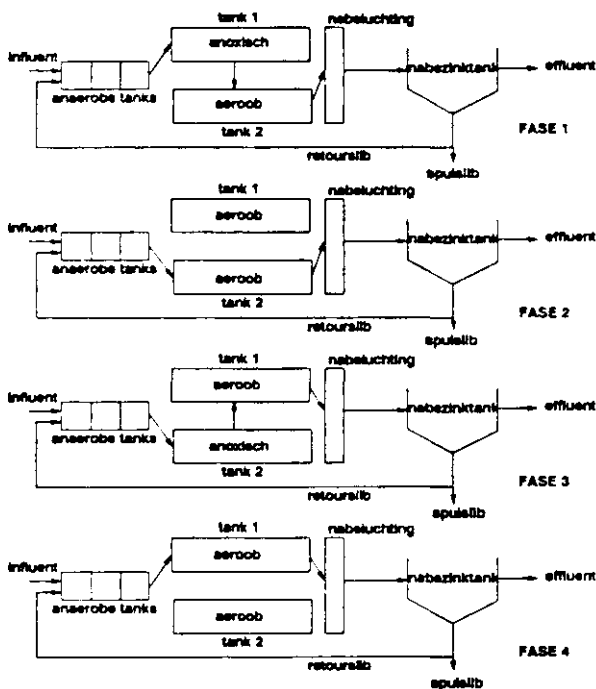
In de anaërobe tank wordt het slib met roerders in suspensie gehouden. De anaërobe tank is in drie compartimenten verdeeld ter bevordering van het propstroomkarakter. In het eerste compartiment wordt het eventueel aanwezige nitraat omgezet, zodat het nitraat niet meer remmend kan werken op de fosfaat-afgifte in de volgende compartimenten. Tevens wordt het ontstaan van kortsluitstromingen tegengegaan. Voor het ontwerp van de anaërobe reactor wordt een verblijftijd van minimaal 1 uur gehanteerd gebaseerd op de gemiddelde dwa-aanvoer over 24 uur + het retourslibdebiet.

De afwisseling van voeding, beluchting en effluentafvoer is vergelijkbaar met die van het Bio-Denitro systeem. In de oorspronkelijke opzet werd een tijdschakeling met zes fasen toegepast. In de Deense praktijk bleek al snel dat een zes-fasensysteem geen significante verbetering gaf in vergelijking met het vier-fasensysteem. Daarom wordt nu slechts nog het vier-fasensysteem toegepast. Tijdens iedere fase wordt het afvalwater op verschillende wijzen door de beide tanks geleid. In figuur 1 zijn de vier fasen van het Bio-Denipho proces weergegeven.

In de Deense praktijk wordt de verdeling van de fasen ingesteld op basis van de afvalwaterkarakteristiek. In de praktijk worden verschillende programma's voor werkdagen/weekeinde en dag/nacht toegepast.

Bij een BZV/N < 4 wordt geadviseerd na de beide aëratietanks nog een nabeluchting toe te passen. Deze heeft een tweeledig doel:

- er wordt altijd actief-slib met een hoog zuurstofgehalte naar de nabezinktank gebracht. Hiermee wordt anaërobie en dus P-release in de nabezinktank geminimaliseerd
- bij een lage BZV/N-verhouding kan meer dan 50% denitrificatie worden bereikt door in fase 2 en 4 de beide tanks anoxisch te bedienen. Om een aëroob effluent te produceren wordt hierbij een nabeluchting toegepast.



Figuur 1. De fasen van het Bio-Denipho proces

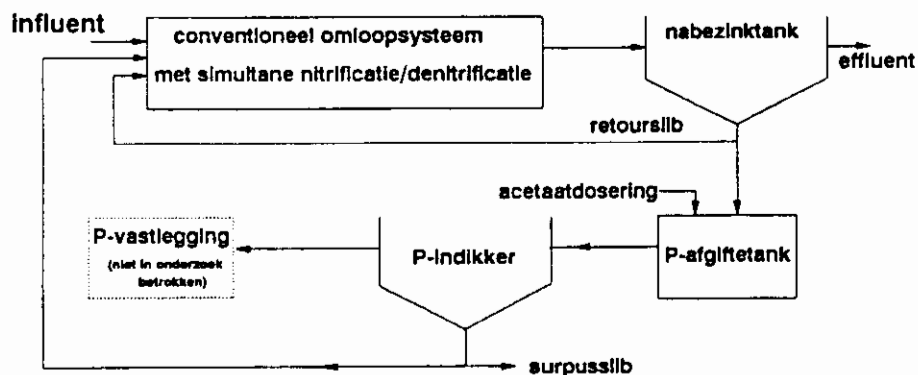
In Denemarken blijken met het Bio-Denipho proces effluentgehalten van 3-4 mg P/l haalbaar te zijn. Hierbij bedraagt het fosfaatgehalte in het influent ca. 10 mg P/l. Voor effluentwaarden van 2 mg P/l of lager dient over het algemeen aanvullend chemisch te worden geprecipiteerd. Hiertoe wordt FeSO_4 of een ander Fe- of Al-zout in de anaërobie reactor gedoseerd in verhoudingen van 0,2-0,5 mol Fe/mol P. Dit is lager dan bij simultane (chemische) defosfatering (1,5-2,0 mol Fe/mol P).

3.2 Simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen

Het fosfaat-strippen vertoont enige overeenkomst met de Amerikaanse Pho-Strip-uitvoering van biologische defosfatering. Bij dit systeem is de anaërobe zone geplaatst in een deelstroom (circa 15 - 30 %) van het retour-slib in de vorm van een fosfaat-afgiftetank. Dit heeft zowel voordelen als nadelen. Een belangrijk voordeel is dat de P-afgiftetank en de P-indikker naast een bestaand actief-slibstelsel kunnen worden geplaatst. In praktijk kan de aëratietank uit vrijwel elke configuratie bestaan. Voorwaarde is wel dat het nitraatgehalte in het retour-slib laag is. In dit geval bestaat de aëratietank uit een omloopsysteem, waarbij nitrificatie en denitrificatie simultaan plaatsvinden.

Het water in het retour-slib is in principe van effluentkwaliteit. Dat dat de noodzakelijke lagere vetzuren in de anaërobe zone niet (meer) aanwezig zijn en moeten worden gedoseerd. Hiervoor wordt azijnzuur of een natrium-acetaat oplossing gebruikt. Het proces heeft hiermee als voordeel dat het onafhankelijk is geworden van de aanwezigheid van lagere vetzuren in het influent. De te doseren chemicaliën kunnen echter hoge kosten met zich mee brengen. Als gevolg van de vetzuurdosering geeft het actief-slib een gedeelte van het eerder opgeslagen fosfaat weer af. Na het doorlopen van de fosfaat-afgiftetank wordt het slib en het fosfaat-rijke water van elkaar gescheiden in een indikker. Het fosfaat wordt hiermee geconcentreerd in een kleine volumestroom. Het overloopwater zal vervolgens nog een nabehandeling moeten ondergaan om het aanwezige fosfaat te precipiteren. Dit kan plaatsvinden door middel van het doseren van ijzer(II)- of ijzer(III)-zouten, kalk of met behulp van een korrelreactor. Bij dit systeem wordt het fosfaat niet alleen via het surplusslib uit het zuiveringsstelsel verwijderd, maar ook via het overloopwater (supernatant) van de indikker.

Onderzoek naar de wijze van vastlegging van het fosfaat uit het overloopwater van de P-indikker vormt geen onderdeel van de proefnemingen.



Figuur 2. Het fosfaat-stripproces

4 PROEFOPZET

4.1 Inleiding

Een goede vergelijking tussen het Bio-Denipho proces en simultane stikstofverwijdering in combinatie met fosfaat-strippen is alleen mogelijk wanneer de beide processen naast elkaar worden onderzocht. Bij een dergelijke opzet worden de beide systemen steeds gevoed met dezelfde kwaliteit afvalwater en vinden de processen plaats bij dezelfde temperatuur. De proefinstallatie is daarom ingedeeld in twee parallelle straten.

De proefnemingen vonden plaats in de periode van 19 maart tot 28 september 1990.

Het onderzoek is uitgevoerd in twee hoofdfasen. In de eerste fase is de proefinstallatie gevoed met voorbezonden afvalwater uit Ede. In de tweede fase is gebruik gemaakt van een mengsel van afvalwater uit Ede en Barneveld.

Duur fase 1: 19 maart - 8 juni 1990

Duur fase 2: 11 juni - 28 september 1990

In de eerste fase werd gekozen voor voeding van de proefinstallatie met alleen afvalwater uit Ede op basis van de volgende argumenten:

- het afvalwater uit Ede vormt de grootste fractie (circa 60%) van de toekomstige aanvoer. Lukt het niet met alleen afvalwater uit Ede te voldoen aan de gestelde effluenteisen, dan mag worden aangenomen dat het ook niet lukt met de totale hoeveelheid afvalwater uit alle aangesloten kernen;
- transport van afvalwater uit Barneveld naar Ede brengt hoge kosten met zich mee.

Het afvalwater uit de kernen Lunteren, Harskamp, Otterlo en Wekerom is niet in de proefnemingen betrokken, aangezien het transport van dit afvalwater naar de RWZI Ede relatief hoge kosten met zich meebrengt en de hoeveelheid afvalwater van deze kernen samen slechts 10% bedraagt.

