

# FOSFAATTERUGWINNING UIT IJZERARM SLIB VAN RIOOLWATERZUIVERINGS- INRICHTINGEN



RAPPORT

2007  
31

FOSFAATTERUGWINNING UIT IJZERARM SLIB VAN  
RIOOLWATERZUIVERINGSINRICHTINGEN

RAPPORT

2007

31

ISBN 978.90.5773.380.2



stowa@stowa.nl www.stowa.nl  
TEL 030 232 11 99 FAX 030 231 79 80  
Arthur van Schendelstraat 816  
POSTBUS 8090 3503 RB UTRECHT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen bij:  
Hageman Fulfilment POSTBUS 1110, 3330 CC Zwijndrecht,  
TEL **078 623 05 00** FAX 078 623 05 48 EMAIL [info@hageman.nl](mailto:info@hageman.nl)  
onder vermelding van ISBN of STOWA rapportnummer en een afleveradres.

# COLOFON

Utrecht, 2007

UITGAVE STOWA, Utrecht

## PROJECTUITVOERING

ir. B. Geraats, ir. E. Koetse, ir. P.Loeffen; Grontmij B.V.  
ir. B. Reitsma, ir. A. Gaillard; Taw B.V.

## BEGELEIDINGSCOMMISSIE

S. Bouma, Wetterskip Fryslân  
ing. V. Claessen, Waterschap Aa en Maas  
ir. S. Gaastra, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier  
ing. M. Janssen, Waterschap de Dommel  
ir. L. Korving, Slibverwerking Noord Brabant  
ir. A. de Man, Waterschapsbedrijf Limburg  
ing. H. Mollen, Waterschap Brabantse Delta  
ir. H. van der Spoel, Waterschap Rivierenland  
ir. C. Uijterlinde, STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Advies Bureau

STOWA rapportnummer 2007-31  
ISBN 978.90.5773.380.2

# TEN GELEIDE

XXXXX

Utrecht, september 2007  
De directeur van de STOWA,  
Ir. J.M.J. Leenen

# SAMENVATTING

Circa 50% van het zuiveringsslib wordt verbrand. Het in het slib aanwezige fosfaat wordt niet hergebruikt en definitief aan de natuurlijke kringloop onttrokken. De natuurlijke voorraad fosforerts is echter beperkt en zal op termijn niet kunnen voldoen aan de vraag. Kringloopsluiting wordt meer en meer van belang. Fosfaatproducent Thermphos heeft als doelstelling om op termijn circa 20 % van de ingenomen delfstof te vervangen door teruggewonnen fosfaat. In het verleden is reeds onderzoek gedaan aan terugwinning uit de waterlijn bij rwzi's, met wisselend succes.

Uit proeven in 2006 en 2007 van Slibverwerking Noord-Brabant en Thermphos is gebleken dat het technisch goed mogelijk is om ijzerarme slibverbrandingsas in te zetten als grondstof voor de fosforproductie. Terugwinnen bij monoverbranding van zuiveringsslib is daarmee mogelijk wel kansrijk. Hiermee kan tussen de 2 en 3 % van de delfstof van Thermphos worden vervangen door teruggewonnen fosfaat. Bij het opschalen van de proef van 350 ton naar 2.000 ton is de Fe/P molverhouding in het slib met een waarde van 0,24 wel hoger geworden dan de door Thermphos gestelde richtwaarde van 0,2, maar nog ruim onder de uiterste acceptatiegrens van 0,3. Met een strengere selectie van de in aanmerking komende slibstromen, kan de Fe/P verhouding naar verwachting voldoende in de hand worden gehouden. Verwerken van de as bij Thermphos levert een lager tarief op in de slibverwerkingskosten. Dit maakt het voor waterschappen interessant om ijzerarm slib bij SNB/DRSH te laten verwerken.

Deze studie laat zien dat het ijzergehalte in de verbrandingsas en het slib voornamelijk kan worden verklaard door de dosering van ijzerzouten op de rwzi. Slib van rwzi's waar ijzerzouten worden gedoseerd is niet geschikt voor de beoogde verwerking. Geschikt slib is in elk geval afkomstig van rwzi's waar biologische fosfaatverwijdering en chemische verwijdering met aluminiumzouten plaatsvindt. In specifieke locale situaties dient er echter rekening gehouden te worden met verhoging van het ijzergehalte door aanvoer vanuit het rioleringsstelsel. Gezien het feit dat de Fe/P molverhouding van geschikt slib gemiddeld rond de grenswaarde van 0,20 uitkomt, is tevens aandacht voor specifieke locale situaties noodzakelijk om in beeld te krijgen waar het ijzergehalte te ver wordt verhoogd door aanvoer vanuit het rioleringsstelsel. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door een hoog ijzergehalte in het aangevoerde rioolwater, door bronnering, grondwater of ijzer van drinkwaterslib ter bestrijding van geuroverlast en/of corrosie in het stelsel. Hierover zijn op dit moment (te) weinig cijfers beschikbaar.

Deze studie laat zien dat het mogelijk is om tegen lagere kosten fosfaat her te gebruiken door een selectieve verbranding van het ijzerarme slib bij SNB. Het huidige volume aan ijzerarm slib is op dit moment echter nog te laag om een continue productie bij SNB mogelijk te maken. Helaas blijkt dit volume op dit moment ook niet aanwezig in het gecombineerde verzorgingsgebied van SNB en DRSB. Dit volume kan mogelijk wel bereikt worden door op een aantal grote locatie's over te stappen van ijzer op de dosering van aluminium voor fosfaatbinding. Verder zou ook ijzerarm slib van buiten het verzorgingsgebied van SNB en DRSB uitgeruild kunnen worden tegen ijzerrijk slib binnen dit gebied.

Van het bij SNB verwerkte slib voldoet momenteel 20-25 % aan de criteria voor fosfaatterugwinning dit betreft circa 90.000 ton/jr slibkoek (ontwaterd slib), of circa 20.000 ton/jr droge stof. Dit slib heeft een voldoende laag ijzergehalte met een voldoende hoog fosfaatgehalte zodat een as geproduceerd kan worden met een gemiddelde Fe/P molverhouding van kleiner dan 0,2. Een belangrijke voorwaarde is dat dit slib apart behandeld kan worden. Gezien de opzet van de loshallen, mengbunkers en de daaraan gekoppelde verbrandingslijnen kan met een verdubbeling van deze hoeveelheid ijzerarm slib voldaan worden aan voldoende technisch en economisch draagvlak. Inventarisatie van het marktpotentieel van ijzerarm en fosfaatrijk slib is dan ook geconcretiseerd tot de vraag of er in Nederland een potentieel is van minstens 50.000 ton drogestof aan ijzerarm fosfaatrijk slib. Daarnaast is bekeken, gezien de uitruilmogelijkheden, of dit potentieel mogelijk al aanwezig is bij SNB en DRSH. SNB en DRSH verwerken circa de helft van het Nederlandse slib van rwzi's. Het type slib dat bij SNB en DRSH wordt verwerkt, blijkt voldoende representatief te zijn voor de Nederlandse situatie. Binnen DRSH en SNB is de hoeveelheid voor verwerking bij Thermphos geschikt slib berekend op 34.000 ton ds/jr. Voor heel Nederland is circa 68.000 tond ds/jr geschikt slib beschikbaar. Potentieel gezien lijkt er dus genoeg geschikt slib aanwezig. Voor nadere onderbouwing is meer inzicht in de ijzerbalans gericht op specifieke lokale situaties noodzakelijk.

Het vergroten van het volume aan ijzerarm slib is mogelijk door op rwzi's het gebruik van ijzerhoudende hulpstoffen te vervangen door aluminiumhoudende hulpstoffen. Er zijn over het algemeen geen aanpassingen van apparatuur of infrastructuur nodig. Er zijn geen grote nadelen verbonden aan het vervangen van ijzer door aluminium. Het is echter niet mogelijk om bij alle processen in een rwzi ijzer door aluminium te vervangen. Een belangrijk voordeel van aluminium is het positieve effect op de SVI. Een nadeel is dat aluminium niet kan worden toegepast voor sulfidebinding. In dat geval is een aanvullende ijzer(III)dosering noodzakelijk. Ook kan de slibontwatering verslechteren bij het gebruik van aluminium. Kostentechnisch zijn handelsproducten van aluminium duurder dan ijzerproducten. Daar staat echter tegenover dat er veel aluminiumrestproducten beschikbaar zijn die aanzienlijk goedkoper zijn dan handelsproducten op ijzerbasis en die wel overal voor de fosfaatfixatie inzetbaar zijn. Een belangrijke voorwaarde hiervoor is dat er lokaal voldoende aluminiumrestproducten van goede kwaliteit beschikbaar zijn. Verder worden de extra kosten deels gecompenseerd door een lager tarief voor de verwerking van het zuiveringsslib. Dit lagere tarief ontstaat door een goedkopere afzet van de as die overblijft na het verbranden van het slib.

Geconcludeerd is dat de gesignaleerde toekomstige trends de kansrijkheid van de toepassing van de beoogde terugwinning van ijzerarm slib vergroten. De belangrijkste trends zijn als volgt. Op middellange en lange termijn worden geen significante veranderingen verwacht betreffende de (fosfaat)belasting van rwzi's en de productie van zuiveringsslib. Vanwege de wens van veel waterbeheerders voor een duurzamere bedrijfsvoering kan een tendens worden waargenomen om vaker bio-P verwijdering toe te passen en zodoende het chemicaliënverbruik te verminderen. Tevens wordt aan biologische fosfaatverwijdering een gunstige invloed op de totale slibketen (verlaging energieverbruik en slibeindverwerkingskosten) toegerekend. Op grond van deze trend mag dus een toename van het volume aan ijzerarm slib verwacht worden. Ondermeer onder invloed van de Kaderrichtlijn Water, worden wel strengere effluenteisen voor fosfaat verwacht. Dit resulteert voor een belangrijk deel in additionele P-verwijdering met nageschakelde technieken zoals zandfilters. Las gevolg hiervan zal het P-gehalte in het slib licht stijgen. Een onzekere factor hierin is de toepassing van ijzerzouten voor additionele P-verwijdering met nageschakelde technieken.

In deze studie is verder onderzocht of het zinvol kan zijn om fosfaatrijke precipitaten uit de waterlijn mee te verbranden bij SNB bij de productie van ijzerarme as. Hierdoor kan het fosfaatgehalte van de as verhoogd worden zodat de toepassing bij Thermphos interessanter wordt. Deze studie laat echter zien dat de aparte inzameling van fosfaatprecipitaten uit de waterlijn niet opweegt tegen de opbrengsten van fosfaatterugwinning uit het slib via de SNB-route. Uiteindelijk zijn er altijd kosten verbonden aan terugwinning uit de waterlijn, omdat een investering voor een aparte precipitatie en afscheidingsinstallatie noodzakelijk is. In het beste geval zijn de kosten gelijk aan de opbrengsten. Als fosfaat door de productie van ijzerarme as toch al teruggewonnen wordt uit het slib via SNB, wat in veel gevallen financieel voordeel oplevert, is fosfaat terugwinning uit de waterlijn minder interessant. Er zijn echter situaties denkbaar dat er toch geïnvesteerd moet worden in aanvullende maatregelen om fosfaat te verwijderen. In dat geval kan het nog steeds lonend zijn om fosfaat apart in de waterlijn af te vangen en samen met het overige slib of apart (indien bij een andere slibverwerker wordt afgezet) af te voeren naar SNB.

Indien 50 % van de verwerkingscapaciteit van SNB wordt benut voor ijzerarm slib kan circa 2 en 3 % van de delfstof van Thermphos worden vervangen door teruggewonnen fosfaat. Hiermee wordt een aanzienlijke bijdrage geleverd aan de doelstelling van Thermphos om op termijn circa 20 procent van de ingenomen delfstof te vervangen door teruggewonnen fosfaat. Om de kansen voor fosfaatterugwinning nog verder te vergroten wordt aanbevolen landelijk bekendheid te geven aan de resultaten van het onderzoek. Daarnaast wordt aanbevolen om verder in detail onderzoek te doen naar het verkrijgen/uitruilen van de juiste ijzerarme slibben. Waarbij het tevens gewenst is om meer ijzeranalyses in slib en influent van specifieke rwzi's uit te voeren zodat meer inzicht in de ijzerbalans ontstaat. Ontbrekende kennis op dit moment is de landelijke beschikbaarheid van aluminiumrest-producten van goede kwaliteit en de risico's van eventuele verontreinigingen. Ook de effectiviteit van aluminium ten opzichte van ijzer (benodigde doseerverhouding) is onbekend. Daarnaast kan het gebruik van drinkwaterslib in de sliblijn van rwzi's ter discussie komen te staan. Van groot belang is ook een ruimer inzicht in de (onbekende) ijzerbronnen in het rioleringsstelsel. Om de hoeveelheid geschikt slib voor Thermphos te vergroten is een strenge selectie van aangevoerde ijzerarme vrachten noodzakelijk om te voorkomen dat de Fe/P molverhouding te veel oploopt. Dit kan onder andere gedaan worden door scheiding van slibstromen bij centrale slibontwateringen en de ijzerarme en ijzerrijke slibstromen apart te ontwateren.

Door bekendheid te geven aan deze mogelijkheid voor fosfaathergebruik ontstaat misschien ook buiten het verzorgingsgebied van SNB en DRSH interesse voor deze manier voor fosfaathergebruik zodat uiteindelijk zo veel mogelijk fosfaat in Nederland kan worden hergebruikt.

# DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n zes miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 030 -2321199.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 8090, 3503 RB Utrecht.

Email: [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl).

Website: [www.stowa.nl](http://www.stowa.nl)





# FOSFAATTERUGWINNING UIT IJZERARM SLIB VAN RIOOLWATERZUIVERINGS- INRICHTINGEN

## INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	SUMMARY	
	STOWA IN BRIEF	
<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Doelstelling	2
1.3	Projectaanpak en Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>PRAKTIJKPROEF PRODUCTIE IJZERARM SLIBAS DOOR SNB</b>	<b>3</b>
2.1	Inleiding	3
2.2	Procesbeschrijvingen	3
2.2.1	Slibverwerking Noord-Brabant	3
2.2.2	Thermphos	4
2.3	Productie en verwerking van ijzerarme as-principe	4
2.4	Resultaten proefproductie fase 1	6
2.5	Resultaten proefproductie fase 2	7
2.6	Conclusies	10
<b>3</b>	<b>VERVANGEN VAN IJZERDOSERING DOOR ALUMINIUMDOSERING</b>	<b>11</b>
3.1	Inleiding	11
3.2	De (on)mogelijkheden van omschakeling van ijzer naar aluminium	11
3.3	Gevolgen van omschakeling van ijzer naar aluminium	12
3.3.1	Inleiding	12
3.3.2	Gangbare ijzer- en aluminiumhoudende chemicaliën	12
3.3.3	Voor- en nadelen van omschakeling	13
3.3.4	Aanpassingen doseerapparatuur	14
3.3.5	Milieueffecten aluminium	14

<b>3.4</b>	Case studies rwzi's Dongemond en Deventer	15
3.4.1	Inleiding	15
3.4.2	Case studie 1: rwzi Dongemond (volledig chemisch)	15
3.4.3	Case studie 2: rwzi Deventer (biologisch met aanvullend chemisch)	16
3.4.4	Kostenoverzicht case studies	17
<b>3.5</b>	Conclusies	18
<b>4</b>	<b>INVENTARISATIE MARKTPOTENTIEEL</b>	20
<b>4.1</b>	Inleiding	20
<b>4.2</b>	Landelijk gemiddeld beeld	20
4.2.1	Aandeel per type fosfaatverwijdering	20
4.2.2	Gemiddeld fosfaatgehalte in slib	23
4.2.3	Bronnen van ijzer	23
4.2.4	Toename ijzergehalte door ijzerdosering	24
4.2.5	Marktpotentie ijzerarm slib in Nederland	24
<b>4.3</b>	Slib van SNB en DRSH	25
<b>4.4</b>	Karakterisering	26
4.4.1	Inleiding	26
4.4.2	Aandeel type fosfaatverwijdering	26
4.4.3	Fosfor- en ijzergehalte	27
<b>4.5</b>	Marktpotentie	29
<b>5</b>	<b>TOEKOMSTIGE TRENDS</b>	31
<b>6</b>	<b>FOSFAATTERUGWINNING VIA PRECIPITATEN UIT DEELSTROMEN</b>	33
<b>6.1</b>	Inleiding	33
<b>6.2</b>	Mogelijke fosfaatrijke deelstromen op rwzi's	33
<b>6.3</b>	Samenvatting recente ervaringen rwzi Deventer en Almere	35
6.3.1	Inleiding	35
6.3.2	Rwzi Deventer	35
6.3.3	Rwzi Almere	35
<b>6.4</b>	Kostenindicatie separate fosfaatprecipitatie	36
<b>6.5</b>	Conclusies	37
<b>7</b>	<b>DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN</b>	38
<b>7.1</b>	Discussie	38
<b>7.2</b>	Conclusies	40
<b>7.3</b>	Aanbevelingen	41
<b>8</b>	<b>REFERENTIES</b>	42
	<b>BIJLAGEN</b>	
1	Case studie 1: rwzi Dongemond (volledig chemisch)	43
2	Case studie 2: rwzi Deventer (biologisch met aanvullend chemisch)	49
3	Resultaten proefnemingen fosfaatterugwinning uit waterige deelstromen rwzi's Deventer en Almere	55
4	Kostenindicatie separate fosfaatprecipitatie	59
5	Overzicht met specificatie en kosten chemicaliën	64
6	Overzicht Waterschappen als klant van DRSH en SNB	65
7	Gegevens en berekeningen per rwzi	66
8	Slib- en as-analyses DRSH en SNB	70

# 1

## INLEIDING

### 1.1 ACHTERGROND

Tot eind jaren tachtig werd zuiveringsslib met daarin een groot deel van de met het afvalwater aangevoerde fosfaatvrucht direct aangewend voor bemesting van landbouwgronden. Door het aanscherpen van de normen voor zware metalen is dit niet meer mogelijk. Het meeste zuiveringsslib wordt inmiddels verbrand, waarmee het fosfaat definitief aan de natuurlijke kringloop wordt onttrokken. Het resultaat is dat er een zwaarder beroep wordt gedaan op de natuurlijke voorraad fosforeerts. Deze wereldvoorraad is echter beperkt en zal op termijn niet kunnen voldoen aan de vraag. Kringloopsluiting wordt meer en meer van belang. Fosfaatproducent Thermphos heeft als doelstelling om op termijn circa 20 % van de ingenomen delfstof te vervangen door teruggewonnen fosfaat.

Zuiveringsslib kan dus niet meer rechtstreeks als meststof worden toegepast, maar stedelijk afvalwater en/of zuiveringsslib kan wel dienen als bron voor terugwinning van fosfaat. Hiernaar is in het verleden reeds veel onderzoek gedaan en met wisselend succes wordt door middel van diverse technieken fosfor teruggewonnen. Problemen die men hierbij tegenkomt, zijn te veel verontreiniging in het gevormde fosfaatprecipitaat, een te laag fosforgehalte, te nat precipitaat en tenslotte de hoge kosten.

In de STOWA rapporten 2005-01 en 2006-25 worden de resultaten van lab en praktijkonderzoek beschreven naar fosfaatterugwinning uit stripperwater uit de anaërobe tank van de BCFS® rwzi Deventer. Hierbij is gekeken naar neerslagproducten die ontstaan door toevoeging van calciumhydroxide, aluminiumchloride en magnesiumoxide (2005-01) en op praktijkschaal (2006-25) de terugwinning met behulp van verschillende aluminiumproducten. Onder continue condities bleek echter dat het stripperwater vaak te veel zwevende stof bevatte. Hierdoor hadden de precipitaten een te hoog gehalte aan organisch koolstof om terugwinning door Thermphos interessant te maken.

Als aanbeveling van onderzoek naar fosfaatterugwinning op de rwzi Deventer (STOWA rapport 2006-25) is aangegeven dat het verbranden van ijzerarm zuiveringsslib bij SNB en het eventueel toevoegen van de fosfaat-precipitaten wellicht meer mogelijkheden bieden om fosfaat uit de vliegassen terug te winnen. Deze aanbeveling sloot aan bij een initiatief die SNB en Thermphos op dat moment gestart waren om fosfaatrecycling door de productie van ijzerarme slibverbrandingsgas te onderzoeken. Via deze route is het in principe mogelijk om op eenvoudige wijze grote hoeveelheden fosfaat her te gebruiken tegen lagere kosten voor de slibketen. Een aandachtspunt is daarbij echter de beschikbaarheid van ijzerarm en fosfaatrijk slib en de mogelijkheden om deze beschikbaarheid te vergroten. In dit rapport wordt hier verder op in gegaan.

## **1.2 DOELSTELLING**

Het doel van het onderzoek is om de marktechnische potentie van fosfaatterugwinning uit verbrandingsas te verkennen zodat een bestuurlijk besluit over de toekomstige richting betreffende fosfaatterugwinning uit verbrandingsas mogelijk is.

## **1.3 PROJECTAANPAK EN LEESWIJZER**

Hoofdstuk 2 bevat de resultaten van de praktijkproef van SNB en Thermphos. In hoofdstuk 3 wordt beschreven wat de mogelijkheden zijn om ijzer te vervangen door aluminium, zodat in principe meer slib in aanmerking komt om te worden hergebruikt. In hoofdstuk 4 wordt bekeken hoe groot het marktpotentieel in Nederland is aan geschikt slib (bio-fosfaat slib en slib met aluminium). In hoofdstuk 5 worden de toekomstige trends met betrekking tot biologische fosfaatverwijdering beschreven. Daarna wordt in hoofdstuk 6 beschreven in hoeverre het nog interessant is om apart fosfaat uit de waterlijn te precipiteren en toe te voegen aan het ijzerarme slib dat door SNB en Thermphos kan worden verwerkt. In hoofdstuk 7 tenslotte worden de discussie, conclusies en aanbevelingen beschreven.

# 2

## PRAKTIJKPROEF PRODUCTIE IJZERARM SLIBAS DOOR SNB

### 2.1 INLEIDING

In 2006 en 2007 zijn er door Slibverwerking Noord-Brabant (SNB) en Thermphos twee proeven uitgevoerd om te onderzoeken of het mogelijk is om slibverbrandingsas in te zetten als grondstof voor de fosforproductie. Een belangrijke voorwaarde hiervoor is de productie van een as door SNB met een voldoende laag ijzergehalte en relatief hoog fosforgehalte. De as is geschikt voor Thermphos indien de gemiddelde molverhouding Fe/P 0,2 is met een uiterste acceptatiegrens van 0,3.

Voor de praktijkproeven is een gefaseerde aanpak gekozen waarbij eerst in januari en februari 2006 een beperkte hoeveelheid van 350 ton ijzerarme as is gemaakt en verwerkt door Thermphos. Na een succesvolle afronding van deze eerste fase is de proef opgeschaald waarbij SNB in een periode van november 2006 tot maart 2007 in totaal 2.000 ton ijzerarme as heeft geproduceerd. Deze as is continu door Thermphos in haar productieproces verwerkt.

In paragraaf 2.2 staat een korte procesbeschrijving van SNB en Thermphos. In paragraaf 2.3 wordt het principe van de productie en de verwerking van ijzerarme as toegelicht. In paragraaf 2.4 worden de resultaten van fase 1 van de proef beschreven, de productie en verwerking van 350 ton ijzerarme as. In paragraaf 2.5 worden de resultaten van fase 2 van de proef beschreven, productie en verwerking van 2.000 ton ijzerarme as. In paragraaf 2.6 staan de algemene conclusies.

### 2.2 PROCESBESCHRIJVINGEN

#### 2.2.1 SLIBVERWERKING NOORD-BRABANT

SNB verwerkt het zuiveringsslib in vier identieke verbrandingslijnen. Jaarlijks verwerkt SNB circa 400.000 ton slibkoek hetgeen ongeveer overeenkomt met circa 27% van de totale slibproductie in Nederland. Het slib wordt door de waterschappen zo ver als mogelijk mechanisch ontwaterd en dan per vrachtwagen naar SNB afgevoerd. Het slib wordt bij SNB verzameld in grote slibbunkers en vanuit de slibbunkers wordt het slib met behulp van kranen gevoed aan de vier verbrandingslijnen.

Deze verbrandingslijnen hebben allen een identiek ontwerp en capaciteit en zijn in 1997 in gebruik genomen. In een verbrandingslijn wordt het slib eerst voorgedroogd tot een droge stof gehalte van 36-40% droge stof. Het gedroogde slib wordt vervolgens verbrand in een wervelbedoven. Dankzij de voordroging vindt deze verbranding autotherm plaats. De energie die vrij komt bij de verbranding wordt teruggewonnen in de vorm van stoom en deze stoom

wordt weer ingezet voor de voordroging. De rookgassen die de stoomketel verlaten worden in een uitgebreide rookgasbehandeling gereinigd en vervolgens uitgestoten. Sinds 2004 wordt een deel van de rookgassen afgezogen en vanwege het CO<sub>2</sub>-gehalte ingezet voor de productie van calciumcarbonaat. De gloeirest van het slib komt bij de verbranding vrij als vlieggas die voor één derde afgevangen wordt in de stoomketel en voor twee derde in het elektrofilter in de rookgasreiniging. Jaarlijks produceert SNB 36.000 ton vlieggas.

### 2.2.2 THERMPHOS

Thermphos produceert fosfor uit fosfaaterts met behulp van een thermisch proces. Jaarlijks wordt circa 600.000 ton erts verwerkt met een gemiddeld gehalte van 15% fosfor. Thermphos maakt met behulp van een granulatie- en sinterproces eerst pellets van het erts. In een tweede stap wordt het erts onder toevoeging van cokes en grind in drie elektrothermische ovens omgezet in gasvormige fosfor. Het fosfor wordt na reiniging in elektrofilters met behulp van water gecondenseerd en vervolgens vloeibaar afgetapt. Het fosfor wordt als zodanig verkocht of door Thermphos verder verwerkt tot andere fosforhoudende basisproducten (zoals bijvoorbeeld fosforzuur). Belangrijke bijproducten van dit proces zijn koolmonoxide, fosforslak en ferrofosfor. Het koolmonoxide wordt als brandstof gebruikt in de processen van Thermphos en in de naburige kolencentrale. Fosforslak ontstaat onderin in de oven en wordt verkocht als funderingsmateriaal in de weg- en waterbouw. Ferrofosfor ontstaat ook onderin de oven en wordt gebruikt bij de productie van speciale staallegeringen.

## 2.3 PRODUCTIE EN VERWERKING VAN IJZERARME AS-PRINCIPE

De as die overblijft bij de verbranding van regulier zuiveringsslib bevat een relatief hoog fosforgehalte van gemiddeld 8,5% P en is daarom interessant als grondstof voor het productieproces van Thermphos. Een bijkomend voordeel is dat circa 27% van de as bestaat uit siliciumoxide hetgeen chemisch gezien overeenkomt met het grind dat Thermphos tegelijk met de erts toevoegt aan haar proces. Het gehalte aan siliciumoxide in de as kan daarom bij de berekening van het fosfaat-gehalte buiten beschouwing worden gelaten. De as zonder siliciumoxide bevat circa 11-12% P zodat het fosfaatgehalte van de as in de buurt komt van het fosfaatgehalte van normale erts (circa 15% P).

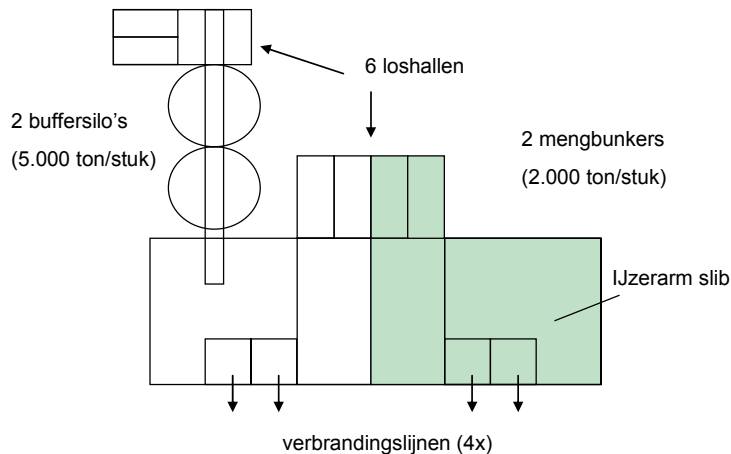
Een probleem bij de verwerking van de as is echter het ijzergehalte. Gemiddeld bevat de as van SNB 9-10% ijzer hetgeen betekent dat gemiddeld voor elke mol fosfor 0,6-0,65 mol ijzer in de as aanwezig is. In het proces van Thermphos reageert de ijzer in de as tot het bijproduct ferrofosfor. Een te hoog ijzergehalte zorgt voor een daling van het rendement van de omzetting naar fosfor en tot een toename van het bijproduct ferrofosfor en is daarom ongewenst. Normaal gesproken stelt Thermphos daarom als eis dat er niet meer dan 1% ijzer in secundaire fosforgrondstoffen aanwezig mag zijn. Deze eis is echter van verschillende factoren afhankelijk (waaronder fosfaatgehalte, volume) en voor deze specifieke toepassing is door Thermphos gesteld dat as met een gemiddeld ijzergehalte van circa 0,2 mol ijzer per mol fosfor door hen te verwerken is. Bij een hogere verhouding neemt de economische haalbaarheid van de inzet bij Thermphos snel af. De uiterste acceptatiegrens is 0,3 mol ijzer per mol fosfor.

