



Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet

Advies

P.A.I. Ehlert, T.A. van Dijk & O. Oenema

| WOt-technical report 69



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet

Dit Technical report is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.

De WOT Natuur & Milieu voert wettelijke onderzoekstaken uit op het beleidsterrein natuur en milieu. Deze taken worden uitgevoerd om een wettelijke verantwoordelijkheid van de minister van Economische Zaken te ondersteunen. De WOT Natuur & Milieu werkt aan producten van het Planbureau voor de Leefomgeving, zoals de Balans van de Leefomgeving en de Natuurverkenning. Verder brengen we voor het ministerie van Economische Zaken adviezen uit over (toelating van) meststoffen en bestrijdingsmiddelen, en zorgen we voor informatie voor Europese rapportageverplichtingen over biodiversiteit.

De reeks 'Wot-technical reports' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

Wot-technical report 69 is het resultaat van een onderzoeksopdracht uitgevoerd onder de verantwoordelijkheid van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) en gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken (EZ).

Dit Wot-technisch report vervangt Wot-werkdocument 332 (2013) doordat een Engelstalig referaat en samenvatting zijn toegevoegd.

Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet

Advies

P.A.I. Ehlert, T.A. van Dijk & O. Oenema

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, oktober 2016

WOt-technical report 69

ISSN 2352-2739

<http://dx.doi.org/10.18174/394872>

Referaat

Ehlert, P.A.I., T.A. van Dijk & O. Oenema (2016). *Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet; Advies*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 69. 92 blz. 1 fig.; 5 tab.; 51 ref.; 6 bijl.

Alleen door de Meststoffenwet aangewezen stoffen kunnen als meststof vrij verhandeld worden. Voor afval- en reststoffen is een voorziening getroffen waardoor onder voorwaarden een gebruik als meststof mogelijk wordt. Struviet is een magnesiumammoniumfosfaat ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) en is één van de vormen waarin fosfaat uit afvalwater of uit proceswater kan worden teruggewonnen. Door de herkomst is struviet een afvalstof. De Meststoffenwet verbiedt het gebruik van afval- en reststoffen als meststof. Onder voorwaarden kan een afvalstof in het kader van de Meststoffenwet wel als meststof toegepast worden en de gebruiksfunctie van meststof worden gegeven. Afhankelijk van de kwaliteit is struviet een snel- tot langzaamwerkende meststof. Door de verschillende technieken die beschikbaar zijn voor struvietvorming, de verschillende reststromen – communaal afvalwater, effluent mestverwerking, proceswater VGI – en behandeling van struviet is er een onderscheidenlijk aanbod qua kwaliteit en belasting met contaminanten en pathogenen mogelijk. In opdracht van het ministerie van Economische Zaken heeft de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet een advies opgesteld voor opname van struviet in de Meststoffenwet, dat rekening houdt met dit aanbod. Het opstellen van het advies is in samenspraak gebeurd met stakeholders. Dit WOt-technisch rapport is het advies.

Trefwoorden: Struviet, herwonnen fosfaten, Meststoffenwet, afvalwater, proceswater, RWZI, AWZI, contaminanten, pathogenen, fosfaat teruggewinning

Abstract

Ehlert, P.A.I., T.A. van Dijk en O. Oenema (2016). *Inclusion of struvite as a category in the Fertiliser Act; Advice*. Wageningen, Statutory Research Tasks Nature & Environment (WOT Natuur & Milieu), WUR, Wageningen. WOt-technical report 69. 92 p. 1 Figs; 5 Tabs; 51 Refs; 6 Annexes.