4.2 Influenttoevoer

Zoals eerder vermeld is de RWZI Ede een oxydatiebedinstallatie. Op de installatie wordt recirculatie van effluent over de voorbezinktank toegepast. De afloop voorbezinktank bevat hierdoor steeds een hoeveelheid recirculatiewater. Om voor de proefnemingen toch voorbezonden afvalwater zonder recirculatiewater te verkrijgen is de volgende bedrijfsvoering toegepast:

- om 8.00 uur werd de recirculatie stopgezet;
- van 9.00-9.30 uur werd een tank van 40 m³ met influent gevuld;
- van 9.30-10.00 uur vond vervolgens voorbezinking plaats;
- gedurende een periode van 23 uur (van 10.00 uur tot 9.00 uur de volgende dag) werd de proefinstallatie met dit water gevoed. Het aanzuigpunt van de toevoerpomp naar de proefinstallatie bevond zich op 0,5 m boven de bodem van de tank;
- om 9.00 uur werd de tank, voordat deze opnieuw met influent werd gevuld, gereinigd: de resterende hoeveelheid afvalwater werd verwijderd en het bezonken slib weggespoeld.

In de tweede fase van het onderzoek werd het afvalwater van Ede met het afvalwater van Barneveld in de tank gemengd in een verhouding van 2/3 deel Ede en 1/3 deel Barneveld. Het Barneveldse afvalwater werd dagelijks (behalve op zondag) vers aangevoerd.

De proefinstallatie kreeg over de gehele dag dezelfde kwaliteit afvalwater gevoed. Naar aangenomen mag worden, varieert de influentkwaliteit een zekere mate over de dag. Aangezien op de RWZI Ede continu zorg gedragen moet worden voor een zo goed mogelijke effluentkwaliteit, was het niet mogelijk gedurende de gehele periode van de proefnemingen de recirculatie stop te zetten. Om praktische redenen was het verder onmogelijk meerdere keren per dag vers afvalwater van Barneveld naar de RWZI Ede te transporteren. De omstandigheden waren derhalve niet geheel representatief voor de toekomstige situatie. Het effect van een opslagtijd van het influent gedurende één dag in de tank op de kwaliteit van het afvalwater is onderzocht. De resultaten zijn weergegeven in hoofdstuk 5.4.6.

De voeding van de proefinstallatie volgde het gemiddelde dwa-aanvoerpatroon van de RWZI Ede door middel van een loop/wachttijdregeling van de toevoerpomp voor de dag- en de nachturen. De daguren op werkdagen liepen van 11.00 - 23.00 uur en in het weekend van 11.00 - 22.00 uur.

Er is op de RWZI Ede een groot verschil tussen de influentaanvoer gedurende de daguren en de nachturen. Daarnaast wordt op weekenddagen ongeveer een kwart minder water aangevoerd dan op werkdagen.

Tabel 1. Verloop van het influentdebiet over de dag op de RWZI Ede

tijd [uur]	WERKDAGEN		WEEKENDDAGEN		m ³ /d
	influent [m ³ /h]	recirculatie [m ³ /h]	influent [m ³ /h]	recirculatie [m ³ /h]	
0-11	200	800	200	800	
11-22	800	800	600	800	
22-23	800	800	200	800	
23-24	200	800	200	800	
Totaal	12.000	19.200	9.200	19.200	

De aanvoer naar de proefinstallatie werd zodanig gestuurd dat voor de beide straten een slibbelasting van 0,05 g BZV/g d.s. d werd verkregen. Dit hield in dat als gevolg van het kleinere aëratievolume bij de Bio-Deniphostraat (9,8 m³) ten opzichte van Fosfaat-stripstraat (11,2 m³) het Bio-Denipho proces ongeveer 10-15% minder afvalwater aangevoerd kreeg.

Tabel 2. Verloop van het influentdebiet over de dag op de proefinstallatie

tijd [uur]	WERKDAGEN		WEEKENDDAGEN		
	Bio-Denipho [l/h]	P-strippen [l/h]	Bio-Denipho [l/h]	P-strippen [l/h]	
0-9	240	270	190	240	
9-10 ¹⁾	0	0	0	0	
10-11	240	270	190	240	
11-22	870	1.000	670	800	
22-23	870	1.000	190	240	
23-24	240	270	190	240	
Totaal	13.000	15.000	10.000	12.000	1/d

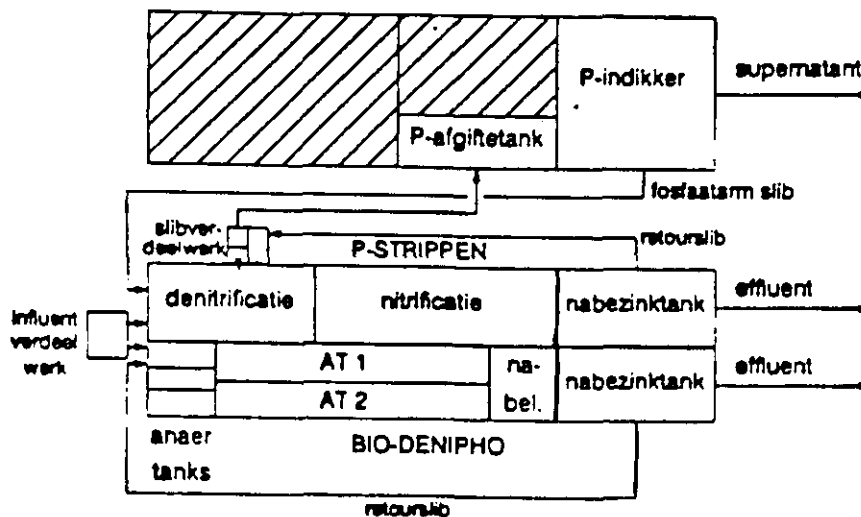
¹⁾ op zondagen: Bio-Denipho = 190 l/h en P-strippen = 240 l/h

De proefinstallatie krijgt dus altijd een DWA-aanvoerpatroon te verwerken ook onder RWA-omstandigheden. Het effect van RWA op de procesvoering werd bekeken door handmatig RWA te creëren. (hoofdstuk 5.4.1)

4.3 Beschrijving van de proefinstallatie

4.3.1 *Inleiding*

De proefinstallatie bestaat uit twee containers. In de ene container is het Bio-Denipho proces en de waterlijn van simultane N-verwijdering + P-strippen ingebouwd. De tweede container bevat de sliblijn van simultane N-verwijdering + P-strippen: de P-afgiftetank en de P-indikker. De beide containers stonden voor de periode van de proefnemingen in een romneyloods. (figuur 3).



Figuur 3. De proefinstallatie

Een uitgangspunt bij de uitbreiding is zoveel mogelijk onderdelen van de bestaande RWZI te Ede te benutten. Bij de proefnemingen wordt er dan ook van uitgegaan dat de voorbezinking gehandhaafd blijft. Dit houdt in dat de proefinstallatie gedurende de gehele proefperiode is gevoed met voorbezonden water.

4.3.2 *Straat 1: Bio-Denipho*

Anaërobe tank

Het voorbezonden water stroomt tezamen met het retourslib door de drie compartimenten van de anaërobe tank.

- inhoud per compartiment: 0,56 m³;
- totale inhoud anaërobe tank: 1,7 m³.

Het actief-slib in de compartimenten wordt continu in suspensie gehouden door drie mixers.

Twee beluchtingstanks

Vanuit de anaërobe tank stroomt het water, afhankelijk van de fase waarin het proces verkeert, naar één van beide beluchtingstanks. De inhoud van iedere beluchtingstank bedraagt 4,0 m³.

De toevoer van de anaërobe tank naar één van beide beluchtingstanks en de afvoer van de beluchtingstank naar de nabeluchttingsruimte worden geregeld door middel van vlinderkleppen, welke door een PLC-programma worden aangestuurd.

De beluchting vindt plaats door middel twee bellenbeluchtingsschotels per beluchtingstank. De beluchting wordt gedurende de onbeluchte fase uitgescha-

keld via een PLC-programma. In de beluchte fasen wordt de beluchting per beluchtingstank automatisch geregeld op een vooraf ingesteld zuurstof-setpoint. In de onbeluchte fase wordt het slib in suspensie gehouden door één mixer per beluchtingstank.

Nabeluchttingsruimte

Vanuit de beluchtingstanks stroomt het water naar de nabeluchtingstank. Deze tank is toegevoegd vanwege de lage BZV/N-verhouding in het voorbezonden water. De beluchting vindt continu plaats. Het zuurstofgehalte wordt niet automatisch gestuurd. De nabeluchttingsruimte bevat één beluchtingsschotel. De inhoud van de nabeluchttingsruimte bedraagt 1,8 m³. De totale inhoud van de beluchttingsruimte (2 parallelle aëratietanks + nabeluchttingsruimte) bedraagt 9,8 m³.

Nabezinker/retourslib

Na de nabeluchttingsruimte stroomt het slibwater naar de nabezinktank. Het bezonden slib wordt vanuit de slibzak afgetapt via drie aftappunten. Het slib wordt met de retourslibpomp teruggepompt naar het eerste compartiment van de anaërobe tank. De retourslibpomp heeft een capaciteit van 0,5 - 3 m³/h.

Chemicaliëndosering

Als aanvulling van de biologische defosfatering kan ijzersulfaat worden gedoseerd. De dosering kan zowel continu plaatsvinden als gekoppeld aan de influentpomp. De capaciteit van de doseerpomp bedraagt 0,001 - 2,1 l/h.

4.3.3 Straat 2: Simultane N-verwijdering + fosfaat-strippen

Straat 2 is uitgevoerd als een systeem met simultane stikstofverwijdering gecombineerd met het fosfaat-strippproces.