Omdat de as van SNB gemiddeld een veel hoger ijzergehalte bevat is onderzocht of er slibstromen zijn waarbij het ijzergehalte voldoende laag is om een gemiddelde Fe/P molverhouding van 0,2 in de as te bereiken. Gegevens over de slibkwaliteit van de verschillende stromen laten zien dat deze molverhouding sterk varieert vanaf 0,1-0,3 voor slibben afkomstig van proces-

sen met biologische fosfaatverwijdering en precipitatie met aluminium tot circa 1,6 voor slibben waarbij alleen ijzerzouten worden gebruikt voor de precipitatie van fosfaat. Op dit moment bevat ongeveer 20-25% van de slibaanvoer van SNB een voldoende laag ijzergehalte om een as te produceren met een gemiddelde Fe/P verhouding van 0,2. Een voorwaarde is dan wel dat deze slibstromen apart kunnen worden verbrand. Dankzij een uitbreiding van haar opslagcapaciteit van haar slibbunkers in 2005 is SNB in staat om een dergelijke scheiding van slibstromen te realiseren. Figuur 1 geeft de layout van de slibbunkers bij SNB weer.

FIGUUR 1

INDELING SLIBBUNKERS SNB (BOVENAANZICHT)



De opbouw van de bunkers is in principe symmetrisch waarbij er vier loshallen beschikbaar zijn voor het lossen van het slib. Dit slib wordt opgevangen in twee stortbunkers en vandaar per kraan overgeschept in twee mengbunkers die elk een opslagcapaciteit van 2.000 ton hebben. Vanuit deze mengbunkers kan het slib gevoed worden aan de storttrechters van de verbrandingslijnen. Sinds 2005 beschikt SNB ook over twee buffersilo's met een totale opslagcapaciteit van 10.000 ton waarin het slib gebufferd kan worden om seizoensvariatie's op te vangen. Deze buffersilo's worden gevoed vanuit twee extra loshallen en vanuit de silo's kan het slib overgeschept worden naar een mengbunker.

Voor de scheiding van de slibstromen zijn twee loshallen, een stortbunker en een mengbunker gereserveerd voor de ontvangst van het ijzerarme slib. Omdat het ijzerarme slib minder dan 25% van de aanvoer vertegenwoordigt, betekent dit dat de nieuwe loshallen van de slibbuffer ook gebruikt worden voor de ontvangst van het reguliere slib. Hierdoor wordt het bufferend vermogen van de mengbunkers beperkt zodat meer gebruik gemaakt wordt van de slibbuffers. Om deze reden is de productie van de ijzerarme as voor de in paragraaf 2.4 en 2.5 beschreven tests steeds in de winterperiode uitgevoerd, omdat in deze tijd van het jaar de buffersilo's relatief leeg zijn waardoor meer "speelruimte" beschikbaar is om de slibstromen te scheiden.

De scheiding van de slibstromen wordt gerealiseerd bij de weegbrug. In de software van de weegbrug is een steekproeffunctie opgenomen waarbij bij bepaalde slibstromen de weging wordt onderbroken om gelegenheid te bieden om een monster te nemen. Deze steekproeffunctie is gebruikt om de ijzerarme slibstromen tegen te houden bij de weegbrug. Als dit gebeurt wordt de chauffeur vanuit de controlekamer toestemming gegeven om het slib te lossen in de loshallen die gereserveerd zijn voor de ontvangst van het ijzerarme slib. Als extra voorzorg worden deze hallen steeds zo veel mogelijk op slot gehouden.



De verbranding van het slib vindt vrijwel continu plaats op één van de vier verbrandingslijnen en de as van deze lijn wordt apart opgevangen in één van de twee assilo's. Dit betekent wel dat de andere assilo relatief zwaar belast wordt met circa 75% van de normale asproductie. De capaciteit van deze silo blijkt in de praktijk juist voldoende om bij een dergelijke belasting een weekeinde te overbruggen.

Vanuit de assilo wordt de ijzerarme as geladen in silowagens en getransporteerd naar Thermphos. Bij Thermphos wordt de as wederom in een silo ontvangen en vanaf deze silo continu opgemengd met de verse erts die toegevoerd wordt aan de pelletiseringsschotels in de sinterfabriek. Hierdoor wordt de as homogeen opgemengd met de fosfaaterts en vervolgt verder de normale route van het erts.

## 2.4 RESULTATEN PROEFPRODUCTIE FASE 1

In januari 2006 heeft SNB in totaal ongeveer 8.700 ton ijzerarm slib apart gehouden in haar slibbunkers voor de productie van ijzerarme as. Naar schatting is circa 6.000 ton hiervan daadwerkelijk gebruikt voor de productie van 350 ton ijzerarme as. Het restant is gebruikt om in de aanloop naar de proef de slibbunker door te spoelen met ijzerarm slib om zeker te zijn dat er vrijwel geen ijzerrijk slib meer in deze bunker aanwezig was. Voor de duur van de proef is een tijdelijke afspraak gemaakt met slibverbrander DRSH waarbij ook een viertal ijzerarme slibstromen uit het verzorgingsgebied van DRSH naar SNB zijn omgeleid. In de periode van de proef vertegenwoordigde de aanvoer van ijzerarm slib 25% van de totale slibaanvoer.

Tabel 1 geeft een overzicht van de slibstromen die ingezet zijn voor deze proefproductie en de kwaliteit van deze slibstroom. De tabel laat zien dat met dit mengsel van slibstromen theoretisch een as te maken is met een gemiddelde Fe/P verhouding van 0,2. Er zijn een aantal slibstromen met een hogere verhouding die echter worden gecompenseerd door slibstromen met een lagere verhouding. Deze slibstromen zijn nodig om een voldoende groot volume te genereren voor de proef.

De in tabel 1 weergegeven slibhoeveelheid is in een periode van vier weken in januari 2006 apart verbrand en de as apart opgevangen. De as is bij deze proef tijdelijk opgeslagen in een silo in Zwijndrecht en daarna versneld naar Thermphos afgevoerd. Visueel had de ijzerarme as een duidelijk andere kleur door het lagere ijzergehalte getuige ook figuur 2.

TABEL 1 HERKOMST EN HOEVEELHEID SLIBSTROMEN BIJ PROEF FASE 1 (JANUARI EN FEBRUARI 2006)

Locatie	Waterkwaliteitsbeheerder	Volume ton slibkoek	P g/kg ds	Fe g/kg ds	Fe/P mol/mol
Dinther (SNB)	Waterschap Aa en Maas	2.556	40	11	0,15
Oijen (SNB)	Waterschap Aa en Maas	351	19	13	0,37
Mierlo (SNB)	Waterschap De Dommel	2.042	33	13	0,22
Tilburg-N (SNB)	Waterschap De Dommel	1.839	29	13	0,25
Veenendaal (SNB)	Waterschap Vallei en Eem	476	36	19	0,29
Gouda (DRSH)	Hoogheemraadschap van Rijnland	534	36	9	0,14
Bodegraven (DRSH)	Hoogheemraadschap van Rijnland	353	28	11	0,22
Hellevoetsluis (DRSH)	Waterschap Hollandse Delta	482	33	14	0,23
Vianen (DRSH)	Waterschap Rivierenland	226	33	9	0,15
Totaal		8.860	34	12	0,21

FIGUUR 2

KLEURVERSCHIL TUSSEN IJZERARME AS (LINKS) EN NORMALE AS (RECHTS)



De gemiddelde kwaliteit van de as staat weergegeven in tabel 2.

Tabel 2 laat zien dat het gemiddelde ijzergehalte in de as duidelijk lager is en het gemiddelde fosforgehalte hoger is dan de normale gemiddelde as-samenstelling, conform de verwachting. Hierdoor voldoet de as aan de doelstelling van een Fe/P- molverhouding van 0,2. Voor het overige is de samenstelling van de as vergelijkbaar met normale as.

In fase 1 is 350 ton ijzerarme as in een periode van twee weken door Thermphos in haar productieproces verwerkt. Daarbij vertegenwoordigde de as in die periode circa 4 % van de ertstoevoer. Tijdens deze periode zijn er door Thermphos extra emissiemetingen uitgevoerd en zijn de materiaalbalansen gecontroleerd. De emissiemetingen lieten zien dat er bij de verwerking van de as geen sprake was van een afwijkend emissiepatroon.

TABEL 2

GEMIDDELTE SAMENSTELLING VAN DE GEPRODUCEERDE IJZERRIJKE AS UIT 2004 EN 2005 EN IJZERARME AS VAN PROEF FASE 1

Component	eenheid	normaal		ijzerarme as gemiddeld
		2004	2005	
Cd	mg/kg d.s.	3,8	3,8	3,0
Cr	mg/kg d.s.	118	159	91
Cu	mg/kg d.s.	986	1.233	979
Ni	mg/kg d.s.	66	74	75
Pb	mg/kg d.s.	261	321	206
Zn	mg/kg d.s.	2.262	2.489	2.200
As	mg/kg d.s.	24	20	17
Ca	g/kg d.s.	155	150	154
Al	g/kg d.s.	57	55	60
Fe	g/kg d.s.	99	94	41
S	g/kg d.s.	21	19	16
P	g/kg d.s.	85	84	116
Fe/P	mol/mol	0,65	0,63	0,20

## 2.5 RESULTATEN PROEFPRODUCTIE FASE 2

In de periode van 14 november 2006 tot en met 22 maart 2007 hebben SNB en Thermphos in een tweede proef in totaal 2.000 ton ijzerarme as geproduceerd en verwerkt. De opzet van deze proef was vergelijkbaar met de eerdere proef. Bij deze proef is de as steeds zonder tussenopslag rechtstreeks naar Thermphos afgevoerd. Bij deze proef is in totaal circa 31.750 ton

ijzerarm slib apart verwerkt en omgezet in ijzerarme as. Deze hoeveelheid kwam overeen met 21 % van de totale slibaanvoer in deze periode. Tabel 3 geeft de samenstelling van de gebruikte mix van slibstromen.

**TABEL 3** HERKOMST EN SAMENSTELLING VAN DE GEBRUIKTE SLIBSTROMEN VOOR DE 'FULL SCALE' PROEF FASE 2 VAN 14 NOVEMBER 2006 TOT EN MET 22 MAART 2007

Locatie	Waterschap	Slibvolume	Gloeirest	Droge stof	Gloeirest	P	Fe	Fe/P
		ton	ton	%	% van ds	g/kg ds	g/kg ds	mol/mol
Land van Cuijk	Aa en Maas	2.284	205	22,9	39,2	40	26,8	0,37
Dinther	Aa en Maas	10.144	710	21,4	32,7	40	8,1	0,11
Aarle Rixtel	Aa en Maas	6.132	489	25,8	30,9	25	13,1	0,30
Tilburg Noord	De Dommel	10.519	904	21,8	39,4	33	13,4	0,23
Kerkwerpe	Zeeuwse Eilanden	856	53	17,9	34,6	26	11,2	0,24
Veenendaal	Vallei en Eem	1.809	141	20,7	37,7	40	16,1	0,22
Totaal		31.745	2.501	22,4	35,2	34	12,8	0,21
Normaal slib				23,6	37,8	33		0,6

Op basis van deze slibsamenstelling werd wederom een Fe/P molverhouding van 0,2 in de as verwacht. De samenstelling van de slibmix was bij deze proef aangepast op basis van nieuwe inzichten in de slibsamenstelling (vergelijk tabel 1 met tabel 3). Zo is de locatie Aarle-Rixtel bijvoorbeeld in de plaats gekomen van de locatie Mierlo omdat het slib van Aarle-Rixtel bij een vergelijkbare Fe/P verhouding gemiddeld meer fosfaat bevat. Ook was de locatie Land van Cuijk toegevoegd omdat het slib van deze locatie voorafgaand aan de proef een Fe/P verhouding van 0,2 had. Achteraf blijkt er op deze locatie tijdens de proef toch wat ijzer gedoseerd te zijn zodat de Fe/P-verhouding minder gunstig werd. Verder is om logistieke redenen voor deze proef afgezien van het uitruilen van slib met DRSB.

Tabel 4 geeft de gemiddelde samenstelling van de as die bij deze grootschalige proef is geproduceerd. De tabel laat zien dat de gemiddelde Fe/P-verhouding bij deze grotere proef met 0,24 iets ongunstiger uitvalt dan bij de eerdere proef. Met deze verhouding werd echter wel voldaan aan de grens van 0,3 die door Thermphos was gesteld als uiterste acceptatiegrens. De hogere Fe/P-verhouding blijkt vooral veroorzaakt te worden doordat het fosfaatgehalte van de as lager is dan bij de kleinere proef. Het fosfaatgehalte in de as komt wel overeen met het gehalte in normale as en past ook bij de fosfaatconcentratie die op basis van de slibanalyses verwacht mag worden. Het ijzergehalte in de as van de tweede proef is vrijwel identiek aan het ijzergehalte van de eerste proef. Het hogere fosfaatgehalte uit de eerste proef (tabel 2) is opvallend omdat de slibanalyses voor de ijzerarme stromen geen verhoogd fosfaatgehalte laten zien ten opzichte van de gemiddelde slibsamenstelling.

TABEL 4

GEMIDDELDE SAMENSTELLING IJZERRIJKE EN IJZERARME AS UIT PROEF FASE 2 (JANUARI 2006 T/M MAART 2007)

Component	eenheid	normaal	Fase 2
		2006	Proef 2.000 ton
Cd	mg/kg d.s.	3,8	2
Cr	mg/kg d.s.	106	88
Cu	mg/kg d.s.	1.083	1.006
Ni	mg/kg d.s.	63	75
Pb	mg/kg d.s.	264	185
Zn	mg/kg d.s.	2.183	2.013
As	mg/kg d.s.	23	17
Hg	mg/kg d.s.	<0,1	<0,1
Ca	g/kg d.s.	152	136
Al	g/kg d.s.	55	63
Fe	g/kg d.s.	88	40
S	g/kg d.s.	22	14
P	g/kg d.s.	84	92
Si (als balans)	g/kg d.s.	145	181
Fe/P	mol/mol	0,58	0,24

In totaal is 2.000 ton as geproduceerd uit circa 31.745 ton slibkoek. De analyses van de slib-samenstelling laten zien dat het bovengenoemde slibvolume theoretisch 2.500 ton gloeirest zou moeten bevatten. Dit betekent dat met de proef dus een efficiency van ongeveer 80 % is bereikt. Het restant van de gloeirest is waarschijnlijk verloren gegaan bij de aan- en afloop van de proef en doordat mogelijk niet alle slib altijd is gestort in de loshallen die voor de ontvangst van het ijzerarme slib waren gereserveerd. Verder kon Thermphos eind december door logistieke problemen niet alle ijzerarme as van SNB afnemen waardoor een deel van deze as via de normale afzetroutes is afgezet.

Het bovengenoemde slibvolume vertegenwoordigde op basis van de slibanalyses een fosfaatvracht van 232 ton. Hiervan is 184 ton ofwel 77 % teruggevonden in de ijzerarme as. Dit percentage komt goed overeen met de hoeveelheid as die is geproduceerd in verhouding tot de gloeirest in het slib. Verder zou dit slib 91 ton ijzer hebben bevat, waarvan 80 ton ofwel 88 % is teruggevonden in de as. Kennelijk is er dus relatief meer ijzer dan fosfor in de as terecht gekomen. Mogelijk is scheiding van de slibstromen niet volledig geweest en is er soms toch ook ijzerrijk slib bij het ijzerarme slib gestort.

Het ijzerarme slib is vrijwel continu verbrand op één verbrandingslijn. Daarbij was de aanvoer redelijk in balans met de verwerking door deze verbrandingslijn. Bij de verwerking van het ijzerarme slib kwam duidelijk naar voren dat de gemiddelde stookwaarde van het ijzerarme slib hoger is dan die van de gemiddelde slibkwaliteit. Hierdoor diende SNB het slib duidelijk minder ver te drogen om de temperaturen in de ovens te beheersen. De beheersing van de emissie van NO<sub>x</sub> en daaruit voortvloeiend ook de emissie van NH<sub>3</sub> is daarbij een aandachtspunt. De proef heeft echter laten zien dat SNB deze andere slibsamenstelling binnen de regelmogelijkheden van het bestaande proces kan opvangen zonder dat emissiegrenswaarden worden overschreden. Vanuit praktisch oogpunt was de silocapaciteit voor de opslag van de normale ijzerrijke as aan de krappe kant. Vanuit dit oogpunt is een uitbreiding van de aanvoer van ijzerarm slib gewenst, om de totale hoeveelheid as beter te verdelen over de twee bestaande assilo's.

De geproduceerde as is door Thermphos afgenomen met een gemiddeld volume van 110 ton/week. De as is door Thermphos continu ingezet in haar proces en daarbij vertegenwoordigde de as circa 1,4 % van de ertsinzet. In week 52, 1 en 2 is de afvoer naar Thermphos tijdelijk sterk verlaagd doordat Thermphos kampte met productiegerelateerde problemen. Om zeker te zijn dat deze problemen niet door de inzet van de as werden veroorzaakt is de asafname in die weken daarom sterk verlaagd. Men heeft geen relatie kunnen vinden tussen de productieproblemen en de inzet van de ijzerarme as.

In het algemeen kon Thermphos haar materiaalbalansen goed sluitend krijgen, waardoor er voldoende vertrouwen is dat de fosfor in de as ook daadwerkelijk wordt omgezet naar fosfor in het proces. Ter controle heeft Thermphos ook nog op labschaal de omzetting van zuivere as naar fosfor getest. Deze test liet een goede omzetting naar fosfor zien, vergelijkbaar met die van gewone ertsen.

## 2.6 CONCLUSIES

De twee proeven met de productie en verwerking van ijzerarme as hebben laten zien dat het goed mogelijk is om op industriële schaal fosfaat uit rioolwaterzuiveringen te recyclen door ijzerarme slibstromen apart te verbranden in een monoverbrandingsinstallatie. De ijzerarme as is geschikt als grondstof voor de productie van fosfor. De proeven hebben laten zien dat deze route gerealiseerd kan worden met minimale investeringen in de bestaande verwerkingsstructuur. Bij het opschalen van de proef van 350 ton naar 2.000 ton is de Fe/P molverhouding met een waarde van 0,24 wel iets hoger geworden dan de door Thermphos gestelde richtwaarde van 0,2. Doordat de as nog wel voldeed aan de uiterste acceptatiegrens van de Fe/P molverhouding kleiner dan 0,3 is de as door Thermphos verwerkt.

De hogere Fe/P molverhouding is een aandachtspunt voor een vervolg, maar waarschijnlijk eenvoudig op te lossen door een strengere selectie van de in aanmerking komende slibstromen. Dit heeft wel een verlaging van het te produceren asvolume tot gevolg, uitgaande van de huidige procesvoering en wijze van fosfaatverwijdering op de huidige verzameling van rwzi's die slibstromen hebben aangeleverd voor de 'full scale' proef.

Zowel SNB als Thermphos hebben op basis van de uitgevoerde proeven voldoende vertrouwen dat een structurele toepassing van ijzerarme as bij Thermphos mogelijk moet zijn. De beperkende factor voor een structurele toepassing is op dit moment vooral het beperkte aandeel van ijzerarm slib van het totale slibvolume. Hierdoor kan SNB om logistieke redenen de ijzerarme as op dit moment alleen in de winterperiode te produceren. Een vergroting van het volume aan ijzerarmslib naar circa 50 % van de aanvoer naar SNB zou kunnen resulteren in een continue productie van de as waardoor jaarlijks bijna 15.000 ton as (1.400 ton P) zou kunnen worden ingezet bij Thermphos.

# 3

## VERVANGEN VAN IJZERDOSERING DOOR ALUMINIUMDOSERING

### 3.1 INLEIDING

Verbrandingsas van zuiveringsslib van rwzi's is geschikt voor opwerking van het aanwezige fosfaat door Thermphos mits het ijzergehalte laag genoeg is. Voor een structurele productie van de ijzerarme as is het voor SNB belangrijk om een continu aanbod van ijzerarm slib te verkrijgen van een bepaalde omvang. In dat geval zijn er voldoende kostenvoordelen tegenover de moeite van het campagnegewijs verzamelen en produceren van de ijzerarme slibben. Enerzijds kan dit worden verkregen door meer slib van rwzi's met biologische fosfaatverwijdering te gebruiken. Anderzijds levert reductie van de ijzerdosering c.q. het vervangen van deze dosering door aluminium de grootste bijdrage. Het is echter niet mogelijk om bij alle processen in een rwzi ijzer door aluminium te vervangen. In dit hoofdstuk worden de consequenties van vervanging van ijzerhoudende hulpstoffen door aluminiumhoudende hulpstoffen op een rwzi beschreven.

In paragraaf 3.2 wordt op basis van literatuur en ervaringen beschreven welke processen wel of niet geschikt zijn voor vervanging van ijzer door aluminium. In paragraaf 3.3 worden voor en nadelen en de verwachte effecten van omschakeling belicht. In paragraaf 3.4 worden twee case studies nader uitgewerkt. In paragraaf 3.5 wordt met behulp van kosten en een multicriteria-analyse een vergelijking gegeven tussen het gebruik van ijzer of aluminium. In paragraaf 3.6 staan de algemene conclusies.

### 3.2 DE (ON)MOGELIJKHEDEN VAN OMSCHAKELING VAN IJZER NAAR ALUMINIUM

Ijzer en aluminiumhoudende hulpstoffen kunnen bij een rwzi worden gebruikt ten behoeve van één of meer van de volgende processen:

- Chemische defosfatering van het afvalwater. Dit kan zowel aanvullend bij biologische defosfatering of volledig chemisch worden gedaan. Dosering kan plaatsvinden in de voorbezinktank (driewaardig ijzer of aluminium), in de actiefslibtank (twee of driewaardig ijzer of aluminium) of in de sliblijn (driewaardig ijzer of aluminium).
- Slibontwatering bij gebruik van een kamerfilterpers. Tegenwoordig wordt dit gedaan door ijzer in combinatie met pe. Hoewel leveranciers de toepassing van Poly Aluminium Sulfaat aanbevelen, is op basis van ervaringen van het Wetterskip Fryslân (op de slibontwateringinstallatie Heerenveen) gebleken dat het ontwaterde slib met Poly Aluminium Sulfaat aan de doeken blijft plakken.
- Geurbestrijding. In persleidingen en influentgemalen wordt soms ijzer(III) gedoseerd ten behoeve van geurbestrijding. Hierbij wordt vaak drinkwaterslib ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) gedoseerd. Dit wordt op verschillende locaties in Nederland toegepast. Ijzer (III) kan hierbij niet worden

vervangen door aluminium, omdat aluminium geen sulfide bindt. Er zijn vaak contracten van de reststoffenunie met het waterschap. Indien de dosering wordt gestopt, moet de reststoffenunie het ijzerslib op een andere manier verwerken.

- Dosering in de gistingstanks vindt doorgaans plaats door ijzer (III). Hiermee wordt het zwavelgehalte in het biogas verlaagd om corrosie van de gasmotoren te verminderen. Tevens wordt teruglevering van fosfaat aan de waterlijn voorkomen. Hiervoor wordt vaak drinkwaterslib gebruikt. De vervanging van ijzer door aluminium kan alleen als het tot doel heeft fosfaatterugvoer te voorkomen. Als het ook om sulfidebinding gaat, is vervanging niet mogelijk.
- Lichtslibbestrijding: dit kan alleen plaatsvinden met aluminium. Dit effect werkt vooral voor sommige draadvormers, zoals *Microtrix parvicella*. Aluminium is toxisch voor deze groep bacteriën. Indien ijzer wordt vervangen door aluminium is dit aspect een bijkomend voordeel voor installaties, waarbij lichtslibvorming een probleem is.

Het ijzer of aluminium dat aan de rwzi wordt toegevoegd, komt in alle gevallen in het slib terecht. Het grootste ijzer of aluminiumverbruik in de rwzi hangt samen met defosfatering in de waterlijn. Daar is vervanging van ijzer door aluminiumhoudende hulpstoffen in de meeste gevallen goed mogelijk. Dat wordt in de volgende paragraaf verder uitgewerkt.

Ten behoeve van het hergebruik van het fosfaatslib door Thermphos is het van belang dat op de rwzi zo weinig mogelijk ijzerhoudende chemicaliën toegepast worden, of aangevoerd worden met het influent. Dat geldt dus specifiek voor drinkwaterslib op het riool en voor de dosering op de sliblijn. Bij toepassing van kamerfilterpersen is vervanging van de ijzerdosering door aluminium niet mogelijk, zo blijkt uit de ervaringen van Wetterskip Fryslân op de rwzi Heerenveen. Aangezien bij toepassing van zeefbandpersen en decanters geen metaalzouten specifiek voor de ontwatering worden gedoseerd, is vervangen van ijzer door aluminium in principe geen probleem. Een mogelijk effect op de ontwateringsgraad is echter wel een punt van aandacht.

Andere ijzerbronnen kunnen nog de aanwezigheid van ijzerhoudend grondwater zijn, door lekkende riolen of bronnering bij bouwprojecten. Het is belangrijk met een ijzerbalans vast te stellen hoe groot de bijdrage van een ijzerbron is en of door het vervangen van ijzer, het ijzergehalte in het slib kan worden verlaagd.

### 3.3 GEVOLGEN VAN OMSCHAKELING VAN IJZER NAAR ALUMINIUM

#### 3.3.1 INLEIDING

In deze paragraaf wordt beschreven wat de consequenties zijn als we voor de defosfatering in de waterlijn omschakelen van ijzer op aluminium. Verder worden de meest gebruikte ijzer- en aluminiumhoudende chemicaliën en een range van de kostprijs beschreven. Tevens worden de voor- en nadelen en effecten van het gebruik van aluminium of ijzer toegelicht, en worden de milieutechnische consequenties van overschakeling van ijzer naar aluminium beschreven.

#### 3.3.2 GANGBARE IJZER- EN ALUMINIUMHOUDENDE CHEMICALIËN

De meest gebruikte typen ijzerproducten op rwzi's zijn:  $\text{Fe(III)Cl}_3$ ,  $\text{Fe(III)ClSO}_4$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en drinkwaterslib  $\text{Fe(OH)}_3$ . De meest gebruikte typen aluminiumproducten op rwzi's zijn: PAC (Poly Aluminium Chloride), PAS (Poly Aluminium Sulfaat), PAX-10 (vloeibaar polyaluminiumchloride-sulfaat), natriumaluminaat en aluminiumhoudende restproducten,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{AlSO}_4$ .

De genoemde ijzer en aluminiumhoudende producten zijn zuur of basisch. De meeste producten zijn commerciële producten. Verschillende industrieën produceren echter ook reststromen aluminium en drinkwaterbedrijven produceren ijzerhoudend drinkwaterslib ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) dat gebruikt kan worden op rwzi's.

De prijsrange van ijzerhoudende en aluminiumhoudende producten varieert, zie tabel 5. De prijs voor ijzer (II) producten ligt een factor twee lager dan voor ijzer (III) producten, maar ijzer(II) is niet op elke lokatie toepasbaar.

TABEL 5 PRIJSRANGES IJZER- EN ALUMINIUMHOUDENDE PRODUCTEN

Producttype	EUR/kg Me	EUR/kmol Me
Ijzerhoudend	0,15 - 1,0	8,4 - 56,0
Aluminiumhoudend	0,43 - 4,0	12,6 - 117,6

Omdat ijzer ongeveer een factor twee (56/27) zwaarder is dan aluminium wordt het prijsverschil per kg "metaal" minder groot als het per kmol "metaal" wordt uitgedrukt en bij gelijke doseerverhouding is dat uiteindelijk bepalend. Hoewel in het algemeen de commerciële ijzerproducten goedkoper zijn dan de aluminiumproducten, vindt er met de aluminiumrestproducten een ruime overlap in de prijsrange plaats. Een overzicht van de verschillende producten, hun eigenschappen en kostprijs is weergegeven in bijlage 5.

