



Berend Reitsma, Tauw
 Bert Geraats, Grontmij
 Leon Korving, NV Slibverwerking Noord-Brabant
 Ad de Man, Waterschapsbedrijf Limburg

Hergebruik fosfaat uit ijzerarm slib van rwzi's is kansrijk

In Nederland wordt circa de helft van het communale zuiveringsslib verbrand in speciale verbrandingsinstallatie's in Moerdijk (Slibverwerking Noord-Brabant) en Dordrecht (DRSH). Het overige slib wordt meeverbrand met huisvuil of na droging of compostering meeverbrand in kolencentrales of cementovens. Fosfaat komt in de as terecht en wordt daarmee aan de natuurlijke kringloop onttrokken. Zowel in Nederland als in de rest van Europa wordt onderzoek verricht om het waardevolle fosfaat uit stedelijk afvalwater en/of zuiveringsslib terug te winnen^{1,2}. Slibverbrandingsas kan dienen als een vervanger van de normale fosfaatdelfstof als het ijzergehalte voldoende laag is. Slibverwerking Noord-Brabant (SNB) heeft in twee grootschalige proeven met beperkte investeringen as met een lager ijzergehalte geproduceerd die vervolgens door het internationale bedrijf Thermphos als grondstof voor de fosforproductie gebruikt is. SNB en STOWA hebben gezamenlijk de haalbaarheid van deze fosfaatroute in een bureaustudie in kaart gebracht⁴.

NV Slibverwerking Noord-Brabant heeft tijdens de proeven ijzerarme slibben apart gehouden van de overige slibstromen door twee loshallen, een stortbunker en een mengbunker daarvoor te reserveren. Voor de verwerking wordt voor de fosfaatbron een Fe/P mol-verhouding van gemiddeld 0,2 mol/mol met een uiterste acceptatiegrens van 0,3 mol/mol verlangd. Met minimale investeringen kan aan deze eis worden voldaan (zie tabel 1).

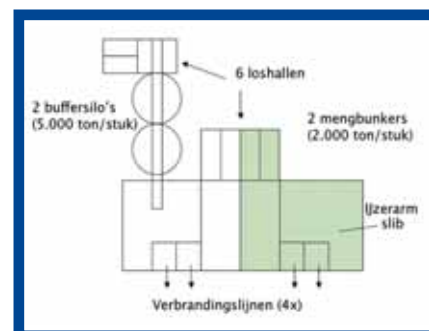
De Fe/P-molverhouding moet goed worden beheerst door een strenge selectie van de in aanmerking komende slibstromen. Bij SNB en DRSH (een samenwerkingsverband van vijf waterschappen) wordt zuiveringsslib ongemengd verbrand. Circa 20.000 ton droge stof per jaar van de huidige bij SNB aangevoerde slibkoek voldoet aan de eisen. Vanuit logistiek oogpunt is als ondergrens

50.000 ton droge stof per jaar nodig (ongeveer de helft van de aanvoer van SNB). Het is de vraag hoeveel ijzerarm fosfaatrijk slib in het verzorgingsgebied van SNB en DRSH en elders in Nederland potentieel beschikbaar is. In tabel 2 is te zien dat het type fosfaatverwijdering van het slib van SNB en DRSH representatief is voor de rest van Nederland. Ook het fosfaatgehalte in het slib van DRSH/SNB komt overeen met het landelijke gemiddelde (34 gram fosfor per kilo droge stof op basis van CBS-cijfers).

Slib van rwzi's waar biologische fosfaatverwijdering plaatsvindt, is potentieel interessant voor fosfaatthergebruik (bio-P-slib). Of slib van rwzi's waar chemische fosfaatverwijdering plaatsvindt met ijzerzouten (Fe-slib) interessant is voor fosfaatthergebruik, 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 fosfaatverwijdering neemt de geschiktheid voor fosfaatthergebruik toe (Al-slib). Vooral installaties met biologische fosfaatverwijdering en installaties met (aanvullende) chemische fosfaatverwijdering door middel van aluminiumzouten zijn in eerste instantie potentieel interessant voor fosfaatthergebruik. Het bio-P-slib en Al-slib van SNB laat globaal een achtergrondconcentratie van 10-15 mg Fe/kg ds zien. Op basis van het landelijk beeld kan grofweg worden gezegd dat een kwart tot een derde van

Afb 1: Indeling slibbunkers bij NV Slibverwerking Noord-Brabant.



