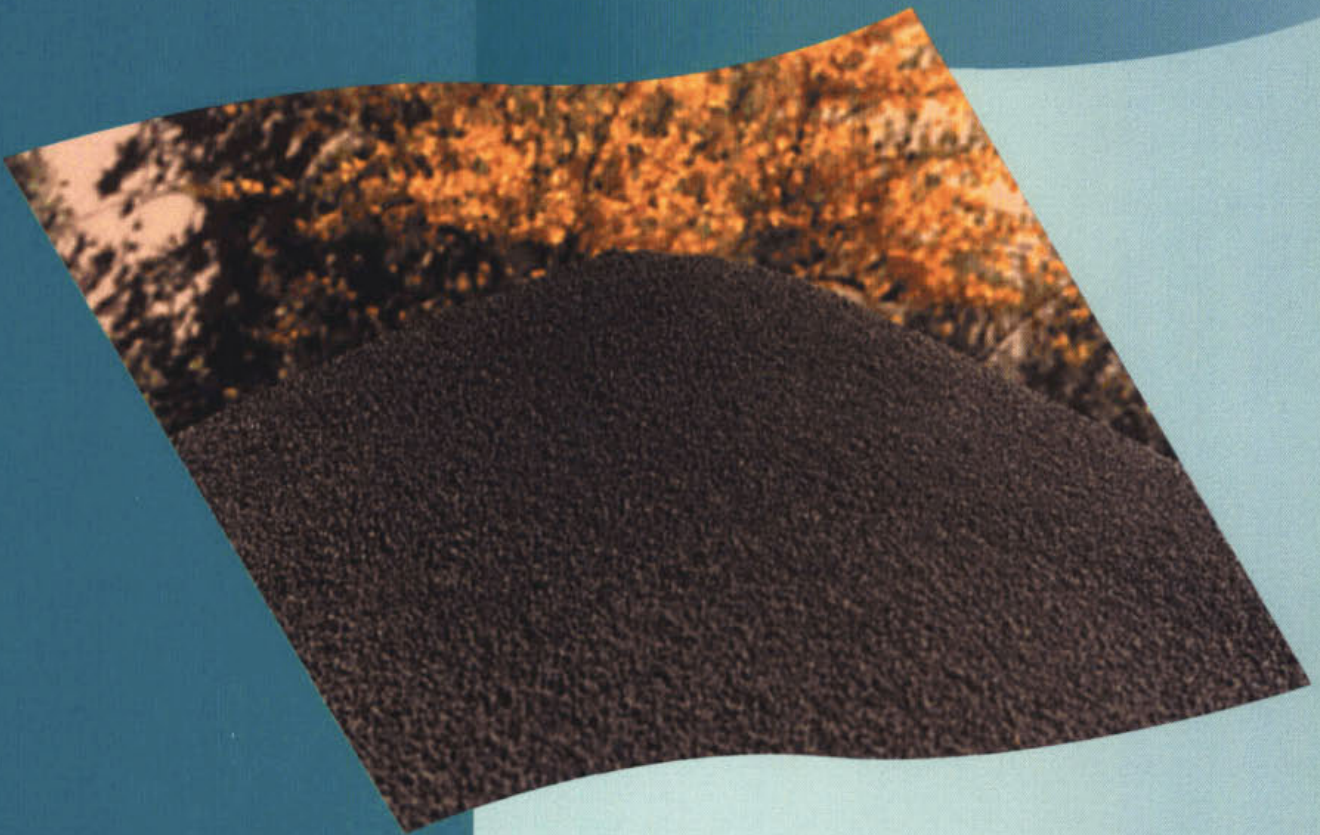


## Hergebruik van fosfaatreststoffen uit rwzi's



2001

08

## Hergebruik van fosfaatreststoffen uit rwzi's

2001 08

Arthur van Schendelstraat 816  
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht  
Telefoon 030 232 11 99  
Fax 030 232 17 66  
E-mail [stowa@stowa.nl](mailto:stowa@stowa.nl)  
<http://www.stowa.nl>

Publicaties en het publicatie-  
overzicht van de STOWA kunt u  
uitsluitend bestellen bij:  
*Hageman Fulfilment*  
Postbus 1110  
3330 CC Zwijndrecht  
tel. 078 - 629 33 32  
fax 078 - 610 42 87  
e-mail: [hff@wxs.nl](mailto:hff@wxs.nl)  
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en  
een duidelijk afleveradres.  
ISBN 90.5773.117.7

## INHOUDSOPGAVE

	blz.
TEN GELEIDE	
SAMENVATTING	1
1 INLEIDING	3
2 DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK	4
3 FOSFORPRODUCTIE	6
3.1 Algemeen	6
3.2 Procesbeschrijving	6
3.3 Eisen aan fosfaatreststoffen	6
4 INVENTARISATIE EN TOETSING VAN FOSFAATRESTSTOFFEN	8
4.1 Fosfaatreststoffen van slibverwerkers	8
4.1.1 Algemeen	8
4.1.2 Toetsing aan de kwaliteitseisen	8
4.2 Fosfaatreststoffen van rwzi's	10
4.2.1 Algemeen	10
4.2.2 Toetsing aan de kwaliteitseisen	11
5 MOGELIJKHEDEN VOOR HERGEBRUIK VAN FOSFAATRESTSTOFFEN	14
5.1 Knelpunten en oplossingsrichtingen	14
5.2 Potentiële oplossingen	14
5.2.1 Knelpunt 1: Het drogestofgehalte	14
5.2.2 Knelpunt 2: De hoogte van het P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -gehalte	15
5.2.3 Knelpunt 3: Contractuele beperkingen voor asafzet	15
5.2.4 Knelpunt 4: De hoogte van de ijzerconcentratie	15
5.2.5 Knelpunten 5 en 6: Verwerkingscapaciteit voor koper en zink	16
5.3 Evaluatie	16
6 DEELSTROOMBEHANDELINGEN OP RWZI'S	18
6.1 Algemeen	18
6.2 Beschikbare technieken	18
6.2.1 Chemische precipitatie	18
6.2.2 Korrelreactor	19
6.3 Zwارة metalen in de reststoffen	19
6.4 Evaluatie	20
7 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	22
8 REFERENTIES	24

## **BIJLAGEN**

- 1: Enquête
- 2: Processchema Thermphos B.V.
- 3: Overzicht slibverwerkingsinstallaties
- 4: Analysegegevens SNB, slibdroging Beverwijk en DRSH
- 5: Inventarisatie van rwzi's
- 6: Berekening ijzerdosering
- 7: Gegevens korrelreactor

## Ten geleide

Fosfaat wordt op rioolwaterzuiveringsinrichtingen vastgelegd in biologisch en/of chemisch slib, dat vervolgens op verschillende manieren wordt verwerkt. In een aantal stadia van deze keten ontstaan fosfaatreststoffen. Het was al langer duidelijk dat deze reststoffen een potentiële grondstof zouden kunnen zijn voor de fosforproducerende industrie. Keer op keer bleek de afzet van deze fosfaatreststoffen economisch nauwelijks haalbaar vanwege meerdere redenen.

Het was uiteindelijk de fosforproducent Thermphos International B.V. die een nieuwe mogelijkheid opende door in de beleidsdoelstellingen te streven naar 20% vervanging van de huidige grondstof door fosfaatreststoffen. Voor Thermphos International B.V., STOWA en de CEEP (*Centre Européen d'Etudes des Polyphosphates*) was dit voldoende aanleiding om in Nederland een inventariserend onderzoek te laten uitvoeren ter heroverweging van het hergebruik van fosfaatreststoffen uit communaal afvalwater.

Het onderzoek dat wordt beschreven in dit rapport heeft zich gericht op de kwaliteit en kwantiteit van de fosfaatreststoffen die bij rwzi's en de slibverwerkers voorhanden zijn, en de huidige en toekomstige technische haalbaarheid naar het gebruik van die reststoffen door Thermphos International B.V. Naast de bevinding dat er knelpunten zijn die hergebruik op dit moment in de weg staan, is ook duidelijk geworden dat op gerealiseerde en geplande rwzi's met biologische fosfaatverwijdering, de komende 10 jaar een interessante fosfaatstroom beschikbaar kan komen voor hergebruik.

Het onderzoek werd uitgevoerd door HASKONING Ingenieurs- en Architectenbureau (projectteam bestaande uit ir. A.D.H. Jaartsveld, ir. F.D.G. Kiestra, ir. J. Kruit en ir. W. van Starkenburg). Voor de begeleiding van het project zorgde een commissie bestaande uit ir. D. Lijmbach (voorzitter), drs. ing. M.P.A.M. Augustijn, ing. F.A. Brandse, ir. S.B. Gaastra en ir. P.J. Roeleveld.

Een deel van de informatie is verzameld via een enquête onder de waterkwaliteitsbeheerders. De STOWA is haar deelnemers zeer erkentelijk voor hun medewerking. Thermphos International B.V. wordt bedankt voor het organiseren van een rondleiding door het fosforproductieproces te Vlissingen voor het Landelijk Technologen Platform.

Utrecht, maart 2001

De directeur van de STOWA

ir. J.M.J. Leenen

## SAMENVATTING

Voor het verlagen van het fosfaatgebruik en sluiting van de fosfaatkringloop heeft het bedrijf Thermphos B.V. uit Vlissingen aangegeven voor zijn fosforproductieproces, 20% van de huidige grondstof te vervangen door fosfaatreststoffen. De fosfaatreststoffen uit communaal afvalwater zijn hiervoor een potentiële bron.

Fosfaat wordt op rioolwaterzuiveringsinrichtingen vastgelegd in biologisch en/of chemisch slib, dat vervolgens op verschillende manieren kan worden verwerkt. In elk stadium van deze keten ontstaan fosfaatreststoffen.

Het mogelijke hergebruik van deze fosfaatreststoffen uit communaal afvalwater is voor Thermphos B.V., de STOWA en de CEEP (Centre Européen d'Etudes des Polyphosphates) aanleiding geweest om een inventariserend onderzoek te laten uitvoeren. Het onderzoek heeft zich gericht op de kwaliteit en kwantiteit van de fosfaatreststoffen die bij de rwzi's en de slibverwerkers voorhanden zijn en de huidige en toekomstige technische haalbaarheid naar het gebruik van die reststoffen als grondstof voor Thermphos B.V. Hierbij is tevens aandacht besteed aan de mogelijkheden van toepassing van deelstroombehandelingen op rwzi's.

Voor de verwerking van de fosfaatreststoffen zijn door Thermphos B.V. de kwaliteitseisen opgesteld waaraan voldaan moet worden. Vervolgens zijn de fosfaatstromen, afkomstig van slibverwerkers en rwzi's, geïnventariseerd middels jaarverslagen, CBS-gegevens en een enquête.