### 3.3.3 VOOR- EN NADELEN VAN OMSCHAKELING

Bij de Nederlandse rwzi's wordt voor de (aanvullend) chemische fosfaatverwijdering vaak ijzer toegepast. Hierbij kan fosfaat op diverse plaatsen in de rwzi worden neergeslagen met Fe (III) of Fe (II) (Fe (II) niet in de voorbezinktank) en door voorbezinking of met het actiefslib in de nabezinking worden afgescheiden. Hierbij ontstaat een ijzerhoudend fosfaatslib welke samen met het primaire of secundaire slib al dan niet na vergisting wordt afgevoerd.

Aluminiumzouten worden naast de bestrijding van lichtslib ook voor fosfaatprecipitatie toegepast. Het kan op elke locatie worden gedoseerd. Het aluminiumhoudende slib wordt op dezelfde wijze verwerkt als ijzerhoudend slib.

Aluminiumhoudende producten (4-9 (w/w)%) zijn doorgaans meer verdund dan ijzerhoudende producten (12-18 (w/w)%). Mogelijk wordt hierdoor meer nevenneerslag gevormd. Anderzijds reageren ijzer en aluminium met een andere snelheid vanwege het verschil in oplosbaarheid van de zoutverbindingen. Ijzerchloride is bijvoorbeeld beter oplosbaar dan aluminiumchloride. Ijzer reageert daardoor sneller dan aluminium waardoor het mogelijk is dat er bij ijzerprecipitatie meer hydroxiden gevormd worden dan bij gebruik van aluminium. Uit een proef op rwzi Alphen in 1996 is het gebruik van aluminiumchloride vergeleken met ijzerchloride. Hieruit is gebleken dat er minder aluminiumdosering nodig was dan met ijzer om een laag fosfaatgehalte te krijgen. De benodigde doseerverhouding met ijzer was  $\text{Fe}/\text{P} = 1,5$  (mol/mol) en met aluminium was dat  $\text{Al}/\text{P} = 1,1$  (mol/mol). Aluminiumdosering geeft in dit geval dus niet alleen minder slibproductie, maar kan mogelijk ook het fosfaat effectiever binden. In bijlage 1 zijn de Me/P verhoudingen voor de rwzi Dongemond berekend. Daarbij blijkt er juist een licht nadeel te zijn in de Al/P verhouding ten opzichten van de Fe/P verhouding. Vanwege de smalle basis van het onderzoek van Alphen is met dit effect verder geen rekening gehouden en wordt uitgegaan van een vergelijkbare benodigde Me/P verhouding.



Een samenvatting met de voor- en nadelen van aluminiumgebruik ten opzichte van ijzergebruik voor defosfatering staan weergegeven in tabel 6. Aan het toepassen van aluminium zitten zowel voor-als nadelen. Er kan niet een duidelijke voorkeur voor ijzer of aluminium worden uitgesproken.

TABEL 6 VOOR- EN NADELEN ALUMINIUM TEN OPZICHT VAN IJZER VOOR DEFOSFATERING

Criteria	ijzer	aluminium
Fosfaatprecipitatie	+	+
Fosfaathergebruik mogelijk (uit as en waterlijn)	--	++
Slibproductie als gevolg van verschil in molmassa	0	+
Hydroxide nevenproducten door verschil reactietijd	-	0
SVI verlaging bij overmatige dradengroei	0	++
Risico verhoogd zwevendestofgehalte in het effluent	0	-
Effect slibontwatering*	0	-
Effect op transport, afmetingen opslag tanks/doseerpompen als gevolg van verschil in metaalconcentratie	0	-
Nevenverontreinigingen als gevolg van verschil in metaal-concentratie	0	-
Geurbestrijding/sulfide binding mogelijk	+	--
Beïnvloeding bufferend vermogen rwzi	-	-
Kosten handelsproduct	0	-
Algemene beschikbaarheid goedkope restproducten	0	+
Locale beschikbaarheid (goedkope) restproducten	0	0
Ruime toepassing van restproduct met betrekking tot fosfaatfixatie**	-	+
Risico's mogelijke milieueffecten (imago)	0	-

\* Mogelijk 0-2 % lagere ds op basis van info van rwzi Dongemond en Bath)

\*\* Een relatief goedkoop aluminium restproduct kan voor fosfaat-fixatie op meer plekken in de rwzi worden toegepast dan het goedkope ijzerhoudende drinkwaterslib

### 3.3.4 AANPASSINGEN DOSEERAPPARATUUR

Het heeft de voorkeur om van een zuur ijzerhoudend product over te stappen naar een zuur aluminiumhoudend product. Op deze wijze zal de opslagvoorziening en het doseerapparaat niet vervangen/aangepast hoeven te worden. Dit kan wel het geval zijn indien wordt overgegaan van een zuur naar een basisch product of andersom. Ervaringen van het Wetterskip Fryslan geven aan dat de doseervoorzieningen (oploskelders, opslagtanks) voor (zure vaste) ijzerproducten zonder probleem ingezet worden voor de dosering van (zure) vloeibare aluminium producten. Omdat het aluminium-gehalte doorgaans lager is dan het ijzergehalte moeten de opslag- en doseervoorzieningen qua capaciteit wel toereikend zijn.

### 3.3.5 MILIEUEFFECTEN ALUMINIUM

#### TOXISCHE EFFECTEN VAN ALUMINIUM OP OPPERVLAKTEWATER

Door het toenemende gebruik van aluminium op zuiveringen is door RIZA onderzoek gedaan naar ecologische effecten van aluminium in oppervlaktewater. De toxiciteit van aluminium is sterk afhankelijk van de omstandigheden zoals: pH, zoutgehalte, aanwezigheid van complexvormers en dus ook de samenstelling van het ontvangende oppervlaktewater. Bij neutrale pH (6-8) zijn de aluminiumverbindingen minder schadelijk. Bij hogere pH's worden toxische effecten bij vissen veroorzaakt door vorming van polymeren bij de kieuwen en precipitatie van aluminium bij de kieuwen. Bij lage pH waarden treedt een verstoring van de ionenhuishouding op [4].

## NORMSTELLING

De achtergrondwaarde van aluminium in oppervlaktewater varieert per locatie. In de literatuur is er een voorstel gedaan voor een ad hoc Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR) voor totaal aluminium in oppervlaktewater van 1.230 µg/l, en een Verwaarloosbaar Risico (VR) (opgelost) van 300 µg/l en Verwaarloosbaar Risico VR (totaal) 1.180µg/l [4].

## ALUMINIUMCONCENTRATIES IN EFFLUENT RWZI'S WATERSCHAP DE DOMMEL

De gemeten aluminiumconcentraties in het effluent van verschillende rwzi's van Waterschap de Dommel tussen 2003 en 2006 varieerden van 95 – 774 µg/l. De redenen van aluminium-dosering en de totale effluentconcentraties per rwzi zijn:

Rwzi Biest-Houtakker voor SVI beheersing:	203 -272 µg/l
Rwzi Sint Oedenrode voor SVI beheersing:	112 -185 µg/l
Rwzi Eindhoven voor aanvullende chemische fosfaatverwijdering:	182 -774 µg/l
Rwzi Tilburg voor volledige chemische fosfaatverwijdering:	95 -186 µg/l

Bij de rwzi's Hapert, Soerendonk en Haaren wordt geen aluminium gedoseerd. De gehalten die daarbij zijn gemeten: 50-80 µg/l. Alle gemeten concentraties liggen onder het Verwaarloosbaar Risico (totaal).

## 3.4 CASE STUDIES RWZI'S DONGEMOND EN DEVENTER

### 3.4.1 INLEIDING

Er zijn twee case studies uitgewerkt om een beeld te scheppen van de technische en financiële effecten bij een omschakeling van ijzer naar aluminiumhoudende hulpstoffen, bij twee verschillende fosfaatverwijderingstechnieken. De case studies betreffen rwzi Dongemond en rwzi Deventer. Rwzi Dongemond is een zuivering met volledige chemische fosfaatverwijdering. Rwzi Deventer is een zuivering met biologische en aanvullend chemische fosfaatverwijdering. Er is gekozen voor rwzi Dongemond omdat er concrete ervaringen en cijfers beschikbaar zijn van de inzet van aluminium in plaats van ijzer. Er is gekozen voor rwzi Deventer omdat op deze zuivering reeds pilot testen zijn uitgevoerd met betrekking tot de productie van groen fosfaat [1,2]. Tevens was er reeds veel informatie over deze zuivering beschikbaar.

### 3.4.2 CASE STUDIE 1: RWZI DONGEMOND (VOLLEDIG CHEMISCH)

Deze case studie is uitgebreid beschreven in bijlage 1. Er vindt doorgaans volledige chemische fosfaatverwijdering plaats door middel van dosering van  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  in de actief-slibtank via een Tunetanken oplostank. In de winter wordt echter vloeibaar Poly Aluminium Chloride gebruikt om de SVI te verlagen. Hiervoor is geen aparte chemicaliën-opslag of doseerapparatuur nodig omdat het beide zure producten betreft. De vloeibare Poly Aluminium Chloride wordt direct vanuit de voorraadtank gedoseerd in plaats vanuit de oploskelder.

De rwzi Dongemond verwerkt slib van de rwzi's Alphen, Baarle-Nassau, Chaam, Kaatsheuvel, Lage Zwaluwe, Riel, Waspik, Waalwijk en Nieuwveer in de sliblijn. De Fe/P (mol/mol) verhouding in het slib van rwzi Dongemond is circa 1,3. Indien het ijzergehalte door omschakeling naar aluminium kan worden verlaagd dan daalt de Fe/P verhouding in het slib naar 0,45. Om de Fe/P molverhouding nog verder te verlagen zullen de rwzi's die het externe slib leveren ook moeten omschakelen naar aluminiumproducten. Indien dit plaatsvindt, kan de de Fe/P molverhouding uitkomen op circa 0,14. Dat voldoet dus ruim aan de gewenste molverhouding van 0,2.

De kostprijs voor de slibverwerking bij SNB (en DRSH) is afhankelijk van het organische stofgehalte in de slibkoek. Dit komt omdat de installatie van SNB thermisch beperkt is, waardoor de haalbare doorzet bepaald wordt door de stookwaarde. De stookwaarde hangt weer samen met het organische stofgehalte. Hoe hoger het organische stofgehalte, des te lager de doorzet en des te hoger de slibverwerkingskosten, omdat de vaste kosten van de installatie door een kleiner slibvolume gedragen moeten worden. De kosten zijn daarom afhankelijk van een deel voor de dekking van de vaste kosten (dat is het deel dat recht evenredig is met het gehalte aan organische stof) en een deel voor de dekking van de variabele kosten, waarbij deze recht evenredig met een ton slibkoek (van gemiddelde samenstelling) is verondersteld.

In het geval van ijzerarm slib hanteert SNB een korting omdat het tarief voor de afvoer van vliegias fors lager is bij ijzerarme vliegias, doordat alleen de transportkosten naar Thermphos Vlissingen in rekening worden gebracht. Deze korting is vooral afhankelijk van de gloeirest van het slib. In bijlage 1 is de exacte berekening voor de verwerkingskosten bij SNB weergegeven. De verschillen in kosten bij omschakeling van  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (s) naar een aluminiumproduct (restproduct  $\text{AlSO}_4$  (l) en Poly Aluminium Sulfaat (l)) staan weergegeven in tabel 7.

**TABEL 7** KOSTENVERGELIJKING OMSCHAKELING VAN IJZER NAAR ALUMINIUM IN RWZI DONGEMOND, BIJ GEBRUIK VAN HET GOEDKOOPESTE EN HET DUURSTE ZURE ALUMINIUMPRODUCT

	Huidige kosten met ijzer	Minimale kosten met aluminium (100% restproduct)	Maximale kosten met aluminium (100% handelsproduct en dus 0% restproduct)	eenheid
Chemicaliënkosten	0,47	0,55	4,0	Euro/kg Me
Chemicaliën verbruikskosten	86.400	48.700	354.500	Euro/jaar
kosten slibtransport naar SNB	21.700	20.500	20.500	Euro/jaar
Verwerkingskosten SNB	462.400	454.200	454.200	Euro/jaar
Korting SNB vanwege ijzerarme as	0	-37.600	-37.600	Euro/jaar
Totaal	570.400	485.900	791.600	Euro/jaar
Kostenverschil ten opzichte van $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ gebruik	0	-84.600	221.100	Euro/jaar

Uit tabel 7 blijkt dat de omschakeling van ijzer- naar aluminiumhoudende producten op rwzi Dongemond voordelig is indien gebruik gemaakt kan worden van aluminiumhoudende restproducten. Als er er door een locale (te) beperkte beschikbaarheid van aluminiumhoudende restproducten ook gebruik gemaakt wordt van commerciële aluminiumproducten, zal het kostenvoordeel uiteindelijk wegvallen en kan het zelf extra geld kosten.

### 3.4.3 CASE STUDIE 2: RWZI DEVENTER (BIOLOGISCH MET AANVULLEND CHEMISCH)

Deze case studie is uitgebreid beschreven in bijlage 2. Er vindt biologische fosfaatverwijdering plaats in het BCFS<sup>®</sup> proces, waar fosfaat in het slib wordt opgenomen. Het fosfaatrijke secundaire slib wordt uit de retourslibleiding naar de zeefdikker verpompt. Aanvullende chemische fosfaatverwijdering kan plaatsvinden door middel van de fosfaatstrippertank, waarbij het precipitaat wordt toegevoegd aan de rest van het slib. Deze deelstroombehandeling heeft tijdelijk als pilot gedraaid in rwzi Deventer. Hierbij is het precipitaat apart afgevoerd.

Op de rwzi Deventer doseert men op het moment ijzerchloridesulfaat aan de zuivering (pre-precipitatie) als aanvullende chemische fosfaatverwijdering. Een omschakeling van  $\text{FeClSO}_4$  naar een zuur aluminiumproduct in de deelstroombehandeling heeft geen consequenties voor de chemicaliënopslag/doseerapparatuur voorzieningen van rwzi Deventer, omdat het beide zure producten betreft.

Aanvullende chemische fosfaatverwijdering vindt tevens in de gistingstanks plaats. Hier wordt drinkwaterslib gedoseerd ten behoeve van aanvullende fosfaatverwijdering. Het huidige drinkwaterslib ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) op de rwzi Deventer wordt alleen toegepast voor defosfatering en niet voor de binding van sulfide.

De Fe/P verhouding in het slib van rwzi Deventer is op basis van molverhouding 1,3. Indien het ijzergehalte door omschakeling naar aluminium kan worden verlaagd dan wordt de Fe/P verhouding in het slib op basis van molverhouding ( $6,8/7,7 =$ ) 0,9. Dit is nog niet voldoende om bruikbaar te zijn voor Themphos.

Stel dat de hoge Fe/P molverhouding is veroorzaakt door een hoog ijzergehalte in het influent, zal deze waarde drastisch verlaagd moeten worden om het slib geschikt te laten zijn voor hergebruik door Themphos. Op dit moment kan dus geen uitspraak worden gedaan of de Fe/P verhouding onder de 0,3 komt indien de rwzi's die het externe slib leveren aan rwzi Deventer ook omschakelen naar aluminiumproducten.

De verschillen in kosten bij een omschakeling van ijzer ( $\text{FeClSO}_4$  en drinkwaterslib) naar een aluminiumproduct (restproduct  $\text{AlSO}_4$  en Poly Aluminium Sulfaat) staan weergegeven in tabel 8.

**TABEL 8** KOSTENVERGELIJKING OMSCHAKELING VAN IJZER NAAR ALUMINIUM IN RWZI DEVENTER, BIJ GEBRUIK VAN HET GOEDKOOPSTE EN HET DUURSTE ZURE ALUMINIUMPRODUCT

	Huidige kosten met ijzer	Minimale kosten met aluminium (100% restproduct)	Maximale kosten met aluminium (100% handelsproduct en dus 0% restproduct)	eenheid
Chemicaliënkosten drinkwaterslib	0,15			Euro/kg Me
Chemicaliënkosten	0,85*	0,55	4,0	Euro/kg Me
Chemicaliën verbruikskosten in gisting	15.000	53.200	386.800	Euro/jaar
Chemicaliën verbruikskosten in waterlijn	13.800	8.900	64.800	Euro/jaar
kosten slibtransport naar SNB	55.800	54.400	54.400	Euro/jaar
Verwerkingskosten SNB	393.600	391.100	391.100	Euro/jaar
Korting SNB vanwege ijzerarme as	0	-27.000	-27.000	Euro/jaar
Totaal	478.100	480.600	870.100	Euro/jaar
Kostenverschil ten opzichte van Fe gebruik		2.500	392.000	Euro/jaar

\* Er wordt  $\text{FeClSO}_4$  toegepast

Uit tabel 8 blijkt dat de omschakeling van ijzer naar aluminiumhoudende producten op rwzi Deventer geen besparing oplevert. Ook niet indien volledig gebruik gemaakt kan worden van aluminiumhoudende restproducten. Het kostenverschil is dan echter bijna neutraal. Het kostenverschil betreft de verbruikskosten van het relatief goedkope drinkwaterslib, ten opzichte van de aluminiumproducten.

#### 3.4.4 KOSTENOVERZICHT CASE STUDIES

De kostenvergelijking bij een volledige omschakeling van ijzer naar aluminiumhoudende producten in rwzi Dongemond en rwzi Deventer staan weergegeven in de tabellen 9 en 10. De kosten van eventuele vervanging/aanpassing van opslag- en doseervoorziening zijn niet opgenomen in de kostenvergelijking. De bedieningskosten zijn ook niet meegenomen in deze case studie. Bij rwzi Deventer is uitgegaan van oorspronkelijk  $\text{FeClSO}_4$  (l) en  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (l) gebruik.

Bij rwzi Dongemond is uitgegaan van oorspronkelijk  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (s) gebruik. Bij de berekening is in beide cases uitgegaan van 0 %, 50 %, 75 % en 100 % gebruik van aluminium restproduct ten opzichte van een commercieel aluminiumproduct van gemiddelde prijsklasse (2,60 EURO/kg Al). Deze (gemiddelde) prijs wijkt dus af van het maximum dat is weergegeven in de tabellen 7 en 8.

**TABEL 9** KOSTENRANGE ALUMINIUMGEBRUIK RWZI DONGEMOND BIJ VERSCHILLENDE PERCENTAGES VAN EEN GOEDKOOP RESTPRODUCT

	eenheid	0% restproduct	50% restproduct	75% restproduct	100% restproduct
Chemicaliën verbruikskosten	Euro/jaar	230.400	139.600	84.900	48.700
kosten slibtransport naar SNB	Euro/jaar	20.500	20.500	20.500	20.500
Verwerkingskosten SNB	Euro/jaar	454.200	454.200	454.200	454.200
Korting ijzerarm slib	Euro/jaar	-37.600	-37.600	-37.600	-37.600
Totaal	Euro/jaar	667.500	576.700	522.000	485.900
Totaal kostenverschil na omschakeling naar aluminiumgebruik	Euro/jaar	97.100	6.200	-48.400	-84.600

- kosten afname ten opzichte van huidige situatie met ijzergebruik

+ kosten toename ten opzichte van huidige situatie met ijzergebruik

**TABEL 10** KOSTENRANGE ALUMINIUMGEBRUIK RWZI DEVENTER BIJ VERSCHILLENDE PERCENTAGES VAN EEN GOEDKOOP RESTPRODUCT

	eenheid	0% restproduct	50% restproduct	75% restproduct	100% restproduct
Chemicaliën verbruikskosten	Euro/jaar	293.600	177.800	108.200	62.100
kosten slibtransport naar SNB	Euro/jaar	54.400	54.400	54.400	54.400
Verwerkingskosten SNB	Euro/jaar	391.100	391.100	391.100	391.100
Korting ijzerarm slib	Euro/jaar	-27.000	-27.000	-27.000	-27.000
Totaal	Euro/jaar	712.000	596.300	526.700	480.600
Totaal kostenverschil na omschakeling naar aluminiumgebruik	Euro/jaar	234.000	118.200	48.600	2.500

- kosten afname ten opzichte van huidige situatie met ijzergebruik

+ kosten toename ten opzichte van huidige situatie met ijzergebruik

De grootte van het kostenvoordeel of –nadeel bij rwzi Dongemond en rwzi Deventer hangt af van de mogelijkheid aluminiumrestproducten te gebruiken. Er zijn in Nederland diverse producten in omloop, vaak met lokale contracten. De lokale vraag en het aanbod bepalen de prijs. Indien een handelsproduct nodig is, zijn de kosten relatief hoog. Wegens de vele aluminiumtoepassingen die lokaal al worden toegepast zal dit voor rwzi's die geen drinkwaterslib gebruiken (zoals rwzi Dongemond) geen probleem zijn. Mogelijk is het wel een probleem voor rwzi's die nu het goedkope drinkwaterslib gebruiken ten behoeve van defosfatering, zoals rwzi Deventer, en die verhoudingsgewijs een hoger aandeel aluminiumrestproduct zullen moeten gebruiken om geen groot kostennadeel te ondervinden.

### 3.5 CONCLUSIES

Voor een structurele productie van ijzerarme as met een voldoende groot kostenvoordeel, dient een continue aanvoer verkregen te worden van een bepaalde omvang aan ijzerarm slib. Het vergroten van het volume aan ijzerarm slib is in theorie mogelijk door op rwzi's over te schakelen in het gebruik van ijzer- naar aluminiumzouten. Er zijn in het algemeen geen aanpassingen van apparatuur of infrastructuur nodig, mits zure producten worden toegepast. Er zijn geen grote nadelen verbonden aan het vervangen van ijzer door aluminium. Een belangrijk voordeel van aluminium is het positieve effect op de SVI. Voor sommige rwzi's is dit zeker relevant. Een nadeel is dat aluminium niet kan worden toegepast voor  $\text{H}_2\text{S}$  binding.

Dit zal echter niet overal een probleem zijn. Omdat de calorische waarde van het slib iets toeneemt door de lagere fractie anorganisch slib, ontstaat hierdoor bij SNB en DRSH een iets hoger verwerkingstarief, maar dit wordt ruimschoots gecompenseerd door de korting voor ijzerarme as.

Kostentechnisch zijn handelsproducten van aluminium duurder dan ijzerproducten. Daar staat echter tegenover dat er veel aluminiumrestproducten beschikbaar zijn (vaak via lokale contracten) die aanzienlijk goedkoper zijn dan ijzer handelsproducten en die wel overal voor de fosfaatfixatie inzetbaar zijn (drinkwaterslib kan alleen in de gisting worden toegepast). Dit wordt ook bevestigd door de huidige toepassing van aluminium op veel plaatsen in Nederland. Een belangrijke voorwaarde hiervoor is dat er voldoende aluminiumrestproducten beschikbaar zijn. Er is op dit moment geen inzicht in de beschikbare hoeveelheid (lokale aluminiumrestproducten in Nederland).

Wat opvalt, is dat bij rwzi's met biologische fosfaatverwijdering, waarbij veel drinkwaterslib wordt toegepast in de gisting (zoals bij de rwzi Deventer) de kosten van een omschakeling van ijzer naar aluminium altijd groter zijn dan de baten, doordat drinkwaterslib relatief goedkoper is dan aluminiumrestproducten. Bij simultane dosering in de hoofdstroom en het ontbreken van een gisting kan de kostenbalans met aluminiumrestproduct lokaal echter wel positief doorslaan.

Een kritisch punt is echter de grote onduidelijkheid over de herkomst van het ijzer in het slib. Theoretisch is berekend dat bij de case studies het achterwege laten van de (aanvullende) ijzerdosering het ijzergehalte in het slib nog steeds niet aan de eisen voor verbrandingsgas zal voldoen. Bij de rwzi Dongemond zullen de rwzi's die extern slib leveren ook moeten overschakelen van ijzer op aluminium. Bij de rwzi Deventer wordt dit mogelijk veroorzaakt door een te hoog ijzergehalte in het aangevoerde rioolwater. Hierover zijn op dit moment (te) weinig cijfers beschikbaar.

Door een logistieke sturing van (externe) slibstromen waarbij ijzerarme en ijzerrijke slibben separaat ontwaterd worden, kan worden voorkomen dat partijen ijzerarm slib opeens niet meer aan de eisen van Thermphos voldoen.

Samenvattend kunnen we stellen dat er geen grote hindernissen zijn om van ijzer over te schakelen op aluminium. De kansrijkheid hiervoor wordt echter sterk bepaald door lokale aspecten zoals:

- De beschikbaarheid van een goedkoop restproduct
- De noodzaak van ijzergebruik voor sulfide binding (niet alleen zijn er dan twee soorten chemicaliën nodig, de kans is ook aanwezig dat het ijzergehalte in het slib te hoog wordt)
- De mogelijkheid om externe slibben ijzervrij te maken of ijzerrijke slibben apart te houden van ijzerarme slibben
- De mogelijkheid om het ijzergehalte in het influent te verlagen door ijzerlozingen op het riool tegen te gaan.

Het nader verkennen van de ijzerbalansen over Nederlandse rwzi's lijkt van belang om meer zicht te krijgen op de haalbaarheid om aan de Fe/P eisen te voldoen.

# 4

## INVENTARISATIE MARKTPOTENTIEEL

### 4.1 INLEIDING

Van het bij SNB verwerkte slib voldoet momentaal 20-25 % aan de criteria voor fosforterugwinning (zie hoofdstuk 2), dit betreft circa 90.000 ton/jr slibkoek (ontwaterd slib), of circa 20.000 ton/jr droge stof. Dit slib heeft een voldoende laag ijzergehalte met een voldoende hoog fosfaatgehalte zodat een as geproduceerd kan worden met een gemiddelde Fe/P molverhouding van kleiner dan 0,2. Een belangrijke voorwaarde is dat dit slib apart behandeld kan worden. Gezien de opzet van de loshallen, mengbunkers en de daaraan gekoppelde verbrandingslijnen kan met een verdubbeling van deze hoeveelheid ijzerarm slib voldaan worden aan voldoende technisch en economisch draagvlak binnen de huidige infrastructuur van SNB. Inventarisatie naar het marktpotentieel van ijzerarm en fosforrijk slib kan dan ook geconcretiseerd worden tot de vraag of er in Nederland een potentieel is van minstens 50.000 ton drogestof aan ijzerarm fosfaatrijk slib. Een afgeleide vraag is of dit potentieel mogelijk al aanwezig is bij SNB en DRSH. Beide slibverwerkingseenheden liggen immers op korte afstand van elkaar, waarbij uitruil van slibstromen tot de mogelijkheden zou kunnen behoren.

### 4.2 LANDELIJK GEMIDDELD BEELD

In hoofdzaak kunnen er vier typen fosfaatverwijdering worden onderscheiden:

- geen (enkel fosfaatvastlegging door normale slibgroei);
- biologisch (extra fosfaatopname door slib vanwege inrichting zuiveringsproces);
- biologisch met aanvullend chemisch (ijzer en/of aluminium);
- chemisch (ijzer en/of aluminium).

Het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) verstrekt landelijk gemiddelde gegevens van rwzi's. Gegevens per waterschap of per rwzi zijn via de CBS databanken niet beschikbaar. Het type fosfaatverwijdering, de hoeveelheid slib (droge stof) en het fosfaatgehalte behoren tot de beschikbare standaardgegevens. Het ijzergehaltewordt meestal niet gemeten.

#### 4.2.1 AANDEEL PER TYPE FOSFAATVERWIJDERING

Figuur 3 en 4 geven voor het jaar 2004 op basis van het aantal rwzi's en op basis van de capaciteit van de rwzi's de verdeling over de typen fosfaatverwijdering. Op basis van de capaciteit van de rwzi's kan worden geconcludeerd dat het type fosfaatverwijdering globaal als volgt verdeeld is:

- circa de helft chemische fosfaatverwijdering;
- circa een kwart biologische fosfaatverwijdering;
- circa een zevende een combinatie van biologische en chemische fosfaatverwijdering;

Bij het resterende deel wordt geen fosfaatverwijdering toegepast, dit zijn vooral de kleinere rwzi's. De cijfers op basis van het aantal rwzi's laten dan ook een groter aandeel zien waar geen fosfaatverwijdering wordt toegepast.