Tabel 1: Samenstelling normale en ijzerarme as.

| component | normaal 2006 | proef 350 ton | proef 2.000 ton |
|-------------------------|--------------|---------------|-----------------|
| koper (mg/kg d.s.) | 1.083 | 979 | 1.006 |
| zink (mg/kg d.s.) | 2.183 | 2.200 | 2.013 |
| ijzer (g/kg d.s.) | 88 | 41 | 40 |
| fosfaat (g/kg d.s.) | 84 | 116 | 92 |
| ijzer/fosfaat (mol/mol) | 0,58 | 0,20 | 0,24 |

het Nederlandse slib geschikt kan zijn. Per rwzi moet ook nog rekening gehouden worden met een eventuele verhoging van het ijzergehalte door aanvoer vanuit het rioolstelsel. Gebaseerd op een gemiddeld fosforgehalte van 34 g/kg ds moet het ijzergehalte gemiddeld minder dan 12 mg/kg ds bedragen.

Voor SNB is 60 procent van het slib geschikt voor verwerking vanwege de te verwachten gemiddelde Fe/P-molverhouding van <0,20. Voor DRSH is dit 33 procent. De marktpotentie aan ijzerarm slib bij DRSH en SNB is gekwantificeerd op circa 34.000 ton ds/jr (zie tabel 3).

Geëxtrapoleerd naar de Nederlandse situatie is de potentie circa het dubbele: 68.000 ton ds/jr. Aangezien per jaar 50.000 ton ds ijzerarm slib nodig is, is in principe fosfaat-terugwinning via SNB mogelijk. Dan zal er wel door slimme logistieke oplossingen voor gezorgd moeten worden dat het ijzerarme slib uit Nederland zo veel mogelijk bij SNB terecht komt.

Bij het vinden van geschikte locaties voor ijzerarm slib moeten additionele analyses op het ijzergehalte en op de Fe/P-molverhouding per (ontwaterings)locatie plaatsvinden om in beeld te krijgen waar het ijzergehalte te ver wordt verhoogd door aanvoer vanuit het rioleringsstelsel.

Toekomstig potentieel

Voor biologische fosfaatverwijdering (afbeelding 3) bestaat steeds meer belangstelling. Dat is gunstig voor verlaging van de Fe/P-verhouding in het slib. Op middellange en lange termijn worden geen significante

Tabel 2: Type fosfaatverwijdering SNB/DRSH en landelijk (in %).

| type fosfaatverwijdering | SNB/DRSH | landelijk (CBS) |
|---------------------------|----------|-----------------|
| biologisch | 29 | 23 |
| geen fosfaatverwijdering* | 5 | 13 |
| chemisch met ijzer** | 51 | 64 |
| chemisch aluminium** | 15 | 64 |

* aanname: P < 20-25 g/kg ds, geen bio-P
 ** of combinatie biologisch/chemisch

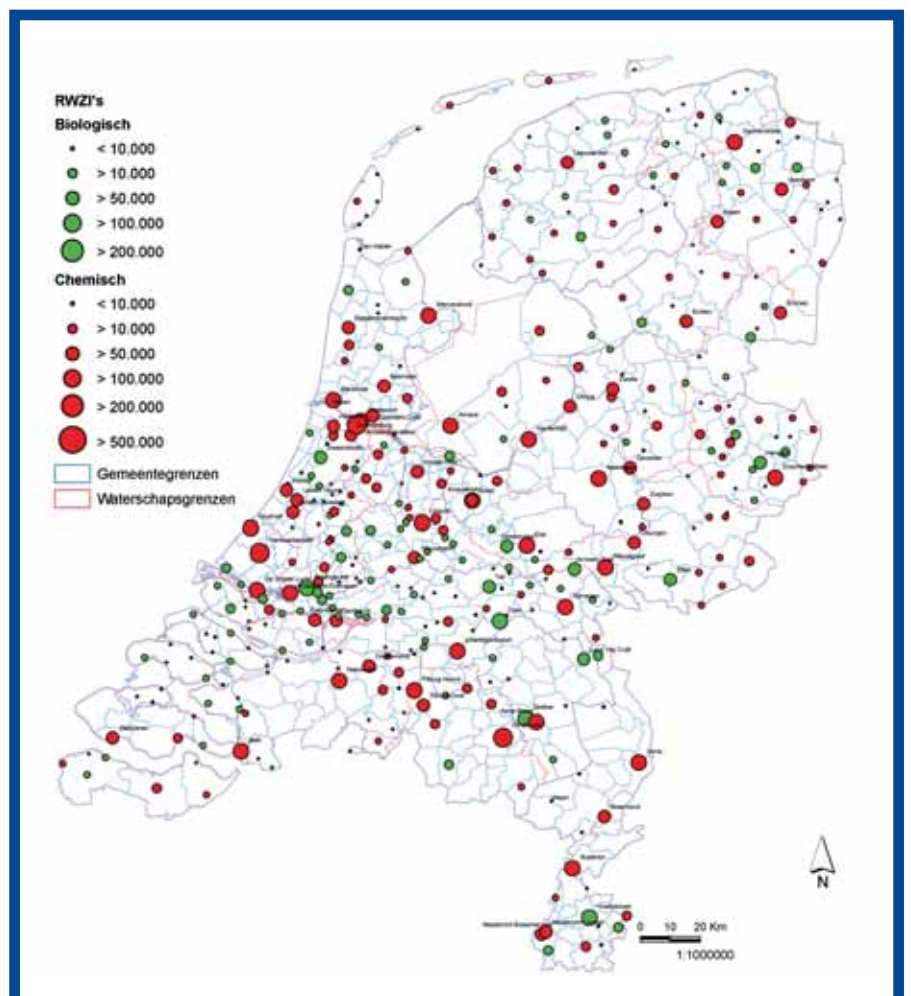
Tabel 3: Potentieel aan ijzerarm slib.