Beluchtingstank:

Het voorbezonden water stroomt tezamen met het retourslib in de beluchtingstank. De constructie is zodanig dat een omloopsysteem wordt nagebootst. De beluchtingstank is daartoe ingedeeld in een denitrificatiezone en een nitrificatiezone. Door in deze configuratie een hoge recirculatiecapaciteit in te stellen, is een omlooptijd gecreëerd, die vergelijkbaar is met een standaard omloopsysteem met simultane stikstofverwijdering.

- inhoud nitrificatiezone : 4,5 m³
- inhoud denitrificatiezone : 6,7 m³
- totale inhoud beluchtingstank : 11,2 m³
- recirculatiecapaciteit : 20 m³/h.

De beluchting vindt plaats met behulp van twee bellenbeluchtingsschotels en wordt automatisch geregeld op een vooraf ingesteld zuurstof-setpoint.

Nabezinktank/retourslib

Vanuit de nitrificatiezone stroomt het slibwater naar de nabezinktank. Het bezonden slib wordt vanuit de slibzak afgetapt via drie aftappunten.

Het slib wordt met de retourslibpomp naar een verdeelwerk gepompt. Het merendeel van het retourslib wordt naar de denitrificatiezone gebracht. Het resterende gedeelte (10-30%) wordt naar de P-afgiftetank gebracht.

P-afgifte tank

De P-afgiftetank wordt continu geroerd door een mixer. De inhoud van de P-afgiftetank bedraagt 1,6 m³.

Acetaatdosering

In de toevoer van de P-afgiftetank wordt natriumacetaat gedoseerd. De dosering is continu over de dag en vindt plaats in het slibverdeelwerk via een voorraadvat met behulp van een chemicaliënpompje, waarvan de capaciteit 0,001 - 2,1 l/h bedraagt.

Indikker

Na de P-afgiftetank stroomt het slibwater naar de P-indikker waar het P-rijke water (supernatant) van het slib afgescheiden wordt. Het ingedikt slib wordt vervolgens teruggepompt naar de denitrificatiezone van de beluchtingstank. De inhoud van de P-indikker is 8,7 m³, de oppervlakte 4,0 m².

Behandeling van het fosfaat-rijke supernatant vormt geen onderdeel van de proefnemingen.

4.4 Procesinstellingen

Het pilot-plantonderzoek heeft als doel een verificatie van de gekozen uitgangspunten in het systeemkeuzeonderzoek en mogelijk een gedeeltelijke optimalisatie. Dit houdt in dat de procesinstellingen slechts beperkt zijn gevarieerd.

4.4.1 *Straat 1: Bio-Denipho*

Tot.influentaanvoer (werkdagen)	13	m ³ /d	
Tot.influentaanvoer (weekenddagen)	10	m ³ /d	
Retourslibcapaciteit	1,4	m ³ /h	
Duur fase 1 en 3	1,5	h	¹⁾
Duur fase 2 en 4	0,5	h	¹⁾
Zuurstofsetpoints	2,0	mg/l	¹⁾
IJzersulfaatdosering	bij start afwezig; dosering afhankelijk van P-gehalten in effluent		

¹ Dit is de startwaarde. Bijstelling vindt plaats afhankelijk van de gemeten ammonium- en nitraatwaarden in het effluent.

4.4.2 Straat 2: Simultane N-verwijdering + P-strippen

De influentiaanvoer van straat 2 is hoger dan bij Bio-Denipho. Dit komt doordat bij het Bio-Denipho het slib in de anaërobie tank niet meegenomen wordt bij de berekening van de slibbelasting.

Tot.influentiaanvoer (werkdagen)	15	m ³ /d	
Tot.influentiaanvoer (weekenddagen)	12	m ³ /d	
Retourslibcapaciteit	1,5	m ³ /h	
Zuurstofsetpoint	2,0	mg/l	¹⁾
Ret.slib naar by-pass/tot. hoef. ret.slib	15	%	
Verblijftijd P-afgiftetank	7	h	
Acetaat-dosering	20 - 30	mg/g d.s.	²⁾
Verhouding supernatant/ret.slib naar by-pass	60	%	

4.5 Bemonstering en analyse

De toevoer van de proefinstallatie, de effluënten van de beide straten en het supernatant van de P-indikker werden dagelijks volume-proportioneel bemonsterd (van 10.00-09.00 uur). Van vrijdagochtend tot maandagochtend werd een 72-uurs-monster genomen. De slibmonsters uit de beluchtingstanks waren steekmonsters.

De analyses in het voorbezonden water (=toevoer van de proefinstallatie), de beide effluënten en het supernatant werden drie maal per week (vrijdag/maandag, dinsdag/woensdag en donderdag/vrijdag) op het laboratorium van het Zuiveringschap Veluwe uitgevoerd volgens NEN-voorschriften.

Op de locatie werd dagelijks (behalve op zaterdag en zondag) een beperkt analyseprogramma uitgevoerd op de beide effluënten en het supernatant. Dit werd uitgevoerd met behulp van een LASA-aqua-spectrofotometer.

De drogestofbepalingen werden eveneens dagelijks op locatie uitgevoerd. Eén maal per week werd op het laboratorium van het Zuiveringschap Veluwe een uitgebreide slibanalyse uitgevoerd. De bemonsteringsfrequenties en het analyseschema zijn in onderstaand schema weergegeven. Filtratie - ten behoeve van de bepaling P-totaal na filtratie - werd op locatie over zwartbandfilters uitgevoerd.

Voorbezonden water

3x per week: BZV, CZV, N_{xj}, P-totaal, pH, bezinksel (NEN, lab. Veluwe)

Beluchtingstank:

5x per week: droge stof, SVI, temperatuur (ter plaatse)

1x per week: gloeirest, % N-slib, % P-slib (NEN, lab. Veluwe)

¹ Dit is de startwaarde. Bijstelling vindt plaats afhankelijk van de gemeten ammonium- en nitraatwaarden in het effluent.

² Dit is de startwaarde. Bijstelling vindt plaats afhankelijk van de gemeten fosfaat-gehalten in het effluent.

Effluentten

3x per week: BZV, CZV, N_{kj} , NO_3^- , P-totaal, P-totaal na filtratie, zwevende stof (NEN, lab. Veluwe)

5x per week: NH_4^+ -N, NO_3^- -N, ortho-P (LASA-aqua, ter plaatse)

Supernatant P-indikker

5x per week: NH_4^+ -N, NO_3^- -N, ortho-P (LASA-aqua, ter plaatse)

3x per week: NH_4^+ -N, NO_3^- -N, P-totaal na filtratie (NEN, lab. Veluwe)

Bij de bepalingen van ortho-P en P-totaal na filtratie worden vrijwel dezelfde resultaten gevonden. Deze waarden zijn dus vergelijkbaar.

5 RESULTATEN

5.1 Bedrijfsvoering van de proefinstallatie

De proefinstallatie heeft de gedurende de onderzoeksperiode in de beschreven proefopzet gedraaid. Alle resultaten van de gehele onderzoeksperiode kunnen echter niet in de vergelijking tussen de beide systemen worden meegenomen. Dit was het gevolg van de adaptatietijd van het slib en periodiek optreden storingen aan de proefinstallatie. In het onderstaande worden deze perioden nader beschreven.

Adaptatieperiode fase 1: dag 1 - 25

De proefinstallatie is geënt met actief-slib van de RWZI Scherpenzeel. Bij de start was het slib vanzelfsprekend niet geadapteerd aan het afvalwater uit Ede. De gegevens van één slibleeftijd zijn derhalve niet meegenomen in de vergelijking.

Adaptatieperiode fase 2: dag 87 - 110

In fase 2 werd de proefinstallatie gevoed met een mengsel van afvalwater uit Ede en Barneveld (in een verhouding 2:1). Voor de adaptatie aan het afvalwater uit Barneveld is eveneens een periode van één slibleeftijd aangehouden.

Slibuitspoeling: dag 40 - 110

Gedurende de eerste weken werd de effluentkwaliteit nadelig beïnvloed door slibuitspoeling. Bij de optimalisatie van nitrificatie en denitrificatie is regelmatig drijfslagvorming geconstateerd op de nabezinktanks. De nabezinktanks waren in eerste instantie nog niet voorzien van duikschotten, wat tot gevolg had dat slib met het effluent werd uitgespoeld. Op dag 85 is een duikschot aangebracht. De periodes waarin uitspoeling van droge stof optrad, zijn echter wel meegenomen in de afweging van de mate van stikstofverwijdering. Hiervoor is niet het gemeten N_{tot} -gehalte meegenomen, maar een gecorrigeerd N_{tot} -gehalte. Deze waarde wordt bepaald door bij het totaal van de ammonium- en nitraatwaarde 1,5 mg/l op te tellen. Hierbij wordt er van uitgegaan dat bij achterwege blijven van sliboverstort het N_{K} -gehalte in het effluent ongeveer 1,5 mg/l hoger is dan het $\text{NH}_4\text{-N}$ -gehalte.

Storing van de zuurstofregeling: dag 20 - 22; 39 - 40; 74

Uitgegist slib in de toevoer naar de proefinstallatie: dag 60 - 70

In deze periode werkte de slibgisting van de RWZI Ede slecht waardoor veel uitgegist slib in de aanvoerkelder gespuid werd. Dit slib kwam incidenteel ook in de aanvoer van de proefinstallatie terecht, waardoor de processen sterk overbelast raakten.