TABEL 12

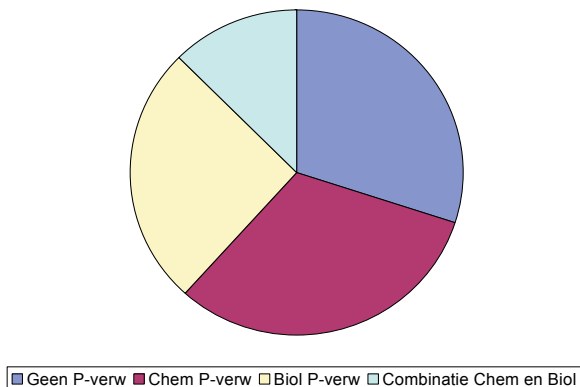
PROCENTUELE VERDELING RWZI'S NAAR TYPE FOSFAATVERWIJDERING

Type fosfaatverwijdering op basis van capaciteit van rwzi's	%
Biologisch	23
Chemisch	48
Combinatie chemisch en biologisch	16
Geen P-verwijdering	13

Slib uit rwzi's waar geen fosfaatverwijdering plaats vindt, heeft naar verwachting een relatief laag fosfaatgehalte en is hiermee minder interessant voor fosfaathergebruik. Dit slib wordt voornamelijk geproduceerd op kleinere rwzi's. Slib van rwzi's waar biologische fosfaatverwijdering plaatsvindt, is potentieel interessant voor fosfaat-hergebruik. Dit bedraagt een kwart van de totale hoeveelheid slib. Of slib van rwzi's waar chemische fosfaat-verwijdering plaatsvindt met ijzer zouten interessant is voor fosfaatterugwinning, hangt af van de hoeveelheid ijzer in het slib en van de hoeveelheid fosfaat. Slib van rwzi's waar een combinatie van biologische fosfaatverwijdering en chemische fosfaatverwijdering wordt toegepast, komt eerder in aanmerking voor de beoogde verwerking dan slib van rwzi's waar enkel chemische fosfaatverwijdering plaatsvindt. Bij gebruik van aluminiumzouten voor fosfaat-verwijdering neemt de geschiktheid voor fosfaathergebruik toe. Vooral installaties met biologische fosfaatverwijdering en installaties met (aanvullende) chemische P-verwijdering door middel van aluminiumzouten zijn in eerste instantie potentieel interessant voor P-terugwinning.

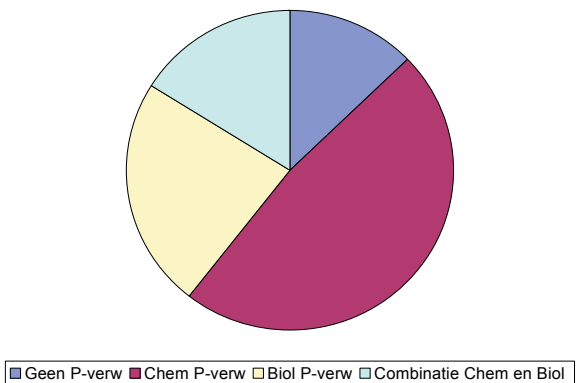
FIGUUR 3

TYPE FOSFAATVERWIJDERING OP BASIS VAN HET AANTAL RWZI'S (JAAR 2004) TOTALE AANTAL RWZI'S=375



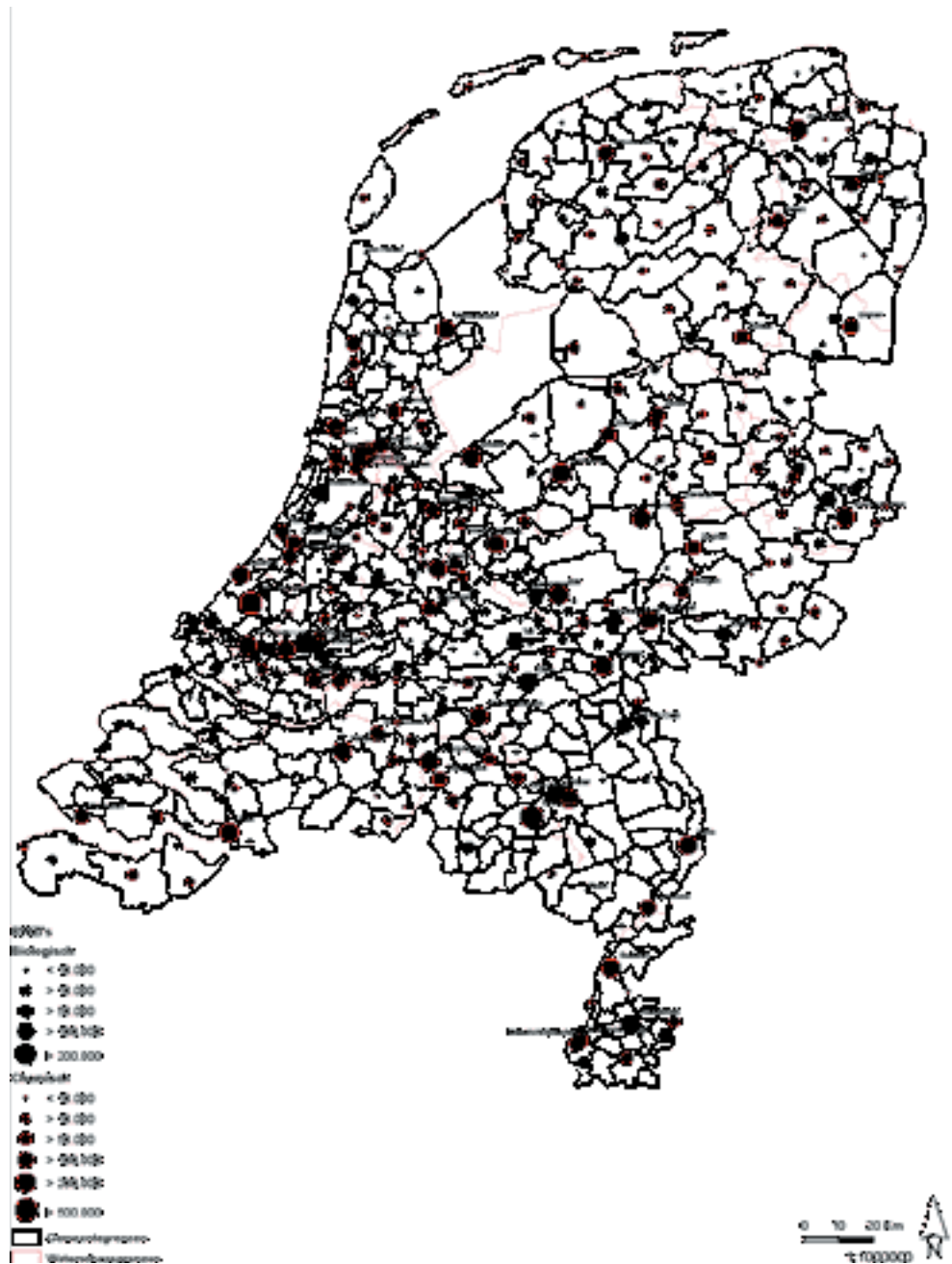
FIGUUR 4

TYPE FOSFAATVERWIJDERING OP BASIS VAN DE CAPACITEIT VAN DE RWZI'S (JAAR 2004). TOTALE CAPACITEIT (À 54 G BZV) = 25.184.000 IE'S





Onderstaande kaart van Nederland geeft een overzicht van de rwzi's waar biologische fosfaatverwijdering wordt toegepast en van de rwzi's waar chemische fosfaatverwijdering plaatsvindt (bron: bedrijfsvergelijking zuiveringsbeheer 2005).



#### 4.2.2 GEMIDDELD FOSFAATGEHALTE IN SLIB

Tabel 14 geeft een samenvatting van twee manieren waarop het fosfaatgehalte in het slib is bepaald:

- % P berekend op basis van door CBS opgegeven spuislibhoeveelheden en door CBS opgegeven fosforhoeveelheid in slib;
- % P berekend op basis van door CBS opgegeven slibhoeveelheid en theoretische fosforhoeveelheid in slib (balans  $P_{\text{influent}} - P_{\text{effluent}}$ ).

TABEL 13 FOSFORBALANS 2001-2004 (IN TON) EN PERCENTAGE P IN SLIB

	2001	2002	2003	2004
P influent	13.850	14.226	14.102	14.328
P effluent	2.994	3.001	2.811	2.748
P slib	6.502	9.158	8.271	7.657
P <sub>inf</sub> -P <sub>eff</sub>	10.856	11.225	11.291	11.580
Totaal slib (ds)	348.777	353.853	343.621	341.646
P (B) in g/kg ds 1	31	32	33	34
P (A) in g/kg ds 2	19	26	24	22

1 P (B) berekend op basis van slibhoeveelheid en theoretische fosforhoeveelheid in slib (balans P<sub>influent</sub>-P<sub>effluent</sub>).

2 P (A) berekend op basis van slibhoeveelheid en opgegeven fosforhoeveelheid in slib

Verwacht wordt dat de opgegeven hoeveelheid fosfor in het slib overeenkomt met de theoretische hoeveelheid op basis van het verschil tussen de influent en effluent fosforvracht. Geconstateerd wordt dat het opgegeven fosforgehalte sterk afwijkt van het berekende fosforgehalte. De oorzaak van deze discrepantie is niet bekend. Mogelijk ligt de oorzaak in de berekeningswijze van CBS en/of de Waterschappen. De basishoeveelheid fosfor in slib als gevolg van normale slibgroei (geen biologische fosfaat-verwijdering) bedraagt 10-20 g/kg ds. Als gevolg van biologische fosfaatverwijdering mag een gehalte van 30-60 g/kg ds worden verwacht. Geconcludeerd kan worden dat het fosforgehalte berekend op basis van de influent- en effluentvrachten realistischer is. Deze benadering wordt dan ook in het vervolg gehanteerd. Het gemiddelde fosforgehalte in slib bedraagt circa 34 g/kg ds (1,1 mol/kg droge stof).

#### 4.2.3 BRONNEN VAN IJZER

Naast ijzerdosering op de rwzi (voor fosfaatverwijdering, hulpstoffen voor slibontwatering) wordt ook ijzer aangevoerd via de riolering. Of dit een significante hoeveelheid is ten opzichte van de ijzerdosering op de rwzi is sterk locatie specifiek. De belangrijkste ijzerbronnen via de riolering zijn:

- ijzerrijk grondwater als gevolg van lekken in het rioleringssysteem;
- ijzerrijk grondwater van (vaak tijdelijke) bemalingen;
- drinkwaterslib dat in het rioleringssysteem wordt gedoseerd voor stank-/corrosiebestrijding, fosfaatverwijdering of omwille van het gemak (geen nuttige toepassing).

De ijzervracht die via drinkwater naar de rwzi wordt afgevoerd is verwaarloosbaar. De drinkwaternorm voor ijzer bedraagt 0,2 mg/l. Of de vracht aan ijzer vanuit grondwater significant is, is sterk locatiespecifiek. Een typisch ijzergehalte in grondwater in Nederland bedraagt 0,1-30 mg/l. Een bijdrage van 25 % rioolvreemd water (lekken in riolering, water van bemalingen) in de totale aanvoer in de riolering wordt in Nederland niet als uitzonderlijk gezien (STOWA 2003-08).

Geconcludeerd kan worden dat ijzerslib en grondwater een significante bijdrage kunnen leveren aan de verrijking van zuiveringsslib met ijzer, dat dit sterk locatiespecifiek is en in de tijd kan variëren (bemalingen). Een landelijk beeld schetsen is weinig zinvol. Per rwzi kan bekeken worden of aanvoer van ijzer vanuit het rioleringsstelsel significant bijdraagt. De hoeveelheid ijzer die per rwzi wordt gedoseerd, is doorgaans bekend en beschikbaar in detailrapportages van waterschappen.

#### 4.2.4 TOENAME IJZERGEHALTE DOOR IJZERDOSERING

Op basis van de CBS gegevens kan een gemiddeld ijzergehalte van het slib van de Nederlandse rwzi's worden berekend. Sleutelparameter hierin is de verhouding tussen het fosfaatgehalte in het slib (de verwijderde hoeveelheid fosfaat) en de hoeveelheid ijzer, de Fe/P-verhouding voor chemische fosfaatverwijdering. Als ontwerpuitgangspunt bij chemisch defosfateren wordt een Fe/P-verhouding van 0,5-1,5 gehanteerd (afhankelijk van effluenteisen). Als uitgangspunt voor de berekeningen is gehanteerd: 1,0 mol Fe/mol P-verwijderd. Het relatieve aandeel van het type fosfaatverwijdering zoals weergegeven in figuur 4 is gebruikt om de gemiddelde verhoging van het ijzergehalte in slib te bepalen. Voor het aandeel aluminiumdosering bij chemische dosering is een schatting gemaakt op basis van de gegevens uit 4.3. Hieruit blijkt dat de verhouding tussen de toepassing van ijzerzouten en aluminiumzouten circa 3:1 bedraagt. Tabel 14 geeft de resultaten voor de landelijk gemiddelde bijdrage van het ijzergehalte in rwzi slib door dosering van ijzerzouten.

TABEL 14

LANDELIJK GEMIDDELD VERHOOGING IJZERGEHALTE IN RWZI SLIB DOOR IJZERDOSERING.

	Fe-concentratie (g/kg ds)
Chemische fosfaatverwijdering met Fe	61
Gewogen gemiddeld over alle typen fosfaatverwijdering	30

#### 4.2.5 MARKTPOTENTIE IJZERARM SLIB IN NEDERLAND

Het gemiddelde fosforgehalte uit tabel 13 en het gemiddeld ijzergehalte uit tabel 14 resulteert in een Fe/P verhouding van 0,57. Voor de beoogde verwerking is deze landelijk gemiddelde verhoudingen te hoog. Deze waarde komt goed overeen met analyses van de verbrandingsas van het slib van SNB en DRSB.

De potentie voor ijzerarm slib dient dan ook gezocht te worden in slib afkomstig van biologische fosfaatverwijdering, fosfaatverwijdering met aluminiumzouten en slib van rwzi's waar een combinatie van fosfaatverwijdering met ijzerzouten en biologische fosfaatverwijdering wordt toegepast. Op basis van het landelijk beeld kan grofweg worden gezegd, dat een kwart tot een derde van het Nederlandse slib geschikt zou kunnen zijn voor de beoogde verwerking. Hierbij is aangenomen dat een vierde van de chemische fosfaatverwijdering plaatsvindt met aluminiumzouten en dat slechts een klein deel van het slib van biologische fosfaatverwijdering ongeschikt is voor fosfaathergebruik wegens een te hoge achtergrondconcentratie aan ijzer. Per rwzi dient rekening gehouden te worden met lokale situaties waarbij de ijzergehalte wordt verhoogd door aanvoer vanuit het rioolstelsel. Een potentie aan ijzerarm slib van een kwart tot een derde van het Nederlandse slib betreft een hoeveelheid van 85.000-110.000 ton droge stof per jaar. Dit zou ruim voldoende moeten zijn om de hoeveelheid geschikt slib voor de beoogde verwerking te verdubbelen naar 50.000 ton droge stof per jaar. Hiertoe moet circa de helft van de geschatte potentie voldoen aan een Fe/P molverhouding van kleiner dan 0,2. Gebaseerd op een gemiddeld fosfaatgehalte van 34 g/kg ds moet het ijzergehalte gemiddeld minder dan 12 mg/kg ds bedragen. Een belangrijke vraag is of de achtergrondconcentratie

aan ijzer in slib van rwzi's waar geen ijzer wordt gedoseerd voor minstens de helft voldoet aan het gewenste niveau.

Deze eerste inschatting op basis van landelijke cijfers wordt nader onderbouwd door de gegevens van de afzonderlijke rwzi's van de klanten van SNB en DRSH nader te bekijken en uitgebreide analyses die door SNB en DRSH aan het slib zijn uitgevoerd er bij te betrekken.

#### 4.3 SLIB VAN SNB EN DRSH

In bijlage 6 is een overzicht weergegeven van de waterschappen die slib leveren aan SNB en DRSH. Tevens is vermeld van welke waterschappen gegevens zijn gebruikt en het jaartal hiervan.

De volgende bronnen zijn gebruikt:

- de meest recente bedrijfsresultaten zuiveringstechnische werken van de Waterbeheerders;
- detailgegevens van de bedrijfsvergelijking zuiveringsbeheer van 2005.

In bijlage 7 zijn de opgegeven en berekende gegevens per rwzi weergegeven. In totaal zijn circa 100 rwzi's doorgerekend. Hierbij is tevens rekening gehouden met centrale ontwatering, waardoor concentraties van ijzer en P veranderen door menging met slib van meerdere rwzi's. Per rwzi zijn de volgende stappen doorlopen:

- 1) vaststellen van welke rwzi's het slib door SNB of DRSH wordt verwerkt;
- 2) het berekenen van de verwijderde fosfaatvrucht of basis van influentvrucht en effluentvrucht fosfaat;
- 3) het vaststellen van het type fosfaatverwijdering;
- 4) het berekenen van de hoeveelheid gedoseerd ijzer en/of aluminium;
- 5) het berekenen van het fosfaatgehalte (gram P per gram slib droge stof);
- 6) het berekenen van het ijzer- en aluminiumgehalte (gram Fe/Al per gram slib droge stof).

Dit resulteert in:

- een gewogen gemiddelde fosforgehalte per type fosfaatverwijdering
- een gewogen gemiddelde ijzergehalte voor chemische fosfaatverwijdering
- het aandeel per type fosfaatverwijdering

Verder is gebruik gemaakt van de volgende gegevens (bijlage 8):

- as analyses van DRSH
- slib analyses van SNB
- as analyses van SNB

## 4.4 KARAKTERISERING

### 4.4.1 INLEIDING

Bij DRSH en SNB wordt 45-50 % van de totale slibhoeveelheid in Nederland verwerkt. Op grond hiervan is de verwachting dat de karakteristiek van dit slib representatief is voor de rest van Nederland. Met een nadere beschouwing van het type fosfaatverwijdering en van de fosfaat- en ijzergehalten kan dit worden onderbouwd gebruik makend van de gegevens zoals beschreven in 4.3.

### 4.4.2 AANDEEL TYPE FOSFAATVERWIJDERING

Tabel 15 geeft de verdeling van het type fosfaatverwijdering op basis van vrachten voor het slib van SNB en DRSH

TABEL 15

PROCENTUELE VERDELING TYPE FOSFAATVERWIJDERING

Type fosfaatverwijdering	% SNB	% DRSH
Biologisch	26	33
Geen P-verwijdering	5	5
Chemisch met ijzer	49	55
Chemisch met aluminium	20	7

Onderstaande kaart geeft een overzicht van het type fosfaatverwijdering in het verzorgingsgebied van SNB en DRSH (bron: bedrijfsvergelijking zuiveringsbeheer 2005).



Tabel 16 geeft de verdeling van het type fosfaatverwijdering op basis van vrachten voor het slib van SNB en DRSH gezamenlijk.

TABEL 16

PROCENTUELE VERDELING TYPE FOSFAATVERWIJDERING DRSH EN SNB

Type fosfaatverwijdering	%
Biologisch	29
Geen P-verwijdering	5
Chemisch met ijzer	51
Chemisch aluminium	15

In de categorisering van het type P-verwijdering in de geraadpleegde bestanden worden de rwzi's waar geen fosfaatverwijdering plaatsvindt ondergebracht in de categorie "biologische P-verwijdering". Het aandeel "geen P-verwijdering" is geschat op basis van het berekende P-gehalte in het slib. Op rwzi's waar het P-gehalte van het slib kleiner is dan 20-25 g/kg, wordt naar alle waarschijnlijkheid geen P-verwijdering toegepast.

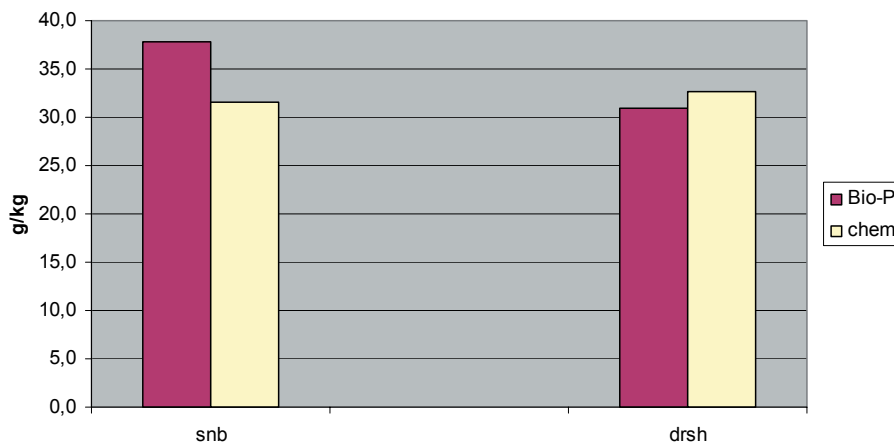
Geconcludeerd kan worden dat de procentuele verdeling voor het type fosfaatverwijdering van de rwzi's die slib leveren aan SNB en DRSH (tabel 15) voldoende overeenkomt met het landelijk beeld (hoofdstuk 4.2.1) en als representatief voor de situatie in Nederland kan worden beschouwd in het licht van deze studie. Het aandeel rwzi's waar geen bio-P verwijdering wordt toegepast lijkt wat lager te liggen dan het landelijk gemiddelde.

#### 4.4.3 FOSFOR- EN IJZERGEHALTE

##### FOSFORGEHALTE

Figuur 5 geeft het gewogen gemiddelde fosforgehalte bij SNB en DRSH voor slib met biologische fosfaatverwijdering en slib met chemische fosfaatverwijdering.

FIGUUR 5 GEWOGEN GEMIDDELD FOSFORGEHALTE BIJ SNB EN DRSH VOOR SLIB VAN BIOLOGISCHE FOSFAATVERWIJDERING EN MET CHEMISCHE FOSFAATVERWIJDERING



Het berekende fosforgehalte bedraagt 30-37 g P/kg ds. Bij SNB is het fosforgehalte voor slib van biologische fosfaatverwijdering wat hoger dan voor chemisch slib. Bij DRSH is het verschil kleiner, waarbij het fosforgehalte in het chemisch slib iets hoger is. As-analyses van het slib van DRSH en SNB geven een gemiddeld fosforgehalte van respectievelijk 31 en 34 g P/kg ds. Geconcludeerd kan worden dat het fosforgehalte van het slib van SNB en DRSH voldoende overeenkomst met het landelijk gemiddelde van 34 P/kg ds en betreffende het P-gehalte als representatief kan worden beschouwd.

De analyses van de verbrandingsas komen goed overeen met de berekende fosforgehaltes op basis van de influent- en effluentvrachten voor het landelijk gemiddeld beeld betrouwbaarder zijn dan de door CBS opgegeven gehalten. De Fe/P molverhouding in de verbrandingsassen bij SNB en DRSH bedragen respectievelijk 0,6 en 0,55. Deze waarden komen overeen met de berekende verhouding op basis van het landelijk beeld.

#### **ACHTERGRONDCONCENTRATIE IJZER**

De Fe en P analyses per rwzi van DRSH en SNB zijn gebruikt om een indruk te verkrijgen van het niveau van de achtergrondconcentratie aan ijzer van slib van rwzi's waar aluminium wordt gedoseerd en/of bio-P verwijdering wordt toegepast. Immers een nadere onderbouwing van deze achtergrondconcentratie is noodzakelijk om vast te stellen welk deel van het bio-P slib en het Al-slib voldoet aan een Fe/P verhouding  $<0,2$ . Het slib van rwzi's waar ijzerzouten worden gedoseerd voldoet over het algemeen niet aan de norm voor Fe/P verhouding. Uitgezonderd is een beperkt aantal rwzi's waar kleine hoeveelheden ijzer worden gedoseerd.

Het bio-P slib en Al-slib van SNB laat globaal een achtergrond concentratie Fe van 10-15 mg/kg.ds zien. Bij DRSH fluctueert deze waarde veel meer (5-50 mg/kg.ds). Gebaseerd op een gemiddeld fosfaatgehalte van 34 g/kg ds moet het ijzergehalte gemiddeld minder dan 12 mg/kg ds bedragen om aan de norm voor verwerking te kunnen voldoen. Dit geeft aan dat waarschijnlijk specifiek geselecteerd dient te worden binnen de op voorhand geschikte slibsoorten (bio-P slib en Al-slib).

#### **IJZERGEHALTE**

Slibanalyses geven aan dat het ijzergehalte in het slib van DRSH gemiddeld: 31 g/kg.ds bedraagt (data uit 2004) en in het slib van SNB: 38 g/kg ds (data uit 2004, 2005 en 2006). Landelijk gemiddeld hebben we een verhoging van het ijzergehalte in slib door ijzerdosering berekend van 30 g/kg.ds (tabel 14). Hierbij dient een gemiddelde achtergrondconcentratie te worden opgeteld om op een totaal gemiddeld ijzer gehalte uit te komen (gemiddeld over alle slibsoorten). Gezien de gegevens van de achtergrondconcentratie Fe van het slib van DRSH en SNB kan verwacht worden dat het totaalgehalte landelijk gemiddeld op minstens 40 g/kg.ds uit zal komen.

Ter toetsing is per rwzi voor DRSH en SNB de toename van het ijzergehalte in het slib berekend (voornamelijk data uit 2005) voor slib van rwzi's waar chemische fosfaatverwijdering wordt toegepast. Het ijzergehalte van slib met chemische fosfaatverwijdering bij DRSH bedraagt: 42 mg/kg ds. Opvallend is dat voor een drietal (kleinere) rwzi's van DRSH relatief hoge ijzergehalten ( $> 100$  g/kg ds) worden berekend. Het betreft hier data uit 2005, de as-analyses van DRSH uit 2004 geven een waarde van 31 g/kg.ds.

Voor SNB wordt een toename van het ijzergehalte in het slib door ijzerdosering berekend van 39 g/kg.ds. Hierbij dient ook de verwachte achtergrondconcentratie te worden opgeteld om te komen tot een totaal ijzergehalte. Deze achtergrondconcentratie bedraagt naar verwachting 10-15 mg/kg ds, zodat het totaalgehalte voor SNB kan worden geschat op 49-54 g/kg.ds. De as-analyses van SNB geven echter een waarde van 38 g/kg ds aan.

Betreffende het ijzergehalte moet worden geconcludeerd dat de berekende en gemeten ijzergehalten in het slib enkel met een sterke marge met elkaar in overeenstemming kunnen worden gebracht. Mogelijk speelt hierbij een rol dat er van datasets uit verschillende periodes gebruik gemaakt is. Ook zou dit de gedachten kunnen ondersteunen dat ijzergehalten per periode sterk kunnen variëren vanwege de bedrijfsvoering van de rwzi en vanwege fluctuaties in de aanvoer van ijzer uit het rioleringsstelsel. Mogelijk speelt ook vervuiling van databestanden een rol.

### FE/P VERHOUDING

Op basis van de P en Fe analyses aan het slib van individuele rwzi's van SNB en DRSH kan het volgende worden geconcludeerd. De molverhouding Fe/P voor slib van biologische fosfaatverwijdering en chemisch aluminiumslib bedraagt circa 0,20 voor het slib van SNB (zie ook hoofdstuk 2). Het slib van DRSH laat een afwijkend beeld zien, hier voldoet slechts circa eenderde van biologische fosfaatverwijdering en chemisch aluminiumslib aan een molverhouding van  $<0,20$ . Een verklaring is mogelijk de achtergrondconcentratie aan ijzer (aanvoer vanuit het rioleringsstelsel).

Een gemiddelde Fe/P molverhouding van 0,2 is acceptabel voor verwerking bij Thermphos, maar is tevens de bovengrens voor de gemiddelde molverhouding Fe/P. De uiterste acceptatiegrens is 0,3 mol/mol. Benadrukt wordt dat deze waarde in specifieke situaties kan afwijken vanwege lokale omstandigheden zoals ijzeraanvoer via de riolering.

### REPRESENTATIVITEIT

Gezien het feit dat :

- bij DRSH en SNB circa de helft van het Nederlandse rwzi slib wordt verwerkt;
- het type fosfaatverwijdering op de rwzi's van de klanten van DRSH en SNB niet afwijkt van het landelijk gemiddelde;
- het fosforgehalte in het slib van SNB en DRSH in overeenstemming kan worden gebracht met berekende en gemeten waarden en met het landelijk gemiddelde;

mag in het licht van deze studie worden geconcludeerd dat het slib van DRSH en SNB voldoende representatief is voor Nederland.

Ook kan geconcludeerd worden dat de verkregen gegevens per rwzi als betrouwbaar kunnen worden gekwalificeerd voor het beoogde doel en geschikt voor een gedetailleerdere analyse ten behoeve van de onderbouwing van de marktpotentie van ijzerarm slib.