Met deze gegevens is de haalbaarheid van de inzet van fosfaatreststoffen in het productieproces van Thermphos B.V. nader bekeken, waaruit een aantal knelpunten naar voren is gekomen. Op basis van deze knelpunten zijn mogelijke oplossingen voor hergebruik opgesteld. Tevens zijn de beschikbare potentiële toekomstige deelstroombehandelingen voor hergebruik van fosfaatreststoffen in beeld gebracht.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat de totale fosfaathoeveelheid die jaarlijks op de Nederlandse rwzi's vrijkomt gelijk is aan circa 10.500 ton P (equivalent aan 24.000 ton  $P_2O_5$ ), zijnde 12,5% van de jaarlijkse fosfaatbehoefte van Thermphos B.V. Hierbij zijn de volgende drie stromen als mogelijke fosfaatreststof te onderscheiden:

- slib van rwzi's (chemische (chem-P) of biologische P-verwijdering (bio-P));
- eindproduct van slibverwerkers (verbranding, droging, compostering, Vartech);
- eindproduct van deelstroomprocessen bij bio-P installaties.

De door Thermphos B.V. gestelde kwaliteitseisen voor hergebruik leveren voor de verschillende stromen in meer of mindere mate knelpunten op, die hergebruik op dit moment in de weg staan. De volgende knelpunten kunnen daarbij in algemene zin worden genoemd:

- te laag drogestofpercentage;
- te laag  $P_2O_5$ -gehalte;
- te hoog ijzergehalte;
- te hoog koper- en zinkgehalte.

Voor een directe inzet van slib van rwzi's, voldoet het slib doorgaans aan geen van de gestelde kwaliteitseisen. Na verbranding en droging wordt voldaan aan het drogestofpercentage. Na compostering of behandeling door Vartech zal nog verbranding plaats moeten vinden. Om te kunnen voldoen aan het ijzergehalte moet, vanwege het opmengen van de slibstromen bij de slibverwerker, elke rwzi overgaan op aluminiumdosering. Dit lijkt vooralsnog geen reële optie, mede vanwege andere nadelen van aluminiumgebruik.

Van de genoemde knelpunten vormt het te hoge koper- en zinkgehalte de grootste belemmering voor hergebruik door Thermphos B.V. Op basis van de gehalten in de reststoffen en de gestelde eisen voor hergebruik, kan van de rwzi's of slibverwerkers respectievelijk slechts 5.100 of 1.800 ton drogestof worden ingenomen door Thermphos B.V. Dit komt overeen met respectievelijk 0,20% en 0,15% van de jaarlijkse fosfaatbehoefte. Oplossing van dit knelpunt vraagt om een brongerichte aanpak; realisatie hiervan zal een langdurig proces zijn.

Deelstroombehandeling op rwzi's met bio-P is uitermate geschikt voor hergebruik van fosfaatreststoffen uit communaal afvalwater. Praktijkervaringen met de korrelreactor tonen aan dat een geschikte reststof wordt verkregen, waarmee geen van de knelpunten meer aan de orde is. Naast de korrelreactor lijkt chemische precipitatie met aluminiumchloride een goed alternatief te zijn.

Op basis van een inventarisatie naar installaties met bio-P en installaties die op korte termijn zullen worden omgebouwd voor bio-P, is vastgesteld dat er in de komende 10 jaar een interessante fosfaatstroom (naar schatting 5% van de totale fosfaatbehoefte) ter beschikking kan komen voor hergebruik door Thermphos B.V.

Naar aanleiding van bovenstaande conclusies zou ten aanzien van toekomstig hergebruik van fosfaatreststoffen op de volgende punten aanvullend onderzoek moeten plaatsvinden:

- de mogelijkheden en de technische en financiële haalbaarheid van de toepassing van deelstroombehandelingen op onttrokken stromen uit de anaërobe reactor van bio-P rwzi's;
- vergelijking van de korrelreactor met normale chemische precipitatie op totale kosten;
- mogelijkheden voor de opwerking van asresten van de slibverbranding, met name gericht op reductie van het ijzer-, koper- en zinkgehalte.

## INLEIDING

Om het fosfaatgebruik te verlagen en de fosfaatkringloop te sluiten is er begin 1993 een studie uitgevoerd naar de afzetmogelijkheden van fosfaathoudende reststoffen [1]. Uit deze studie bleek dat de afzet van deze reststoffen ondanks de grote potentiële vraag nauwelijks economisch haalbaar was vanwege:

- de wisselende kwaliteit van de fosfaatreststoffen;
- de lage fosfaatconcentraties in de reststoffen;
- de alternatieven voor fosfaatgrondstof;
- de lage grondstofprijzen van fosfaaterts.

Inmiddels lijken er zich nieuwe mogelijkheden voor te doen om fosfaatreststoffen te hergebruiken. Het bedrijf Thermphos B.V. uit Vlissingen is in staat om fosfaatreststoffen op te werken tot een product dat gebruikt kan worden voor de productie van fosfor.

Bij de zuivering van afvalwater ontstaan verschillende fosfaathoudende reststoffen bij rwzi's, zoals zuiveringsslib, slibkorrels van de korrelreactor en precipitaten van de chemische defosfatering. Afhankelijk van het toegepaste systeem en de gebruikte chemicaliën is er voornamelijk sprake van calcium-, aluminium-, ijzer- of organisch gebonden fosfaat. De betreffende reststoffen verlaten de rwzi's en worden voor verwerking afgevoerd naar de verschillende slibverwerkers in Nederland. Het mogelijke hergebruik van deze fosfaatreststoffen is voor de STOWA, Thermphos B.V. en de CEEP (Centre Européen d'Etudes des Polyphosphates) de aanleiding geweest om een inventariserend onderzoek uit te laten voeren. Onderhavig onderzoek richt zich op de inventarisatie van de kwaliteit en kwantiteit van de fosfaatreststoffen die bij de rwzi's en de slibverwerkers voorhanden zijn en de huidige en toekomstige technische haalbaarheid naar het gebruik van die reststoffen als grondstof voor Thermphos B.V. Hierbij wordt tevens aandacht besteed aan de mogelijkheden van toepassing van deelstroombehandelingen op rwzi's.

In hoofdstuk 2 van dit rapport is de opzet van het onderzoek weergegeven. Hoofdstuk 3 geeft een beschrijving van het productieproces van Thermphos B.V. voor de productie van fosfor uit fosfaaterts. Hoofdstuk 4 bevat de resultaten van de inventarisatie van fosfaatreststoffen bij de rwzi's en van de slibverwerkingsinstallaties in Nederland en de toetsing aan de eisen van Thermphos B.V.

In hoofdstuk 5 wordt de haalbaarheid van de inzet van fosfaatreststoffen in het productieproces van Thermphos B.V. nader bekeken en worden tevens de gesignaleerde knelpunten besproken. In hoofdstuk 7 zijn de beschikbare potentiële deelstroombehandelingen ten behoeve van hergebruik van fosfaatreststoffen in beeld gebracht, waarna tot slot de conclusies en aanbevelingen volgen in hoofdstuk 8.



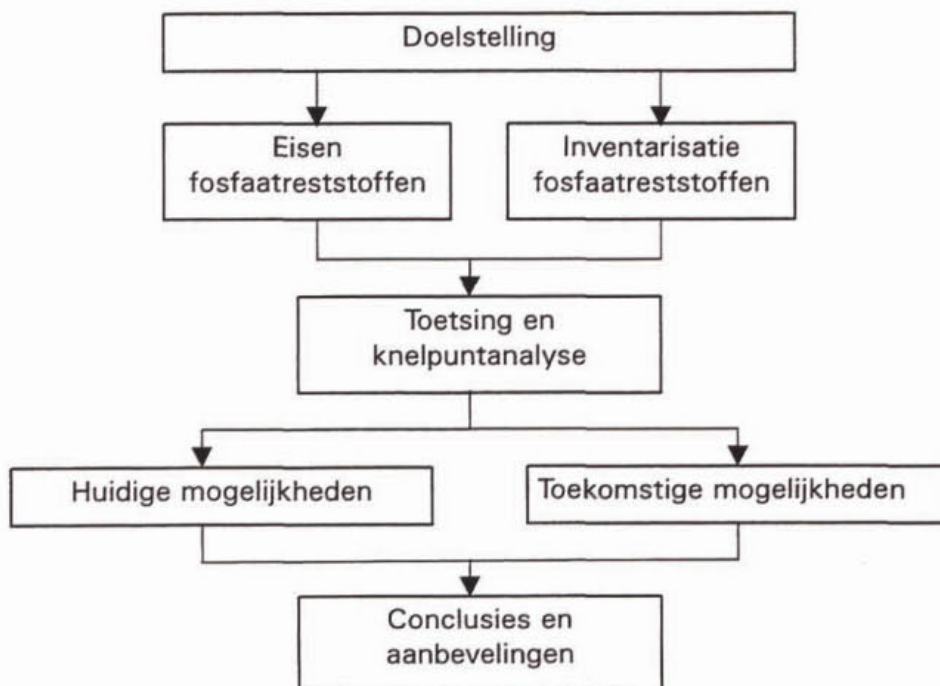
## DOEL EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

Het doel van het onderzoek was het in beeld brengen van de fosfaatreststoffen die momenteel in kwantitatieve en kwalitatieve zin voorhanden zijn, en kunnen komen, bij de waterbeheerders en eindverwerkers van communaal slib. Onderzocht is in hoeverre deze reststoffen geschikt zijn voor de fosforproductie.

Het onderzoek valt daarmee in de volgende onderdelen uiteen:

- het vaststellen van de kwaliteitseisen die door Thermphos B.V. aan de te gebruiken fosfaatreststoffen worden gesteld;
- inventarisatie van de kwaliteit en de kwantiteit van de fosfaatreststoffen afkomstig van de waterbeheerders en de eindverwerkers van communaal zuiverings-slib;
- het vaststellen van de hoeveelheid fosfaat die heden of in de toekomst aan te leveren is voor hergebruik;
- in beeld brengen van de technologische merites van het ketenproces van gebruik en hergebruik van fosfaatreststoffen van rwzi's;
- inventarisatie van mogelijke deelstroombehandelingen op rwzi's;
- aangeven in hoeverre uit oogpunt van toegepaste technologie, hergebruik van deze fosfaatreststoffen door Thermphos B.V. in de nabije toekomst haalbaar is.

De gevolgde werkwijze kan als volgt schematisch worden weergegeven:



Figuur 1. Schematische weergave van de werkwijze

De kwaliteitseisen van het te leveren aluminium- en/of calciumfosfaat worden bepaald door het productieproces van Thermphos B.V. Daarom zijn, in samenwerking met Thermphos B.V., de voorwaarden voor hergebruik van aluminium- en/of calciumfosfaatreststoffen bepaald.

Vervolgens zijn de hoeveelheden fosfaatreststoffen bij de rwzi's bepaald op basis van slibhoeveelheden, hoeveelheden fosfaat en het chemicaliënverbruik voor de chemische fosfaatverwijdering van de Nederlandse waterschappen. Hiervoor zijn de gegevens gebruikt van het CBS [3] en de jaarverslagen [2] van de betreffende waterkwaliteitsbeheerders.