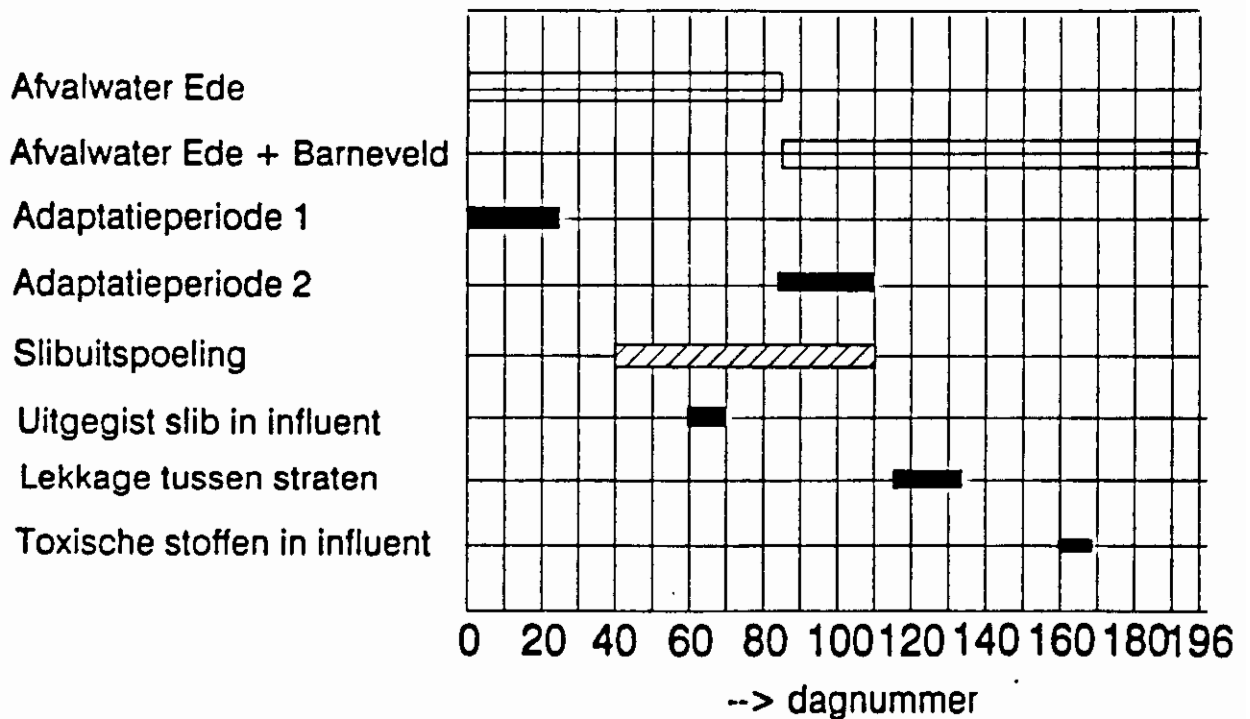
Lekkage tussen de beide straten: dag 116 - 133

In de laatste week van juli en de eerste week van augustus is er lekkage geweest in de wand die de proefinstallatie opdeelt in twee straten. In deze periode van onderlinge beïnvloeding van de beide straten, kunnen de analysegegevens niet meegenomen worden in de vergelijking van de beide systemen.

Toevoer van toxische componenten: dag 161 - 169

Gedurende de periode waarin de proefinstallatie gevoed werd met afvalwater van zowel Ede als Barneveld bevatte het afvalwater enkele malen toxische componenten. Hierdoor werd enkele malen gedurende enige dagen een verminderde nitrificatie waargenomen. In hoeverre rekening moet worden gehouden met een naijlend effect van de toxische lozing is onbekend. Ter voorkoming van nieuwe toxische lozingen, is na bovengenoemde periode dagelijks een nitrificatieremmingstest uitgevoerd met zowel het afvalwater uit Ede als uit Barneveld.

Om een goede vergelijking mogelijk te maken tussen de capaciteiten van de beide processen, is het noodzakelijk de gegevens van de periodes waarin bovengenoemde calamiteiten plaatsvonden, niet in de afweging mee te nemen. De betreffende periodes zijn weergegeven in figuur 4.



dag 1: 19 maart 1990

dag 196: 28 september 1990

Figuur 4. Tijdbalk van de proefnemingen en het optreden van calamiteiten

5.2 Proefnemingen met afvalwater van Ede

De onderzoeksresultaten van de eerste onderzoeksperiode, waarbij de proefinstallatie gevoed werd met afvalwater uit Ede, zijn weergegeven in tabel 3.

Tabel 3: Resultaten van de beide onderzochte systemen bij voeding met afvalwater uit Ede

VOORBEZONKEN WATER		Bio-Denifho	Simultane N-verwijdering + P-strippen
Aanvoerdebiet	[m ³ /d]	12	14
BZV	[mg/l]	175	175
CZV	[mg/l]	550	550
N-kj	[mg/l]	60	60
P-tot	[mg/l]	10	7
ACTIEF SLIB			
D.s. gehalte	[g/l]	4,8	5,2
Gloeirest	[%]	30	28
Slibbelasting [g BZV/g d.s. d]		0,043	0,042
Zuurstofsetpoint - dag	[mg/l]	2,0	2,0
Zuurstofsetpoint - nacht	[mg/l]	2,0	2,0
S.V.I.	[ml/g]	125	130
N-gehalte	[mg/g]	80	69
P-gehalte	[mg/g]	28	28
Temperatuur	[°C]	18,8	19,1
Duur fase 1 en 3 - dag	[h]	1,0	-
Duur fase 1 en 3 - nacht	[h]	1,0	-
Duur fase 2 en 4 - dag	[h]	0,5	-
Duur fase 2 en 4 - nacht	[h]	0,5	-
SLIBSTROMEN			
Q-retourslib	[m ³ /h]	1,4	1,7
Q-bypass/Q-retourslib	[%]	-	15
Q-supernatant/Q-bypass	[%]	-	55
FOSFAAT-APGIFTETANK			
Verblijftijd	[h]	-	7
CHEMICALIENDOSERING			
IJzerdosering	[mol Fe/mol P]	0,00	-
Acetaatdosering	[mg Ac/g d.s.]	-	20
SUPERNATANT P-INDIKKER			
NH ₄ -N	[mg/l]	-	18
NO ₃ -N	[mg/l]	-	0,3
P-ortho	[mg/l]	-	20
EFFLUENT			
BZV	[mg/l]	12	10
CZV	[mg/l]	80	65
N-kj	[mg/l]	4	8
NH ₄ -N	[mg/l]	3	6
NO ₃ -N	[mg/l]	6	7
N-totaal	[mg/l]	10	15
P-tot	[mg/l]	0,9	2,5
P-ortho	[mg/l]	0,4	0,8
Drogestof	[mg/l]	22	48

5.2.1 Stikstof

Wanneer de genoemde storings- en adaptatieperiodes buiten beschouwing worden gelaten, worden in beide straten toch nog incidenteel hoge ammonium- en nitraatgehaltenes in het effluent waargenomen. Bij gelijkblijvende slibbelasting en zuurstofregeling werd van de ene op de andere dag een verhoging van ca. 10 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ in het effluent waargenomen.

De oorzaak van de incidenteel hoge nitraatgehaltenes bij vooral straat 2 moet worden gezocht in de wijze van processturing en de flexibiliteit ervan:

Bij simultane N-verwijdering + P-strippen wordt het proces gestuurd met behulp van één vast zuurstofsetpoint in de nitrificatiezone. Uit de proefnemingen is gebleken dat reeds een geringe verstelling ($\pm 0,2$ mg/l) van het setpoint leidt tot een relatief grote verhoging van het ammoniumgehalte of van het nitraatgehalte in het effluent. In een periode met lage aanvoer en toepassing van een hoog zuurstofsetpoint werd relatief veel zuurstofhoudend water met de recirculatie naar de denitrificatiezone teruggevoerd, waardoor de denitrificatie verstoord werd.

Verlaging van het zuurstofsetpoint had daarentegen tot gevolg dat onvoldoende zuurstof werd ingebracht in de nitrificatiezone gedurende periodes met een verhoogde aanvoer.

Het Bio-Denipho proces heeft daarentegen meerdere sturingsmogelijkheden. Naast twee zuurstofsetpoints, kan het proces ook geoptimaliseerd worden met behulp van de faseninstelling. Daarnaast verschilt de configuratie van het Bio-Denipho ook wezenlijk van de simultane N-verwijdering + P-strippen. De nitrificatie en denitrificatie vinden bij beide processen gescheiden plaats in verschillende ruimtes. Bij de simultane N-verwijdering + P-strippen is er echter een grote onderlinge beïnvloeding als gevolg van de grote recirculatie. De denitrificatie kan bij het Bio-Denipho proces beter verlopen door het ontbreken van een zuurstofhoudende recirculatiestroom.

Op basis van metingen van de nitrificatie- en denitrificatiesnelheden kan worden geconcludeerd dat beide processen in principe aan de gestelde stikstofeis moeten kunnen voldoen. De oorzaak van het niet gedurende een lange aaneengesloten periode voldoen aan de eisen moet dan ook worden gezocht in de processturing.

Uit de meetresultaten kan worden geconcludeerd dat met afvalwater uit Ede bij simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen niet, en bij Bio-Denipho proces wel aan de N-totaal-eis van 10 mg/l kan worden voldaan. Aan de speciaal voor de proefnemingen gestelde eis van 7 mg N-totaal/l kon met geen van beide processen over een langere periode worden voldaan.

5.2.2 Fosfaat

De P-gehaltenes in het effluent werden sterk beïnvloed door uitspoeling van zwevende stof. Een geringe uitspoeling van zwevende stof resulteerde vrij snel in een overschrijding van de gestelde fosfaat-eis. Deze uitspoeling van zwevende stof was niet het gevolg van een te hoge S.V.I., maar werd vooral veroorzaakt door de constructie van de nabezinktank. De gevormde drijfslagen op de nabezinktank werden niet automatisch, maar handmatig verwijderd. De drijfslaag werd incidenteel zodanig dik dat, ondanks de aanwezigheid van een duikschot, zwevende stof met het effluent werd meegevoerd. Zoals eerder

beschreven in hoofdstuk 5.1, is de periode met grote slibuitspoeling buiten beschouwing gelaten.