## 4.5 MARKTPOTENTIE

Bij SNB en DRSH wordt circa 47 % van het Nederlandse slib verwerkt. In 2004 werd er bij SNB en DRSH 162.000 ton verwerkt. 29% hiervan betreft slib van biologische fosfaatverwijdering, 15% hiervan betreft chemisch aluminium slib (zie tabel 15). Gerelateerd aan de totale verwerkte hoeveelheid van 162.000 ton/jr bij SNB en DRSH kan de hoeveelheid bio-P slib en Al-slib worden geschat op 71.000 ton droge stof. Circa 45% hiervan komt voor rekening van DRSH, circa 55% voor rekening van SNB. Voor SNB is 60% van deze slibsoorten geschikt voor verwerking bij Thermphos vanwege de te verwachten gemiddelde Fe/P molverhouding van  $<0,20$ . Voor DRSH is 33% van deze slibsoorten geschikt voor verwerking bij Thermphos vanwege de te verwachten gemiddelde Fe/P molverhouding van  $<0,2$ . Deze geschiktheidpercentages zijn bepaald aan de hand van de beschikbare as- en slibanalyses (zie bijlagen). Het percentage slib van biologische fosfaatverwijdering en chemische fosfaatverwijdering met aluminium dient ook gecorrigeerd te worden voor opmenging met ijzerhoudend slib die plaatsvindt op centrale slibverwerkingslocaties. Deze correctie bedraagt 5-15 %, bij SNB speelt dit in grotere mate dan bij DRSH. Hiertoe wordt voor DRSH een correctie van 5% toegepast en voor SNB een correctie van 15%. Dit resulteert in de volgende marktpotentie voor ijzerarm slib bij DRSH en SNB.



TABEL 17

## POTENTIEEL IJZERARM SLIB

	Potentieel ijzerarm slib ton ds/jr
DRSH	10.500
SNB	23.500
Totaal	34.000

De marktpotentie aan ijzerarm slib bij DRSH en SNB worden gekwantificeerd op circa 34.000 ton ds./jr. Opgemerkt wordt dat de Fe/P molverhouding van het ijzerarme slib rond 0,20 bedraagt, waarmee de marktpotentie voor ijzerarm slib gevoelig is voor hogere ijzergehaltes. Dit zou kunnen betekenen dat bij nadere detaillering van geschikte slibstromen uitgeweken moet worden buiten het verwerkingsgebied van DRSH en SNB om te komen tot minimaal 50.000 ton ds/jr ijzerarm slib.

Geëxtrapoleerd naar de Nederlandse situatie zou de potentie circa het dubbele bedragen: 68.000 ton ds./jr. Geconcludeerd mag in elk geval worden dat de beschikbaarheid van 50.000 ton d.s. per jaar ijzerarm slib tot de mogelijkheden behoort. Voor realisatie hiervan dient er logistiek afstemming plaats te vinden en dienen er additionele analyses op het ijzergehalte en de Fe/P molverhouding plaats te vinden om zodoende specifieke lokale situaties in beeld te krijgen waar het ijzergehalte te ver wordt verhoogd door aanvoer vanuit het rioleringsstelsel.

In tabel 18 zijn de voorgaande resultaten samengevat.

TABEL 18

## SAMENVATTING VOORGAANDE RESULTATEN

Slibproductie in Nederland (2004) (ton ds/jr)	342.000
Slibverwerking bij DRSH en SNB (ton ds/jr)	162.000
IJzerarm slib bij DRSH en SNB (ton ds/jr)	34.000
IJzerarm slib in Nederland (ton ds/jr)	68.000

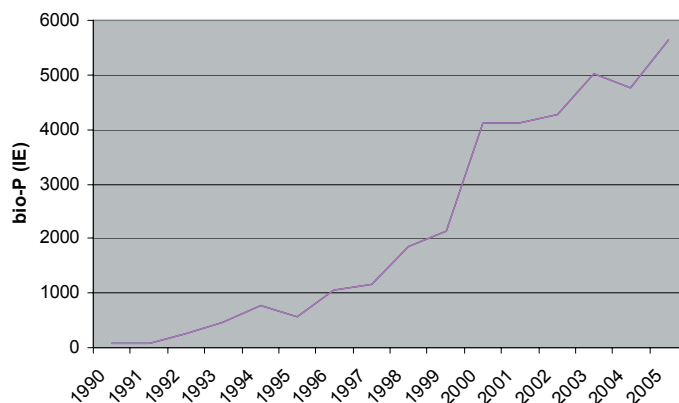
# 5

## TOEKOMSTIGE TRENDS

Op middellange en lange termijn kunnen er een aantal trends worden gesignaleerd die van invloed zijn op de markt voor ijzerarm slib.

Er kan een toenemende belangstelling voor bio-P verwijdering worden vastgesteld. Vanwege de wens van veel waterbeheerders voor een duurzamere bedrijfsvoering is er een tendens waarneembaar om vaker bio-P verwijdering toe te passen en zodoende het chemicaliënverbruik te verminderen. In vergelijking met chemisch slib is toepassing van bio-P verwijdering is gunstig voor verlaging van de Fe/P verhouding in het slib. Sinds 1990 registreert het CBS een gestage groei van de zuiveringscapaciteit waarin biologische fosfaatverwijdering wordt toegepast (zie onderstaande figuur 5.1). Aan biologische fosfaatverwijdering wordt een gunstige invloed op de totale slibketen (verlaging energieverbruik en slibeindverwerkingskosten) toegekend (STOWA 2005-26).

FIGUUR 6 BIOLOGISCHE P-VERWIJDERING (\*1000 IE) OP NEDERLANDSE RWZI'S.



Op middellange en lange termijn worden geen significante veranderingen verwacht in: de belasting van rwzi's, in de productie van zuiveringsslib en in de influent fosfaatvracht naar rwzi's (STOWA 2005-06). Ondermeer onder invloed van de Kaderrichtlijn Water, worden wel strengere effluenteisen voor fosfaat verwacht. Dit resulteert voor een belangrijk deel in additionele P-verwijdering met nageschakelde technieken zoals zandfilters. Dit type additionele P-verwijdering wordt met Fe en/of Al zouten uitgevoerd. Het zuiveringsslib wordt daarmee verrijkt met fosfaat maar ook met Al en/of Fe zouten, aangezien verwacht kan worden dat het in de zandfilters geproduceerde fosfaatslib met het zuiveringsslib van de rwzi wordt afgevoerd. Een significante toename in de belasting van rwzi's en in de productie van zuiveringsslib wordt op middellange en lange termijn niet verwacht, (STOWA 2005-06), zodat een toename van de vastlegging van fosfaat zal leiden tot een verhoging van de fosfaatconcentratie in het slib.

Momenteel dient in Nederland minstens 75% van het fosfaat te worden verwijderd in rwzi's. Landelijk gemiddeld werd in 2006 80% verwijdering gerealiseerd. Toename tot 85% en 90% leidt tot een verhoging van het gemiddelde fosfaatgehalte van 34 g P /kg-ds naar respectievelijk 35,5 g P/kg-ds en 37,7 g P/kg-ds. Of deze verhoging gepaard gaat met een toename van het ijzergehalte of van het aluminiumgehalte valt momenteel niet in te schatten. Ijzerdosering is goedkoper dan aluminiumdosering, er zijn echter aanwijzingen dat met aluminiumdosering lagere fosfaatgehalten in het effluent kunnen worden behaald.

Geconcludeerd kan worden dat de gesignaleerde toekomstige trends de kansrijkheid van de toepassing van de beoogde terugwinning van ijzerarm slib vergroten. Een onzekere factor is de toepassing van ijzerzouten voor additionele P-verwijdering met nageschakelde technieken.

# 6

## FOSFAATTERUGWINNING VIA PRECIPITATEN UIT DEELSTROMEN

### 6.1 INLEIDING

In het huidige project wordt enkel gekeken naar de mogelijkheden om fosfaat terug te winnen uit zuiveringslib. In het praktijkonderzoek op de rwzi Deventer in 2006 (STOWA rapport 2006-25) naar de terugwinning van fosfaat uit een fosfaatrijke deelstroom bleek dat de gevormde precipitaten te veel organische stof bevatten voor rechtstreekse afzet naar Thermphos. Het is echter wel denkbaar dat de as van deze fosfaatrijke precipitaten na verbranding bij SNB een interessante fosforbron voor Thermphos kan zijn. De vraag komt op of het financieel nog wel aantrekkelijk is om deelstromen apart te precipiteren in vergelijking met de directe verwerking van alle slib bij SNB en afzet van as bij Thermphos. Met de fosfaatrijkeprecipitaten wordt de as van SNB extra verrijkt met fosfor, terwijl het aanwezige organische stof verbrand wordt. Wegens het lagere calorische gehalte (lager organisch stofgehalte) van de precipitaten kan het in principe voor lagere kosten meeeverbrand worden (tariefstelling SNB). SNB stelt aan het chemische slib dezelfde eisen als aan biologisch slib dat thans bij SNB wordt verbrand.

In dit hoofdstuk zal deze problematiek worden uitgewerkt en beschreven. In paragraaf 6.2 wordt een beschouwing gegeven over de mogelijke deelstromen die kansrijk zijn en de voor- en nadelen van precipitatie in de sliblijn voor de waterschappen. In paragraaf 6.3 worden de relevante resultaten van de experimenten op de rwzi's Deventer en Almere beschreven. In paragraaf 6.4 volgt een inschatting van de kosten. In paragraaf 6.5 tenslotte worden de conclusies beschreven.

### 6.2 MOGELIJKE FOSFAATRIJKE DEELSTROMEN OP RWZI'S

Het influent van een rwzi bevat doorgaans tussen 8 en 10 mg/l fosfaat-P. Door industriële lozingen kan dit ook hoger zijn, bijvoorbeeld de rwzi Dinther (> 20 mg/l). Een fosfaatrijke deelstroom bevat doorgaans meer dan 20 mg/l P. Bij rwzi's met biologische fosfaatverwijdering vindt in de hoofdstroom in de anaërobe tank afgifte plaats. Het fosfaatgehalte in de anaërobe tank kan oplopen tot meer dan 50 mg/l P (rwzi Dinther). Door supernatant op deze plaats te onttrekken, bijvoorbeeld via een strippertank (BCFS<sup>®</sup> proces) of een lamellenafscheider (proef rwzi Dinther) wordt een fosfaatrijke deelstroom verkregen.

Daarnaast komt een deel van het fosfaat in de sliblijn vrij onder zuurstofloze condities door indikking, buffering en gisting. De fosfaatgehalten kunnen hierbij oplopen tot enkele honderden mg/l. In tabel 19 staat een overzicht van fosfaatrijke waterstromen in rwzi's en de relevante samenstelling hiervan. Het Phostrip-proces (STOWA 2005-01) is ook een voorbeeld van fosfaatwinning uit de waterlijn via een kunstmatig opgewekte deelstroom. Het Phostrip-proces is echter niet rendabel wegens het hoge chemicaliëngebruik (rwzi Haarlem-Waardepolder

en rwzi Geestmerambacht). In theorie is het mogelijk om goedkope reststoffen te gebruiken. Daarmee kunnen de kosten worden gereduceerd. De vraag is echter of dit geen nieuwe technische knelpunten oplevert. Het blijft een feit dat het specifieke hulpstoffengebruik (kg/kg P gebonden) in het Phostrip-proces erg hoog is. Om die reden is het Phostrip-proces in de beschouwing niet meegenomen.

TABEL 19 GLOBALE SAMENSTELLING FOSFAATRIJKE WATERSTROMEN IN RWZI'S

	P-gehalte (mg/l)	N (mg/l)	CZV (mg/l)	SS (mg/l)
(stripper)water anaërobe tank	20-50	30-40	50-75	10-50
rejectiewater slibgistingstank	10-300	200-1.000	200-1.000	100-300
centraat/filtraat (na opslag slib)	10-200	10-50	50-1.000	50-1.000

Uit tabel 19 is af te leiden dat het rejectiewater en het centraat/filtraat een veel hoger fosfaatgehalte hebben dan het stripperwater uit de anaërobe tank. Precipitatie van deze stromen (centraat en/of filtraat) kan effectief zijn door het hoge P-gehalte, maar kan ook (weer) een hoog organische stofgehalte bevatten. Een nadeel van fosfaat terugwinnen uit deze stromen, is dat de effluenteis alleen hiermee waarschijnlijk niet wordt gehaald. Uitgaande van een influent fosfaatgehalte van 8 mg/l, wordt door slibgroei al circa 4 mg/l P verwijderd. De terugvoer via de sliblijn kan zo'n 10-20 % van het totaal bedragen, circa 1-2 mg/l. Het hangt af van de capaciteit voor biologische fosfaatverwijdering (aanwezigheid vetzuren, lengte persleiding, inhoud anaërobe tank) of de effluent fosfaateis wordt gehaald zonder aanvullende dosering in de waterlijn. Dat kan dus betekenen dat op meer locaties gedoseerd moet worden. Bij de onttrekking van stripperwater uit de anaërobe tank is berekend (STOWA 2005-1, [1]) dat ca 40-50 % van de influentvracht kan worden onttrokken. Daarmee kan theoretisch op rwzi Deventer de effluenteis worden gehaald.

Ten opzichte van (aanvullende) dosering van metaalzouten in de hoofdstroom, heeft doseren in deelstromen de volgende voordelen:

- de concentraties zijn hoger en daardoor is de precipitatie efficiënter en zijn minder chemicaliën nodig;
- het gevolg is daarvan is een lagere slibproductie;
- het chemische slib komt niet in het actiefslib terecht, waardoor een hogere fractie biologisch actiefslib aanwezig is met effectievere omzettingen als gevolg.

Bij doseren in deelstromen kan gebruik worden gemaakt van dezelfde chemicaliënopslag als voor de dosering in de hoofdstroom. Met een extra doseerleiding en -pomp kan in de deelstroom gedoseerd worden. Indien het precipitaat apart wordt afgescheiden zijn aparte voorzieningen voor precipitatie en slibafscheiding nodig. Dat vergt extra kosten en personele aandacht. Het supernatant uit de anaërobe tank via stripperwater of lamellenafscheider vergt investeringen in hetzij een strippertank of lamellenafscheider en pompen. Bij diverse rwzi's zijn deze strippertanks al aanwezig. De aparte precipitatievoorziening en slibafscheiding zijn wel altijd nodig.

Bij aparte precipitatie van fosfaat uit deelstromen in de water en/of sliblijn is het wel mogelijk voor SNB om een grotere fosfaatvracht terug te winnen. Stel dat het slib van een rwzi niet naar SNB of DRSH gaat, maar het fosfaatrijke precipitaat (met 10 % P en een relatief lage calorische waarde) wel, dan wordt het slib bij SNB/DRSH kunstmatig verrijkt door een fosforrijke slibstroom. Dit brengt echter voor het waterschap extra kosten met zich mee, omdat

kosten gemaakt moeten worden voor de aparte precipitatie terwijl de korting die SNB geeft voor de verwerking van ijzerarm slib alleen geldt voor het precipitaat en niet voor de rest van het slib.

Het is de vraag in hoeverre er bij de waterschappen draagvlak is om aan deze wijze van fosfaatterugwinning mee te werken. Duurzaamheidsaspecten worden wisselend gewaardeerd. Het is wel duidelijk dat er extra aandacht van personeel nodig is, terwijl financieel de baten beperkt zijn. De kans van slagen wordt het grootst, als de afzet zoveel mogelijk kostenneutraal kan geschieden en de opwerking voor transport zo weinig mogelijk problemen oplevert.

## 6.3 SAMENVATTING RECENTE ERVARINGEN RWZI DEVENTER EN ALMERE

### 6.3.1 INLEIDING

De resultaten van de lab- en praktijkproeven op de rwzi Deventer zijn beschreven in de STOWA rapporten 2005-1[1] en 2006-25 [2]. In deze paragraaf wordt hiervan een samenvatting gegeven inclusief proefnemingen op de rwzi Almere. Zie ook bijlage 3 voor uitgebreidere achtergrondinformatie.

### 6.3.2 RWZI DEVENTER

De rioolwaterzuivering (rwzi) in Deventer is uitgerust met een BCFS<sup>®</sup>-reactor met fosfaatstripper. Deze genereert een anaërobe deelstroom met relatief hoge fosfaatconcentraties (circa 20-30 mg P/l) en weinig verontreinigingen. Het fosfaatgehalte in het stripperwater fluctueert sterk (10-30 mg P/l), afhankelijk van het aanvoerdebiet (RWA).

Uit de vergelijking van de resultaten en kwaliteitseisen (zie bijlage 3) blijkt dat de gehalten organisch stof (20-40 %) ver boven het gewenste niveau van Thermphos liggen. Ook de gehalten koper, zink en ijzer liggen boven de gewenste niveau's, wat waarschijnlijk samenhangt met de grotere hoeveelheid organische stof waaraan deze metalen zijn geadsorbeerd. Het fosfaatgehalte voldoet met betrekking tot het fosfaatgehalte aan de eis van Thermphos (groter dan 250 g P/kg as). Het is niet mogelijk gebleken om de toevoer van organische stof te beperken door aanpassingen aan het proces van de rwzi Deventer of het lager belasten van de strippertank. Het hoge zwevende stof in het stripperwater blijkt vrijwel zeker een intrinsieke eigenschap te zijn van het slibwatermengsel in de anaërobe tank. Uit indicatieve proeven is gebleken dat met een zwevende stofverwijdering (fuzzy filter) circa 70 % van het zwevende stof kan worden verwijderd. Dat is echter nog steeds niet voldoende om de eis van Thermphos te halen.

### 6.3.3 RWZI ALMERE

Waterschap Zuiderzeeland heeft door middel van laboratoriumtesten de mogelijkheid van fosfaatterugwinning uit het centraat van de centrifuges van rwzi Almere onderzocht. Bij de flocculatie is uitgegaan van aluminium met een overmaat van 1,5 mol/mol ten opzichte van het aanwezige ortho-fosfaat. Hiermee is het ortho-fosfaatgehalte teruggebracht van 170-195 mg/l tot 5-6 mg/l. Het gemiddelde rendement hierbij was circa 97 %. Het precipitaat is van het mengsel gescheiden door bezinking en centrifugatie.

Het centraat van rwzi Almere bevatte nog enkele honderden milligrammen droogrest. Om deze reden is van tevoren een voorbehandeling uitgevoerd, door het centraat voor te bezinken en vervolgens te decanteren. Het chloridegehalte voldoet niet aan de eis van Thermphos, doordat 0,01 mol HCl per liter centraat is gebruikt om de pH te corrigeren van 10 naar 8.

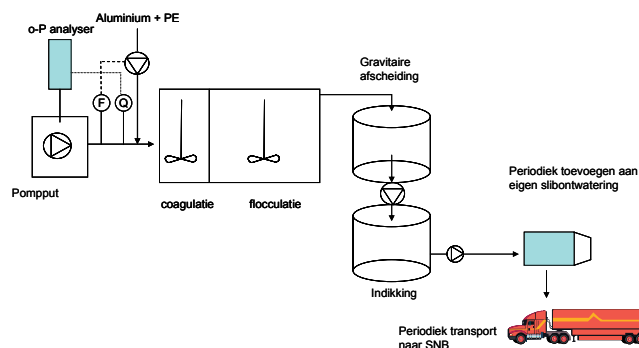
Het organische stofgehalte voldeed volgens Thermphos wel aan de eis. In eventueel vervolgonderzoek zal gekeken moeten worden naar andere (combinaties van) chemicaliën om fosfaat neer te slaan en de pH te corrigeren ten behoeve van de precipitatiereactie.

#### 6.4 KOSTENINDICATIE SEPARATE FOSFAATPRECIPITATIE

In deze paragraaf is een schatting gemaakt van de bouwkosten van een full-scale installatie en de jaarlijkse kosten op basis van de praktijkexperimenten op de rwzi Deventer. In bijlage 4 is deze raming uitgebreid beschreven.

Een schematische weergave van een fosfaatterugwininstallatie in de waterlijn is weergegeven in figuur 7. Er is vanuit gegaan dat de ontwatering plaatsvindt met bestaande apparatuur (buiten de huidige werktijden).

FIGUUR 7 SCHEMATISCHE WEERGAVE FOSFAATTERUGWININSTALLATIE WATERLIJN



De raming van de totale jaarlijkse kosten is weergegeven in tabel 20. Hierin is ook opgenomen dat bespaard wordt op de huidige ijzerdosering en dat bespaard wordt op de huidige slibverwerkingskosten bij SNB (schatting).

TABEL 20 RAMING JAARLIJKSE KOSTEN (IN EURO'S PER JAAR)

Parameter	Kosten (euro/jaar)
Afschrijving	18.000
Onderhoud	3.500
Personeel	9.000
Energie	5.000
Aluminium	13.500-100.000
Transport	7.000
Slibontwatering	5.000
Verwerkingskosten SNB	27.500
Totaal aan kosten	88.500-175.000
Besparing standaard Fe dosering in waterlijn	-29.000
Besparing slibverwerking SNB	-25.000
Netto kosten	34.500-121.000

## 6.5 CONCLUSIES

Met het apart houden van fosfaatprecipitaat uit de waterlijn van het overige slib, zijn kosten gemoeid. Dat is te verwachten en in eerdere studies ook al aangegeven (STOWA 2005-01: 0-0,30 euro/ie). Op basis van de indicatieve kostenraming waarbij fosfaatrijke waterstromen op de rwzi Deventer apart worden geprecipiteerd, blijken de kosten tussen de 30.000 en 120.000 euro/jaar te bedragen. Hierbij zijn de ervaringen van de uitgevoerde STOWA onderzoeken meegenomen (STOWA 2006-25). De laagste kosten hangen samen met een goedkoop aluminiumrestproduct en de hoogste met het duurste handelsproduct. Per gezuiverde ie is dat minimaal 0,17 euro per jaar, uitgaande van het goedkoopste restproduct. Uiteindelijk zijn er altijd kosten verbonden aan terugwinning uit de waterlijn, omdat geïnvesteerd moet worden in een aparte precipitatie en afscheidingsinstallatie. Als fosfaat teruggewonnen wordt uit de verwerking van het biologische slib bij SNB, is een aparte fosfaatterugwinning uit de waterlijn daarom minder interessant. Er zijn echter situaties denkbaar dat er toch geïnvesteerd moet worden in aanvullende maatregelen om fosfaat te verwijderen. In dat geval kan het nog steeds lonend zijn om te investeren in voorzieningen om fosfaatrijk precipitaat apart af te scheiden en apart af te voeren naar SNB.



# 7

## DISCUSSIE, CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

### 7.1 DISCUSSIE

Uit de proeven in 2006 en 2007 van Slibverwerking Noord-Brabant en Thermphos is gebleken dat het technisch goed mogelijk is om door de aparte verbranding van ijzerarm slib ijzerarme slibverbrandingsas te maken zodat deze inzetbaar is als grondstof voor de fosforproductie. Bij het opschalen van de proef van 350 ton naar 2.000 ton is de Fe/P molverhouding met een waarde van 0,24 wel hoger geworden dan de door Thermphos gestelde richtwaarde van 0,2, maar nog ruim onder de uiterste acceptatiegrens van 0,3. Met een strengere selectie van de in aanmerking komende slibstromen, kan de Fe/P molverhouding naar verwachting voldoende in de hand worden gehouden.

Verwerken van de as bij Thermphos levert een lager tarief op in de slibverwerkingskosten doordat bespaard wordt op de kosten voor de afzet van de as. Omdat SNB dit voordeel vervolgens doorberekent aan haar klanten kan dit het voor waterschappen interessant maken om ijzerarm slib bij SNB/DRSH te laten verwerken.

SNB en DRSH verwerken circa de helft van het slib van de Nederlandse rwzi's. Er dient minstens 50.000 ton ds aan ijzerarm en fosfaatrijk slib in Nederland beschikbaar te zijn om een structurele toepassing mogelijk te maken. In dat geval kan SNB twee verbrandingslijnen reserveren voor de verwerking van ijzerarm slib en ontstaan er geen logistieke problemen binnen de huidige infrastructuur van SNB. Het type slib dat bij SNB en DRSH wordt verwerkt, blijkt representatief te zijn voor de Nederlandse situatie. Binnen DRSH en SNB is de hoeveelheid voor verwerking bij Thermphos geschikt slib berekend op 34.000 ton ds/jr. Deze hoeveelheid is onvoldoende voor een continue productie van ijzerarme as. In heel Nederland is circa 68.000 ton ds/jr geschikt slib beschikbaar, wat voldoende is voor een structurele toepassing van P-hergebruik. Dit slib zou echter herverdeeld moeten worden onder de slibverwerkers om fosfaathergebruik van de as van SNB bij Thermphos mogelijk te maken.

Het ijzergehalte in de verbrandingsas en het slib kan gedeeltelijk worden verklaard door de dosering van ijzerzouten op de rwzi. Voor de beoogde verwerking geschikt slib is dus afkomstig van rwzi's waar biologische fosfaatverwijdering en/of chemische verwijdering met aluminiumzouten plaatsvindt. In specifieke lokale situaties dient er rekening gehouden te worden met verhoging van het ijzergehalte door aanvoer vanuit het rioleringsstelsel. Gezien het feit dat de Fe/P molverhouding gemiddeld rond de grenswaarde van 0,20 uitkomt, is tevens aandacht voor specifieke lokale situaties noodzakelijk om in beeld te krijgen waar het ijzergehalte te ver wordt verhoogd door aanvoer vanuit het rioleringsstelsel. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door een hoog ijzergehalte in het aangevoerde rioolwater door bronnering, grondwater of ijzer van drinkwaterslib ter bestrijding van geuroverlast in het stelsel. Hierover zijn op dit moment (te) weinig cijfers beschikbaar.

Het vergroten van het volume aan ijzerarm slib is mogelijk door op rwzi's het gebruik van ijzerhoudende hulpstoffen te vervangen door aluminiumhoudende hulpstoffen. Er zijn in het algemeen geen aanpassingen van apparatuur of infrastructuur nodig. Er zijn geen grote nadelen verbonden aan het vervangen van ijzer door aluminium. Het is echter niet mogelijk om bij alle processen in een rwzi ijzer door aluminium te vervangen. Een belangrijk voordeel van aluminium is het positieve effect op de SVI. Een nadeel is dat aluminium niet kan worden toegepast voor  $H_2S$  binding. Kostentechnisch zijn handelsproducten van aluminium duurder dan ijzerproducten. Daar staat echter tegenover dat er veel aluminiumrestproducten beschikbaar zijn die aanzienlijk goedkoper zijn dan ijzer handelsproducten en die wel overal voor de fosfaatfixatie inzetbaar zijn. Een belangrijke voorwaarde hiervoor is dat er lokaal voldoende aluminiumrestproducten beschikbaar zijn van voldoende kwaliteit.

Op dit moment wordt verwacht dat aparte inzameling van fosfaatprecipitaten uit de waterlijn niet opweegt tegen de opbrengsten van fosfaatterugwinning uit het slib via de SNB-route. Uiteindelijk zijn er altijd kosten verbonden aan terugwinning uit de waterlijn, omdat geïnvesteerd moet worden voor een aparte precipitatie en afscheidingsinstallatie. In het beste geval zijn de kosten gelijk aan de opbrengsten. Als fosfaat teruggewonnen wordt uit het slib via SNB, wat in veel gevallen financieel voordeel oplevert, is fosfaat terugwinning uit de waterlijn minder interessant. Er zijn echter situaties denkbaar dat er toch geïnvesteerd moet worden in aanvullende maatregelen om fosfaat te verwijderen. In dat geval kan het nog steeds lonend zijn om fosfaat apart in de waterlijn af te vangen en samen met het overige slib of apart (indien bij een andere slibverwerker wordt afgezet) af te voeren naar SNB.

Indien 50 % van de verwerkingscapaciteit van SNB wordt benut voor ijzerarm slib kan circa 2 en 3 % van de delfstof van Thermphos worden vervangen door teruggewonnen fosfaat. Hiermee wordt een aanzienlijke bijdrage geleverd aan de doelstelling van Thermphos om op termijn circa 20 procent van de ingenomen delfstof te vervangen door teruggewonnen fosfaat.

Om de kansen voor fosfaatterug-winning nog verder te vergroten wordt aanbevolen landelijk bekendheid te geven aan de resultaten van het onderzoek. Daarnaast wordt aanbevolen om verder in detail onderzoek te doen naar het verkrijgen/uitruilen van de juiste ijzerarme slibben. Waarbij het tevens gewenst is om meer ijzeranalyses in slib en influent van specifieke rwzi's uit te voeren zodat meer inzicht in de ijzerbalans ontstaat. Ontbrekende kennis op dit moment is de landelijke beschikbaarheid van aluminiumrest-producten van goede kwaliteit en de risico's van eventuele verontreinigingen. Ook de effectiviteit van aluminium ten opzichte van ijzer (benodigde doseerverhouding) is onbekend. Daarnaast kan het gebruik van drinkwaterslib in de sliblijn van rwzi's ter discussie komen te staan. Van groot belang is ook een ruimer inzicht in de (onbekende) ijzerbronnen in het rioleringsstelsel. Om de hoeveelheid geschikt slib voor Thermphos te vergroten is een strenge selectie van aangevoerde ijzerarme vrachten noodzakelijk om te voorkomen dat de Fe/P molverhouding te veel oploopt. Dit kan onder andere gedaan worden scheiding van slibstromen bij centrale slibontwateringen en de ijzerarme en ijzerrijke slibstromen apart te ontwateren.