De samenstelling van de reststoffen van de slibverwerkers is verkregen uit analysegegevens van de asrest en aangeleverde Milieujaarverslagen.

Bovendien is een enquête (bijlage 1) bij de verschillende waterschappen gehouden om de volgende gegevens te verzamelen:

- hoeveelheden gedoseerde aluminiumchemicaliën op de verschillende rwzi's;
- aantal rwzi's in beheer met biologische fosfaatverwijdering;
- aantal rwzi's dat in de toekomst wordt omgebouwd tot biologische fosfaatverwijdering;
- contractduur voor aankoop van chemicaliën en de slibverwerking.

Op basis van bovenstaande inventarisatie en de gestelde eisen voor de fosfaatreststoffen is bepaald welke stromen in de huidige situatie mogelijk geschikt zijn voor hergebruik door Thermphos B.V. Daarna zijn voor de potentiële toekomstige stromen verwerkingsroutes opgesteld die doorlopen dienen te worden alvorens hergebruik mogelijk is. Dit resulteert in een toekomstvisie voor hergebruik van fosfaatreststoffen door Thermphos B.V.

### **3 FOSFORPRODUCTIE**

#### **3.1 Algemeen**

Thermphos B.V. is gevestigd te Vlissingen en produceert elementaire fosfor uit fosfaaterts (apatiet). Daarnaast wordt met behulp van fosforzuur de stof NTPP (NatriumTriPolyFosfaat) gefabriceerd.

Jaarlijks wordt door Thermphos B.V. circa 190.000 ton  $P_2O_5$  verwerkt, overeenkomend met circa 600.000 ton apatiet. Het doel van Thermphos B.V. is om binnen 5 jaar 20% van de verwerkte grondstof te vervangen door fosfaathoudende reststoffen. In onderstaande paragraaf wordt het proces van Thermphos B.V. beschreven en worden de eisen geformuleerd voor toepassing van reststoffen.

#### **3.2 Procesbeschrijving**

Het vrijmaken van fosfor uit het erts vindt plaats door sterke verhitting in een reducerende omgeving onder toevoeging van een slakvormer. De bruto reactievergelijking kan als volgt worden weergegeven:



Als koolstofbron wordt een harde cokessoort gebruikt. De slak wordt gevormd met grind. Het fosfaaterts wordt eerst gemalen en gegraneerd met behulp van een kleisuspensie. Vervolgens worden de granules gesinterd bij 800 °C. Na een tussenopslag worden cokes en grind gedoseerd waarna het mengsel in de oven wordt gebracht. Hier smelt het mengsel en vindt bovenstaande reactie plaats, waarbij fosfor en koolmonoxide in gasvorm vrijkomen. De grote energiehoeveelheid (ca. 13.000 kWh per ton fosfor) wordt toegevoerd door middel van een elektrothermische oven, gevoed met driefasen stroom.

Het vrijgekomen gasmengsel wordt in elektrostatische filters ontdaan van meegevoerd stof en vervolgens in een sproeitoren gekoeld. De fosfor scheidt zich dan als gele fosfor af die in tanks wordt opgeslagen. Een processchema van het fosforproductieproces is opgenomen in bijlage 2.

Naast de gasvormige producten ontstaat in de oven ook calciumsilicaat dat in vloeibare vorm wordt afgetapt. Na koeling wordt deze slak toegepast in de weg- en waterbouw. Ook wordt nog een fosforijzerlegering (ferrofosfor) gevormd dat met tussenpozen in relatief geringe hoeveelheden wordt afgetapt. Dit metaal wordt toegepast in de metallurgische industrie.

#### **3.3 Eisen aan fosfaatreststoffen**

Het huidige productieproces heeft een aantal technische randvoorwaarden waardoor de samenstelling van de te verwerken producten aan een aantal eisen moet voldoen. Voor de samenstelling zijn echter geen harde grenswaarden te geven aangezien het proces in een bepaalde bandbreedte verloopt. De toegestane waarden voor de belangrijkste parameters zijn weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Kwaliteitseisen Thermphos B.V. voor reststoffengebruik

Parameter	Eis
D.s.	> 75% van totaal
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	> 18% van droge stof
Fe	Max. 0.5% bij P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> van 20% Max. 2000 ton/j extra
Zn	< 20 ton/j
Cu / Cr / Ni / Co / V	< 2 ton/j
SO <sub>4</sub>	< 0.5% van droge stof

De gestelde eisen gelden vanwege de volgende redenen:

- teveel water in de reststof levert problemen bij de granulatie en is om die reden niet gewenst. Het drogestofpercentage dient hoger te zijn dan 75%;
- voor het fosfaatgehalte wordt voor een eerste screening op inzetbaarheid een ondergrens van 18% genomen. Deze ondergrens is echter geen absolute en algemeen geldende waarde, maar moet per fosfaatreststof in samenhang met een volledige componentenanalyse worden doorgerekend. Algemeen geldend is: hoe lager het fosfaatgehalte hoe geringer de technische en economische haalbaarheid is van de verwerking van de aangeboden fosfaatreststof. Ten aanzien van het organisch stofgehalte moet opgemerkt worden dat Thermphos B.V. niet in staat is om op grote schaal organisch slib te verwerken;
- de hoeveelheid ijzer die verwerkt kan worden hangt samen met het spuien van het ferfosfor. De capaciteit hiervoor is beperkt, wat mogelijk tot een beperking van de fosforproductie kan leiden. Aanwezigheid van aluminium heeft geen negatief effect op het productieproces. Een extra hoeveelheid leidt zelfs tot een betere bedrijfsvoering in verband met een vloeibaarder steenslak;
- zink hoopt zich op in het proces en leidt tot energieverlies en verhoogde spuikosten. Op jaarbasis kan niet meer dan circa 20 ton extra zink verwerkt worden;
- koper, chroom, nikkel, kobalt en vanadium hopen zich op in het bijproduct ferfosfor, wat leidt tot afzetproblemen van dit product als de metaalgehalten te hoog worden. De aangegeven 2 ton metaal per jaar is een geschatte waarde op basis van inleidende gesprekken met afnemers. Nadere gesprekken betreffende de uiterste in te zetten metaalhoeveelheden moeten uitsluitend geven over een definitieve maximale waarde;
- de aanwezigheid van sulfaat kan leiden tot emissieproblematiek in de sinterovens. Een grens van 0,5% op drogestofbasis wordt hiervoor aangehouden als maximum.

## 4 INVENTARISATIE EN TOETSING VAN FOSFAATRESTSTOFFEN

### 4.1 Fosfaatreststoffen van slibverwerkers

#### 4.1.1 Algemeen

Het zuiverings-slib dat geproduceerd wordt bij de rwzi's wordt na indikking en/of mechanische ontwatering op de zuivering vervoerd naar de slibverwerkers. Het fosfaathoudende zuiverings-slib wordt in Nederland op de volgende wijze verwerkt:

- verbranding;
  - thermische droging;
  - compostering;
  - natte oxidatie.
- 
- Bij slibverbranding wordt het organische aandeel van het slib in een oven verbrand tot CO<sub>2</sub> en water. Na verbranding resteert een asrest waarvan het organische bestanddeel nog slechts <0,5% bedraagt.
  - Slibdroging is een proces waarbij het slib tot een drogestofpercentage van circa 90% wordt gedroogd. Doordat slechts water wordt verdampt verandert de chemische samenstelling van het slib tijdens het drogen niet. Het organisch gehalte van het gedroogde slib blijft daardoor gelijk (circa 60%).
  - Door het slib biologisch te drogen (composteren) wordt het organische deel van het slib door biologische omzetting verlaagd tot circa 40-50%. Het drogestofpercentage stijgt tot maximaal 65%.
  - Bij de natte oxidatie van slib wordt het slib onder hoge druk en temperatuur door toevoeging van zuivere zuurstof geoxideerd. De asrest komt als een slurry uit de reactor en heeft een drogestofpercentage van circa 50%. Het organische stofgehalte van de as is gereduceerd tot circa 7%.

In tabel 2 is voor de Nederlandse situatie de verdeling van de afzet van slib naar bestemming weergegeven.

Tabel 2: Afzet van zuiverings-slib naar bestemming (1000 ton d.s./jaar)

Bestemming				
Verbranding	Thermisch drogen	Biologisch drogen	Natte oxidatie (VarTech)	Overig
220	82	31	10	4

Een overzicht van de Nederlandse slibverwerkingsinstallaties is gegeven in bijlage 3. De installaties die in eigendom/beheer zijn van de zuiveringsschappen verwerken voor circa 90-95% zuiverings-slib van de rwzi's.

#### 4.1.2 Toetsing aan de kwaliteitseisen

Om voor de reststoffen van de slibverwerking vast te stellen of voldaan kan worden aan de kwaliteitseisen voor hergebruik bij Thermphos B.V., is de samenstelling van deze reststoffen geïnventariseerd.

Hiervoor zijn onder andere analysegegevens opgevraagd van het thermisch gedroogde slib uit de installatie van Beverwijk en van de asrest van de verbrandingsinstallaties SNB Moerdijk en DRSB Dordrecht (zie bijlage 4).

#### *Drogestofpercentage*

Het drogestofpercentage van de reststoffen, na biologisch drogen en na natte oxidatie, is lager dan de vereiste 75% (respectievelijk 65% en 50%). Voor hergebruik door Thermphos B.V. dienen deze stoffen nog verbrand te worden. Overigens blijkt uit tabel 2 dat slechts een relatief klein aandeel van het Nederlandse slib op deze wijze wordt verwerkt.

Zowel het thermisch gedroogde slib als de asrest van de slibverbranding voldoen ruimschoots aan het vereiste drogestofpercentage.

#### *Fosfaatgehalte*

Van het thermisch gedroogde slib zijn geen fosfaatgehalten bekend. Omdat echter bij droging de chemische samenstelling van de droge stof niet verandert, kan worden aangenomen dat het P-gehalte in de reststof gelijk is aan het P-gehalte in de slibaanvoer.

Uit de CBS-gegevens blijkt dat landelijk het P-gehalte in zuiveringsslib 2,9% van het drogestofgehalte bedraagt. Omgerekend naar  $P_2O_5$  levert dit een  $P_2O_5$ -gehalte op van 7%. Dit gehalte is veel lager dan het vereiste  $P_2O_5$ -gehalte voor hergebruik.

Evenals bij thermische slibdroging, wordt door de slibverwerkers geen fosfaatgehalte bepaald van de asrest. Van de asresten van de SNB Moerdijk en de DRSB Dordrecht zijn de  $P_2O_5$ -gehalten bepaald door de firma Thermphos B.V. (zie bijlage 4). Uit deze analysegegevens blijkt dat het  $P_2O_5$ -gehalte van de asresten afkomstig van laatstgenoemde installaties respectievelijk 16,7% en 14,6% van de asrest bedragen. Deze  $P_2O_5$ -gehalten zijn lager dan de vereiste 18%; echter hoopgevend genoeg om de overige kwaliteitseisen voor deze asresten nader te bekijken.