| | ton ds/jr |
|---------------------------------------|-----------|
| slibproductie in Nederland (2004) | 342.000 |
| slibverwerking bij DRSH en SNB | 162.000 |
| ijzerarm slib bij SNB | 23.500 |
| ijzerarm slib bij DRSH | 10.500 |
| potentieel ijzerarm slib in Nederland | 68.000 |



Kleurverschil tussen ijzerarme en normale as.

Afb. 2: De huidige fosfaatverwijdering in Nederland.

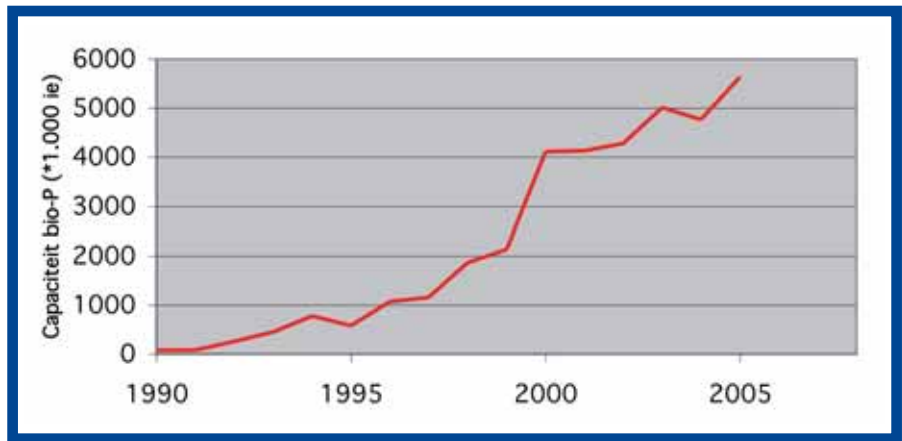


veranderingen in de belasting van rwzi's, in de productie van zuiveringsslib en in de influentfosfaatvrucht naar rwzi's verwacht⁵⁾. Door nageschakelde defosfaterende zandfilters wordt het slib verrijkt met fosfaat maar ook met Al en/of Fe-zouten. Ijzerdosering is goedkoper dan aluminiumdosering. Er zijn echter aanwijzingen dat met aluminiumdosering lagere fosfaatgehalten in het effluent kunnen worden behaald. Geconcludeerd wordt dat de gesignaleerde toekomstige trends de kansrijkheid van de toepassing van de beoogde terugwinning van ijzerarm slib vergroten.

Ijzer vervangen door aluminium

In veel gevallen kan op rwzi's de ijzerdosering worden vervangen door aluminium. Hierdoor kan het volume ijzerarm slib vergroot worden. Er zijn daarbij diverse voor- en nadelen die min of meer tegen elkaar wegvallen. Een groot voordeel van aluminium is de positieve invloed op de slibvolume-index en de beschikbaarheid van goedkope restproducten die op veel plaatsen op de rwzi inzetbaar zijn. Nadelen zijn de onbruikbaarheid voor sulfidebinding en slibontwatering, eventuele nevenverontreinigingen en het milieu-imago. Bij een neutrale pH is aluminium milieutechnisch in principe geen probleem. De ad hoc MTR voor totaal aluminium in oppervlaktewater bedraagt 1.230 µg/l, terwijl gemeten aluminiumconcentraties in het effluent (bij Waterschap De Dommel) varieerden van 95 tot 774 µg/l. De kosten van ijzerproducten variëren van 8 tot 56 euro per kmol Fe. Voor aluminium gaat het om 13 tot 117 euro per kmol Al. Deze ranges liggen in dezelfde orde van grootte. Om de bestaande opslag- en doseervoorzieningen te kunnen gebruiken, zijn in principe alleen zure aluminiumproducten in beeld. Een aandachtspunt blijft dat ook ijzerbronnen in de riolering kunnen voorkomen, zoals de dosering van drinkwaterslib voor geurbestrijding, ijzerhoudend grondwater door lekkende riolen of bronnering bij bouwprojecten. Het gebruik van drinkwaterslib in de gisting voor H₂S-binding kan ook een ijzerbron zijn.