## 7.2 CONCLUSIES

- Het is technisch goed mogelijk om ijzerarme slibverbrandingsas in te zetten als grondstof voor de fosforproductie. Hierbij wordt voldaan aan de vereiste Fe/P molverhouding van 0,2-0,3 mol/mol. Deze methode maakt het mogelijk om tegen geringere kosten voor de slibketen een groot deel van het fosfaat uit slib her te gebruiken.
- SNB en Termphos hebben de ambitie om uit minstens 50.000 ton d.s. ijzerarm slib fosfor terug te winnen.
- Een strenge selectie van aangevoerde ijzerarme slibben is noodzakelijk om te voorkomen dat de Fe/P molverhouding te veel oploopt. Dit kan onder andere gedaan worden door scheiding van slibstromen bij centrale slibontwateringen en de ijzerarme en ijzerrijke slibstromen apart te ontwateren.
- Om logistieke redenen is het voor een continue productie van ijzerarme as sterk gewenst dat minimaal de helft van de slibaanvoer van SNB zal bestaan uit ijzerarm slib (ijzerarme slibverwerkingslijn).
- Door de besparing op de afzetkosten van as, zal de slibverwerking via de ijzerarme slibverwerkingslijn goedkoper zijn.
- Binnen het verzorgingsgebied van SNB is er onvoldoende ijzerarm slib direct beschikbaar voor een continue productie van ijzerarme as. Ook als het verzorgingsgebied van DRSB hierbij betrokken wordt is er nog onvoldoende ijzerarm slib direct beschikbaar om de gewenste situatie te bereiken waarbij twee verbrandingslijnen continu ijzerarm slib verwerken. In heel Nederland is wel voldoende geschikt slib beschikbaar, maar om dit potentieel te benutten is een herverdeling van slibcontracten tussen de slibverwerkers nodig.
- Het vergroten van het volume aan ijzerarm slib is mogelijk door op rwzi's het gebruik van ijzerhoudende hulpstoffen te vervangen door aluminiumhoudende hulpstoffen. Om kostentechnisch uit te kunnen, moet er gebruik worden gemaakt van lokaal beschikbare aluminiumrestproducten van voldoende kwaliteit.
- In specifieke lokale situaties dient er echter rekening gehouden te worden met verhoging van het ijzergehalte door aanvoer vanuit het rioleringsstelsel (geurbestrijding, bronnering, grondwater). Ook blijken sommige ijzerarme slibstromen te verdwijnen door opmenging met andere ijzerrijke slibstromen. Hierover zijn op dit moment (te) weinig cijfers beschikbaar.
- Aparte inzameling van fosfaatprecipitaten uit deelstromen op de rwzi weegt kostentechnisch niet op tegen de opbrengsten van fosfaatterugwinning uit het slib via de SNB-route. Indien geïnvesteerd moet worden in maatregelen voor fosfaatverwijdering op rwzi's kan het lonend zijn om fosfaat uit deelstromen terug te winnen.

### 7.3 AANBEVELINGEN

- Onderzoek naar de mogelijkheid voor een herverdeling van de slibaanvoer tussen SNB en DRSH. Hierdoor kan de aanvoer van ijzerarm slib naar SNB op relatief eenvoudige wijze sterk vergroot worden. Deze studie laat zien dat er dan echter nog onvoldoende ijzerarm slib aanwezig is voor een continue productie op twee verbrandingslijnen.
- Voor een verdere vergroting van de aanvoer van ijzerarm slib dient per slibontwatering onderzocht te worden of het mogelijk is om de ijzerconcentratie te verlagen door de volgende maatregelen (in volgorde van belangrijkheid):
  - Vervanging van ijzerhoudende hulpstoffen door aluminiumhoudende hulpstoffen.
  - Voorkomen van opmenging van ijzerarme slibstromen met ijzerrijke slibstromen.
  - Voorkomen van ongewenste ijzerlozingen (bv. drinkwaterslib) op de riolering.
  - Beperken van het aandeel rioolvreemd water (zoals bv. bronneringen of grondwaterlekage).
- Door bekendheid te geven aan deze mogelijkheid voor fosfaathergebruik ontstaat misschien ook buiten het verzorgingsgebied van SNB en DRSH interesse voor deze manier voor fosfaathergebruik zodat uiteindelijk zo veel mogelijk fosfaat in Nederland kan worden hergebruikt.

Om de hierboven beschreven ontwikkelingen beter te kunnen ondersteunen zou het zinvol kunnen zijn om nader onderzoek te laten verrichten naar de volgende aspecten:

- Nader onderzoek naar de effectiviteit van de aluminiumdosering versus de ijzerdosering. Is er stoichiometrisch juist meer of misschien juist minder nodig;
- Nader onderzoek naar de herkomst van ijzer in het slib. Deze studie laat zien dat de ijzerdosering vanwege fosfaatreductie bij verre de belangrijkste bron is, maar dat ook andere, kleinere bronnen nog steeds kunnen leiden tot een te hoog ijzergehalte in het slib. Over de herkomst van deze achtergrondconcentratie is op dit moment te weinig informatie beschikbaar;
- Onderzoek naar opmengingproblematiek van ijzerarm en ijzerrijk slib op centrale ontwaterlocaties. Door opmenging te voorkomen komt wellicht meer fosfaat in aanmerking voor terugwinning.
- Inventariseren landelijke beschikbaarheid aluminiumrestproducten van goede kwaliteit. Nader onderzoek naar de verontreinigingen in deze restproducten ook in relatie tot het imago probleem. Dit geldt overigens ook voor het drinkwaterslib;

# 8

## REFERENTIES

- [1] STOWA 2005-01, Terugwinning van fosfaat uit rwzi's, experimenten op praktijkschaal met groen fosfaat bij het BCFS® proces.
- [2] STOWA 2006-25, Onderzoek fosfaatterugwinning uit stripperwater BCFS® rwzi Deventer
- [3] STOWA 93-06 Handboek chemische fosfaat-verwijdering
- [4] Voorstel voor een ad hoc maximaal toelaatbaar risiconiveau voor aluminium in oppervlaktewater, RWS-RIZA, november 2002.
- [5] Toekomstige slibkwaliteit en kwantiteit STOWA 2005-06.
- [6] Rioolvreemd water STOWA 2003-08.

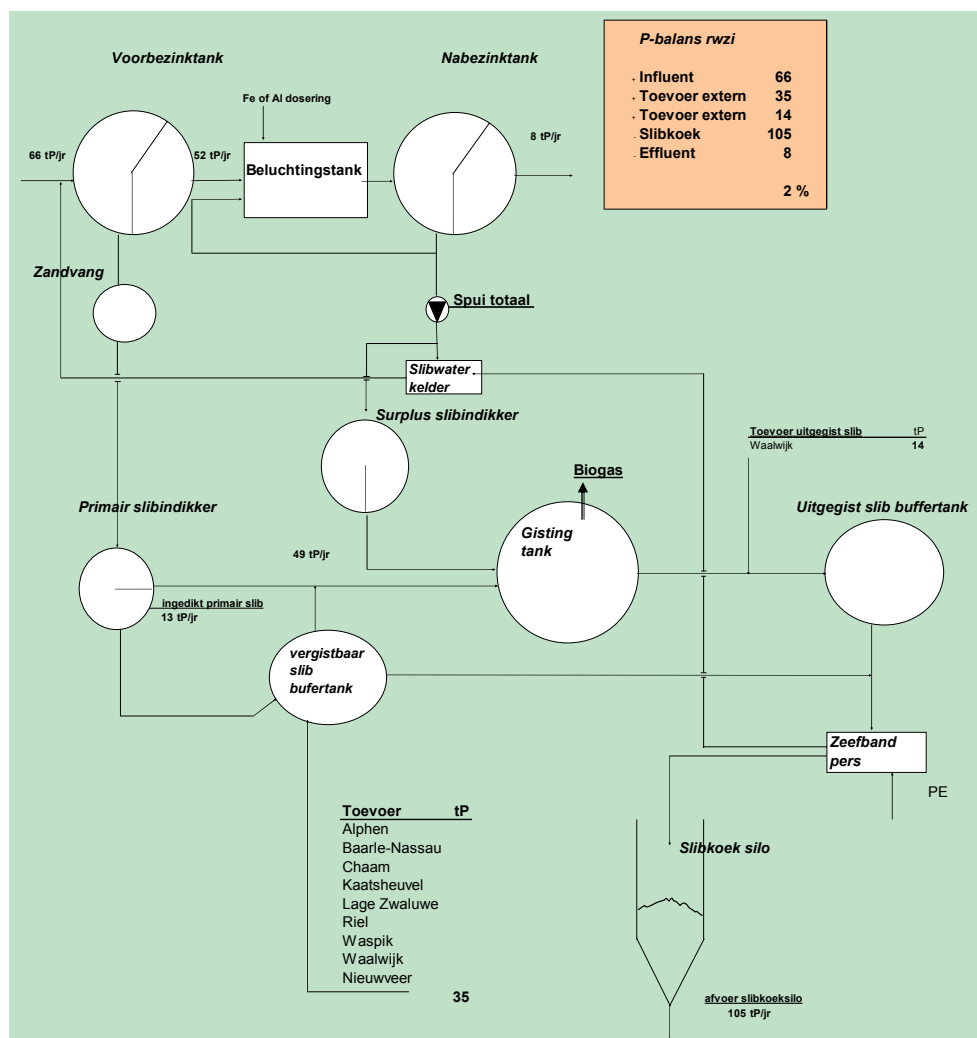
## BIJLAGE 1

# CASE STUDIE 1: RWZI DONGEMOND (VOLLEDIG CHEMISCH)

De rwzi Dongemond heeft sinds 2001 een capaciteit van 160.000 i.e (à 136 g TZV) en een maximale hydraulische capaciteit van 6.000 m<sup>3</sup>/h. De waterlijn bestaat in de huidige situatie uit een ontvangwerk/verdeelwerk, voorbezinktanks (2x), beluchtingstanks (4x), nabezinktanks (4x) en een effluentvrijzelgemaal. De sliblijn bestaat uit een primair slibindikker, een secundair slibindikker, een gistingstank (voor zowel primair als secundair slib), een uitgegist slib buffertank, slibontwatering (zeefbandpers) en een slibkoeksilo. De slibkoek gaat per as naar SNB. In figuur A1 is een processchema van rwzi Dongemond gegeven. In figuur A2 is een foto van een deel van rwzi Dongemond gegeven.

FIGUUR A1

PROCESSHEMA RWZI DONGEMOND MET FOSFAAT BALANS 2006



FIGUUR A2

RWZI DONGEMOND



Er vindt volledige chemische fosfaatverwijdering plaats door middel van dosering van  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  in de actiefslibtank via een Tunetanken oplostank. In de wintertijd wordt vloeibaar PolyAluminiumChloride gebruikt om de SVI te verlagen. Hiervoor is geen aparte chemicaliënopslag/ doseerapparatuur nodig omdat het beide zure producten betreft en de vloeibare PAC wordt direct vanuit de voorraadtank gedoseerd in plaats vanuit de oploskelder. In de tabel A1 zijn de gegevens van de rwzi Dongemond samengevat.

TABEL A1

GEGEVENS RWZI DONGEMOND

Periode van	t/m	aantal dagen	Chemicalie	Hoeveelheid kg	Influentbelasting kg P/d	Me/P	Effluent mg P/l
1-1-2002	5-2-2004	766	$\text{FeSO}_4$	329.584	Fe	1,27	0,78
6-2-2004	27-4-2004	82	$\text{AlCl}_3$	15.071	Al	1,23	0,93
28-4-2004	15-11-2004	202	$\text{FeSO}_4$	93.076	Fe	1,43	0,86
16-11-2004	4-4-2005	140	poly-Al	34.823	Al	1,62	0,87
5-4-2005	12-1-2006	283	$\text{FeSO}_4$	127.737	Fe	1,49	0,78
13-1-2006	6-4-2006	84	$\text{AlSO}_4$	17.386	Al	1,34	0,89
6-4-2006	14-1-2007	284	$\text{FeSO}_4$	128.560	Fe	1,38	0,74
		1535	totaal	678.957	Fe	1,35	0,78
		306	totaal	67.280	Al	1,44	0,89

Voor een inschatting van de chemische slibproductie wordt door het waterschap uitgegaan van de volgende kenge-tallen: 2,2 kg ds/kg ijzer en bij aluminiumgebruik is de slibproductie 3,7 kg ds/kg aluminium (theoretisch berekend, komt dit overeen met 50 % fosfaatprecipitaat en 50 % hydroxide-precipitaat).

De ijzer- en fosfaatbalans van rwzi Dongemond in 2006 staan weergegeven in tabel A2 en A3. Voor de ijzergehalten in influent, effluent en het externe aangevoerde slib, zijn aannames gedaan. Het ijzergehalte in het externe slib uit Kaatsheuvel is berekend op basis van de ijzerdosering in Kaatsheuvel ten behoeve van defosfatering. Op basis van ervaringen en berekeningen bij diverse rwzi's van Waterschap de Dommel is een reële schatting voor het influent van 2 mg/l en effluent van 0,1 mg/l aangenomen. De balans is kloppend gemaakt door aan te nemen dat de overige externe slibaanvoer 5.000 mg Fe/kg ds bevat en het ijzergehalte in de totale slibafvoer ruim is ingeschat (op basis van 2 metingen, variërend van 89 - 100 g Fe/kg ds). Zie het einde van deze bijlage voor de uitwerking van de gegevens.

TABEL A2

IJZERBALANS RWZI DONGEMOND 2006

IN		UIT		
Aanvoer influent	56	Afvoer slib	688	kg Fe/dag
Dosering gistingstank	0	Afvoer effluent	3	kg Fe/dag
Dosering in AT	453			kg Fe/dag
Aanvoer extern slib	183			kg Fe/dag
	0			balansverschil

TABEL A3 FOSFAAT BALANS RWZI DONGEMOND 2006

IN		UIT		
Aanvoer influent	181	Afvoer slib	288	kg P/dag
Aanvoer extern slib	134	Afvoer effluent	22	kg P/dag
	+5 (2%)			balansverschil

Uit tabel A3 blijkt dat de ijzerdosering in de beluchtingstank 66 % van de totale ijzeraanvoer van rwzi Dongemond omvat. Het ijzergehalte van het af te voeren slib is momenteel ongeveer 98,7 g Fe/kg ds. Dit kan door omschakeling naar aluminiumproducten theoretisch verlaagd worden naar ongeveer 33,5 g Fe/kg ds.

De fosfaatbalans heeft een balansverschil van 2%. Dit verschil is acceptabel. De Fe/P verhouding in het slib van rwzi Dongemond is hiermee (12,3/9,3 =) 1,3 mol/mol. Indien het ijzergehalte door omschakeling naar aluminium kan worden verlaagd met 66% dan wordt de Fe/P verhouding in het slib van rwzi Dongemond (4,2/9,3 =) 0,45 mol/mol. Om de Fe/P molverhouding te verlagen op rwzi Dongemond zullen de rwzi's die het externe slib leveren ook om moeten schakelen naar aluminiumproducten (rwzi Kaatsheuvel). Op basis van de aanname dat al het externe slib ongeveer 5 g Fe/kg ds bevat (na omschakeling naar aluminiumproducten door rwzi Kaatsheuvel), zal de Fe/P molverhouding uitkomen op 0,14. Dat voldoet dus ruim aan de gewenste molverhouding van 0,2.

Er wordt geen ijzer gedoseerd aan de slibgisting of de voorbezinktank.

Een paar maanden per jaar wordt aluminium in plaats van ijzer gedoseerd in de rwzi. De laatste twee jaar blijkt dat het droge stofgehalte van de slibontwatering op rwzi Dongemond 1-1,5 % lager wordt bij gebruik van aluminium in plaats van ijzer. Voorgaande jaren gaven geen verschil, ook niet bij andere rwzi's van Waterschap Brabantse Delta. Een lager drogestofgehalte heeft consequenties voor het af te voeren slibvolume en kosten voor de slibeindverwerking. Omdat het effect van een verslechterde slibontwatering niet eenduidig is, is er bij de berekening van de case Dongemond niet uitgegaan van een effect op de slibontwatering bij omschakeling van ijzer naar aluminium.

De kostprijs voor de slibverwerking bij SNB (en DRSH) is afhankelijk van het organische stofgehalte in de slibkoek. Dit komt omdat de installatie van SNB thermisch beperkt is, waardoor de haalbare doorzet bepaald wordt door de stookwaarde. De stookwaarde hangt weer samen met het organische stofgehalte. Hoe hoger het organische stofgehalte, des te lager de doorzet en des te hoger de slibverwerkingskosten, omdat de vaste kosten van de installatie door een kleiner slibvolume gedragen moeten worden. De tarieven zijn daarom opgebouwd uit een deel voor de dekking van de vaste kosten (dat is het deel dat recht evenredig is met het gehalte aan organische stof) en een deel voor de dekking van de variabele kosten, waarbij deze recht evenredig met een ton slibkoek (van gemiddelde samenstelling) is verondersteld.



In het geval van ijzerarm slib hanteert SNB een korting omdat het tarief voor de afvoer van vliegias fors lager is bij ijzerarme vliegias (zie tabel A4), doordat alleen de transportkosten naar Thermphos Vlissingen in rekening worden gebracht. Deze korting is vooral afhankelijk van de gloeirest van het slib.

**TABEL A4 OVERZICHT GEHANTEERDE KOSTEN VOOR VERWERKING Vliegias**

Kosten afvoer normale vliegias	56,0	euro/ton as
	57,1	euro/ton gloeirest
Kosten afvoer ijzerarme vliegias	11,0	euro/ton as
	11,2	euro/ton gloeirest
Besparing	45,0	euro/ton as
	45,9	euro/ton gloeirest
Verhouding as vs gloeirest	1,02	ton as/ton gloeirest

In tabel A5 is de exacte berekening voor de verwerkingskosten bij SNB weergegeven. Zie einde van deze bijlage voor een berekening van de slibproductie.

**TABEL A5 BEREKENING VERWERKINGSKOSTEN EN KORTING SNB VOOR CASE RWZI DONGEMOND**

		1a	1b	
	eenheid	Fe-rijk slib	Al-rijk slib	Verschillen
Slib	ton/jaar	7.886	7.448	-438
Droge stof	ton/jaar	1.766	1.668	-98
Droge stof	%	22,4%	22,4%	
Organische stof	ton/jaar	972	972	0
Organische stof	% van ds	55%	58%	
Organische stof	% van koek	12,32%	13,04%	
Gloeirest	ton/jaar	795	697	-98
<b>Prijsberekening (excl. BTW)</b>				
Normale kostprijs slibverwerking *	euro/ton	58,6	61,0	2,4
	euro/jaar	462.364	454.219	- 8.145
Korting vanwege ijzerarme as	euro/ton	-	- 5,0	- 5,0
	euro/jaar	-	- 37.587	- 37.587
Slibverwerkingskosten incl. korting	euro/ton	58,6	55,9	- 2,7
	euro/jaar	462.364	416.632	- 45.731
Transportkosten (naar SNB)	euro/ton	2,8	2,8	-
	euro/jaar	21.686	20.481	- 1.205
Totale slibverwerkingskosten inclusief transport	euro/ton	61,4	58,7	- 2,7
	euro/jaar	484.050	437.113	- 46.936

\* afhankelijk van de stookwaarde

De verschillen in kosten bij omschakeling van  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (s) naar een aluminiumproduct (restproduct  $\text{AlSO}_4$  (l) en PolyAluminiumSulfaat (l)) staan weergegeven in tabel A6.

**TABEL A6 KOSTENVERGELIJKING OMSCHAKELING VAN IJZER NAAR ALUMINIUM IN RWZI DONGEMOND, BIJ GEBRUIK VAN HET GOEDKOOPSTE EN HET DUURSTE ZURE ALUMINIUMPRODUCT**

	Huidige kosten met ijzer	Minimale kosten met aluminium (100% restproduct)	Maximale kosten met aluminium (100% handelsproduct)	eenheid
Chemicaliënkosten	0,47	0,55	4,0	euro/kg Me
Chemicaliën verbruikskosten	86.400	48.700	354.500	euro/jaar
Kosten slibtransport naar SNB	21.700	20.500	20.500	euro/jaar
Verwerkingskosten SNB	462.400	454.200	454.200	euro/jaar
Korting SNB vanwege ijzerarme as	0	-37.600	-37.600	euro/jaar
Totaal	570.400	485.900	791.600	euro/jaar
Kostenverschil ten opzichte van FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O gebruik	0	-84.600	221.100	euro/jaar

Uit tabel A6 blijkt dat de omschakeling van ijzer naar aluminiumhoudende producten op rwzi Dongemond voordelig is indien gebruik gemaakt kan worden van aluminiumhoudende restproducten. Aangezien er door een beperkte beschikbaarheid van aluminiumhoudende restproducten waarschijnlijk ook gebruikgemaakt zal moeten worden van commerciële aluminiumproducten, zal het kostenvoordeel uiteindelijk gedeeltelijk wegvallen.

#### ONDERLIGGENDE BEREKENINGEN RWZI DONGEMOND

##### P balans rwzi Dongemond 2006

IN	UIT	
Aanvoer influent	181	Afvoer slib 288 kg/dag
Aanvoer extern slib	134	Afvoer effluent 22 kg/dag
	5	verschil

De waarden voor de P balans zijn direct afkomstig van rwzi Dongemond

##### Fe balans rwzi Dongemond 2006

IN	UIT	
Aanvoer influent	56	Afvoer slib 688 kg/dag
Dosering gistingstank	0	Afvoer effluent 3 kg/dag
Dosering in AT	453	kg/dag
Aanvoer extern slib	183	kg/dag
	0	verschil

##### Berekening Fe balans

Aanvoer Fe influent = influent conc x influent debiet = 2 mg/l x 10.200.000 m<sup>3</sup>/jaar / 365/1000 = 56 kg Fe /dag

Dosering Fe in gistingstank = 0 kg Fe /dag

Dosering in AT = 453 kg Fe /dag

Aanvoer Fe via extern slib = aanvoer via slib Kaatsheuvel + aanvoer via slib Waalwijk + aanvoer via overig extern slib

Aanvoer Fe via extern slib = Fe gehalte extern slib (mg Fe/kg ds) x ds gehalte aangevoerd slib (kg ds/dag)

Afvoer slib = Fe gehalte ontwaterd en vergist slib (mg Fe/kg ds) x ds gehalte ontwaterd en vergist spuislib (kg ds/dag) = 0,987 x 6975 = 688 kg Fe/dag

Afvoer Fe effluent = effluent conc x influent debiet = 0,1 mg/l x 10.200.000 m<sup>3</sup>/jaar / 365/1000 = 3 kg Fe /dag

##### Gegevens rwzi Dongemond

effluent	aanname	0,1 mg Fe/l
influent	aanname	2 mg Fe/l
influent debiet		10.200.000 m <sup>3</sup> /jaar
hoeveeheid ontwaterd en vergist spuislib		6.975 kg ds/dag
ontwaterd en vergist slib		98700 mg Fe/kg ds
in gistingstank		0 kg Fe/dag
dosering AT		453 kg Fe/dag
molmassa Fe		55,85 kg/kmol
molmassa P		30,97 kg/kmol
extern slib Waalwijk	aanname	5000 mg Fe/kg ds
extern slib Waalwijk		1266 kg ds/dag
extern slib overige rwzi's	aanname	5000 mg Fe/kg ds
extern slib overige rwzi's		1.165 kg ds/dag
extern slib Kaatsheuvel	berekend (toegevoegd kg Fe/dag/ kg ds spuislib/dag)	90620 mg Fe/kg ds
toegevoegd Fe/dag in Kaatsheuvel in 2006		171 kg Fe/dag
extern slib Kaatsheuvel		1887 kg ds/dag

**rwzi Dongemond (2005)**

Berekening droge stofgehalte in ton ds/jaar uit tabel A5, door middel van omrekening van huidig Fe gebruik naar Al gebruik

**Gegevens slibverwerking (jaarvrachten) afkomstig van rwzi Dongemond**

externe slibaanvoer	929 ton ds extern slib per jaar
intern secundair slib	1205 ton ds intern secundair slib per jaar
intern primair slib	996 ton ds intern primair slib per jaar
<b>totaal ingaande slibstroom naar vergistingstank</b>	<b>3130 totaal ton ds slib/jaar voor vergisting intern+extern</b>
aandeel intern slib van het totaal	70% van totale slibverwerking bestaat uit intern slib
<b>totaal uitgaande slibstroom uit vergistingstank</b>	<b>2512 ton ds slib/jaar na vergisting</b>
droge stof verwijdering in vergistingstank	618 ton ds/jaar verwijderd na vergisting en indikking
rendement vergistingstank	20% ds verwijderd na vergisting en indikking

**Berekende gegevens m.b.t. rwzi Dongemond**

<b>Ijzerslib</b>	
uitgaande <i>interne</i> slibstroom uit vergistingstank= interne slibaanvoer x (100% - 20%)	1766 ton ds INTERN ijzerhoudend slib overgebleven na vergisting
gegevens afkomstig van rwzi Dongemond	45 % van ds is gloeirest (GR)
berekend	795 ton gloeirest
berekend	972 ton OS (DS-GR)
berekend	55% organische stof (OS)
<b>Aluminiumslib</b>	
uitgaande <i>interne</i> slibstroom uit vergistingstank= berekende hoeveelheid huidig ijzerslib - verschil Fe/Al slibproductie = 1766 - 98 ton ds/jaar = 1668 ton ds	1668 ton ds INTERN aluminiumhoudend slib overgebleven na vergisting (o.b.v. correctieberekening)
berekend	42 % van ds is gloeirest (GR)
berekend	697 ton gloeirest
OS is gelijk aan ijzerslib	972 ton OS (DS-GR) (is gelijk bij zowel Al en Fe gebruik)
berekend	58% organische stof (OS)

**Berekening verschil slibproductie bij gebruik Fe of Al**

De waarden voor de interne P balans 2005 zijn direct afkomstig van rwzi Dongemond

Ingaand P	Uitgaand P
55 ton P/jaar naar AT	24 ton P/jaar slib afvoer (o.b.v. 2% P in sec.slib)
	9 ton P/jaar effluent afvoer
verschil	22 ton P geprecipiteerd
	710 kmol P/jaar

correctieberekening op lager gewicht (Al versus Fe)

Op basis van gegevens Fe gebruik		berekening slibproductie		
3384 kmol Fe gebruik	uit data	wordt FePO <sub>4</sub> en Fe(OH) <sub>3</sub> vanwege overdosering		
710 kmol P/jaar	zie P balans	Me/P	1,5	
710 kmol	FePO <sub>4</sub>	molmassa	151	107161 FePO <sub>4</sub>
2674 kmol	Fe(OH) <sub>3</sub>	molmassa	107	286153 Fe(OH) <sub>3</sub>
				393314 totaal kg slib
				393 ton chemisch slib met Fe
710 kmol	AlPO <sub>4</sub>	molmassa	122	86581 AlPO <sub>4</sub>
2674 kmol	Al(OH) <sub>3</sub>	molmassa	78	208597 Al(OH) <sub>3</sub>
				295178 totaal kg slib
				295 ton chemisch slib met Al
verschil Fe/Al	98 ton ds	25 %		

## BIJLAGE 2

## CASE STUDIE 2: RWZI DEVENTER

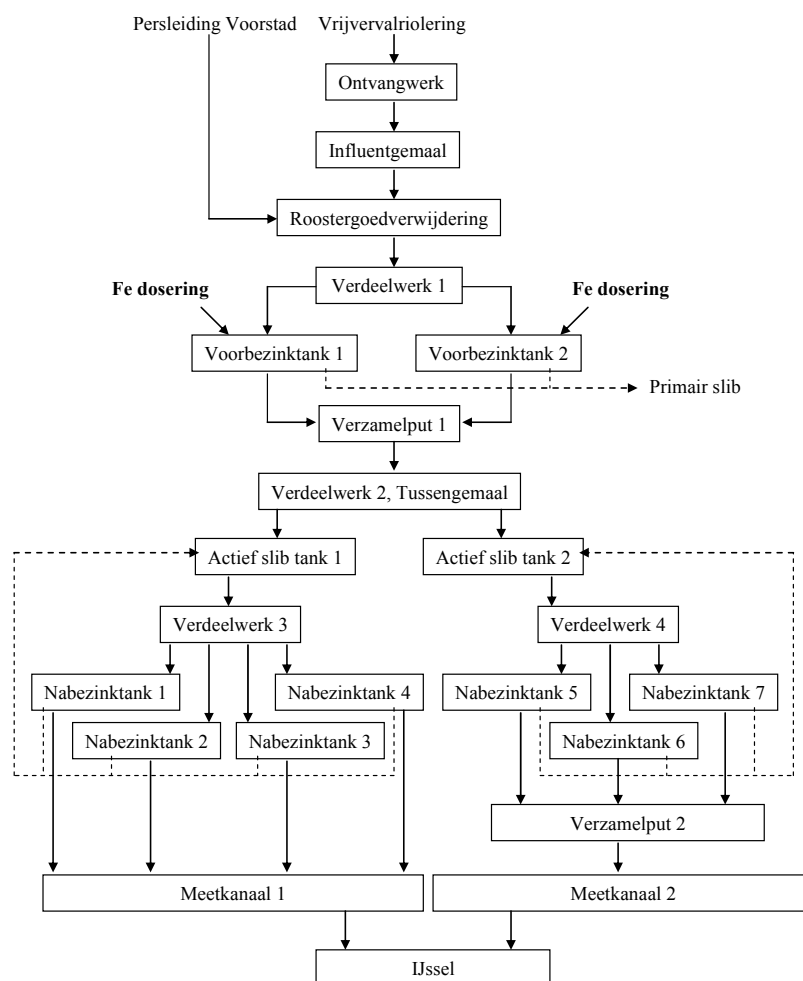
(BIOLOGISCH MET AANVULLEND CHEMISCH)

De rwzi Deventer heeft een capaciteit van 182.000 i.e. en een maximale hydraulische capaciteit van 6.600 m<sup>3</sup>/h. De waterlijn bestaat uit een ontvangwerk/verdeelwerk, 2 voorbezinktanks, 2 actief slibtanks volgens het BCFS<sup>®</sup> proces (met fosfaat-stripper); anaërobe tank, contactbak, anoxische wissel- en aërobe tank, 7 nabezinktanks en een effluentgemaal. De sliblijn bestaat uit een zandvanger, 2 voorindikers voor primair slib, zeefindikker voor secundair slib, 1 naindikker als buffer voor de aanvoer van extern slib, 2 gistingstanks, 1 sliblagune en 2 slibputten, kunstmatige slibontwatering (KSO).