#### *Ijzergehalte*

In de analyseresultaten van bijlage 4 is het ijzergehalte bepaald als  $Fe_2O_3$ . Indien dit wordt omgerekend, is het ijzergehalte voor de asrest van SNB Moerdijk circa 8,3% en voor de asrest van DRSB Dordrecht circa 8,4%. Deze ijzergehalten zijn in relatie tot het  $P_2O_5$ -gehalte te hoog om in de fosforproductie van Thermphos B.V. te kunnen worden ingezet.

Aangezien het slib voor alle slibverwerkers grotendeels afkomstig is van de rwzi's, zal voor de reststoffen afkomstig van de overige slibverwerkers in het algemeen gelden dat het ijzergehalte in relatie tot het  $P_2O_5$ -gehalte in de huidige situatie te hoog is voor mogelijk hergebruik. Dit houdt met name verband met het gebruik van vooral ijzerzouten bij de chemische P-verwijdering.

Uit berekeningen blijkt (zie bijlage 6) dat deze ijzerhoeveelheid vrijwel volledig is toe te schrijven aan de dosering van ijzerzouten op rwzi's. Om het

toegestane percentage te bereiken zouden alle Nederlandse waterkwaliteitsbeheerders dienen over te gaan van ijzer- op aluminiumdosering. Volledige omschakeling naar aluminiumdosering lijkt gezien prijs en aanbod in de huidige markt echter nauwelijks haalbaar.

### *Zware metalen*

In de analyses van bijlage 4 staan de gehalten aan zink en koper in de asresten van de SNB Moerdijk en de DRSB te Dordrecht vermeld. De concentraties geoxideerde verbindingen zijn vervolgens omgerekend naar de pure metalen en weergegeven in onderstaande tabel. Daarbij is tevens op basis van de eisen van Thermphos B.V. de maximale verwerking per jaar berekend.

Tabel 3: Maximale verwerkingscapaciteit van asresten op basis van zware metalen

Verontreiniging	Gemiddelde concentratie (mg / kg d.s.)	Eis Thermphos (ton metaal / jaar)	Maximale verwerking (ton as / jaar)
Zink	1.800	<20	11.000
Koper	1.100	<2	1.800

Koper vormt de grootste beperkende factor voor de verwerking van de asresten. Aangezien Thermphos B.V. op dit moment slechts 2 ton koper per jaar extra kan verwerken, kan maximaal 1.800 ton asrest worden ingenomen, overeenkomend met 0,15% van de huidige fosfaatinnname door Thermphos B.V.

## **4.2 Fosfaatreststoffen van rwzi's**

### **4.2.1 Algemeen**

De fosfaatstromen die vrijkomen op de rwzi's in Nederland kunnen in hoofdlijn op drie verschillende manieren ontstaan:

- door biologische fosfaatverwijdering;
- door chemische fosfaatverwijdering;
- combinatie van biologische- en chemische fosfaatverwijdering.

De biologische fosfaatverwijdering werkt op het principe van fosfaataccumulerende bacteriën die een relatief hoog percentage aan fosfaat kunnen opnemen. Het fosfaat bevindt zich in het slib, afkomstig uit de hoofdstroom of een deelstroom. Na indikking en ontwatering levert dit slib met een drogestofpercentage van circa 20-25%.

Bij chemische fosfaatverwijdering wordt het fosfaat neergeslagen met ijzer- of aluminiumzouten en vervolgens verwijderd door bezinking. Deze precipitatie vindt voornamelijk plaats in de voorbezinktank of in de beluchtingsruimte. De resulterende slibstroom wordt afgescheiden en tezamen met het spuislib uit de laatstgenoemde ruimten in één mengsel verwijderd. Het slib bevat na indikking en ontwatering eveneens een drogestofpercentage van circa 20-25%.

Bij biologische fosfaatverwijdering wordt in de regel tevens gedeeltelijk chemisch gedefosfateerd. Wanneer de eis voor fosfaat niet gehaald wordt kan namelijk een extra chemicaliëndosering worden ingeschakeld.

Daarnaast kan bij biologische fosfaatverwijdering een slib/watermengsel uit de anaërobe zone onttrokken worden. Het fosfaat in deze onttrokken deelstroom kan vervolgens via chemische precipitatie worden verwijderd.

Voor een indruk van de verhouding bij toepassing van bovenstaande technieken, is in tabel 4 een overzicht gegeven afkomstig van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS [3]).

Tabel 4: Verdeling van het aantal rwzi's naar methode van fosfaatverwijdering (CBS, 1997)

Methode	Aantal rwzi's
<b>Chemische fosfaatverwijdering</b>	
In voorbezinktank	34
In beluchtingsruimte	95
<b>Biologische fosfaatverwijdering</b>	
In de hoofdstroom	26
In een deelstroom	5
Onbekend	7
<b>Combinatie chemisch en biologisch</b>	8
<b>TOTAAL</b>	<b>175</b>

Uit bovenstaande tabel blijkt dat 175 van de 412 rwzi's in Nederland een aanvullende fosfaatverwijdering toepassen, waarvan 22% op biologische wijze. Daarnaast is uit de enquêtes gebleken dat in de nabije toekomst nog 29 bestaande rwzi's zullen worden omgebouwd tot installaties met biologische fosfaatverwijdering.

#### 4.2.2 Toetsing aan de kwaliteitseisen

Van de waterbeheerders met een zuiveringstaak in Nederland zijn de fosfaatstromen, slibstromen en het chemicaliënverbruik geïnventariseerd. De gevonden waarden zijn per kwaliteitsbeheerder getotaliseerd in bijlage 5, waarbij ter controle de gegevens van het CBS zijn weergegeven. Uit deze controle blijkt dat de jaarverslagen niet de volledig gewenste informatie verschaffen van het chemicaliënverbruik. Voor het totale chemicaliënverbruik zijn daarom de waarden van het CBS gehanteerd.

Zoals reeds in hoofdstuk 3 is vermeld kan Thermphos B.V. vanwege het organisch C-gehalte niet op grote schaal organisch zuiverings-slib verwerken. Dit slib zal te allen tijde een aanvullende bewerking moeten ondergaan zoals bijvoorbeeld verbranding.

#### *Drogestofpercentage*

Het vrijgekomen slib heeft na indikking en ontwatering een drogestofpercentage van 20-25% en dient verder verbrand te worden alvorens het binnen de door Thermphos B.V. gestelde randvoorwaarden valt.

Daarnaast kan slechts het slib verwerkt worden van zuiveringen waar geen ijzerdosering plaatsvindt. Dit betekent dat in principe alleen slib van rwzi's



met biologische P-verwijdering en van rwzi's die aluminium doseren, geschikt zijn voor verwerking.

### *Fosfaatgehalte*

Uit de inventarisatie kan worden geconcludeerd dat jaarlijks een totale hoeveelheid fosfaat vrijkomt van circa 10.500 ton P (equivalent aan 24.000 ton  $P_2O_5$ ), zijnde 12,5% van de jaarlijkse fosfaatbehoefte van Thermphos B.V. Deze hoeveelheid is slechts 2,9% van de totale slibstroom van 360.000 ton drogestof waarin deze zich bevindt. Het  $P_2O_5$ -gehalte wordt hiermee gemiddeld 7% op drogestofbasis en voldoet daarmee niet aan de eis van Thermphos B.V. Op afzonderlijke rwzi's kan het  $P_2O_5$ -gehalte echter oplopen tot maximaal 11% op drogestofbasis.

Bij toepassing van de reeds genoemde deelstroombehandeling met chemische precipitatie op rwzi's kunnen echter percentages van circa 29% worden gehaald, waarmee ruimschoots aan de eis van 18% wordt voldaan.

### *Ijzergehalte*

Het ijzergehalte in het zuiveringsslib afkomstig van rwzi's wordt noch in jaarverslagen, noch door het CBS vermeld. Op basis van het landelijk gebruik van ijzerchemicaliën en de geproduceerde hoeveelheid slib kan echter een indicatie gegeven worden van het gemiddelde ijzergehalte in zuiveringsslib. Uit deze berekening, die is weergegeven in bijlage 6, volgt dat het gemiddelde ijzergehalte 3,5% op drogestofbasis is (tevens overeenkomend met de analyseresultaten van circa 8,4% op asrest). Dit ligt ruim boven de eis van maximaal 0,53% zoals gesteld door Thermphos B.V.

Het slib van rwzi's waar aluminium wordt gedoseerd of een deelstroombehandeling wordt toegepast kent geen problemen met een te hoog ijzergehalte en is daarom interessant voor hergebruik door Thermphos B.V.

### *Zware metalen*

Uit de CBS-gegevens [3] volgt een gemiddelde samenstelling betreffende de zware metalen in zuiveringsslib. Voor de belangrijkste metalen voor het proces van Thermphos B.V. zijn de concentraties in onderstaande tabel weergegeven. Daarbij is tevens op basis van de eisen van Thermphos B.V. de maximale verwerking per jaar berekend.

Tabel 5: Maximale verwerkingscapaciteit van zuiveringsslib op basis van zware metalen

Verontreiniging	Gemiddelde concentratie (mg / kg d.s.)	Eis Thermphos (ton metaal / jaar)	Maximale verwerking (ton d.s. / jaar)
Zink	865	< 20	23.000
Koper	390	< 2	5.100
Nikkel	33	< 2	60.600
Chroom	50	< 2	40.000

Aangezien koper de beperkende factor vormt voor de verwerking van zuiveringsslib, kan Thermphos B.V. op dit moment slechts 5.100 ton per jaar verwerken. Dit komt overeen met 0,2% van de huidige fosfaatname door Thermphos B.V.

De korrels afkomstig van de korrelreactoren van de rwzi's Geestmerambacht en Heemstede zijn qua structuur en samenstelling geschikt bevonden door Thermphos B.V. De korrels van Geestmerambacht worden derhalve reeds ingenomen en hergebruikt. Daarnaast is het slib van het Phostrip-proces van de rwzi Bommelerwaard geschikt; dit wordt echter vanwege de beperkte hoeveelheid in de huidige situatie niet gebruikt.

## 5 MOGELIJKHEDEN VOOR HERGEBRUIK VAN FOSFAATRESTSTOFFEN

### 5.1 Knelpunten en oplossingsrichtingen

Uit de toetsing van de kwaliteitseisen komen knelpunten naar voren die hergebruik van de huidige beschikbare fosfaatstromen heden in de weg staan. Voor deze knelpunten zijn vier oplossingsrichtingen denkbaar die toekomstig hergebruik mogelijk zouden kunnen maken, te weten:

- autonome ontwikkeling (landelijk of internationaal beleid, trends en trendbreuken);
- effectgerichte aanpak (negatieve effecten ongedaan maken);
- brongerichte aanpak (negatieve effecten voorkomen bij de bron);
- mix tussen autonome ontwikkeling en effect- en brongerichte aanpak.