Only products, wastes and by-products designated by the Fertiliser Act can be freely traded as fertiliser in the Netherlands. Permitted fertilisers are listed in Regulation (EC) No 2003/2003 and wastes and by-products that can be traded as fertiliser or as secondary raw material for fertiliser production are listed in Annex Aa of the implementing regulation of the Fertiliser Act. Wastes and by-products can be used as a fertiliser or a secondary raw material if the criteria given in the Protocol for assessing the value and risks of waste used as fertiliser are met. Struvite is a magnesium ammonium phosphate ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) and is one of the forms in which phosphate can be recovered from wastewater or process water. This origin means that struvite is classified as a waste, and as it is not listed in Annex Aa the Fertiliser Act prohibits its use as a fertiliser. This publication reports on a study to formulate criteria for lifting this waste status in accordance with the protocol. Depending on its quality, struvite acts as a fast-release or slow-release fertiliser. Due to the different techniques that are available for struvite formation, the different waste streams – municipal wastewater, effluent from manure processing, process water from the food manufacturing industry – and different chemical polishing treatment processes, struvite can come in a range of qualities with different concentrations of contaminants and may possibly contain pathogens. For the Ministry of Economic Affairs, the Scientific Committee on the Nutrient Management Policy has prepared an advice on including struvite in the Fertiliser Act, with criteria. The study was based on literature research and consultation with stakeholders. Struvite is often co-precipitated with other phosphate minerals, such as phosphates of calcium, magnesium and iron, and a number of these phosphates are present in struvite products. The advice covers this range of recovered phosphates.

Keywords: struvite, recovered phosphate, fertiliser, wastewater, process water, wastewater treatment plant, water treatment plant, contaminants, pathogens, phosphate recovery

Auteurs: P.A.I. Ehlert en O. Oenema - Wageningen Environmental Research
T.A. van Dijk – Nutriënten Management Instituut

© 2016 **Wageningen Environmental Research (Alterra)**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 07 00; e-mail: info.alterra@wur.nl

Nutriënten Management Instituut NMI B.V.

Postbus 250, 6700 AG Wageningen
Tel: (088) 876 1280; e-mail: nmi@nmi-agro.nl

De reeks WOt-technical reports is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen University & Research. Dit technical report is verkrijgbaar bij het secretariaat. De publicatie is ook te downloaden via www.wur.nl/wotnatuurenmilieu.

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van WUR, Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 54 71; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudig en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Woord vooraf

Deze publicatie geeft antwoord op de vraag of struviet, een magnesium- en ammoniumhoudende fosfaatverbinding, naar de inzichten van de auteurs opgenomen kan worden als nieuwe categorie in de Meststoffenwet of als grondstof gebruikt mag worden om een meststof te produceren.

Struviet komt vrij bij een scala van zuiveringsprocessen van afvalwater en proceswater. Door deze herkomst is struviet in beginsel een afvalstof. Afval- en reststoffen kunnen onder voorwaarden als meststof worden gebruikt; er mogen dan geen landbouwkundige of milieukundige bezwaren bestaan. Door het grote scala aan afvalwaterstromen, proceswaterstromen en zuiveringsprocessen, is de samenstelling van struviet variabel qua waardegevende bestanddelen en qua belasting met contaminanten.

Hergebruik van fosfaat wordt meer en meer een noodzaak. Beschikbare voorraden primair fosfaaterts zijn eindig. Dit heeft al geleid tot onrust op de wereldmarkt en heeft geleid tot fors stijgende en fluctuerende prijzen van fosfaatgrondstoffen. Rijksoverheid en bedrijfsleven werken aan mogelijkheden om fosfaat uit afval- en reststoffen zoveel als mogelijk is te hergebruiken. Eén van de vormen die voor hergebruik in aanmerking komt is struviet.

Het ministerie van Economische Zaken heeft de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) gevraagd advies uit te brengen over de mogelijkheid om struviet als een nieuwe categorie meststof in de Meststoffenwet op te nemen en over de voorwaarden die daarbij in acht genomen dienen te worden.

Dit WOt-technical report bevat het advies. Het advies is tot stand gekomen door intensieve samenwerking met experts op het gebied van fosfaatverwijdering uit afvalwater. Voor hun constructieve medewerking aan het benoemen van oplossingsrichtingen voor gesignaleerde knelpunten wordt hierbij oprecht dank uitgebracht. Ook bedank ik graag de uitvoerders van deze studie en opstellers van het conceptadvies, Phillip Ehlert en Tonnis van Dijk.