In figuur A3 en A4 is een processchema van de water- en sliblijn van rwzi Deventer gegeven.

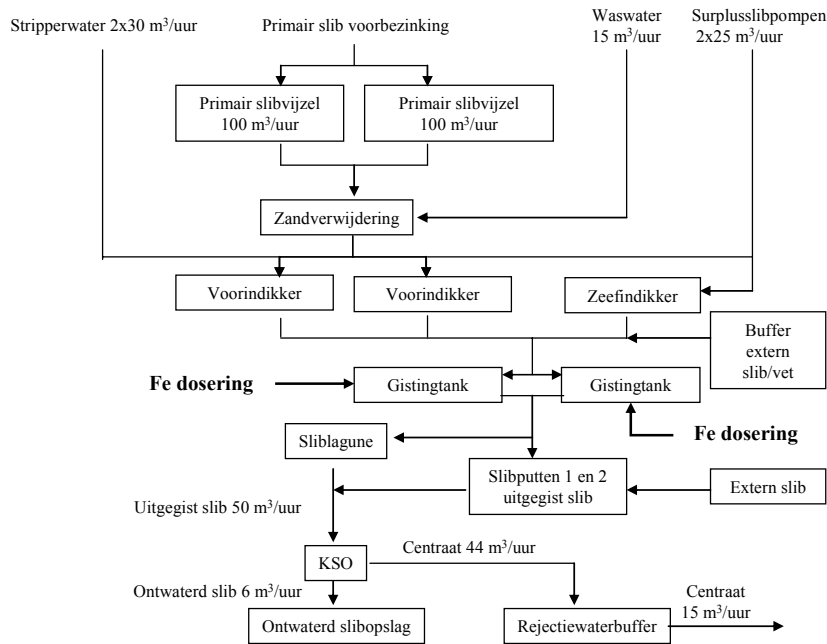
FIGUUR A3

PROCESSHEMA WATERLIJN RWZI DEVENTER



FIGUUR A4

PROCESSHEMA SLIBLIJN RWZI DEVENTER



Er vindt biologische fosfaatverwijdering plaats in het BCFS<sup>®</sup> proces, waar fosfaat in het slib wordt opgenomen. Het fosfaatrijke secundaire slib wordt uit de retourslibleiding naar de zeefindikker verpompt. Daarna gaat het naar de slibgistingstanks, het uitgegiste slib gaat naar de sliblagune en wordt hierna ontwaterd in de kunstmatige slibontwatering (KSO). Aanvullende chemische fosfaatverwijdering kan plaatsvinden door middel van de fosfaatstrippertank, waarbij het precipitaat wordt toegevoegd aan de rest van het slib. Deze deelstroombehandeling heeft tijdelijk als pilot gedraaid in rwzi Deventer. Hierbij is het precipitaat apart afgevoerd.

Op de rwzi Deventer doseert men op het moment ijzerchloridesulfaat aan de zuivering (pre-precipitatie) als aanvullende chemische fosfaatverwijdering. Een omschakeling van  $\text{FeClSO}_4$  naar een zuur aluminiumproduct in de deelstroombehandeling heeft geen consequenties voor de chemicaliënopslag/doseerapparatuur voorzieningen van rwzi Deventer, omdat het beide zure producten betreft.

Aanvullende chemische fosfaatverwijdering vindt tevens in de gistingstanks plaats. Hier wordt drinkwaterslib gedoseerd ten behoeve van aanvullende fosfaatverwijdering. Het huidige drinkwaterslib ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) op de rwzi Deventer wordt alleen toegepast voor defosfatering en niet voor de binding van sulfide. In deze case wordt er daarom vanuit gegaan dat het drinkwaterslib vervangen kan worden door een aluminiumproduct op rwzi Deventer. Ook wordt ervan uitgegaan dat gebruik gemaakt kan worden van dezelfde doseeropslagvoorzieningen als voor de waterlijn.

De ijzer en fosfaatbalans van rwzi Deventer in 2005 staan weergegeven in de tabellen A7 en A8. Voor het ijzergehalte van influent en effluent zijn schattingen gemaakt. Er zijn dezelfde aannames gedaan als bij de rwzi Dongemond (influent en effluent, respectievelijk 2 mg/l ijzer en 0,1 mg/l ijzer). Zie einde deze bijlage voor de uitwerking van de gegevens. Deze balans is echter niet kloppend te krijgen. Er is geen duidelijke verklaring voor het balansverschil. Mogelijk is het gehalte ijzer in het influent hoger dan verwacht. Dat zou dan ca 12 mg/l zijn. Alleen metingen kunnen hierover meer zekerheid verschaffen.

TABEL A7

IJZERBALANS RWZI DEVENTER 2005

IN		UIT		
Aanvoer influent	44	Afvoer slib	580	kg/dag
Dosering gistingstank	150	Afvoer effluent	2	kg/dag
Dosering in AT	45			kg/dag
Aanvoer extern slib	117			kg/dag
	-226 (39%)			verschil

TABEL A8

FOSFAATBALANS RWZI DEVENTER 2005

IN		UIT		
Aanvoer influent	175	Afvoer slib	240	kg/dag
Aanvoer extern slib	116	Afvoer effluent	60	kg/dag
	-9 (3%)			verschil

Uit tabel A8 blijkt dat de ijzerdosering in de waterlijn (voorbezinktanks) 34% van de totale ijzeraanvoer van rwzi Deventer omvat  $((150+45)/580=34\%)$ . Het ijzergehalte van het af te voeren slib is momenteel ongeveer 80 g Fe/kg ds. Dit kan door omschakeling naar aluminiumproducten theoretisch verlaagd worden naar ongeveer 53 g Fe/kg ds. Deze aanname is echter onbetrouwbaar vanwege het grote balansverschil.

De fosfaatbalans heeft een balansverschil van 3%. Dit verschil is acceptabel. De Fe/P verhouding in het slib van rwzi Deventer is  $(10,4/7,7 =) 1,3$  mol/mol. Indien het ijzergehalte door omschakeling naar aluminium kan worden verlaagd met 34 % dan wordt de Fe/P verhouding in het slib van rwzi Deventer  $(6,8/7,7 =) 0,9$  mol/mol. Dit is lang niet voldoende om bruikbaar te zijn voor Themphos.

Stel dat de hoge Fe/P molverhouding is veroorzaakt door een hoog ijzergehalte in het influent, zal deze waarde drastisch verlaagd moeten worden om het slib geschikt te laten zijn voor hergebruik door Themphos. Op dit moment kan dus geen uitspraak worden gedaan of de Fe/P verhouding onder de 0,3 komt indien de rwzi's die het externe slib leveren aan rwzi Deventer ook omschakelen naar aluminiumproducten.

De exacte berekening voor de verwerkingskosten bij SNB staan weergegeven in tabel A9.

TABEL A9 BEREKENING VERWERKINGSKOSTEN EN KORTING SNB VOOR CASE RWZI DEVENTER

	eenheid	Case 2 rwzi Deventer		Verschillen
		2a	2b	
		Fe-rijk slib	Al-rijk slib	
<b>Slibdata</b>				
Slib	ton/jaar	5.311	5.179	-132
Droge stof	ton/jaar	1.487	1.450	-37
Droge stof	%	28,0%	28,0%	
Organische stof	ton/jaar	907	907	0,0
Organische stof	% van ds	61%	63%	
Organische stof	% van koek	17,1%	17,5%	
Gloeirest	ton/jaar	580	543	-37
<b>Prijsberekening (excl. BTW)</b>				
Normale kostprijs slibverwerking	euro/ton	74,1	75,5	1,4
	euro/jaar	393.565	391.118	2.447-
Korting vanwege ijzerarme as	euro/ton		5,2-	5,2-
	euro/jaar		27.034-	27.034-
Slibverwerkingskosten incl. korting	euro/ton	74,1	70,3	3,8-
	euro/jaar	393.565	364.084	29.481-
Transportkosten (naar SNB)	euro/ton	10,5	10,5	-
	euro/jaar	55.766	54.384	1.382-
Totale slibverwerkingskosten inclusief transport	euro/ton	84,6	80,8	3,8-
	euro/jaar	449.332	418.468	30.864-

De verschillen in kosten bij een omschakeling van ijzer ( $\text{FeClSO}_4$  en drinkwaterslib) naar een aluminiumproduct (restproduct  $\text{AlSO}_4$  en Poly Aluminium Sulfaat) staan weergegeven in tabel A10.

TABEL A10 KOSTENVERGELIJKING OMSCHAKELING VAN IJZER NAAR ALUMINIUM IN RWZI DEVENTER, BIJ GEBRUIK VAN HET GOEDKOOPSTE EN HET DUURSTE ZURE ALUMINIUMPRODUCT

	Huidige kosten met ijzer	Minimale kosten met aluminium (100% restproduct)	Maximale kosten met aluminium (100% handelsproduct)	eenheid
Chemicaliënkosten	0,15 + 0,85	0,55	4,0	Euro/kg Me
Chemicaliën verbruikskosten in gisting	15.000	53.200	386.800	Euro/jaar
Chemicaliën verbruikskosten in waterlijn	13.800	8.900	64.800	Euro/jaar
Kosten slibtransport naar SNB	55.800	54.400	54.400	Euro/jaar
Verwerkingskosten SNB	393.600	391.100	391.100	Euro/jaar
Korting SNB vanwege ijzerarme as	0	-27.000	-27.000	Euro/jaar
Totaal	478.100	480.600	870.100	Euro/jaar
Kostenverschil ten opzichte van $\text{FeClSO}_4$ gebruik		2.500	392.000	Euro/jaar

Uit tabel A10 blijkt dat de omschakeling van ijzer naar aluminiumhoudende producten op rwzi Deventer geen besparing oplevert. Ook niet indien volledig gebruik gemaakt kan worden van aluminiumhoudende restproducten. Het kostenverschil is dan echter bijna neutraal. Het kostenverschil zijn de verbruikskosten van het relatief goedkope drinkwaterslib, ten opzichte van de aluminiumproducten.

**ONDERLIGGENDE BEREKENINGEN RWZI DEVENTER****P balans rwzi Deventer 2005**

IN	UIT		
Aanvoer influent	175	Afvoer slib	240 kg/dag
Aanvoer extern slib	116	Afvoer effluent	60 kg/dag
	-9		verschil

De waarden voor de P balans zijn direct afkomstig van rwzi Deventer

**Fe balans rwzi Deventer 2005**

IN	UIT		
Aanvoer influent	44	Afvoer slib	580 kg/dag
Dosering gistingstank	150	Afvoer effluent	2 kg/dag
Dosering in AT	45		kg/dag
Aanvoer extern slib	117		kg/dag
	-226		verschil

**Berekening Fe balans**

Aanvoer Fe influent = influent conc x influent debiet = 2 mg/l x 7948638 m<sup>3</sup>/jaar / 365/1000 = 44 kg Fe /dag

Dosering Fe in gistingstank = 150 kg Fe /dag

Dosering in AT = 45 kg Fe /dag

Aanvoer Fe via extern slib = aanvoer via slib Raalte + aanvoer via overig extren slib (Olst/Weihe/Heino)

Aanvoer Fe via extern slib = Fe gehalte extern slib (mg Fe/kg ds) x ds gehalte aangevoerd slib (kg ds/dag)

Afvoer slib = Fe gehalte ontwaterd en vergist slib (mg Fe/kg ds) x ds gehalte ontwaterd en vergist spuislib (kg ds/dag) = 0,08 x 7245 = 580 kg Fe/dag

Afvoer Fe effluent = effluent conc x influent debiet = 0,1 mg/l x 7948638 m<sup>3</sup>/jaar / 365/1000 = 2 kg Fe /dag

**Gegevens rwzi Deventer**

effluent	aanname	0,1 mg Fe/l
influent	aanname	2 mg Fe/l
influent debiet		7948638 m <sup>3</sup> /jaar
hoeveeheid ontwaterd en vergist spuislib		7245 kg ds/dag
ontwaterd en vergist slib		80000 mg Fe/kg ds
in gistingstank		150 kg Fe/dag
pre-precipitatie		45 kg Fe/dag
molmassa Fe		55,85 kg/kmol
molmassa P		30,97 kg/kmol
extern slib Raalte direct naar KSO		56300 mg Fe/kg ds
extern slib Raalte		1950 kg ds/dag
extern slib Olst/Weihe/Heino naar SGT		6600 mg Fe/kg ds
extern slib Olst/Weihe/Heino		1122 kg ds/dag



**rwzi Deventer (2005)**

Berekening droge stofgehalte in ton ds/jaar uit tabel A9, door middel van omrekening van huidig Fe gebruik naar Al gebruik

**Gegevens slibverwerking (jaarvrachten) afkomstig van rwzi Deventer**

externe slibaanvoer	492 ton ds extern slib per jaar
intern secundair slib	853 ton ds intern secundair slib per jaar
intern primair slib	1643 ton ds intern primair slib per jaar
totaal ingaande slibstroom naar vergistingstank	2988 totaal ton ds slib/jaar voor vergisting intern+extern
aandeel intern slib van het totaal	84% van totale slibverwerking bestaat uit intern slib
totaal uitgaande slibstroom uit vergistingstank	1780 ton ds slib/jaar na vergisting
droge stof verwijdering in vergistingstank	1208 ton ds/jaar verwijderd na vergisting en indikking
rendement vergistingstank	40% ds verwijderd na vergisting en indikking

**Berekende gegevens m.b.t. rwzi Deventer**

<b>IJzerslib</b>	
uitgaande <i>interne</i> slibstroom uit vergistingstank= interne slibaanvoer x (100% - 20%)	1487 ton ds INTERN ijzerhoudend slib overgebleven na vergisting
gegevens afkomstig van rwzi Deventer	39 % van ds is gloeirest (GR)
berekend	580 ton gloeirest
berekend	907 ton OS (DS-GR)
berekend	61% organische stof (OS)

**Aluminiumslib**

uitgaande <i>interne</i> slibstroom uit vergistingstank= berekende hoeveelheid huidig ijzerslib - verschil Fe/Al slibproductie = 1487-37 ton ds/jaar = 1450 ton ds	1450 ton ds INTERN aluminiumhoudend slib overgebleven na vergisting (o.b.v. correctieberekening)
berekend	37 % van ds is gloeirest (GR)
berekend	543 ton gloeirest
OS is gelijk aan ijzerslib	907 ton OS (is gelijk bij zowel Al en Fe gebruik)
berekend	63% organische stof (OS)

**Berekening verschil slibproductie bij gebruik Fe of Al**

De gegevens voor de ijzerdosering zijn direct afkomstig van rwzi Deventer correctieberekening op lager gewicht (Al versus Fe)

Op basis van gegevens Fe gebruik			berekening slibproductie	
1271 kmol Fe gebruik	uit data		wordt volledig FePO4 vanwege lage dosering Me/P	0,58
1271 kmol	FePO4	molmassa	151	191921 FePO4
0 kmol	Fe(OH)3	molmassa	107	0 Fe(OH)3
				191921 totaal kg slib
				192 ton chemisch slib met Fe
1271 kmol	AlPO4	molmassa	122	155062 AlPO4
0 kmol	Al(OH)3	molmassa	78	0 Al(OH)3
				155062 totaal kg slib
				155 ton chemisch slib met Al
verschil Fe/Al		37 ton ds		19 %

## BIJLAGE 3

# RESULTATEN PROEFNEMINGEN

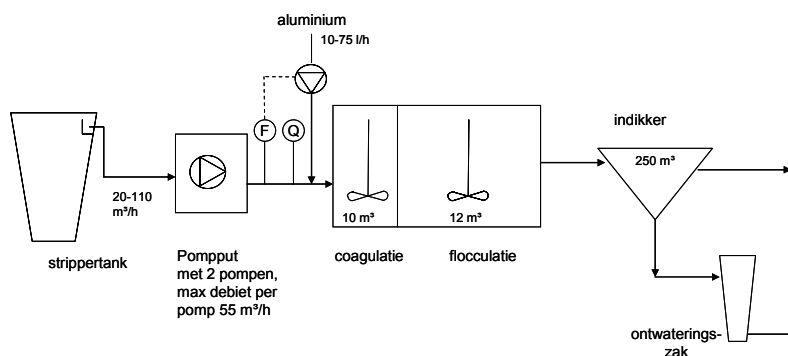
## FOSFAATTERUGWINNING UIT WATERIGE DEELSTROMEN RWZI'S DEVENTER EN ALMERE

De resultaten van de lab- en praktijkproeven van de STOWA op de rwzi Deventer zijn beschreven in de STOWA rapporten 2005-1 en 2006 25 . In deze bijlage wordt hiervan een samenvatting gegeven inclusief de resultaten van de rwzi Almere.

### RWZI DEVENTER

De rioolwaterzuivering (rwzi) in Deventer is uitgerust met een BCFS<sup>®</sup>-reactor met fosfaatstripper. Deze genereert een anaërobe deelstroom met relatief hoge fosfaatconcentraties (circa 20-30 mg/l) en weinig verontreinigingen. De strippertank werkt in principe met een continue toevoer van anaëroob slib en een continue afvoer van bezonken slib. In de Dortmundtank bezinkt het slib. Het slib onder in de Dortmundtank wordt teruggepompt naar het begin van de anaërobe tank waar het voorbezonken afvalwater binnenkomt. Het verschil tussen deze twee debieten (supernatant) stroomt onder vrij verval over de overstorttrand naar de stripperwaterverzamelput vanwaar dit water via twee pompen en twee leidingen wordt afgevoerd. De tijdelijke praktijkinstallatie die gebouwd is om fosfaat terug te winnen is in figuur A5 t/m A7 weergegeven. Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande onderdelen: de strippertank, pompput, indikker, en chemicaliënopslagtank. De overige onderdelen zijn gehuurd.

FIGUUR A5 TIJDELIJKE PRAKTIJKINSTALLATIE VOOR FOSFAAT-TERUGWINNING OP RWZI DEVENTER



FIGUUR A6 COAGULATIE EN FLOCCULATIE-TANK



FIGUUR A7 ONTWATERINGSZAK NAAST DE INDIKKER



Het fosfaatgehalte in het stripperwater fluctueerde sterk (10-30 mg/l), afhankelijk van het aanvoerdebiet (RWA). Om overdosering van aluminium te voorkomen is een on-line fosfaat analyser onmisbaar. Bij de flocculatie is uitgegaan van een overmaat van 1,5 mol/mol ten opzichte van het aanwezige fosfaat. Hiermee wordt het orthofosfaatgehalte teruggebracht van 15-30 mg/l tot 5 mg/l. Het gemiddelde rendement hierbij was circa 66 %. Precipitatie treedt enkel op in de pH range van ongeveer 7-9. In deze praktijktesten was geen pH correctie noodzakelijk. In de indikker ontstaat een onderstroom met een precipitaatconcentratie van circa 1 %. In de ontwateringszakken is na enkele weken het drogestofgehalte gestegen tot circa 30 %. De praktijktesten zijn met verschillende typen aluminiumproduct uitgevoerd. De resultaten van de praktijkproeven zijn weergegeven in tabel A11.

TABEL A11 RESULTATEN VAN DE PRAKTIJKPROEVEN

		datum monsternamen				
		kwiteitseis Thermphos	20-3-2006	27-3-2006	12-4-2006	16-6-2006
Aluminiumvariant			PAS-50 (Poly Aluminium Sulfaat)	PAS-50 (Poly Aluminium Sulfaat)	Melfloc 39 (Poly Aluminium Chloride)	PAS-50 (Poly Aluminium Sulfaat)
Gloeirest	% ds		34,2	48,5	47,5	48,8
Organisch koolstof	% ds	< 5	29	37	20	nb
Koper	mg/kg as	< 100	640	730	530	nb
Zink	mg/kg as	< 300	1.900	1.900	1.900	nb
Calcium	g/kg as		58	94	82	nb
Magnesium	g/kg as		16	35	13	nb
aluminium	g/kg as		205	439	263	nb
Ijzer	g/kg as	< 10	35	38	20	nb
Silicium	g/kg as		13	16	16	nb
Fosfor (als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	g/kg as	> 250	402	737	502	nb

Nb: niet bepaald, wegens te weinig monster

Uit de vergelijking van de resultaten en kwaliteitseisen blijkt dat de gehalten organisch stof (20-40 %) ver boven het gewenste niveau van Thermphos liggen. Ook de gehalten koper, zink en ijzer liggen boven de gewenste niveau's, wat waarschijnlijk samenhangt met de grotere hoeveelheid organische stof waaraan deze metalen zijn geadsorbeerd. Het fosfaatgehalte voldoet met betrekking tot het fosfaatgehalte aan de eis van Thermphos (groter dan 250 g P/kg as).

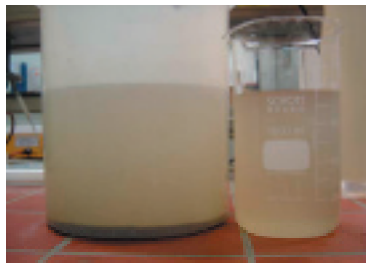
Het is niet mogelijk gebleken om de toevoer van organische stof te beperken door aanpassingen aan het proces van de rwzi Deventer of het lager belasten van de strippertank. Het hoge zwevende stof in het stripperwater blijkt vrijwel zeker een intrinsieke eigenschap te zijn van het slibwatermengsel in de anaërobie tank. Uit indicatieve proeven is gebleken dat met een zwevende stofverwijdering circa 70 % van het zwevende stof kan worden verwijderd. Dat is echter nog steeds niet voldoende om de eis van Thermphos te halen.

### RWZI ALMERE

Waterschap Zuiderzeeland heeft de mogelijkheid van fosfaatterugwinning uit het centraat van de centrifuges van rwzi Almere onderzocht. Het fosfaat in het centraat is op labschaal met behulp van aluminium neergeslagen. Het gevormde fosfaatslib is naar Thermphos gestuurd. Er zijn twee labtesten uitgevoerd om chemisch fosfaatslib te maken met het centraat van rwzi Almere. In beide gevallen bevatte het door rwzi Almere aangeleverde centraat nog enkele honderden milligrammen droogrest. Om deze reden is van tevoren een voorbehandeling uitgevoerd, door het centraat voor te bezinken en vervolgens te decanteren. De hoeveelheid droge stof bestond uit grote slibvlokken en nauwelijks zwevend materiaal. Door bezinking is de hoeveelheid droge stof grotendeels verwijderd (zie figuur A8).

FIGUUR A8

VOORBEZONKEN CENTRAAT (LINKS) EN GEDECANTEERD CENTRAAT (RECHTS)



Verdere testen zijn op 18 oktober 2006 en 14 december 2006 uitgevoerd met voorbezonden en gedecanteerd centraat. Het orthofosfaatgehalte in het centraat was 195 mg/l (18-10-06) en 170 mg/l PO<sub>4</sub>-P (14-12-06). Het gebruikte flocculant om fosfaat neer te slaan was op 18-10-06 AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O (zuur) en op 14-12-06 een combinatie van AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O (zuur) en NaAlO<sub>2</sub> (natriumaluminaat, productnaam Refinal 6, basisch). Deze combinatie in de tweede test is gekozen om het chloride gehalte in het fosfaatslib te beperken (streefwaarde Thermphos < 1% chloride) en de neutralisatie-vraag (ten behoeve van de neerslagvorming) te beperken. Neerslagvorming treedt enkel op in de pH range van ongeveer 7-9. In dit geval is een pH correctie vereist.

Bij de flocculatie is uitgegaan van een overmaat van 1,5 mol/mol ten opzichte van het aanwezige fosfaat. Hiermee is het orthofosfaat gehalte teruggebracht van 170-195 mg P/l tot 5-6 mg P/l. Het gemiddelde rendement hierbij was circa 97 %. Het precipitaat is van het mengsel gescheiden door bezinking en centrifugatie. Na bezinking van het chemische fosfaatslib is het supernatant van het vat gedecanteerd en het restant uit het vat is gecentrifugeerd en gedecanteerd.

Het gecentrifugeerde slib is gedurende 24 uur gedroogd in een stoof bij 105 °C. Het resultaat is te zien in figuur A9.

FIGUUR A9 GEDROOGD FOSFAATSLIB NA 1 DAG DROGEN IN DROOGSTOOF BIJ 105 °C



De resultaten van de laboratoriumtesten zijn weergegeven in tabel A12. De analyse van het monster op 18-10-06 is onvolledig. Het monster was onbruikbaar omdat het teveel chlorides (17%) bevatte. De analyse van het monster op 14-12-06 is uitgedrukt in oxides.

TABEL A12 RESULTATEN VAN DE PRAKTIJKPROEVEN

Aluminiumvariant	Kwaliteitseis Thermphos		18-10-2006	14-12-2006	
			AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	AlCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O en NaAlO <sub>2</sub>	
Gloeirest	% ds		-	79	
Organisch koolstof	% ds	< 5	-	-	
Koper	mg/kg as	< 100	-	-	Cu
Zink	mg/kg as	< 300	-	-	Zn
Calcium	g/kg as		-	77	CaO
Magnesium	g/kg as		-	33	MgO
Aluminium	g/kg as		-	307	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
IJzer	g/kg as	< 10	-	3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Silicium	g/kg as		-	29	SiO <sub>2</sub>
Natrium	g/kg as		120	33	Na <sub>2</sub> O
Chloride	g/kg as	< 10	170	21	Cl
Kalium	g/kg as		-	10	K <sub>2</sub> O
Fosfor (als P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	g/kg as	> 250	-	272	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>

Het chloridegehalte voldoet in de tweede test (14-12-06) nog steeds niet aan de eis van Thermphos, doordat HCl is gebruikt om de pH te corrigeren. Het organische stofgehalte is niet weergegeven, maar voldeed volgens Thermphos wel aan de eis. In vervolgonderzoek zal gekeken moeten worden naar andere (combinaties van) chemicaliën om fosfaat neer te slaan en de pH te corrigeren.

Het gloeiverlies is ongeveer 20%. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de aanwezigheid van carbonaten, hydroxides of vrije oxides. In geval van slibverbranding bij SNB, is de aanwezigheid van restvervuiling (zoals organische stof en carbonaten, etc) geen probleem omdat dit bij SNB verbrand wordt. Indien het centraat niet voorbezonden en gedecanteerd wordt voorafgaand aan de chemicaliëndosering (ten behoeve van zwevend stofverlaging) zal het slibvolume toenemen, maar zal het fosfaatgehalte in de asrest steeds hoog genoeg zijn. Het chemicaliënverbruik zal naar verwachting gelijk blijven. Ook scheelt dit in de aanschaf van apparatuur op de rwzi.