De gesignaleerde knelpunten voor het hergebruik van reststromen zijn gesommeerd in tabel 6, waarbij tevens is aangegeven in welke richting de oplossing gezocht zou moeten worden.

Tabel 6: Knelpunten voor de verschillende fosfaathoudende reststoffen en mogelijke oplossingsrichtingen

Nr.	Knelpunt	Oplossingsrichting
1	Te laag drogestofpercentage	Effectgerichte maatregel
2	Te laag P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -gehalte	Effectgerichte maatregel
3	Contractuele beperkingen voor asafzet	Brongerichte maatregel
4	Te hoge ijzerconcentratie	Mix van scenario's
5	Lage verwerkingscapaciteit voor koper <sup>1</sup>	Mix van scenario's
6	Lage verwerkingscapaciteit voor zink <sup>2</sup>	Mix van scenario's

<sup>1</sup> Teveel koper in het proces van Thermphos B.V. leidt tot afzetproblemen van de ferrofosfor.

<sup>2</sup> Teveel zink in het proces van Thermphos B.V. leidt tot problemen in de fosforovens.

Bovenstaande knelpunten worden vervolgens voor de verschillende fosfaatreststoffen in onderstaande paragraaf nader uitgewerkt.

### 5.2 Potentiële oplossingen

#### 5.2.1 Knelpunt 1: Het drogestofgehalte

Voor de verwerking van fosfaathoudende reststoffen door Thermphos B.V. is een drogestofgehalte van minimaal 75% noodzakelijk in verband met het malen ten behoeve van de granulatie en de interne waterhuishouding. De stromen met te lage drogestofgehalten zijn het zuiveringsslib (23%) en de eindproducten van het biologisch drogen (65%) en de natte oxidatie (50%).

Om deze producten te laten voldoen aan de drogestof eis, zijn effectgerichte maatregelen nodig zoals bijvoorbeeld verbranden.

Daarnaast zou op de rwzi een korrelreactor kunnen worden toegepast als deelstroomprincipe, waarmee drogestofpercentages tot 80% haalbaar zijn.

### 5.2.2 Knelpunt 2: De hoogte van het P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gehalte

Het fosfaatgehalte (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) van zuiveringsslib en het eindproduct van de slibverwerkers is respectievelijk circa 7% en 15%, en ligt daarmee onder de grens van 18% die geëist wordt. Op basis hiervan dient het gros van de reststoffen te worden opgewerkt.

Verhoging van het fosfaatgehalte kan worden aangepakt bij de rwzi. Het toepassen van deelstroombehandelingen op bestaande rwzi's, middels een korrelreactor of precipitatie in een aparte stroom, levert een hoger fosfaatgehalte op in het slib. Afhankelijk van de prestaties van het deelstroomprincipe kan de verkregen fosfaatreststof voldoen aan het gewenste P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-percentage van Thermphos B.V. Hoofdstuk 6 zal om deze reden verder ingaan op dit onderwerp.

### 5.2.3 Knelpunt 3: Contractuele beperkingen voor asafzet

Wanneer Thermphos B.V. asresten van slibverbranders wil innemen dienen de contracten van de huidige afnemers afgekocht te worden.

De bereidwilligheid van de eindverwerker en de ruimte voor financiële onderhandelingen zullen per zaak verschillend zijn. De haalbaarheid van een dergelijke regeling kan daardoor slechts uit de praktijk blijken; op korte termijn lijkt dit echter moeilijk te realiseren.

### 5.2.4 Knelpunt 4: De hoogte van de ijzerconcentratie

Voor de fosfaatverwijdering wordt in de regel ijzerdosering toegepast. De resulterende ijzerconcentratie in zuiveringsslib is per waterkwaliteitsbeheerder verschillend. Het landelijk gemiddelde ijzergehalte is 3,5% op drogestofbasis. Voor het eindproduct van de slibverwerkers DRSB en Moerdijk ligt het gehalte op circa 8,5% (op asrest basis).

De gestelde eis voor verwerking door Thermphos B.V. is slechts 0,53% ijzer bij een P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gehalte van 20%. Gezien de huidige kwaliteit van de reststoffen dienen maatregelen te worden getroffen alvorens hergebruik door Thermphos B.V. mogelijk is. Nader onderzoek naar de opwerking van slibassen met als doel het metaalgehalte (ijzer, koper etc.) te verlagen en het P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gehalte te verhogen zou moeten worden gestimuleerd.

Bij de rwzi kan overigens worden omgeschakeld naar de toepassing van aluminiumzouten daar geen eis voor aluminium is gegeven. Deze omschakeling op een rwzi stuit echter op de volgende weerstanden:

- de prijs van aluminiumverbindingen is in de huidige markt hoger dan die van ijzer;
- bij lozing op oppervlaktewater blijken aluminiumzouten een hogere toxiciteit te hebben op de vispopulatie dan ijzerzouten [14].

Nader onderzoek moet per situatie uitwijzen of een dergelijke omschakeling bij de huidige prijzen gewenst is.

Omdat het eindproduct van de slibverwerkers een mengsel is van uiteenlopende slibstromen, dienen in principe alle rwzi's om te schakelen naar aluminiumdosering voor het voldoen aan de ijzereis.

Een andere mogelijkheid zou kunnen zijn dat een slibverwerkingsinstallatie aangepast wordt zodat een aparte straat voor aluminiumhoudend slib beschikbaar komt. Op deze manier wordt voorkomen dat geschikte reststoffen opgenomen worden in een massa die niet meer inzetbaar is.

De aanvoer van het slib is echter logistiek zeer complex en daarnaast vindt de distributie naar de verschillende lijnen plaats vanuit één bunker. Een dergelijke verwerking lijkt om deze redenen onwaarschijnlijk in de huidige situatie.

#### 5.2.5 Knelpunten 5 en 6: Verwerkingscapaciteit voor koper en zink

Het huidige productieproces van Thermphos B.V. heeft een beperkte inname capaciteit voor koper, zink, nikkel en chroom. Koper vormt hierin de grootste bedreiging voor hergebruik. Gezien de gemiddelde concentraties in zuiveringsslib en asresten, kan hiervan slechts respectievelijk 5.100 en 1.800 ton extra verwerkt worden (zie tabellen 3 en 5). Dit vormt een ernstige beperking van de mogelijkheid om fosfaatreststoffen van communale rwzi's te hergebruiken in de procesketen van Thermphos B.V.

De herkomst van deze metalen ligt vooral bij diffuse bronnen zoals koperen leidingwerk en zinken dakgoten. Een brongerichte maatregel zou kunnen zijn om voor dergelijke producten een alternatieve materiaalkeuze voor te stellen. Dit is ook een kwestie van beleidswijzigingen op overheidsniveau, resulterend in een langdurig proces.

Een mogelijke oplossing is om deelstroombehandelingen toe te passen op de rwzi's waarbij koper en zink niet, of in mindere mate, opgenomen worden in de reststof. Op deze manier zou aanzienlijk meer slib verwerkt kunnen worden. In hoofdstuk 6, deelstroombehandelingen op rwzi's, wordt hier verder op ingegaan.

### 5.3 **Evaluatie**

Voor een overzicht van de knelpunten en oplossingen voor de verschillende reststoffen zijn deze in tabel 7 per reststof samengevat. Op deze manier worden de mogelijkheden voor hergebruik door Thermphos B.V. inzichtelijk gemaakt.

Tabel 7: Oplossingen per knelpunt voor de verschillende reststoffen

Knelpunt	Reststof						
	Biologisch slib	Chemisch slib	Deelstroom slib <sup>1</sup>	Asrest	Compost	Droog-korrels	Vartech
D.s. %	Verbranden	Drogen	+	+	Drogen	+	Drogen
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	-. <sup>2</sup>	-. <sup>2</sup>	+	+	-. <sup>2</sup>	+	-. <sup>2</sup>
Contracten	-. <sup>3</sup>	-. <sup>3</sup>	+/-	-. <sup>3</sup>	-. <sup>3</sup>	-. <sup>3</sup>	-. <sup>3</sup>
Fe%	Al doseren	Al doseren	+	-. <sup>4</sup>	-. <sup>4</sup>	-. <sup>4</sup>	-. <sup>4</sup>
Cu en Zn	-. <sup>5</sup>	-. <sup>5</sup>	+ <sup>6</sup>	-. <sup>5</sup>	-. <sup>5</sup>	-. <sup>5</sup>	-. <sup>5</sup>

1 Reststof van een deelstroombehandeling, zoals de korrelreactor.

2 Geen oplossing mogelijk.

3 Contractonderhandelingen voor het vrijmaken van een reststofstroom voor Thermphos B.V. lijkt in de huidige situatie en markt onhaalbaar.

4 Het verlagen van het ijzergehalte in de reststof vraagt een omschakeling naar aluminiumdosering voor alle Nederlandse rwzi's.

5 Het verlagen van de Cu- en Zn-emissie vraagt om veranderingen aan de bron (koperen leidingwerk en zinken dakgoten) en is daarom op korte termijn niet realiseerbaar.

6 De deelstroombehandeling zal beduidend minder of geen zware metalen opnemen in de reststof.

+ Voldoet reeds aan de gestelde eis van Thermphos B.V.

- Voldoet niet aan de gestelde eis van Thermphos B.V.

Uit tabel 7 blijkt dat een aantal reststoffen op korte termijn niet interessant is voor verwerking door Thermphos B.V., zoals het biologisch- en chemisch slib van rwzi's, compost en de reststof van het Vartech-systeem.

Het toepassen van een deelstroombehandeling op rwzi's lijkt de meest geschikte fosfaatstroom op te leveren. De eventuele aanwezigheid van koper en zink kan hierbij een beperking betekenen van de inname hoeveelheid door Thermphos B.V. Gezien de geschiktheid van deze reststof, is in het navolgende hoofdstuk een kort overzicht gegeven van mogelijke deelstroombehandelingen en de huidige en toekomstige stand van zaken.

## 6 DEELSTROOMBEHANDELINGEN OP RWZI'S

### 6.1 Algemeen

Bij rwzi's met biologische P-verwijdering zijn in principe twee deelstromen beschikbaar voor de separate behandeling voor P-verwijdering: een fosfaatrijke oplossing in de anaërobe reactor in de waterlijn en in een P-afgifte reactor in de sliblijn. In Nederland zijn alleen op de rwzi's Geestmerambacht, Heemstede en Bommelerwaard een Phostrip-proces geïmplementeerd. Deze technologie is vanwege de kosten niet verder in Nederland geïntroduceerd en derhalve zal de deelstroombehandeling met fosfaat zich hier concentreren op fosfaatverwijdering in de waterlijn.