In tabel 4 is voor de rwzi's Dongemond en Deventer een voorbeeldberekening weergegeven, waarbij de ijzerdosering



Afb. 3: Biologische fosfaatverwijdering op Nederlandse rwzi's.

is vervangen door een aluminiumdosering. Hierin is de korting zichtbaar van de goedkopere afzet van de as die wordt doorberekend aan de klant. Bij de rwzi Dongemond komt bij correctie voor de externe slibben de Fe/P-molverhouding uit op circa 0,14. Bij de rwzi Deventer komt de Fe/P-molverhouding niet lager dan 0,9 en is dan dus niet bruikbaar. Mogelijk wordt dit veroorzaakt door een te hoog ijzergehalte in het influent.

Het kostenvoordeel wordt sterk bepaald door de lokale beschikbaarheid en prijs van aluminiumrestproducten en de eventuele toepassing van het zeer goedkope drinkwaterslib. Daarnaast wordt de mogelijkheid om het slib toe te passen, bepaald door de aanwezigheid van ijzer in het influent. Dit heeft tot gevolg dat alleen per (ontwaterings)locatie kan worden vastgesteld of het slib geschikt is voor fosfaatterugwinning.

Fosfaatterugwinning in deelstromen en verwerking bij SNB

Een andere manier om het volume aan ijzerarm (fosfaatrijk) slib te vergroten, kan gevonden worden in het neerslaan van fosfaat in fosfaatrijke deelstromen. Ten opzichte van (aanvullende) dosering van metaalzouten in de hoofdstroom, heeft doseren in fosfaatrijke deelstromen als voordelen: een efficiëntere precipitatie door

hogere fosfaatgehalten, lagere slibproductie en geen chemisch slib in de biologie. Voor afscheiding van het precipitaat zijn echter wel speciale voorzieningen nodig. Op basis van de pilotproeven op de rwzi Deventer²⁾ bedragen de kosten voor separate precipitatie bij het goedkoopste aluminiumrestproduct 0,17 euro per i.e. Deze kosten worden grotendeels veroorzaakt door de benodigde investeringen aan precipitatie- en afscheidingsvoorzieningen en het saldo van de kosten voor slibverwerking en de korting voor gratis afzet van de as. Stel dat het precipitaat bij SNB/Thermphos en de rest van het zuiveringsslib elders verwerkt wordt, dan kan de verwerking van het fosfaatrijke precipitaat bij SNB een fosfaatrijkere as opleveren en dat is een duurzaamheidsvoordeel. Normaal gesproken zal dit voordeel niet opwegen tegen de extra kosten. Toch zijn situaties denkbaar dat al geïnvesteerd moet worden in aanvullende maatregelen om fosfaat te verwijderen. In dat geval kan het wel lonend zijn om in deze oplossing te investeren en is de mogelijkheid voor fosfaathergebruik via SNB een belangrijke aanvulling.

Conclusies en aanbevelingen

- Fosfaathergebruik uit ijzerarme as na de verbranding van zuiveringsslib is technisch goed mogelijk zonder grote investeringen in de afvalwaterketen. Op deze wijze kan het fosfaat uit afvalwater in relatief grote hoeveelheden worden hergebruikt;

Tabel 4: Voorbeelden kostenconsequenties van het omschakelen van ijzer op aluminium.