Bij het Bio-Denipho proces kan worden voldaan aan de gestelde P-eis. Hieruit mag worden geconcludeerd dat het voorbezonden afvalwater van de rwzi Ede geschikt was voor toepassing van biologische defosfatering in de waterlijn. Bij simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen ligt een groot aantal waarnemingen eveneens beneden de gestelde norm. Bij dit proces werden echter regelmatig, zonder dat slibuitspoeling optrad, vrij hoge pieken waargenomen. Deze werden mogelijk veroorzaakt door de incidenteel hoge nitraatgehaltes in het effluent en dus ook in het retourslib. Hierdoor werd de P-afgifte in de fosfaat-afgiftetank bemoeilijkt.

Bij achterwege blijven van slibuitspoeling mag worden verwacht dat bij simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen eveneens een P-totaalgehalte in het effluent van circa 1 mg P/l kan worden behaald.

5.2.3 *Slib*

Slibvolume-index

Voor de beide straten werden gemiddeld over de proefperiode aanvaardbare en vrijwel gelijke waarden gevonden. Bij het Bio-Denipho proces werd een gemiddelde S.V.I. van 125 ml/g waargenomen. Bij de simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen was de S.V.I. gemiddeld 130 ml/g.

De proefinstallatie is opgestart met actief-slib van de RWZI Scherpenzeel, dat relatief veel draadvormende bacteriën bevatte. Bij de aanvang van de proefnemingen was de S.V.I. voor beide straten dan ook vrij hoog: 170 ml/g. Na in eerste instantie een stijging tot 190 - 200 ml/g, daalde de SVI van de beide straten daarna naar 90 - 120 ml/g.

Slibproduktie

De gemeten slibproduktie was voor beide straten gemiddeld erg laag. In de periode van dag 20 - 45 werd zelfs in het geheel geen slib afgetapt. Uitgaande van een slibproduktie van ca. 0,9 g d.s./g BZV zou een slibproduktie van ongeveer 2200 g d.s./d mogen worden verwacht. In werkelijkheid werden gemiddeld over de gehele periode en gecorrigeerd voor de drogestof die met het effluent is meegespoeld de onderstaande waarden gemeten:

Bio-Denipho	- 1.200 g d.s./d
Simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen	- 1.400 g d.s./d

5.2.4 *Vergelijking van de beide processen*

Bij het Bio-Denipho proces werden over het algemeen lagere N-totaalwaarden in het effluent behaald dan bij simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen. Bij Bio-Denipho kon hierdoor wel aan de gestelde eis van 10 mg/l worden voldaan; bij simultane N-verwijdering + P-strippen echter niet.

Bij Bio-Denipho worden de lagere waarden vooral veroorzaakt door de betere sturingsmogelijkheden en het ontbreken van een zuurstofrijke recirculatiestroom, die de denitrificatie remt.

Het afvalwater van Ede lijkt geschikt voor toepassing van biologische defosfatering. Zonder toepassing van aanvullende ijzerdosering werden fosfaatgehaltes bereikt waarmee aan de gestelde eis kon worden voldaan. Bij

Bio-Denipho verliep de defosfatering stabielier dan bij simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen.

5.3 Proefnemingen met afvalwater uit Ede en Barneveld

De onderzoeksresultaten van de eerste onderzoeksperiode, waarbij de proefinstallatie gevoed werd met afvalwater uit Ede en Barneveld, zijn weergegeven in tabel 4.

5.3.1 *Stikstof*

In deze periode werden incidenteel zeer hoge ammoniumgehalten aangetroffen in de effluenten van beide straten. Deze werden veroorzaakt door de aanwezigheid van nitrificatie-remmende componenten in het afvalwater. Dit kon worden aangetoond door het uitvoeren van nitrificatieremmingstesten met het afvalwater uit Ede en Barneveld. Om te voorkomen dat de proefinstallatie, na signalering van deze componenten, nog vaker gevoed zou worden met toxisch afvalwater, is in de laatste weken dagelijks een nitrificatieremmingstest met het betreffende afvalwater uitgevoerd. Hiermee werd vijf maal voorkomen dat nitrificatieremmend afvalwater in de proefinstallatie werd gebracht. In enkele gevallen is aangetoond dat de toxische componenten in het afvalwater uit Barneveld aanwezig waren. Hieruit mag echter niet worden geconcludeerd dat het afvalwater uit Ede geheel vrij is van dergelijke componenten.

Opvallend hierbij is dat wanneer zich toxische componenten in het afvalwater bevonden, de nitrificatie bij het Bio-Denipho proces in sterkere mate werd geremd dan bij de simultane N-verwijdering. Bij aanwezigheid van toxische componenten in het influent, is de concentratie van deze toxische stof op de plaats van invoer in de proefinstallatie hoger bij Bio-Denipho (de anaërobe tank) dan bij simultane N-verwijdering (de denitrificatiezone). De schadelijke effecten van een toxische stof zijn vaak evenredig met de concentratie van de stof. Dit is mogelijk de verklaring voor de verschillen tussen de beide systemen.

In de praktijk zullen de effecten in vergelijking met de proefinstallatie waarschijnlijk geringer zijn. De proefinstallatie werd gedurende 24 uur gevoed met hetzelfde water waarin zich de betreffende toxische stof bevond. In praktijk zal de toxische stof over een kortere periode op de RWZI worden verwerkt en daardoor minder schadelijk kunnen zijn.

Bij de proefnemingen bleek het bij beide straten moeilijk om tegelijkertijd lage ammonium en nitraatgehalten te verkrijgen. Uit een reeks bemonsteringen verspreid over een dag bleek dat aan het eind van de nachtperiode het ammoniumgehalte voor beide straten lager was dan 1 mg/l met tegelijkertijd een hoog nitraatgehalte bij straat 1 (Bio-Denipho, 10 - 15 mg/l) en een zeer hoog nitraatgehalte bij straat 2 (15 - 25 mg/l). In de dagperiode steeg het ammoniumgehalte geleidelijk, terwijl het nitraatgehalte slechts beperkt daalde.

Tabel 4: Resultaten van de beide onderzochte systemen bij voeding met afvalwater uit Ede en Barneveld

VOORBEZONKEN WATER		Bio-Denifro	Simultane N-verwijdering + P-strippen
Aanvoerdebiet	[m ³ /d]	12	14
BZV	[mg/l]	140	140
CZV	[mg/l]	400	400
N-kj	[mg/l]	47	47
P-tot	[mg/l]	7	7
ACTIEF SLIB			
D.s. gehalte	[g/l]	3,7	4,3
Gloeirest	[%]	30	28
Slibbelasting [g BZV/g d.s. d]		0,041	0,040
Zuurstofaetpoint - dag	[mg/l]	2,2	2,0
Zuurstofaetpoint - nacht	[mg/l]	1,8	2,0
S.V.I.	[ml/g]	100	115
N-gehalte	[mg/g]	76	74
P-gehalte	[mg/g]	30	29
Temperatuur	[°C]	20,2	20,7
Duur fase 1 en 3 - dag	[h]	1,0	-
Duur fase 1 en 3 - nacht	[h]	2,0	-
Duur fase 2 en 4 - dag	[h]	0,5	-
Duur fase 2 en 4 - nacht	[h]	0,0	-
SLIBSTROMEN			
Q-retourslib	[m ³ /h]	1,4	1,8
Q-bypass/Q-retourslib	[%]	-	15
Q-supernatant/Q-bypass	[%]	-	60
FOSFAAT-AFGIFTETANK			
Verblijftijd	[h]	-	7
CHEMICALIENDOSERING			
Ijzerdosering [mol Fe/mol P]		0,40	-
Acetaatdosering [mg Ac/g d.s.]		-	20
SUPERNATANT P-INDIKKER			
NH ₄ -N	[mg/l]	-	10
NO ₃ -N	[mg/l]	-	2,8
P-ortho	[mg/l]	-	20
EFFLUENT			
BZV	[mg/l]	3	3
CZV	[mg/l]	36	41
N-kj	[mg/l]	5	6
NH ₄ -N	[mg/l]	4	4
NO ₃ -N	[mg/l]	5	10
N-totaal	[mg/l]	10	16
P-tot	[mg/l]	0,9	2,0
P-ortho	[mg/l]	0,5	1,0
Drogostof	[mg/l]	15	13

Tijdens deze onderzoeksfase werd duidelijk dat één vast zuurstofsetpoint voor de gehele dag (voor beide straten) of een vaste verdeling tussen beluchten en niet beluchten voor de gehele dag (Bio-Denipho) niet goed functioneerde. Voor de nachtperiode moest de zuurstoftoevoer worden gereduceerd om voldoende mogelijkheden voor denitrificatie te scheppen, terwijl voor de dagperiode meer moest worden belucht. Bij simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen werd daarom overdag een zuurstofsetpoint van 2,2 mg/l gehanteerd en 's nachts van 1,4 mg/l. Dit leidde wel tot een verbetering, echter niet zodanig dat kon worden voldaan aan de gestelde eisen. Een verdere verlaging van het zuurstofsetpoint had tot gevolg dat het nitraatgehalte wel verder daalde, maar dat het ammoniumgehalte sterk begon te stijgen.