Het betreft alle mogelijke configuraties waarbij sprake is van toepassing van een anaërobe reactor zoals het UCT-, BCFS<sup>®</sup>-, Bardenpho- en het Phoredox-proces. De betreffende stromen lenen zich door hun hoge P-concentratie voor aparte behandeling voor P-verwijdering. Bij het UCT- en het BCFS-proces kunnen de hoogste P-concentraties worden gecreëerd, daar het P-afgifteproces niet of minder wordt gestoord door nitraat.

De beschikbare technieken voor het defosfateren van deze stromen worden in onderstaande tekst besproken.

### 6.2 Beschikbare technieken

Voor het defosfateren van de beschikbare geconcentreerde deelstromen zijn onderstaande technieken beschikbaar:

- chemische precipitatie;
- korrelreactor.

Voor deze technieken dient eerst een afscheiding van slib plaats te vinden. Hiertoe kunnen de volgende technieken worden toegepast:

- gravitatieindikking;
- mechanische indikking;
- lamellenafscheider;
- slibcyclonen.

In dit kader wordt op de slibafscheiding niet verder ingegaan.

#### 6.2.1 Chemische precipitatie

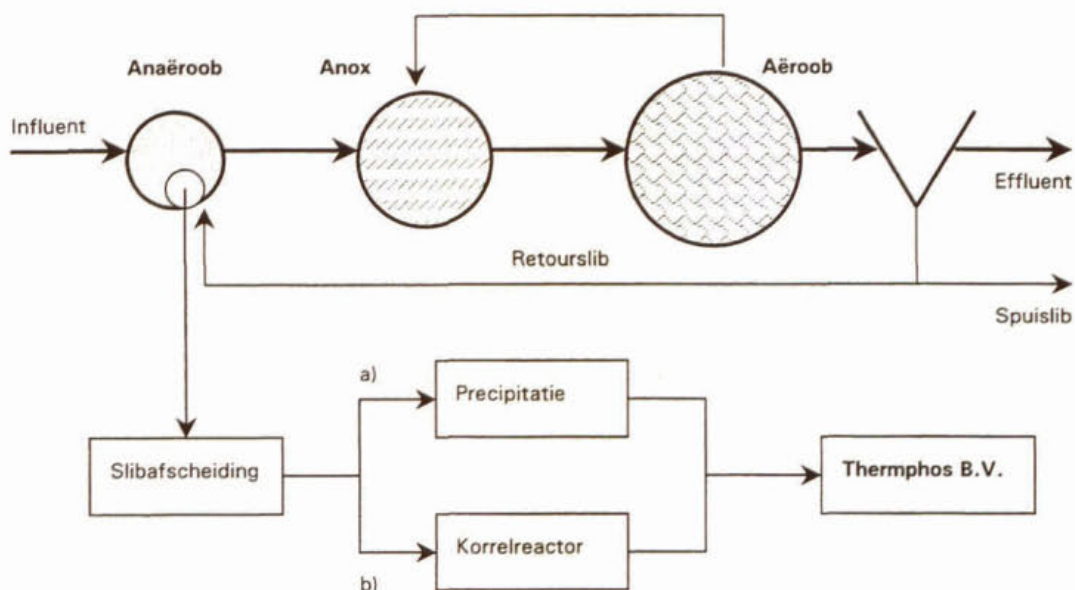
De fosfaatrijke stroom kan, na slibafscheiding, geprecipiteerd worden in een flocculatieruimte onder menging en toevoeging van kalk of een aluminiumzout. Vervolgens kan het fosfaatneerslag gescheiden worden van de waterfase in een bezinktank of een lamellenseparator.

Het eindproduct is een slibstroom met een drogestofpercentage van circa 2% en een P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-gehalte van circa 29% op drogestofbasis [9].

### 6.2.2 Korrelreactor

De korrelreactor bestaat uit een cilindrisch vat dat gedeeltelijk gevuld is met zandkorrels. Het te behandelen water wordt via nozzles in opwaartse richting door de reactor gepompt met een zodanige snelheid dat de korrels in gefluïdiseerde toestand komen. De dosering van kalkmelk wordt dusdanig ingesteld dat een oververzadiging van calciumfosfaat optreedt dat zich in kristalvorm op de korrels afzet. De grootste korrels (1-2 mm) "zakken uit" en worden verwijderd onder toevoeging van nieuw entmateriaal. Een procesbeschrijving en schematische weergave zijn opgenomen in bijlage 7. De ontstane korrels hebben een drogestofpercentage van circa 75% en een  $P_2O_5$ -gehalte van circa 24% op drogestofbasis [6,7,8,9].

De reactor levert een product dat geschikt is voor verwerking door Thermphos B.V.



Figuur 2: Flowsheet deelstroombehandelingen op rwzi's met biologische P-verwijdering

### 6.3 Zware metalen in de reststoffen

Voor de verwerking van reststoffen door Thermphos B.V., zijn de belangrijkste metalen koper, zink, chroom en nikkel.

Uit een STOWA-onderzoek uit 1989 [13] blijkt dat voor koper, zink en chroom in ruw afvalwater, 70 tot 80% geassocieerd is met gesuspendeerde deeltjes. Voor nikkel is het omgekeerde het geval en komt 60 tot 70% in opgeloste vorm voor.



Daarnaast geven koper, zink, nikkel en chroom een slecht oplosbaar product met fosfaat ( $\text{PO}_4$ ) waardoor reeds een gedeelte van de opgeloste metalen geprecipiteerd wordt in de hoofdstroom.

Wanneer de deelstroom vooraf gezuiverd is met bijvoorbeeld een lamellenseparator, is nog slechts een zeer klein gedeelte van de zware metalen in opgeloste vorm aanwezig voor mogelijke opname in de reststof. Chemische precipitatie met  $\text{AlCl}_3$  zal geen van deze opgeloste metalen neerslaan en resulteert in een geschikte reststof, zij het met een laag drogestofgehalte. Kalkmelk ( $\text{CaCO}_3$ ) daarentegen, wat toepassing vindt in de korrelreactor, levert met zink en koper een slecht oplosbaar product waardoor gedeeltelijke opname in de restkorrels plaats kan vinden. Het betreft hier echter nog maar een zeer klein gedeelte van de influentvracht.

De samenstelling van het product uit de korrelreactor is bekend en deze is opgenomen in onderstaande tabel. Hierin zijn tevens de eisen van Thermphos en de maximale inname van de korrels weergegeven.

Tabel 8: Samenstelling van de korrels op basis van analyses van Thermphos

Component	Concentratie	Eis Thermphos B.V.	maximale inname van reststof (ton d.s./ jaar)
Fosfaatgehalte ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	22 - 26 %	18 %	-
Drogestofgehalte	70 - 75 %	75 %	-
Koper	<10 mg / kg d.s.	<2 ton metaal/jaar	>200.000
Zink	50 mg / kg d.s.	<20 ton metaal/jaar	400.000
Chroom	<1 mg / kg d.s.	<2 ton metaal/jaar	>2.000.000
Nikkel	<5 mg / kg d.s.	<2 ton metaal/jaar	>400.000

Zoals verwacht, worden de metalen in kleine hoeveelheden opgenomen. De innamehoeveelheid door Thermphos B.V., op basis van het kopergehalte, komt overeen met 48.000 ton  $\text{P}_2\text{O}_5$  (200.000 ton d.s. met gemiddeld 24% fosfaat), hetgeen een tweevoud is van de hoeveelheid die jaarlijks in Nederland vrijkomt. Hieruit blijkt direct dat de zware metalen geen belemmering vormen voor de inname van korrels door Thermphos B.V.

#### 6.4 Evaluatie

Uit de samenstelling van de eindproducten van de deelstroombehandelingen, kan geconcludeerd worden dat de korrelreactor de meest geschikte reststof oplevert voor verwerking door Thermphos B.V. Deze techniek ondervangt de meeste knelpunten die genoemd worden in tabel 6, zoals het drogestofpercentage, het ijzer- en fosfaatgehalte en de concentraties koper en zink. Chemische precipitatie met aluminiumchloride lijkt een geschikt alternatief voor de korrelreactor.

De belangrijkste beperking voor hergebruik van deze reststof wordt nu gevormd door de toepassingsfrequentie van korrelreactoren op de Nederlandse rwzi's.

De huidige situatie van het aantal rwzi's met biologische P-verwijdering in Nederland waarop deelstroombehandeling mogelijk is, volgt uit de enquête.

Hieruit blijkt dat momenteel 72 rwzi's biologisch defosfateren. Tevens is gebleken dat binnen de komende 10 jaar 29 bestaande conventionele zuiveringen omgebouwd zullen worden tot rwzi's met biologische P-verwijdering. De hoeveelheid fosfaat die maximaal op deze 101 installaties vrij kan komen is op basis van de CBS-gegevens [3] circa 4.000 ton P/jaar, overeenkomend met 9.200 ton  $P_2O_5$ . Dit is gelijk aan circa 5% van de jaarbehoefte van Thermphos B.V.

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het onderzoek dat is beschreven in dit rapport, had tot doel het inventariseren van de kwaliteit en kwantiteit van de fosfaatreststoffen die bij de rwzi's en de slibverwerkers voorhanden zijn en de huidige en toekomstige technische haalbaarheid naar het gebruik van die reststoffen als grondstof voor Thermphos B.V.

Uit dit onderzoek kan het volgende worden geconcludeerd:

- De totale fosfaathoeveelheid die jaarlijks via verschillende stromen vrijkomt bij de behandeling van communaal afvalwater, bedraagt circa 10.500 ton P (equivalent aan 24.000 ton  $P_2O_5$ ), zijnde 12,5% van de jaarlijkse fosfaatbehoefte van Thermphos B.V. Hierbij zijn de volgende drie stromen als mogelijke fosfaatreststof te onderscheiden:
  - slib van rwzi's (chemische (chem-P) of biologische P-verwijdering (bio-P));
  - eindproduct van slibverwerkers (verbranding, droging, compostering, Vartech);
  - eindproduct van deelstroomprocessen bij bio-P.
- De door Thermphos B.V. gestelde kwaliteitseisen voor hergebruik leveren voor de verschillende stromen in meer of mindere mate knelpunten op, die hergebruik heden in de weg staan. De volgende knelpunten kunnen daarbij in algemene zin worden genoemd:
  - te laag drogestofpercentage;
  - te laag  $P_2O_5$ -gehalte;
  - te hoog ijzergehalte;
  - te hoog koper- en zinkgehalte.
- Voor een directe inzet van slib van rwzi's, voldoet het slib doorgaans aan geen van de gestelde kwaliteitseisen.
- Na verbranding voldoet het slib aan het drogestofpercentage. Na compostering of behandeling door Vartech zal nog verder verbrand moeten worden. Om te kunnen voldoen aan het ijzergehalte moet, vanwege het opmengen van de slibstromen bij de slibverwerker, elke rwzi overgaan op aluminiumdosering. Dit lijkt geen reële optie, mede vanwege andere nadelen van aluminiumgebruik.
- Van de genoemde knelpunten vormt het te hoge koper- en zinkgehalte de grootste belemmering voor hergebruik door Thermphos B.V. Op basis van de gehalten in de reststoffen en de gestelde eisen voor hergebruik, kan van de rwzi's of slibverwerkers respectievelijk slechts 5.100 of 1.800 ton drogestof worden ingenomen door Thermphos B.V. Dit komt overeen met respectievelijk 0,20% en 0,15% van de jaarlijkse fosfaatbehoefte. Oplossing van dit knelpunt vraagt om een brongerichte aanpak; realisatie hiervan betreft echter een langdurig proces.