Prof. Dr. Oene Oenema
Voorzitter Commissie van Deskundigen Meststoffenwet

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	9
Executive Summary	11
1 Inleiding	17
1.1 Achtergrond	17
1.2 Maatschappelijk belang	18
1.3 Relatie met de Meststoffenwet	18
1.4 Doelstelling	19
2 Aanpak	21
3 Fosfaatterugwinning en struviet	23
3.1 Inleiding	23
3.2 Chemie	24
3.3 Procestechnologie	25
4 Samenstelling en landbouwkundige werkzaamheid	27
4.1 Inleiding	27
4.2 Samenstelling	28
4.2.1 Waardegevende bestanddelen	28
4.2.2 Landbouwkundige werkzaamheid	28
4.3 Contaminanten gereguleerd door de Meststoffenwet	32
4.3.1 Zware metalen en arseen	32
4.3.2 Organische microverontreinigingen	32
4.3.3 Overige organische microverontreinigingen	32
4.3.4 Microbiële belasting/pathogenen en sanitatie	34
4.3.5 Conclusies	34
5 Consultatie van stakeholders	35
5.1 Interviews	35
5.1.1 Gegevensverzameling	35
5.1.2 Knelpunten	36
5.2 Workshop	39
6 Discussie en conclusies	43
6.1 Inleiding	43
6.2 Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet	44
6.2.1 Algemene eisen van een meststof	44
6.2.2 Landbouwkundige eisen van een meststof	44
6.2.3 Milieukundige eisen van een meststof	45
6.2.4 Argumenten om struviet als meststof te weren	46
6.3 Opties voor regulering van teruggewonnen fosfaten	47
6.4 Integrale analyse van de opties	49
6.5 Samenvatting en Advies	50
Literatuur	53

Verantwoording	55	
Bijlage 1	Adviesaanvraag ministerie EL&I	57
Bijlage 2	Technologieën	59
Bijlage 3	Gesprekpartners consultatieronde	61
Bijlage 4	Verslagen consultatieronde	63
Bijlage 5	Workshop	85
Bijlage 6	Reacties A. Backx Duurzaamheid	87

Samenvatting

Struviet in zuivere vorm is een magnesiumammoniumfosfaat dat gevormd wordt door neerslag van opgeloste fosfaat met magnesium en ammonium, bij een molverhouding van 1:1:1. Bij verwerking van vloeibare communale, industriële en agrarische afvalstromen en vormen van proceswater worden op steeds grotere schaal zuiveringsstappen toegepast waarbij fosfaat wordt herwonnen als struviet. In de praktijk is struviet een verzamelnaam voor fosfaathoudende mineralen met magnesium, kalium en/of ammonium en met name fosfaat als bestanddelen. Naast struviet kunnen andere neerslagen met fosfaat en andere stoffen aanwezig zijn. De fosfaathoudende reststroom die bij de zuivering van afvalwater ontstaat, bevat afhankelijk van de kwaliteit van het afvalwater en de gehanteerde procestechnologie een variabel aandeel struviet dat belast is met een variabel aandeel nevenbestanddelen, waaronder soms ook contaminanten en micro-organismen. De fosfaathoudende reststroom is volgens de Wet Milieubeheer per definitie een afvalstof. Het begrip afvalwater ondergaat een proces van wijziging door veranderende inzichten rond herwinning van grondstoffen. Wat voorheen tot afvalwater werd bestempeld, is nu een grondstof voor vervaardiging van nieuwe producten geworden. Met name bij de voedsel- en genotsindustrie (VGI) wordt proceswater opgevat als grondstof waaruit struviet wordt gewonnen waardoor de status afval niet meer aan de orde is.

Afhankelijk van de samenstelling hebben struvieten een landbouwkundig snelle tot trage werking als fosfaatmeststof. Het toepassen en verhandelen van de afvalstof struviet als meststof is mogelijk mits de stof vermeld wordt in bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Voor een struviet gemaakt van proceswater van een aardappelverwerkende industrie heeft opname in bijlage Aa reeds plaatsgevonden. Voor overige struvieten en struviethoudende afvalstoffen ontbreekt tot dusverre een mogelijkheid voor vrije verhandeling als meststof.

De maatschappelijke noodzaak om fosfaat te herwinnen en te recyclen wordt door diverse nationale en internationale maatschappelijke organisaties benadrukt. Het ontbreken van een wettelijk instrument om struvieten regulier te kunnen gebruiken in de landbouw, wordt door het betrokken bedrijfsleven als knellend ervaren. Het ministerie van Economische Zaken heeft daarom aan het betrokken bedrijfsleven toegezegd te bezien of struviet, onder voorwaarden, als aparte categorie opgenomen kan worden in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Dit technisch rapport dient de uitwerking van deze toezegging. Het advies is tot stand gekomen in dialoog met experts op het gebied van verwerking van stedelijk en huishoudelijk afvalwater en industrieel proceswater.