Voor straat 1 (Bio-Denipho) werden niet alleen verschillende zuurstofsetpoints voor dag en nacht gehanteerd, maar daarnaast werd ook het percentage beluchte tijd voor de nachtperiode aanzienlijk verkort van 70% naar 55% en de cyclusduur verlengd van 3 uur naar 4 uur. De verlenging van de cyclusduur had tot gevolg dat gedurende de onbeluchte periodes één beluchtingstank ook werkelijk zuurstofloos kon worden, waardoor de betere omstandigheden voor denitrificatie konden worden gecreëerd.

5.3.2 Fosfaat

Het effect van voeding met een mengsel van afvalwater uit Barneveld en Ede was dat bij beide straten de fosfaatverwijdering aanzienlijk terugliep. Een conclusie zou derhalve kunnen zijn dat het Barneveldse afvalwater minder geschikt zou zijn voor biologische defosfatering. Het is echter niet aannemelijk dat het Barneveldse afvalwater, wat slecht 1/3 gedeelte van de totale hoeveelheid afvalwater vormde, voor een zodanige verslechtering kan zorgen. Daarom werden er metingen uitgevoerd naar de fosfaatafgiftesnelheid van slib dat gevoed werd met alleen afvalwater uit Barnevelds en met alleen afvalwater uit Ede. Hierbij bleek dat met het afvalwater uit Barneveld zelfs een hogere fosfaatafgiftesnelheid werd verkregen dan met het afvalwater uit Ede. Het is daarom aannemelijk dat het afvalwater uit Barneveld bepaalde - vooralsnog onbekende - componenten bevat, die niet alleen nitrificatie remmen, maar eveneens een negatieve invloed hebben op de biologische defosfatering.

Op dag 152 is aanvullende ijzersulfaatdoserings voor de Bio-Denipho gestart. Voor beide straten werden daarna ortho-P-waarden waargenomen van 0,3 - 1,0 mg P/l. Vanaf dezelfde periode werd ook het influent door middel van een nitrificatieremmingstest gecontroleerd op de aanwezigheid van toxische

componenten, zodat de verbetering bij Bio-Denipho niet uitsluitend toegeschreven kan worden aan de ijzersulfaatdosering.

5.3.3 *Slib*

Slibvolume-index

De gemiddelde S.V.I. lag in deze periode voor beide straten lager dan in de periode, waarbij alleen met afvalwater uit Ede werd gevoed. Dit werd mogelijk veroorzaakt door het relatief hoge aluminiumgehalte in het afvalwater uit Barneveld (zie ook hfdst. 5.4.5). Bij simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen werd gemiddeld 115 ml/g en voor het Bio-Denipho proces 100 ml/g waargenomen. Het verschil tussen beide straten en de verlaging ten opzichte van de voorgaande fase moet mede worden toegeschreven aan het effect van de ijzerdosering bij het Bio-Denipho proces.

Slibproductie

In deze onderzoeksperiode lagen de gemeten slibproducties nog lager dan voor de periode met alleen afvalwater uit Ede. Zoals beschreven in 5.2.3 werd een slibproductie van 2.200 g d.s./d verwacht. In werkelijkheid werd bij het Bio-Denipho proces 900 g d.s./d gemeten. Bij simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen was de gemeten slibproductie 1.200 g d.s./d. Er kon geen duidelijke verklaring gegeven worden voor deze lage gemeten slibproducties.

5.3.4 *Vergelijking van de beide processen*

De zuiveringsresultaten werden neagtief beïnvloed door de aanwezigheid van nitrificatie-remmende stoffen in het influent. Een goede bedrijfsvoering is in praktijk alleen mogelijk wanneer de veroorzaker(s) van de toxische lozing is (zijn) opgespoord. Bij afwezigheid van toxische stoffen worden met straat 1 (Bio-Denipho) lagere N-totaal- en P-totaalwaarden behaald dan bij straat 2 (simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen). De hoge N-totaalwaarden bij straat 2 werden vooral veroorzaakt door een matige denitrificatie.

Bij straat 1 (Bio-Denipho) werden de hoge N-totaalgehalten vooral veroorzaakt door de geremde nitrificatie. De nitrificatie werd eveneens geremd bij straat 2, maar in een veel mindere mate. Straat 1 blijkt dus gevoeliger te zijn voor toxische lozingen.

Bij voeding met afvalwater uit Ede en Barneveld bleek bij het Bio-Denipho proces een aanvullende ijzerdosering wel noodzakelijk.

Bij de interpretatie van de meetgegevens is het onduidelijk in hoeverre er een naijlend effect van de toxische lozingen op de procesvoering is geweest. Na uitvoering van een dagelijkse nitrificatieremmingstest zijn voor beide processen P-totaal gehalten lager dan 1,0 mg/l mogelijk gebleken.

Concluderend kan worden gezegd dat over de beschreven meetperiode bij straat 1 (Bio-Denipho) voor zowel stikstof als fosfaat lagere effluentwaarden mogelijk zijn gebleken dan bij het straat 2. Bio-Denipho kon wel, simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen kon niet aan de gestelde effluentniveaus voldoen. Met beide processen kon echter niet aan de voor deze proefnemingen gestelde N_{totaal} -eis van 7 mg/l worden voldaan.

5.4 Flankerend onderzoek

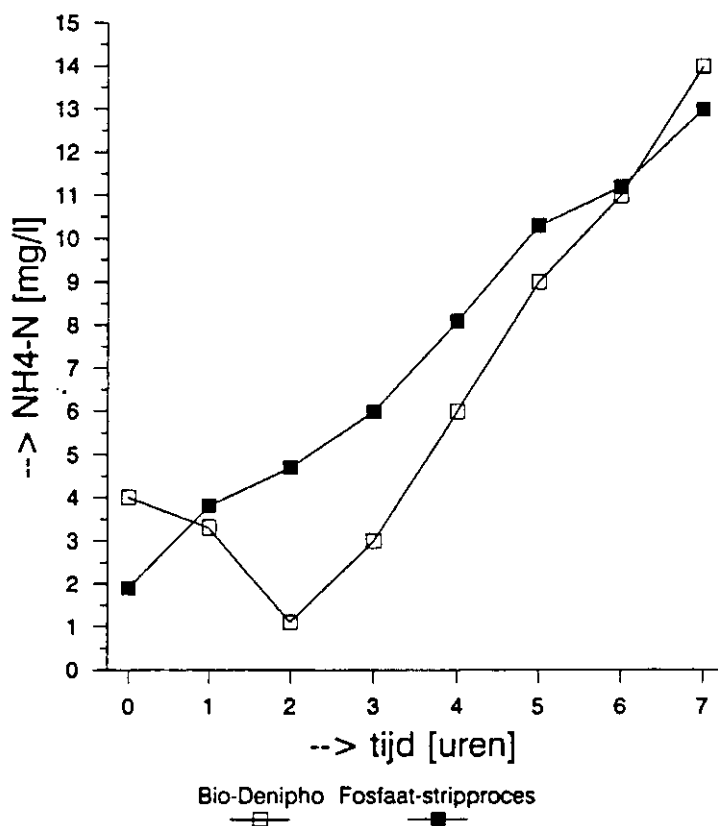
5.4.1 Effect van RWA op de procesvoering

De influentiaanvoer op de proefinstallatie vond gedurende de gehele proefperiode plaats volgens een vast patroon. Met een loop/wachttijdregeling voor de dag en de nacht werd het gemiddelde aanvoerpatroon van de RWZI Ede gevolgd. Om het effect van RWA-aanvoer op de beide processen na te gaan, is vier maal een simulatie van een RWA-aanvoer uitgevoerd. Een RWA-simulatie werd pas uitgevoerd op een moment dat bij beide straten aan de effluenteisen werd voldaan.

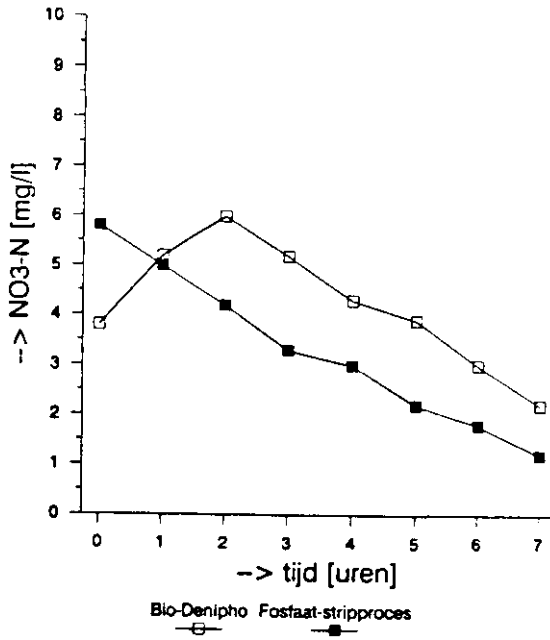
Hiertoe werden onder RWA-omstandigheden de influentiaanvoer en de retour-slibcapaciteit op de proefinstallatie verhoogd tot 2,5 m³/h per straat. De RWA/DWA-verhouding was hierbij 2,5.

Gedurende een periode van ongeveer zeven uur werden het ammonium-, nitraat- en fosfaatgehalte in het effluent van de beide straten gevolgd. Eén serie metingen (RWA-simulatie 1) is weergegeven in de figuren 5 t/m 7. De overige metingen volgden hetzelfde patroon.