- Deelstroombehandeling op rwzi's met bio-P is uitermate geschikt voor hergebruik van fosfaatreststoffen uit communaal afvalwater. Praktijkervaringen met de korrelreactor tonen aan dat een geschikte reststof wordt verkregen, waarmee geen van de knelpunten meer aan de orde is. Naast de korrelreactor lijkt chemische precipitatie met aluminiumchloride een goed alternatief.
- Op basis van een inventarisatie naar installaties met bio-P en installaties die op korte termijn zullen worden aangepast tot bio-P, is vastgesteld dat er in de komende 10 jaar een interessante fosfaatstroom (naar schatting 5% van de totale fosfaatbehoefte) ter beschikking kan komen voor hergebruik door Thermphos B.V.

Naar aanleiding van bovenstaande conclusies zou ten aanzien van toekomstig hergebruik van fosfaatreststoffen op de volgende punten aanvullend onderzoek moeten plaatsvinden:

- de mogelijkheden en de technische en financiële haalbaarheid van de toepassing van deelstroombehandelingen op onttrokken stromen uit de anaërobe reactor van bio-P rwzi's;
- vergelijking van de korrelreactor versus normale chemische precipitatie op totale kosten;
- mogelijkheden voor de opwerking van asresten van de slibverbranding, met name gericht op reductie van het ijzer-, koper- en zinkgehalte.

## REFERENTIES

- [1] *Afzet restproduct magnetische defosfatering*, Deelrapportage in het kader van het flankerend onderzoek in opdracht van Envimag B.V. te Nijmegen, HASKONING B.V., januari 1993.
- [2] Jaarverslagen waterkwaliteitsbeheerders:
- GTD Oost-Brabant; 1998
  - Hoogheemraadschap van Rijnland; 1998
  - Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden; 1998
  - Hoogheemraadschap West-Brabant; 1997
  - Waterschap Friesland; 1998
  - Waterschap Groot-Salland; 1998
  - Waterschap Regge en Dinkel; 1995
  - Waterschap Vallei en Eem; 1997
  - Waterschap Veluwe; 1997
  - Waterschap Zeeuwse Eilanden; 1997
  - Zuiveringsschap Limburg; 1998
  - Zuiveringsbeheer Provincie Groningen; 1997
  - Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden; 1996
  - Zuiveringsschap Rivierenland. 1995
- [3] *Waterkwaliteitsbeheer, Deel B, Zuivering van afvalwater 1997*, CBS (Centraal Bureau voor de Statistiek).
- [4] *Vartech, oxidatieproces*, informatiebrochure Vartech.
- [5] *Milieujaarverslag 1997*, DRSH Zuiveringslib N.V.
- [6] *Fosfaatverwijdering uit huishoudelijk afvalwater met de korrelreactor*, semi-technisch onderzoek naar de toepasbaarheid, STOWA, 92-11.
- [7] *Fosfaatverwijdering uit huishoudelijk afvalwater met de korrelreactor*, flankerend fundamenteel onderzoek, STOWA, 94-17.
- [8] *Biologische fosfaatverwijdering in combinatie met een korrelreactor*, STOWA rapportage RWZI 2000, 92-04.
- [9] *Handboek chemische P-verwijdering*, programma PN-1992, STOWA, 93-06.
- [10] *P-verwijdering via postprecipitatie met kalk en magnetiet*, Programma PN-1992, STOWA, 93-01.
- [11] *Onderzoek demonstratie-installaties magnetische defosfatering*, STOWA rapportage RWZI 2000, 93-02.

- [12] *Nageschakelde filtratie met een Dynasand filter; Experimenten op de RWZI Westerbork*, STOWA, 92-05.
- [13] *Selectieve verwijdering van zware metalen uit ruw rioolwater met behulp van een magneetsysteem*, STOWA rapportage, rwzi 2000, 89-03.
- [14] *EaSI-View*, De Europese Stoffen Informatie (EaSI) database op CD-ROM, versie 8.0 (April 2000), HASKONING B.V.



**BIJLAGE 1**

**ENQUÊTE**



## Enquête fosfaatreststoffen

Kwaliteitsbeheerder : WS Velt en Vecht \_\_\_\_\_  
 Naam : \_\_\_\_\_  
 Tel.nr. : \_\_\_\_\_

- ❶ In de onderstaande tabel kunt u aangeven op welke installaties Al-zouten worden gedoseerd voor de fosfaatverwijdering.

Gaarne onderstaande tabel zo volledig mogelijk invullen.

RWZI	AL DOSERING ?	JAARVERBRUIK AL
COEVORDEN		
DEDEMSVAART		
EMMEN		
HARDENBERG		
OMMEN		
SLEEN		

- ❷ Wilt u in de onderstaande tabel de duur van de contracten voor de slibafzet en de chemicaliën-inkoop ten behoeve van de P-verwijdering aangeven?

CONTRACT	CONTRACTPERIODE				
	1 jaar	2 jaar	5 jaar	10 jaar	anders, nl.
Slibafzet					
Chemicaliën voor P-verwijdering					
Al					
Fe					
Anders, nl					

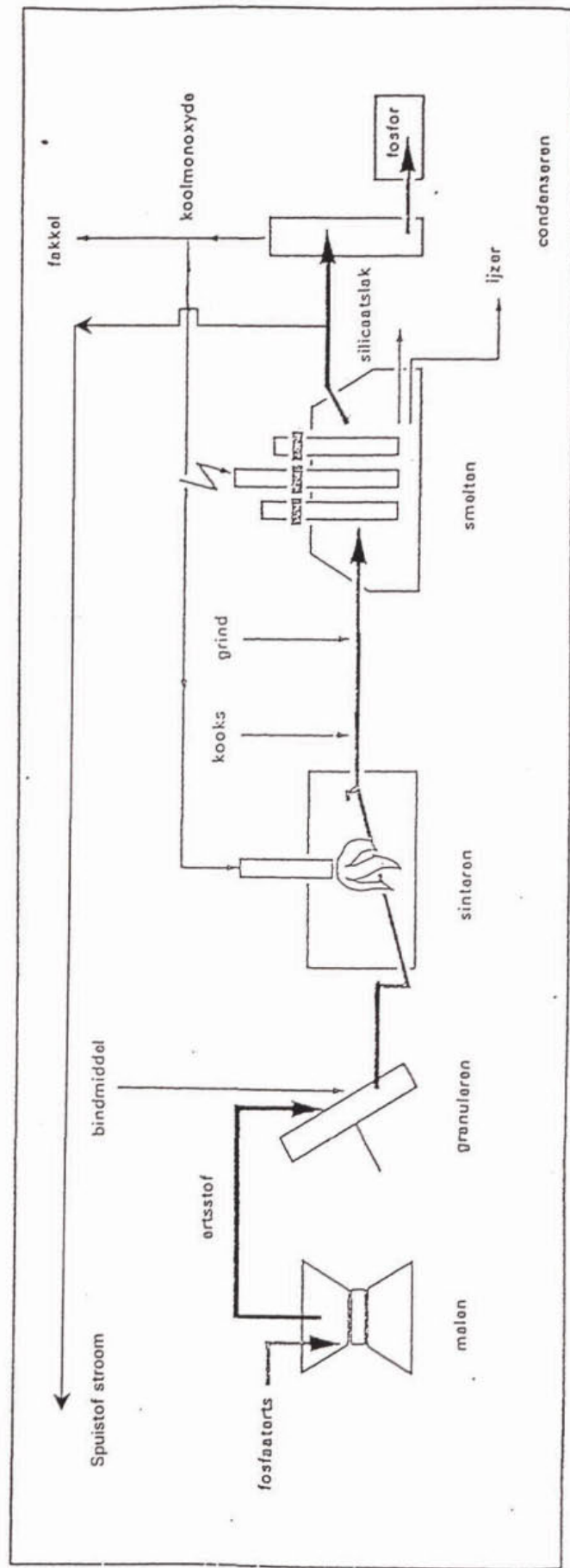
- ❸ Wilt u in de onderstaande tabel aangeven welke rwzi's Bio-P installaties zijn en welke binnen 10 jaar tot Bio-P worden omgebouwd. Gaarne onderstaande tabel zo volledig mogelijk invullen.

RWZI	BIO-P INSTALLATIE ?	INDIEN NEE, OMSCHAKELING NAAR BIO-P IN TOEKOMST ?
COEVORDEN		
DEDEMSVAART		
EMMEN		
HARDENBERG		
OMMEN		
SLEEN		

Bedankt voor uw tijd

**BIJLAGE 2**

**PROCESSCHEMA THERMPHOS B.V.**



**BIJLAGE 3**

**OVERZICHT SLIBVERWERKERS IN NEDERLAND**

## Overzicht van de Nederlandse slibverwerkingsinstallaties

Slibverwerking	Capaciteit Ton DS/j	Eigendom	Status
<i>Verbranding</i>			
SNB Moerdijk	105.000		vol in bedrijf
DRSH Dordrecht	84.000		vol in bedrijf
STVM Boeldershoek	30.000	Essent	niet vol in bedrijf
<i>Thermisch drogen</i>			
Slibdroging Beverwijk	35.000		vol in bedrijf
Slibdroging Amsterdam	30.000	gem. Amsterdam	vol in bedrijf tot 2005
Slibdroging HVR-Roosendaal	10.000	Watco	in bedrijf
Slibdroging Venlo	7.500		vol in bedrijf
Slibdroging Hoensbroek	7.500		vol in bedrijf
Slibdroging Heerenveen	17.000	Swiss Combi	in voorbereiding
Slibdroging Garmerwolde	17.000	Swiss Combi	in voorbereiding
<i>Biologisch drogen</i>			
MBS Zutphen	20.000	Midden Betuwe	vol in bedrijf
MBS Tiel	10.000	Midden Betuwe	vol in bedrijf
<i>Natte oxidatie</i>			
Vartech Apeldoorn	9.500	VAR	in bedrijf

**BIJLAGE 4**

**ANALYSERESULTATEN ASRESTEN**

**Analyseresultaten van de asresten afkomstig van de slibverbrandingsinstallaties van SNB Moerdijk en DRSH Dordrecht**

	SNB Moerdijk	DRSH Dordrecht
	% van de drogestof	% van de drogestof
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	16,7	14,6
CaO	11,2	15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,8	>12*
ZnO	0,23	0,23
CuO	0,14	0,14
SO <sub>3</sub>	2,38	3,24
SiO <sub>2</sub>	26,9	27
K <sub>2</sub> O	1,62	1,4
MgO	1,85	1,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,3	11,35
Na <sub>2</sub> O	ca. 1-2	ca. 1-2
PbO	circa. 100-200 ppm	Circa. 100-200 ppm

\* bepaald volgens een semi-quantitatieve analysemethode

Analysegegevens afkomstig van XRD in opdracht van Thermphos International B.V.