## BIJLAGE 4

# KOSTENINDICATIE SEPARATE FOSFAATPRECIPITATIE

## INLEIDING

In deze bijlage zijn schattingen gemaakt van de bouwkosten van een full-scale installatie en de jaarlijkse kosten op basis van de praktijkexperimenten op de rwzi Deventer. Daarbij is eerst op basis van de praktijkresultaten een schetsontwerp van praktijkconfiguraties gemaakt, die dicht aansluit bij de toegepaste praktijkopstelling.

## UITGANGSPUNTEN

In deze paragraaf worden de uitgangspunten voor het maken van de schetsontwerpen en de kostenraming vastgesteld. In tabel A13 is een overzicht gegeven van de hoeveelheid precipitaat die per kg verwijderde fosfaat-P wordt geproduceerd.

TABEL A13

PRECIPITAATPRODUCTIE PER KG VERWIJDERDE FOSFAAT-P

Parameter	Huidig precipitaat
P-gehalte as (g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg as)	547*
P gehalte as (g P/kg as)	239
Org stofgehalte (%)	28,7*
Gloeirest (%)	43,4*
Gehalte P in precipitaat (%)	10,4
Kg precipitaat/kg Pverwijderd	9,6

\* gemiddelde van drie precipitaten resultaten van STOWA 2006 25

Een belangrijke vraag is hoeveel fosfaat we uit de rwzi kunnen verwijderen. In een droge periode loopt het fosfaat gehalte in het stripperwater op tot 30-35 mg P/l. Bij RWA kan deze terugzakken tot < 5 mg P/l. Uit de resultaten van het praktijkonderzoek wordt een gemiddeld rendement afgeleid van 66 %. Als we het gemiddelde bepalen van de on-line orthofosfaatmetingen van 11 maart tot en met 12 juni 2006 (met vrij veel regen in 2006) is het gemiddelde 19,5 mg/l. Na flocculatie met aluminium bereiken we een orthofosfaatgehalte van circa 5 mg P/l. We verwachten dat het mogelijk moet zijn met een betere menging cq buisflocculator lager te komen. Voor de onderhavige dimensionering/ kostenraming gaan we uit van een verwijderde hoeveelheid van 19,5-5 = 14,5 mg P/l.

Met een ontwerpdebiet van 110 m<sup>3</sup>/h is de af te voeren vracht dus: 38 kg P/d. Dit is lager dan de theoretisch maximale hoeveelheid van 80 kg P/d die we in STOWA 2005 01 hebben berekend. De oorzaak hiervoor is het inzakken van het orthofosfaatgehalte bij RWA en het tegenvallende verwijderingsrendement van 65-70 %. Op labschaal is destijds een rendement gehaald van 90 %. Hoewel het verwijderingsrendement wellicht nog iets te verhogen is, kunnen we aan het RWA effect uiteraard niets doen.

In tabel A14 zijn de overige resultaten van de proefnemingen vermeld die invloed hebben op de dimensionering:

TABEL A14 OVERIGE RESULTATEN PROEFNEMINGEN VOOR DE DIMENSIONERING

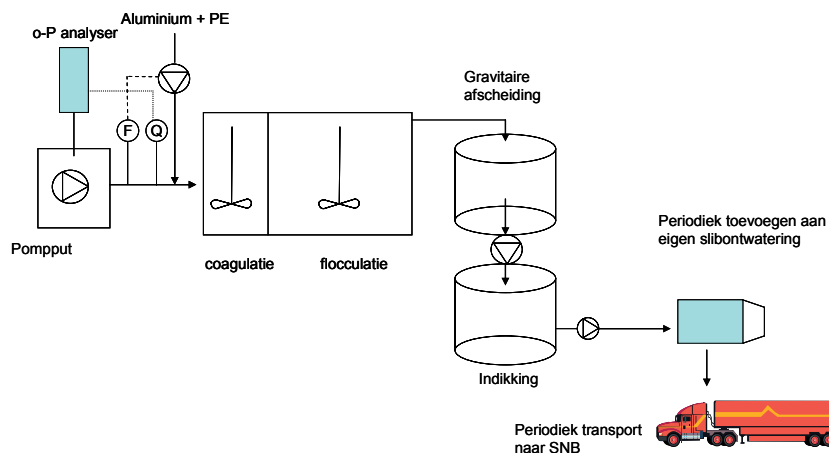
Parameter	Resultaat
Toegepaste doseerverhouding (Me/P)	1,5
Te verwijderen P vracht (kg P/d)	38
Zwevende stof in overloopwater indikker	Nihil (niet waarneembaar)
Precipitaatgehalte uit de indikker (na 1 week) (%)	1,4
Precipitaatgehalte na enkele maanden in zak (%)	30

### SCHEMONTWERP PRAKTIJKCONFIGURATIE

In figuur A10 is schematisch de praktijkconfiguratie weergegeven. Er is een on-line orthofosfaatmeter aanwezig om de aluminium dosering goed af te stemmen op het aanbod van fosfaat. Na flocculatie wordt het precipitaat afgescheiden in een eenvoudige tank (bijvoorbeeld een Appeltank). Een echte bezinktank is veel duurder en is hiervoor niet nodig.

Daarna wordt periodiek de helft van de scheidingstank afgepompt voor verdere indikking. Om een zo goed mogelijke indikking te creëren, wordt uitgegaan van een aluminiumproduct met PE (dit is niet getest). Hiermee zou theoretisch een drogestof gehalte van 4 % haalbaar moeten zijn. De ontwatering willen we laten plaatsvinden door periodiek het precipitaat te ontwateren met de eigen slibontwatering buiten de normale werkuren. Op de rwzi Deventer staan twee centrifuges met een capaciteit van 25 m<sup>3</sup>/h per stuk. Ze worden alleen gebruikt op werkdagen 8h/dag. Voor de kostenraming is nu uitgegaan van 6 maal per jaar een weekend extra ontwateren. Daarbij wordt uitgegaan van 12 mandagen per jaar.

FIGUUR A10 SCHEMATISCHE WEERGAVE FOSFAATTERUGWINSTALLATIE WATERLIJN



In tabel A15 zijn de relevante parameters voor deze procesconfiguratie berekend.

**TABEL A15 OVERIGE PARAMETERS VOOR DE PROCESCONFIGURATIES**

	Fosfaatprecipitaat	Uitgestist slib (huidig)
Te verwijderen P vracht	38	-
Geproduceerde hoeveelheid (kg ds/d)	365	4.900
Geproduceerde hoeveelheid (ton/ds/j)	133	1.789
Aanname percentage ingedikt slib (%)	4	4
Volume ingedikt slib (m <sup>3</sup> /j)	3.325	44.500
Buffercapaciteit precipitaat (m <sup>3</sup> )	600	-
Aantal keer per jaar afvoeren	6	-
Per keer ontwateren (m <sup>3</sup> )	600	
Capaciteit ontwateringsinstallatie totaal (m <sup>3</sup> /h)	50	50
Bedrijfstijd wekelijks (h)	-	40
Bedrijfstijd weekeind (h)	12	-
Ontwaterd slibgehalte (%)	20	28
Ontwaterd slibvolume (m <sup>3</sup> /j)	665	6.357
Afvoeren per keer (m <sup>3</sup> )	110	-
Aantal wagens per keer	5	-
Aantal wagens per jaar	30	250
Bestemming	SNB	SNB

#### KOSTENRAMING

Om van de bouwkosten tot de stichtingskosten te komen is van een gebruikelijk percentage (60%) uitgegaan. De jaarlijkse kosten zijn opgebouwd uit kapitaalslasten, onderhoudskosten, energiekosten, personeelskosten en kosten van chemicaliën. De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd (alles ex BTW):

- afschrijving 10 % vd bouwkosten
- onderhoud 2,0 % vd bouwkosten
- kosten energie 0,105 €/kWh
- personeelskosten 36.000 € / mensjaar

**TABEL A16 LEVERINGSKOSTEN CHEMICALIËN**

Productnaam	Product	Levering	Prijs per ton
Refinal 6	6%-ig natriumaluminaat	Tankauto ≥ 15 ton	€ 90,00
Melfloc PAS-50	4%-ig polyaluminiumsulfaat	Tankauto ≥ 15 ton	€ 160,00
Melfloc N	5,4%-ig polyaluminiumchloride	Tankauto ≥ 15 ton	€ 155,00
Melfloc 39	8,9%-ig polyaluminiumchloride	Tankauto ≥ 15 ton	€ 230,00



In tabel A17 is de kostenraming van de hele installatie weergegeven.

**TABEL A17 KOSTENINDICATIE FOSFAATTERUGWININSTALLATIE**

Onderdeel	Bouwkosten (euro's)
Fundering + grondwerk	5.000
Flocculatie-installatie inclusief alles	100.000
Afscheiding/buffertank (type Appeltank)	25.000
Indiktank (type Appeltank)	25.000
Afvoerpomp met leidingwerk	5.000
On-line P meter	20.000
Subtotaal	180.000
Slibontwatering	0 (bestaand)
Chemicaliënopslag	0 (bestaand)
Stichtingskosten	288.000

In tabel A18 zijn de transportkosten ingeschat. Voor het transport wordt uitgegaan van 25 m<sup>3</sup> per wagen (circa 30 ton). Het aluminiumverbruik is weergegeven in tabel A19.

**TABEL A18 SCHATTING VAN DE TRANSPORTKOSTEN**

Parameter	
Hoeveelheid per jaar (m <sup>3</sup> /j)	665
Kosten per ton (euro/ton koek)	10,5
Transportkosten (euro/j)	7.000

**TABEL A19 ALUMINIUMVERBRUIK**

Parameter	
P-gehalte stripperwater gemiddeld (mg/l)	19,5
P vracht (kg/d)	51,5
Molverhouding Me/P	1,5
Al vracht (kg/d)	51,5/31*1,5*27= 67,3
Kostenrange Al (zie hoofdstuk 3, euro/kg Me)	0,55-4,0
Kostenrange per jaar (euro/j)	13.500-100.000

De kosten voor de slibontwatering zijn weergegeven in tabel A20

**TABEL A20 KOSTENRAMING SLIBONTWATERING**

Parameter	
Totale precipitaat productie (ton ds/j)	113
Pe verbruik (g/kg ds)	10
Pe verbruik (kg/j)	1.000
Kosten pe/j	2.500
Personeel (h/j)	72
Kosten personeel	2.500 (toeslag 50 %)
Totale kosten slibontwatering	5.000

Het verwerkingstarief voor groen fosfaat is 44 euro/ton slib. De korting voor ijzerarme as is 2,6 euro/ton slib. Voor de 665 m<sup>3</sup>/j is dit dus 27.531 euro/j.

De raming van de totale jaarlijkse kosten is weergegeven in tabel A21. Hierin is ook opgenomen dat bespaard wordt op de huidige ijzerdosering en dat bespaard wordt op de huidige slibverwerkingskosten bij SNB (schatting).

TABEL A21

## RAMING JAARLIJKSE KOSTEN (IN EURO'S PER JAAR)

Parameter	
Afschrijving	18.000
Onderhoud	3.500
Personeel	9.000
Energie	5.000
Aluminium	13.500-100.000
Transport	7.000
Slibontwatering	5.000
Verwerkingskosten SNB	27.500
Totaal aan kosten	88.500-175.000
Besparing Fe dosering	-29.000
Besparing slibverwerking SNB	-25.000
Netto kosten	34.500-121.000

BIJLAGE 5

# OVERZICHT MET SPECIFICATIE EN KOSTEN CHEMICALIËN

TABEL A22 MEEST GEBRUIKTE TYPEN ALUMINIUMPRODUCTEN EN EIGENSCHAPPEN

Productnaam	Melfloc 39	Melfloc N	Melfloc PAS 50	Refinal 6	Pax 10	Melfloc AC4	restproduct	restproduct	restproduct
<b>Product</b>	Poly Aluminium Chloride	Poly Aluminium Chloride	Poly Aluminium Sulfaat	Natrium aluminaat	Poly Aluminium Chloride Sulfaat	AlCl <sub>3</sub>	AlCl <sub>3</sub>	AlSO <sub>4</sub>	Natrium aluminaat
Vast/vloeibaar	L	L	L	L	L	L	L	L	L
pH	zuur	zuur	zuur	basisch	zuur	zuur	zuur	zuur	basisch
Dichtheid (kg/l)	1,37	1,24	1,25	1,34	1,21	1,20	1,40	1,13 - 1,20	1,20 - 1,30
Me (w/w) %	8,9	5,4	4	6	5	3,5	2,7 - 4,2	2,6 - 4,3	7,9
Kostprijs (euro/kg Me)	2,63	2,87	4	1,5	?	2,35	0,75-1,5	0,55	0,43

TABEL A23 MEEST GEBRUIKTE TYPEN IJZERPRODUCTEN EN EIGENSCHAPPEN

Product	Fe(III) Cl <sub>3</sub>	Fe(III) ClSO <sub>4</sub>	FeSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	Drinkwaterslib Fe(OH) <sub>3</sub>
Vast/vloeibaar	L	L	S	S
pH	zuur	zuur	zuur	basisch
Dichtheid (kg/l)	1,4	1,5	0,9	12,6 % DS
Me (w/w) %	13,7	12,3	18	0,5
Kostprijs (euro/kg Me)	0,98- 1,00	0,85-1,01	0,28 -0,47	0,15

## BIJLAGE 6

# OVERZICHT WATERSCHAPPEN ALS KLANT VAN DRSH EN SNB

Waterschappen en slibverwerker	Jaar van gegevens
<b>DRSH</b>	
• Hoogheemraadschap van Delfland	2005
• Hoogheemraadschap van Rijnland	2005
• Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	*
• Waterschap Hollandse Delta	2005
• Waterschap Rivierenland	2005
<b>SNB</b>	
• Waterschap Brabantse Delta	2005
• Waterschap De Dommel	2005
• Waterschap Aa en Maas	2005
• Waterschap Rivierenland	2005
• Waterschap Zeeuwse Eilanden	2005
• Waterschap Regge en Dinkel	*
• Waterschap Vallei en Eem	2005
• Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	2005
• Waterschap Zeeuws Vlaanderen	2002
• Waterschapsbedrijf Limburg	2005 **

\* Van Waterschap Regge en Dinkel en Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard zijn geen gegevens ontvangen.

\*\* Vanwege het volledig operationeel zijn van de slibdrogingscapaciteit voert Waterschapsbedrijf Limburg vrijwel geen slib meer af naar SNB. De gegevens uit 2005 van Waterschapsbedrijf Limburg zijn wel ontvangen, maar niet meegenomen in de verwerking.



DRSH

22-8-2007

RWZI	infleunt vracht	effluent vracht	reductie	silbproductie	atvoer	Fe	slbproductie verhoudingen	afvoer naar drsh verhoudingen
	kg/d	kg/d	%	ton ds/jaar	ton ds/jaar	kg ds/dag	g Fe / kg ds	g P / kg ds
Hoofstuit	1909	314	83,6	15726	43085	33,7	37,0	37,0
Nieuwe Waterweg	141	52	36,9	1088	3009	26,8	29,6	29,6
De grote licht	212	211	99,5	2393	2533	0,0	27,2	27,2
Dordrecht (1-1-2005 t/m 30-6-2005)	26	26	100,0	8377	5008	0,0	23,9	23,9
Dordrecht (1-7-2005 t/m 31-12-2005)	380	78	20,5	1816	512	0,0	35,1	35,1
Srijen	243	59	24,3	1816	512	0,0	35,1	35,1
Middelhamis	20	2	10,0	187	512	0,0	35,1	35,1
Den Bommel	53	27	50,9	468	1282	780	2137	42,1
Oelgensplaat	9,9	1,5	15,1	170	443	0	49,5	0,0
Oldje Tonge	5	0,3	6,0	49	134	0	35,0	0,0
Hellevestius	31	4,5	14,5	192	526	0	50,4	0,0
Aabenhroek	236	10,1	4,3	1085	3000	1386	3797	38,7
Aabenhroek	2,9	1,1	37,9	14	38	0	46,9	0,0
Heenvliet	12	3,5	29,2	112	307	2	27,7	21,8
Zuidland	9,7	4,3	44,3	92	252	0	21,4	0,0
Zwijndrecht	288	32	11,1	2084	5573	2557	7005	28,0
Barendrecht	53	12	22,6	443	1183	0	36,2	0,0
Slijke	140	14	10,0	1152	3171	1813	51,3	18,59
Chelmsford	35	1,7	4,9	387	978	0	34,0	0,0
Nuemsdorp	37	14	37,8	333	912	0	25,2	0,0
Oud Beijerland	74	4,5	6,1	2060	881	2414	0	0,0
Pienhil	10	4,2	42,0	86	236	0	24,6	0,0
Goudswaard	3,6	0,3	8,3	42	115	4	28,7	108,0
Ridderkerk	136	20	14,7	1625	4452	0	26,1	0,0
Rotterdam Dofthaven	608	147	24,2	14345	5716	15660	32,1	79,8
Rotterdam Hoogvliet	111	3,7	3,3	1515	4151	0	25,9	0,0
Oostvoorne	36	16	44,4	302	827	0	24,2	0,0
Borssele	25	8,1	32,4	230	712	0	23,7	0,0
Alblasserdam	41,5	6	14,5	1159	3175	0	11,2	0,0
Gekkenes	47,8	9,9	20,7	516	1414	0	26,8	0,0
Hendrixdijk de Paulen	25,6	7,8	30,5	236	647	0	27,5	0,0
Leerdijk	8,9	3,8	42,7	40	110	0	46,5	0,0
Leerdijk	56,7	8,5	15,0	481	1345	0	35,8	0,0
Meerkerk	10,5	1,8	17,2	52	142	0	61,1	0,0
Nieuw Lekkerland	22,4	5	22,3	197	540	0	32,2	0,0
Scheffelin	62	6,5	10,5	692	1896	0	29,3	0,0
Papendrecht	92,4	32,9	35,7	833	2282	0	26,1	0,0
Schiedrecht	101	35,6	35,2	696	1907	0	27,3	0,0
voeren	111,0	3,7	3,3	1515,0	4151	0	33,2	0,0
voeren	61,2	9,2	15,0	572,0	1587	0	33,2	0,0
Alphen Noord	75,1	2,9	3,9	2096	997	2732	68	186
Boskoop	6,4	1,7	26,6	61	167	5	28,4	77,8
Waddinxveen	23,1	5,2	22,5	277	759	23	64	235
Alphen Kerk en Zalen	84,3	9,0	10,7	2211	807	22	59	34,1
Boeicaven	64,2	4,2	6,5	2375	897	2375	0	25,3
Gouda	140,9	12,7	9,0	1533	4200	0	30,5	0,0
Nieuwijk Randenburg	64,0	1,6	2,5	690	617	1690	24	67
Leiden zuid-west	180,1	8,7	4,8	1385	400	1849	39	112
Slimwijk	40,7	2,9	7,1	109	316	0	19,4	0,0
Leidswaarde	181,0	12,1	6,7	2120	5908	53	146	29,1
Leiden Noord	3,3	1,7	51,5	46	126	0	12,9	0,0
Hagoornide	284,6	10,2	3,6	2934	8038	135	369	32,9
Kalkwijk	52,4	19,9	38,0	1074	3683	47	128	39,3
Noordwijk	38,2	12,0	31,4	816	816	8	23	28,2
Aalsmeer	55,1	18,8	34,1	1025	374	1025	0	35,5
Rijsoort	21,2	1,0	4,7	278	762	12	32	26,6
Velsen	156,4	97,7	62,5	880	2411	5	24,3	0,0
Zwanenburg	255,6	9,2	3,6	2010	5507	32	87	44,7
Nieuw Weerling	38,7	1,9	4,9	866	429	1175	62	172
Leimuiden	15,7	2,6	16,6	310	853	0	42,4	0,0
Lisse	54,8	3,3	6,0	1356	495	1356	0	37,9
Nieuwveen	46,6	8,6	18,5	570	1962	77	29,2	48,3
Woubrugge	8,6	3,1	35,8	84	230	0	24,0	0,0
Rijsoort-west	5,4	0,9	16,5	29	79	0	31,6	0,0
Alphen west	5,3	5,4	100,0	10	27	0	1,6	0,0
Zwanenburg	154,2	6,1	4,0	1617	4430	0	33,4	0,0



22-9-2007

RWZI

Table with columns: Inkomend vrucht, Effluent vrucht, Reductie %, Effluentproductie, kg suikerg, Fe, g P / kg ds, g Fe / kg ds, mol Fe / Mol P, g P / kg ds, g Fe / kg ds, mol Fe / Mol P, g P / kg ds, g Fe / kg ds, mol Fe / Mol P. Rows include locations like Nieuwe Waterweg, De groote lucht, Bliksems, etc.

2794

sem

RWZI

Table with columns: Inkomend vrucht, Effluent vrucht, Reductie %, Effluentproductie, kg suikerg, Fe, g P / kg ds, g Fe / kg ds, mol Fe / Mol P, g P / kg ds, g Fe / kg ds, mol Fe / Mol P. Rows include locations like aisen, Bliksems, Bunnik, etc.





ton slibtoek	ton droge stof	% droge stof % van d.s.	gloeiend % van d.s.	ton gebreest	ton org. stof	Org. Stof % van d.s.	Pw g/kg	Pstik g/kg	Eenik mg/kg	Feestik mg/kg	Resultaten slibchemieonderzoek SLIB 2006/2008		Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Ph mg/kg	Ni mg/kg	Zn mg/kg	Hg mg/kg	PAK16 mg/kg	EOX mg/kg	
											Feestik mol/mol	Feestik/Pw mol/mol										
<b>Aandehouders</b>																						
<b>Waterschap Brabantse Delta</b>																						
Bath	34911	7424	21,3	45,6	3394	4040	54,4	33	36	61800	0,86	1,05	1938	11	0,8	433	109	38	1013	0,9	9	16
Dagmond	3123	3123	21,8	42,8	1338	1795	57,2	35	27	77500	1,59	1,24	383	12	1,4	60	683	162	30	1199	0,9	8
Nieuweer	7368	4192	56,9	39,0	1636	2507	61,0	36	30	44000	0,60	0,68	135	14	1,6	31	773	164	26	1275	1,0	5
	1781	1674	22,1	30,6	512	1162	69,4	27	20	74000	1,61	1,65	350	9	0,9	359	499	117	30	854	0,9	15
<b>Waterschap de Dommel</b>																						
Tilburg-Noord	30041	6534	21,8	40,8	2663	3871	59,3	36	30	11571	0,21	0,18	2200	10	1,3	197	427	101	69	874	0,9	8
Mierde (Eindhoven)	43395	10270	23,7	33,1	3398	6872	66,9	27	27	16556	0,34	0,34	1548	6	2,1	41	328	105	32	808	2,0	8
<b>Waterschap Aa en Maas</b>																						
Aarle Rixel	21689	5877	25,7	33,3	1651	3716	66,8	24	24	12917	0,30	0,30	1517	6	1,6	36	589	89	23	957	0,7	25
Beek	2451	1677	22,3	47,3	1077	1647	52,8	40	46	24800	0,40	0,38	102	6	2,2	49	483	83	33	1032	1,0	13
Landgraaf	6290	1900	29,0	47,0	1945	1047	52,8	43	46	28500	0,40	0,38	1238	6	2,2	49	488	89	34	1032	1,0	11
Landgraaf-Cuijk	14847	3569	24,0	42,0	1495	2084	58,0	43	35	45000	0,71	0,58	1717	5	1,7	44	538	120	25	1182	0,8	13
Den Bosch	18887	4887	24,7	24,5	1141	3525	75,5	23	21	12667	0,33	0,30	2583	4	1,5	43	437	71	16	545	0,6	9
<b>Waterschap Rivierland</b>																						
Streeuwijk	5018	1194	23,8	33,0	394	800	67,0	25	28	21667	0,43	0,48	8,0	1,3	29	573	99	25	687	0,5		
<b>Externe slibleverenties</b>																						
<b>Waterschap Zeuwse Eilanden</b>																						
Rijp (Hilversum, Weleschouwen)	250	55	22,0	48,6	27	29	51,4															
Rijp (Wichem)	12709	2016	22,9	55,4	1616	1300	44,6	35	34	68333	1,12	1,07	1711	32	1,8	36	594	169	29	1081	1,1	16
Kapelle (W.A. Polder)	5921	1383	23,5	51,7	729	674	48,3	25	31	57900	1,05	1,28	1613	36	1,6	45	520	141	24	1058	1,0	11
Kerkwede (de verse put)	2744	512	18,7	39,4	201	310	60,6	25	21	11167	0,30	0,25	2650	13	1,1	34	397	133	18	878	0,9	14
St. Maartensdijk	2797	643	23,1	48,0	309	334	52,0	25					4050	23	1,2	38	310	112	19	832	0,8	16
Mastgat	208	46	22,0	48,6	22	24	51,4															
<b>Waterschap Regge en Dinkel</b>																						
Wierse	31595	624	20,1	35,9	2272	4853	64,1	36	31	28857	0,51	0,45	5098	7	1,4	74	496	116	46	1309	0,8	7,7
Hogabo	23845	497	18,9	36,0	1622	2884	64,0	34	31	23000	0,51	0,48	3100	8	1,5	78	483	154	45	1454	1,9	7,6
<b>Waterschap Vallei en Eem</b>																						
Amersfoort	22586	4734	21,0	36,5	1729	3005	63,5	40	33	40200	0,67	0,56	490	3	1,4	28	366	123	20	1038	1,2	8
Veenendaal	4973	1128	22,6	36,0	405	721	64,0	38	35	15786	0,25	0,23	406	4	1,6	100	420	117	19	2600	1,2	8
<b>Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden</b>																						
Nelthuis	296	61	20,6	39,0	23	0	62,0	40					350	9	1,5	24	290	150	10	1410	1,0	13,0
Niebuinen	1176	2719	24,3	39,1	1095	1855	60,9	33	35	45000	0,71	0,75	438	7	1,3	31	595	110	10	969	1,1	6,2
Driebergen	2736	576	21,0	24,1	139	437	75,9	35	35	45000	0,87	0,82	250	5	1,6	20	313	155	10	1093	1,0	8,3
Utrecht	30404	7066	23,2	37,9	2676	4300	62,1	37	38	60566	0,87	0,82	2600	9	1,5	31	483	168	10	1161	1,4	11,8
Zaai	2679	710	26,5	34,4	244	468	65,6	38					360	9	1,8	30	220	175	10	1155	1,4	7,3
<b>Waterschap Zeuws Vlaanderen</b>																						
Tenhuizen	6542	1889	28,6	60,3	1127	741	38,7	35					4887	7	0,8	32	338	154	32	1020	0,9	8

## N.V. Slibverwerking Noord-Brabant

### Asanalyses

#### Maandmonsters (o.b.v. mengmonsters)

		gemiddelde					
eenheid		2001	2002	2003	2004	2005	2006
CaCO <sub>3</sub>	g/kg d.s.	geen data			30	39	56
Droge stof (ingevoerd)	%	geen data			100	100	100
Cd	mg/kg d.s.	3,4	3,8	3,2	3,8	4,1	3,8
Cr	mg/kg d.s.	100	104	106	118	143	106
Cu	mg/kg d.s.	914	882	984	986	1177	1083
Ni	mg/kg d.s.	220	196	205	66	74	63
Pb	mg/kg d.s.	56	58	57	261	297	264
Zn	mg/kg d.s.	2205	2173	2439	2262	2453	2183
As	mg/kg d.s.	15	15	18	24	21	23
Mo	mg/kg d.s.	19	18	21	27	28	27
Sb	mg/kg d.s.	5	5	8	9	13	23
Hg	mg/kg d.s.	0,07	0,07	0,09	0,1	0,1	0,1
Ca	g/kg d.s.	geen data			155	152	152
Al	g/kg d.s.	geen data			57	55	55
Fe	g/kg d.s.	geen data			99	95	88
S	g/kg d.s.	geen data			21	19	22
P	g/kg d.s.	geen data			85	83	84
deeltjesgrootte x10	um	geen data			7	8	10
deeltjesgrootte x50	um	geen data			70	75	87
deeltjesgrootte x90	um	geen data			315	325	450
VMD	um	geen data			118	123	164
<i>Herberekening naar andere voorstelling</i>							
		gemiddelde					
eenheid		2001	2002	2003	2004	2005	2006
CaCO <sub>3</sub>	gew%	geen data			3,0%	3,9%	5,6%
CaO	gew%	geen data			22%	21%	21%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	gew%	geen data			11%	10%	10%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	gew%	geen data			14%	14%	13%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	gew%	geen data			19%	19%	19%
SO <sub>3</sub>	gew%	geen data			5,3%	4,8%	5,4%
Som	gew%	geen data					
SiO <sub>2</sub> als balans	gew%	geen data			26%	26%	26%

Ca	mol/kg	3,7
S	mol/kg	0,7
Ca/S	mol/mol	5,5
Fe/P	mol/mol	0,6