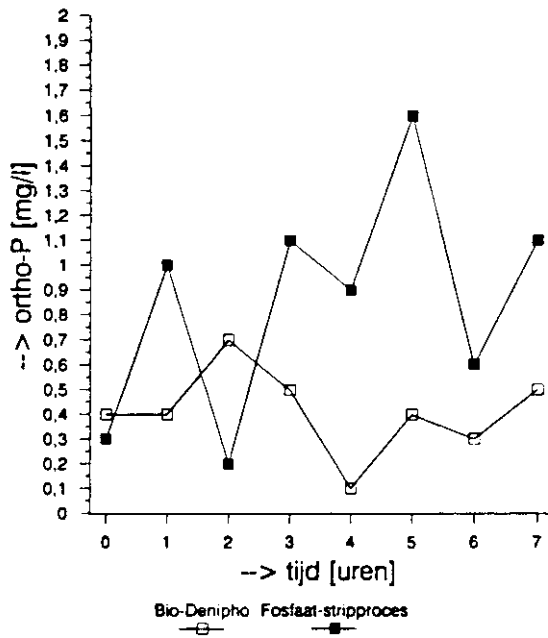
De waarden van de RWA-simulaties 1 t/m 4 zijn weergegeven in de tabellen 5 en 6.



Figuur 5. Ammoniumgehaltes in effluent bij RWA



Figuur 6. Nitraatgehaltenes in effluent bij RWA



Figuur 7. Ortho-fosfaatgehaltenes in effluent bij RWA

Tabel 5. RWA-simulaties 1 en 2 (RWA-1: 4-4-1990; RWA-2: 19-4-1990)

tijd [uur]	RWA-SIMULATIE - 1						RWA-SIMULATIE - 2					
	NH ₄ ⁺ -N [mg/l]		NO ₃ ⁻ -N [mg/l]		PO ₄ ³⁻ -P [mg/l]		NH ₄ ⁺ -N [mg/l]		NO ₃ ⁻ -N [mg/l]		PO ₄ ³⁻ -P [mg/l]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
0	4.0	1.9	3.8	5.8	0.4	0.3	3.3	2.1	7.0	7.0	0.2	0.8
1	2.3	3.8	5.2	5.0	0.4	1.0	3.0	2.2	7.1	6.0	0.5	0.6
2	1.1	4.7	6.0	4.2	0.7	0.2	2.6	2.2	6.9	5.3	0.7	0.4
3	3.0	6.0	5.2	3.3	0.5	1.1	2.7	5.5	6.8	5.0	0.7	0.4
4	6.0	8.1	4.3	3.0	0.1	0.9	4.0	7.0	5.9	4.9	0.7	0.9
5	9.0	10.3	3.9	2.2	0.4	1.6	5.3	7.4	5.2	4.0	0.8	1.2
6	11.0	11.2	3.0	1.8	0.3	0.6	7.0	9.0	4.9	2.7	0.6	1.3
7	14.0	13.0	2.2	1.2	0.5	1.1	8.8	9.9	4.0	2.6	0.7	1.0

B = Bio-Denipho P = simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen

Tabel 6. RWA-simulaties 3 en 4 (RWA-3: 20-8-1990; RWA-4: 20-9-1990)

tijd [uur]	RWA-SIMULATIE - 3						RWA-SIMULATIE - 4					
	NH ₄ ⁺ -N [mg/l]		NO ₃ ⁻ -N [mg/l]		PO ₄ ³⁻ -P [mg/l]		NH ₄ ⁺ -N [mg/l]		NO ₃ ⁻ -N [mg/l]		PO ₄ ³⁻ -P [mg/l]	
	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P	B	P
0	4.8	2.8	4.0	6.3	0.5	0.6	6.2	5.5	2.2	5.0	0.9	0.7
1	2.6	3.8	6.3	5.9	0.7	0.6	6.3	6.0	2.2	5.1	1.0	1.3
2	1.6	4.9	8.2	5.7	0.9	0.2	6.0	6.8	2.0	4.9	1.0	1.1
3	3.6	7.2	6.0	5.0	0.5	1.4	5.8	7.7	2.2	4.7	0.9	0.5
4	5.0	8.8	4.8	4.0	0.2	1.0	6.8	9.1	2.0	4.0	1.0	0.9
5	8.0	9.8	4.2	3.6	0.1	0.6	7.7	10.3	1.9	3.8	0.8	1.4
6	10.6	11.0	4.0	2.8	0.6	1.2	11.0	12.9	2.0	3.5	1.1	1.6
7	12.6	13.8	3.0	2.0	0.2	1.0	13.9	14.9	1.8	3.0	0.8	0.8

B = Bio-Denipho P = simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen

Zoals uit de figuren 5 - 7 blijkt, is straat 1 (Bio-Denipho) minder gevoelig voor RWA dan straat 2 (simultane N-verwijdering + P-strippen). Een kortduurende periode van RWA geeft zelfs bij straat 1 nauwelijks invloed op het stikstofgehalte in het effluent. Het fosfaatgehalte bleef gedurende de gehele RWA-periode bij het Bio-Denipho proces onder de gestelde eis, terwijl bij het simultane N-verwijdering + P-strippen grote fluctuaties optraden.

5.4.2 Fosfaatafgifte in de slibverwerking

Bij de uit te breiden RWZI Ede is de doelstelling zoveel mogelijk bestaande procesonderdelen te handhaven. Eén van de onderdelen die gehandhaafd blijft, is de slibgistingstank. Het effect van de slibverwerking op de fosfaatverwijdering is niet meegenomen in de proefnemingen. De wijze van slibverwerking is met name belangrijk bij toepassing van het Bio-Denipho proces. De verwijderde hoeveelheid fosfaat is gebonden aan het surplusslib en kan mogelijk (gedeeltelijk) in de slibverwerking worden vrijgemaakt en terugkomen in het zuiveringssysteem via interne stromen. Om enige indruk te verkrijgen over de rol van fosfaat in de slibverwerking, zijn enkele oriënterende proeven uitgevoerd in 10-liter-bekerglazen. Hierbij zijn verschillende slibsoorten met elkaar gemengd en is de mate van fosfaat-release bepaald.

Proef 1: - 9,5 liter actief-slib Bio-Denipho + 0,5 liter uitgegist slib
- niet geroerd; niet belucht
- monsternamen na kort roeren

Tabel 7. P-afgifte Bio-Denipho slib en uitgegist slib

tijd [dag]	ortho-P [mg/l]
0	0,1
1	23,3
2	37,2
3	35,5
4	36,9

Drogestofgehalte actief-slib : 3,8 g/l
Fosfaatgehalte actief-slib op t=0 : 32 mg P/g d.s.

Uit het bovenstaande blijkt dat in vier dagen ongeveer 10 mg P/g d.s. vrijkomt uit het spuislib.

- Proef 2:** - 9,5 liter primair slib + 0,5 liter uitgegist slib
 - niet geroerd; niet belucht
 - monstername na kort roeren

Tabel 8. P-afgifte primair slib en uitgegist slib

tijd [dag]	ortho-P [mg/l]
0	10,3
1	12,3
2	11,3
3	10,9
4	12,1

Uit het bovenstaande kan worden opgemaakt dan bij de vergisting van het primair slib geen (na-)levering van fosfaat behoeft te worden verwacht.

- Proef 3:** - 10 liter actief-slib Bio-Denipho
 - niet geroerd; niet belucht
 - monstername na kort roeren

Tabel 9. P-afgifte Bio-Denipho slib

tijd [dag]	ortho-P [mg/l]
0	0,7
1	1,3
2	2,3
1	3,7
3	5,2
4	24,2

Drogestofgehalte actief-slib : 3,0 g/l
 Fosfaatgehalte actief-slib op t=0 : 32 mg P/g d.s.

Uit het bovenstaande blijkt dat het Bio-Denipho-slib onder zuurstofloze omstandigheden en bij afwezigheid van substraat in een periode van enkele uren fosfaat afgeeft. Na een dag is reeds 8 mg P/g d.s. fosfaat afgegeven door het slib. Hieruit kan worden geconcludeerd dat geen gravitatie-indikking moet worden toegepast bij Bio-Denipho, aangezien dan weer fosfaat uit het slib wordt vrijgemaakt. Een snelle manier van indicatie, bijvoorbeeld met centrifuges, is hierbij noodzakelijk.

5.4.3 Bepaling van de alpha-factor

De alpha-factor bij belvenbeluchting is enkele malen bepaald in het effluent van de beide straten. De alpha-factor geeft informatie over de eventuele aanwezigheid van oppervlakte-actieve stoffen in het afvalwater. Hieruit kan weer informatie worden verkregen voor de dimensionering van de beluchttingscapaciteit voor de uit te breiden RWZI.

De volgende waarden werden gemeten:

Tabel 10. Meting van de alpha-factor (bellenbeluchting)

Datum	Bio-Denipho	Simultane N-verwijdering in combinatie met P-strippen
12-6-'90	0,85	0,82
13-6-'90	0,90	0,96

Uit bovenstaande waarnemingen mag worden afgeleid dat het mengsel van afvalwater uit Ede en Barneveld op de meetdagen geen stoffen bevatte, die het zuurstofinbrengvermogen nadelig beïnvloedden.

Deze waarden kunnen niet zonder meer gebruikt worden voor de berekening van het zuurstofinbrengvermogen. De alpha-factor is in de proefopzet bepaald aan de hand van de zuurstofinbreng met belvenbeluchting. Voor de uit te breiden RWZI zal waarschijnlijk oppervlaktebeluchting worden toegepast, waarbij een andere alpha-factor dient te worden gebruikt.