**BIJLAGE 5**

**INVENTARISATIE VAN RWZI'S**



**Totaaltabel fosfaatstromen rwzi's van Nederland.**

Beheerder	Aantal RWZI's	Totaal P (ton P/jr)	Totaal slib (ton d.s./jr)	Chemicaliënverbruik (ton Metaal / jr)				
				AlSO <sub>4</sub>	AlCl <sub>3</sub>	FeCl <sub>3</sub>	FeClSO <sub>4</sub>	FeSO <sub>4</sub> .7aq
Heemraadschap Fleverwaard	4	123	4,740	-	150			
Hoogheemraadschap van Uitwaterende Sluizen	21	588		-				
Hoogheemraadschap Alm & Biesbosch	4	26	1,096	-	75	-	-	-
Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	15	814		-	600			
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	16	453	53,000	-	10	368		
Hoogheemraadschap Van Delfland	3	919	10,000	-	-			
Hoogheemraadschap Van Rijnland	38	628	19,000	-	-			
Hoogheemraadschap Van Schieland	3	158	5,036	-				
Hoogheemraadschap West-Brabant	18	526	17,677	-	10	28		563.6
Zuiveringsbeheer Provincie Groningen	34	374	11,000	-				
Waterschap De Aa	6	400	9,397	-	-	16		
Waterschap De Dommel	9	560	23,600	82	212	788		758
Waterschap De Maaskant	3	280	11,501	-	-	54		
Waterschap Friesland	30	418	14,974	-		739	453	1349
Waterschap Groot-Salland	15	383	10,165	-			1902	
Waterschap Regge en Dinkel	25	399	14,013	-				
Waterschap Rijn en IJssel	15	479		-	-			
Waterschap Vallei en Eem	9	354	9,725	-	96	245		
Waterschap Veluwe	10	350	11,438	-	325	138		
Waterschap Zeeuwse Eilanden	23	219	6,410	-	-	529		
Zuiveringschap Limburg	18	730	33,785	-		1518	210	812
Zuiveringsschap Drenthe	19	392	14,000	-				
Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden	49	727	25,503	-	-			
Zuiveringsschap Rivierenland	28	378	12,800	-	-			
<b>TOTAAL</b>	<b>415</b>	<b>10,678</b>	<b>318,860</b>	<b>82</b>	<b>1,478</b>	<b>4,425</b>	<b>2,565</b>	<b>3,483</b>
<b>TOTAAL volgens CBS 1997</b>	<b>412</b>	<b>10,366</b>	<b>347,000</b>		<b>310</b>	<b>5,484</b>	<b>10,025</b>	<b>9,734</b>

- Van de lege cellen is de informatie onbekend.
- I.v.m. de gegevens uit '97 en '98 is de "oude" waterschapsstructuur aangehouden.

**BIJLAGE 6**

**BEREKENING IJZERDOSERING**

**Berekening ijzerdosering Nederlandse rwzi's en gevolg voor concentraties in zuiverings-slib en slibverbrandingsas.**

CHEMICALIËN	JAARLIJKS VERBRUIK (TON)	IJZERPERCENTAGE (%)*	TON IJZER (FE)
IJzer(III)chloride	13.711	20,7	2.838
IJzerchloridesulfaat	25.063	20,0	5.012
IJzersulfaat	24.335	20,0	4.867

\* Bij meetelling van kristalwater

Totale hoeveelheid zuiverings-slib (ton d.s. / jaar) : 365.000

Percentage organische stof : 59%

Resultierend percentage Fe in drogestof : 3.5%

Resultierend percentage Fe in asrest : 8.5%

**BIJLAGE 7**

**GEGEVENS KORRELREACTOR**

2.1 Principe van de korrelreactor

Een principeschets van de korrelreactor is weergegeven in figuur 1. De te behandelen fosfaathoudende waterstroom wordt onderin de reactor gemengd met een oplossing van NaOH en  $\text{CaCl}_2$  of  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , zodat het water oververzadigd raakt ten opzichte van calciumfosfaat. Het calciumfosfaat zet zich daardoor af op de korrels, die zich in het gefluïdiseerde bed bevinden.

Als startmateriaal voor het gefluïdiseerde bed wordt kwartszand gebruikt. De aangegroeide korrels worden periodiek uit de reactor afgetapt, waarna vers entmateriaal wordt toegevoegd. In het effluent van de reactor bevinden zich nog gesuspendeerde calciumfosfaatdeeltjes. Deze 'carry over' ontstaat als gevolg van spontane nucleatie of afschuring. Voor de verwijdering van deze deeltjes kan een dubbellaags anthraciet-zandfilter worden toegepast.

Het is gebruikelijk een deel van het effluent van de korrelreactor of van het filter weer terug te voeren in de reactor. De recirculatieverhouding kan zo worden geregeld dat de hydraulische belasting van de reactor constant wordt gehouden. Daardoor wordt de stabiliteit van het proces vergroot. Bovendien kunnen door de lagere fosfaatgehalten onderin de reactor hogere "overall" rendementen worden verkregen.

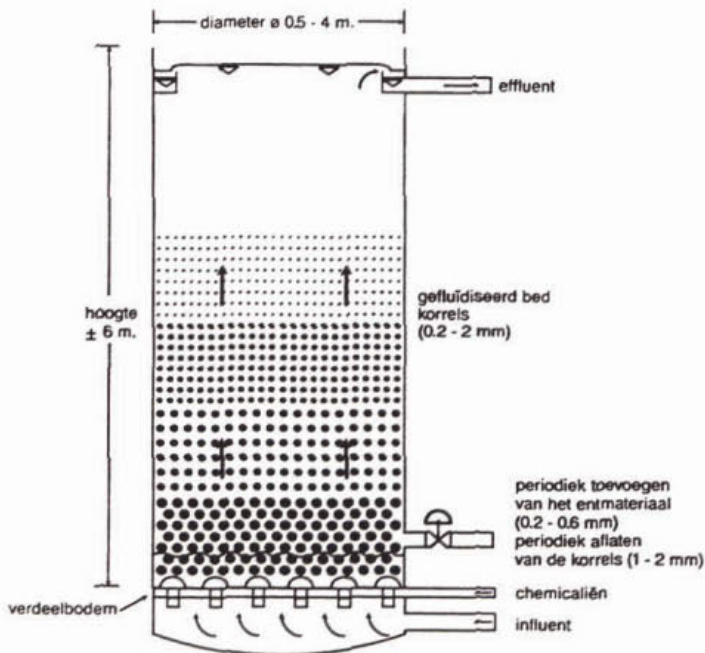


Fig. 1 Principeschets van de korrelreactor

## 2.2

Theorie

De chemische evenwichten, die voor de calciumfosfaat kristallisatie van belang zijn, zijn vermeld in tabel 1.

Tabel 1. Belangrijke chemische evenwichten voor de calciumfosfaat kristallisatie

	log K
$H^+ + OH^- <-----> H_2O$	14,0
$PO_4^{3-} + H^+ <-----> HPO_4^{2-}$	12,4
$HPO_4^{2-} + H^+ <-----> H_2PO_4^-$	7,2
$H_2PO_4^- + H^+ <-----> H_3PO_4$	2,1
$Ca^{2+} + OH^- <-----> CaOH^+$	1,3
$Ca^{2+} + PO_4^{3-} <-----> CaPO_4^-$	6,5
$Ca^{2+} + HPO_4^{2-} <-----> CaHPO_4(aq)$	2,7
$Ca^{2+} + H_2PO_4^- <-----> CaH_2PO_4^+$	1,4
$CO_3^{2-} + H^+ <-----> HCO_3^-$	10,4
$HCO_3^- + H^+ <-----> H_2CO_3$	6,4
$Ca^{2+} + CO_3^{2-} <-----> CaCO_3$	8,05
$3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} <-----> Ca_3(PO_4)_2$	$K_s^*$

- Voor het oplosbaarheidsproduct  $K_s$  vindt men in de literatuur uiteenlopende waarden variërend tussen  $10^{-25}$  en  $10^{-30}$  mol<sup>5</sup>/l<sup>5</sup>. Dit betekent dat in principe zeer lage P-concentraties moeten kunnen worden bereikt.

Het fosfaat dat de reactor binnenkomt, kan na behandeling in de reactor onderverdeeld worden in drie fracties:

- een fractie, die als calciumfosfaat op het entmateriaal uitkristalliseert;
- een fractie, die als 'carry-over' (amorf calciumfosfaat) de reactor via het effluent verlaat. Deze fractie is affiltreerbaar;
- een fractie, die in opgeloste vorm in het water aanwezig blijft.

De 'conversie' is gedefinieerd als de som van de gekristalliseerde fractie fosfaat en de fractie carry-over. De fractie fosfaat in de carry-over is dus gelijk aan de conversie minus de gekristalliseerde fractie fosfaat.

De drijvende kracht voor de kristallisatie van calciumfosfaat wordt bepaald door de P-concentratie, de calciumconcentratie en de pH. Een maat voor de drijvende kracht is de SI (saturatie-index). Deze is gedefinieerd als:

$$SI = \log [(Ca^{2+})^3 * (PO_4^{3-})^2 / K_s]$$

De SI wordt groter als de calcium- of orthofosfaatconcentratie toeneemt. De concentratie orthofosfaat is mede afhankelijk van de pH, zodat de SI ook afhankelijk is van de pH.

Het merendeel van het calciumfosfaat kristalliseert onderin de korrelreactor. Hier is de SI ook het hoogst. Indien de SI te hoog wordt, zal er spontane nucleatie in de waterfase optreden. Dit leidt tot de vorming van carry-over. De SI kan dus niet onbeperkt worden opgevoerd.

Het carbonaat totaal (CT) is vaak zo hoog dat de toevoeging van calcium en verhoging van de pH ook de vorming van calciumcarbonaat zal veroorzaken. Daardoor worden korrels verkregen met een relatief laag fosfaatgehalte en/of worden korrels met een slechte kwaliteit gevormd. De mogelijkheden voor hergebruik worden echter groter bij hoge fosfaatgehalten. Om deze ongewenste vorming van calciumcarbonaat te voorkomen, wordt het carbonaatgehalte verlaagd door middel van een beluchting na aanzuren met zwavelzuur. Deze beluchting is in elk geval noodzakelijk als de CT groter is dan 2 mmol/l.