| locatie type installatie metaalzout kostenrange | rwzi Dongemond volledig chemisch | | | rwzi Deventer biologisch met aanvullend chemisch | | |
|--|-------------------------------------|-----------|----------|---|-----------|----------|
| | ijzer huidig | aluminium | | ijzer huidig | aluminium | |
| | | minimaal | maximaal | | minimaal | maximaal |
| chemicaliënkosten drinkwaterslib (euro/kg Me) | | | | 0,15 | | |
| chemicaliënkosten (euro/kg Me) | 0,47 | 0,55 | 4,0 | 0,85 | 0,55 | 4,0 |
| verbruikskosten drinkwaterslib in gisting (euro/j) | | | | 15.000 | 53.200 | 386.800 |
| verbruikskosten Me zouten in waterlijn (euro/j) | 86.400 | 48.700 | 354.500 | 13.800 | 8.900 | 64.800 |
| geproduceerde slibkoek (ton/j) | 7.900 | | 7.500 | 5.300 | | 5.200 |
| kosten slibtransport (euro/j) | 21.700 | | 20.500 | 55.800 | | 54.400 |
| verwerkingskosten SNB (euro/j) | 462.400 | | 454.200 | 393.600 | | 391.100 |
| korting SNB wegens ijzerarme as (euro/j) | 0 | | -37.600 | 0 | | -27.000 |
| totaal (euro/j) | 570.400 | 485.900 | 791.600 | 478.100 | 480.600 | 870.100 |
| kostenverschil ten opzichte van Fe-gebruik (euro/j) | | -84.600 | 221.100 | | 2.500 | 392.000 |

- Voor bestaande ijzerarme slibstromen leidt deze methode tot een besparing van enkele euro's per ton slibkoek. Andere slibben kunnen deels ijzerarm gemaakt worden door in plaats van ijzerzouten aluminiumrestproducten te gebruiken. Als hiervoor normale aluminiumproducten gebruikt moeten worden, is sprake van een toename van de kosten. In vergelijking met alternatieve methoden voor fosfaat-hergebruik zijn deze kosten nog relatief gering;
- In de verzorgingsgebieden van SNB en DRSB is zonder maatregelen onvoldoende ijzerarm slib aanwezig om deze methode logistiek haalbaar te maken. In heel Nederland is wel voldoende geschikt slib beschikbaar. Om dit potentieel te benutten, is (onderzoek naar) het uitruilen van slibben en een herverdeling van slibcontracten tussen de slibverwerkers nodig;
- Het zorgvuldig beheersen van de Fe/P-verhoudingen moet plaatsvinden via selectie aan de poort van SNB, via het scheiden en apart ontwateren van slibstromen bij centrale ontwateringen en door (waar mogelijk) het vervangen van ijzer door lokaal beschikbare (goedkope) aluminiumrestproducten van voldoende

kwaliteit. Per ontwatering moeten de mogelijkheden worden onderzocht om ongewenste ijzervrachten in het influent (drinkwaterslib, grondwaterlekkage, bronnering) te voorkomen of te reduceren;

- Aparte inzameling van fosfaatprecipitaten uit deelstromen op de rwzi weegt kosten-technisch 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 alsnog lonend zijn om fosfaat uit deelstromen terug te winnen;
- Nader (chemisch) onderzoek is nodig naar de herkomst van ijzer in influent (op rwzi-niveau), de landelijke beschikbaarheid van aluminiumrestproducten, de aanwezige verontreinigingen daarin én de effectiviteit van de aluminiumdosering versus de ijzerdosering.

Vervolg

SNB en Thermphos hebben eind 2007 de intentie uitgesproken om verder te gaan met deze methode van fosfaathergebruik. Zodra het bedrijf de benodigde vergunningen heeft voor de continue verwerking van de ijzerarme as, zal SNB gedurende een jaar ijzerarme as gaan produceren op één

verbrandingslijn. Dit jaar is bedoeld om te laten zien dat hergebruik ook op continue basis haalbaar is en om de waterschappen te stimuleren om meer ijzerarm slib aan te leveren. Bij positieve resultaten zal SNB doorgaan met de productie van de ijzerarme as. Een voldoende groei van het volume aan ijzerarmslib is daarbij een belangrijke randvoorwaarde. In dit verband is het verheugend te melden dat het Waterschap Brabantse Delta concreet overweegt om over te stappen van de dosering van ijzerzouten op de dosering van aluminiumzouten.

LITERATUUR

- 1) STOWA (2005). Onderzoek fosfaatterugwinning uit stripperwater BCFS rwzi Deventer. Verkennend onderzoek naar de vorming van 'groen fosfaat'. Rapport 2005-01.
- 2) STOWA (2006). Terugwinning van fosfaat uit rwzi's. Experimenten op praktijkschaal met groen fosfaat bij het BCFS-proces. Rapport 2006-25.
- 3) STOWA (1993). Handboek chemische fosfaatverwijdering. Rapport 93-06.
- 4) STOWA (2007). Fosforterugwinning uit ijzerarm slib van rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Rapport 2007-31.
- 5) STOWA (2005). Toekomstige kwantiteit en kwaliteit van zuiveringsslib. Rapport 2005-06.