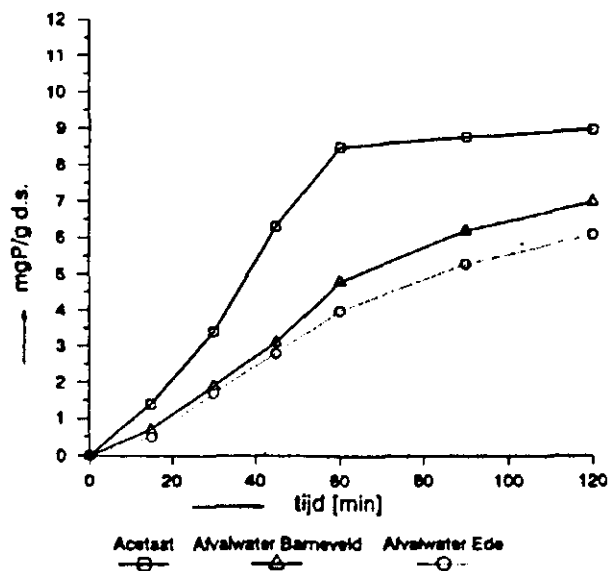
5.4.4 Bepaling van de fosfaatafgiftesnelheden

Als aanvulling op het in de vorige hoofdstukken beschreven onderzoek naar mogelijkheden voor biologische defosfatering met behulp van afvalwater uit Ede en eventueel Barneveld, zijn enkele batch-testen uitgevoerd. In deze testen wordt de fosfaat-afgiftesnelheid van de beide slibsoorten bepaald onder toevoeging van respectievelijk afvalwater uit Ede, afvalwater uit Barneveld en acetaat. Uit deze testen wordt extra informatie verkregen over de geschiktheid van een bepaald soort afvalwater voor biologische defosfatering.

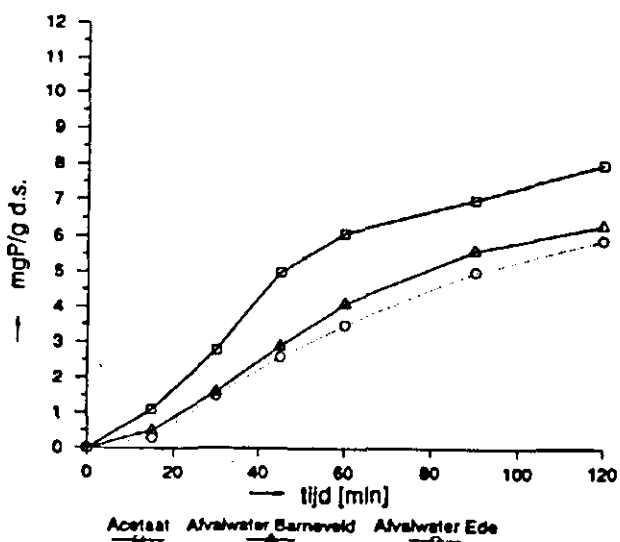
Werkwijze: - test 1: 400 ml voorbezonden afvalwater uit Ede
en 600 ml actief slib
- test 2: 400 ml voorbezonden afvalwater uit Barneveld
en 600 ml actief slib
- test 3: 400 ml acetaat-oplossing en 600 ml actief slib
- continu geroerd

Deze testen zijn gedurende de tweede fase van de proefnemingen vier maal uitgevoerd. De resultaten van de proef van 14-9-1990 zijn weergegeven in de figuren 8 en 9.

Uit deze figuren kan worden geconcludeerd dat afvalwater uit Barneveld op basis van deze metingen beter geschikt is voor biologische defosfatering dan het afvalwater uit Ede. Dit komt niet overeen met de waarnemingen aan de proefinstallatie. Bij voeding met afvalwater uit Ede kon bij het Bio-Denipho proces reeds aan de fosfaat-eis worden voldaan zonder toepassing van aanvullende ijzerdosering, terwijl juist bij voeding met afvalwater uit Ede + Barneveld deze aanvullende dosering wel noodzakelijk was.



Figuur 8. P-afgifte van het slib uit het Bio-Denipho proces



Figuur 9. P-afgifte van het slib uit het proces simultane N-verwijdering in combinatie met fosfaat-strippen

5.4.5 Metalen-gehaltenes in het influent

Ter controle van eventuele 'verborgen' chemische precipitatie van fosfaat als gevolg van de aanwezigheid van metaal-ionen in het influent van beide installaties, zijn drie maal de gehaltenes van enkele metalen bepaald in zowel het influent van Ede als van Barneveld. Ter vergelijking zijn in tabel 11 de gemiddelde gehaltenes weergegeven in het influent van enkele RWZI's van het Hoogheemraadschap van Rijnland.

Tabel 11. Metalen-gehaltenes in influent in mg/l

	Ede	Barneveld	H.H.Rijnland
Aluminium	0,3	7,1	1,5 - 6
IJzer	0,5	3,0	1 - 5
Magnesium	4,6	8,4	8 - 25
Calcium	100	70	70 - 110

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat het afvalwater uit Barneveld in vergelijking met het afvalwater uit Ede een grotere hoeveelheid aluminium, ijzer en magnesium bevat. Slechts het aluminiumgehalte wijkt enigszins af van de beschikbare referentiewaarden. Mogelijk is hierdoor in fase 2 de verlaging van de SVI's veroorzaakt. De extra chemische fosfaatverwijdering als gevolg van de aanwezigheid van de bovengenoemde metalen zal gezien de mengverhouding tussen het afvalwater uit Ede en Barneveld naar alle waarschijnlijkheid beperkt zijn.

5.4.6 Effect van de opslag van het influent

Het afvalwater van Ede en in de tweede fase eveneens het afvalwater uit Barneveld werd één maal per dag in een tank gepompt. De proefinstallatie werd vervolgens gedurende 23 uur per dag met dit water gevoed. Nagegaan is wat het effect van de opslagtijd is geweest op de kwaliteit van het afvalwater. Met name is gekeken naar het effect op de P-afgiftesnelheid. Mogelijk zou in de tank bij hoge omgevingstemperaturen verzuring van het afvalwater kunnen optreden, waardoor de biologische defosfatering zou worden verbeterd.

Dit is als volgt nagegaan:

's Ochtends om 10.00 uur is een vers afvalwatermonster genomen en is vervolgens de P-afgifte bepaald van Bio-Denipho-slib volgens de methode zoals beschreven onder 5.4.4. De proef is vervolgens de volgende dag herhaald met hetzelfde slib maar met afvalwater dat 23 uur in de tank was opgeslagen. De waarnemingen zijn weergegeven in tabel 12.

Tabel 12. P-afgifte bij vers en oud afvalwater

tijd [min]	vers afvalwater PO ₄ -P [mg/l]	afvalwater 23-uur oud PO ₄ -P [mg/l]
0	4,6	4,9
15	8,2	8,4
30	12,0	12,3
45	15,6	16,0
60	19,4	20,0
D.s. slib	3,3 g/l	3,3 g/l
Temperatuur	21,2 °C	

Uit het bovenstaande mag worden geconcludeerd dat het effect van de opslag in de tank verwaarloosbaar klein is.

6 CONCLUSIES

- Bij voeding met alleen afvalwater uit Ede werden bij straat 1 (Bio-Denipho) voor zowel stikstof als fosfaat betere effluentwaarden verkregen dan bij straat 2 (simultane N-verwijdering in combinatie met fosfaat-strippen). Bij het Bio-Denipho proces kon zowel aan een stikstofeis van 10 mg/l als aan een fosfaateis van 1 mg/l worden voldaan. Om te kunnen voldoen aan de fosfaat-eis was hierbij geen aanvullende ijzerdosering noodzakelijk.
Bij straat 2 (simultane N-verwijdering in combinatie met fosfaat-strippen) kon niet aan de gestelde eisen worden voldaan. Bij achterwege blijven van uitspoeling van zwevende stof met het effluent worden P-totaal gehalten lager dan 1 mg/l mogelijk geacht.
- Bij voeding met afvalwater uit Ede en Barneveld werden bij straat 1 (Bio-Denipho) voor zowel stikstof als fosfaat betere effluentwaarden verkregen dan bij straat 2 (simultane N-verwijdering in combinatie met fosfaat-strippen). Bij Bio-Denipho kon aan de stikstofeis van 10 mg/l worden voldaan. Aan de fosfaat-eis kon eveneens worden voldaan; hiervoor was echter wel een aanvullende ijzerdosering noodzakelijk.
Bij simultane N-verwijdering in combinatie met fosfaat-strippen kon wel aan de gestelde fosfaat-eis worden voldaan, echter niet aan de stikstof-eis.
- Bij voeding met afvalwater uit Ede en met afvalwater uit Ede en Barneveld kon bij beide processen niet worden voldaan aan een N-totaal-eis van 7 mg/l.
- De lagere stikstofwaarden in het effluent bij het Bio-Denipho proces zijn het gevolg van de in vergelijking met simultane N-verwijdering in combinatie met fosfaat-strippen uitgebreidere sturingsmogelijkheden en het ontbreken van een zuurstofrijke recirculatiestroom.
- Het afvalwater uit Barneveld is op grond van P-afgiftetests beter geschikt voor biologische defosfatering dan het afvalwater uit Ede.
- Het Bio-Denipho proces ondergaat door de procesvoering een grotere invloed van toxische componenten dan simultane N-verwijdering in combinatie met fosfaat-strippen.
- Bij RWA kon bij het Bio-Denipho proces wèl en bij simultane N-verwijdering in combinatie met fosfaat-strippen niet meer aan de fosfaat-eisen worden voldaan. Bij beide processen werd bij langdurige RWA de stikstofeis overschreden.
- Bij toepassing van het Bio-Denipho proces zal gekozen moeten worden voor een snelle wijze van indikking om teruglevering van fosfaat te voorkomen (bijvoorbeeld indikcentrifuges)