Op dit moment komt in Nederland circa 0,210 kton fosfor (P) per jaar in de vorm van struviet vrij. Verwacht wordt dat op termijn 2,5 kton P als struviet teruggewonnen kan worden. Ten opzichte van de hoeveelheid fosfor die in mest in Nederland aanwezig is, is deze hoeveelheid heel bescheiden; ten opzichte van het kunstmestgebruik, is deze hoeveelheid aanzienlijk te noemen (circa 25%)¹. Struviet zal concurreren met kunstmest-P. In het kader van deze advisering is niet onderzocht of er een markt voor struviet is als meststof of als grondstof voor de productie van meststoffen.

Struviet is één van de vormen waarbij fosfaat door een precipitatieproces kan worden herwonnen. Andere vormen van precipitatie leiden tot producten als calciumfosfaten, magnesiumfosfaten, aluminiumfosfaten en ijzerfosfaten. Al deze fosfaatvormen worden samen met fosfaat van verbrandingsassen ook wel 'groene fosfaten' genoemd. Terugwinning van fosfaat door een precipitatieproces is geen doel op zich maar onderdeel van een integraal proces om tot verwaarding van inhoudstoffen te komen die aanwezig zijn in een afvalstroom.

Verwaarding en toepassing van herwonnen fosfaten is een maatschappelijke noodzaak. Er zijn echter risico's verbonden aan herwonnen fosfaten. In deze studie zijn vijf opties geïdentificeerd voor regulering van herwonnen fosfaten in de Meststoffenwet. De CDM adviseert derhalve om een categorie in de Meststoffenwet op te nemen die toestaat dat alle vormen van fosfaatterugwinning door een

¹ Volgens de Vereniging van Kunstmest Producenten (VKP) was de afzet van kunstmestfosfaat in Nederland in 2010/2011 24 kton P₂O₅, overeenkomend met ruim 10 kton P (zie <http://www.kunstmest.com/NL/index.html>).

precipitatieproces wordt opgenomen in de Meststoffenwet (conform optie 1). Op basis van een analyse van deze opties adviseert de CDM de risico's verbonden aan herwonnen fosfaten in beeld te brengen door een onderscheid te maken naar afvalstromen met mogelijke pathogenen en residuen van geneesmiddelen ten opzichte van afval- of proceswaterstromen die daarmee niet belast zijn. Onderscheid naar communaal afvalwater (inclusief afvalstromen afkomstig van verwerking van dierlijke bijproducten en dierlijke mest) en naar afval- of proceswater van louter verwerking van plantaardige afval- of proceswaterstromen is wenselijk om beheersing van pathogenen via sanitatiestappen te kunnen onderscheiden. Indien er een risico is op plantpathogenen, is een sanitatiestap noodzakelijk.

Qua procestechnologie en qua minerale vorm hoeft een struviet van dierlijke mest zich niet te onderscheiden van die van een andere afval- of proceswaterstroom. Juridisch ligt dit anders omdat struviet van dierlijke mest qua verhandeling door bepalingen van de Nitraatrichtlijn als dierlijke mest wordt aangemerkt. Indien struviet niet meer onder deze richtlijn valt, kan struvietproductie een vorm van mestverwerking worden die bijdraagt aan het verminderen van het fosfaatoverschot veroorzaakt door mest.

Het struviet dat bij de zuivering van afvalwater wordt gewonnen zal door de variatie in samenstelling niet altijd aan de verhandelingsvoorschriften en algemene eisen van de Meststoffenwet (uitvoeringsbesluit Meststoffenwet en uitvoeringsregeling Meststoffenwet) kunnen voldoen. Generiek is struviet daardoor niet gelijk te stellen aan een overige anorganische meststof.

Naast struviet kunnen andere fosfaatmineralen aanwezig zijn. Hiervan heeft dicalciumfosfaat eenzelfde betekenis en potentie als struviet. Het advies is derhalve om een categorie 'secundaire fosfaten' op te nemen voor geprecipiteerde fosfaten die teruggewonnen worden uit afvalstromen. Twee vormen hebben betekenis als meststof: struviet en dicalciumfosfaat, en aanbevolen wordt deze beide stoffen onder een nieuwe categorie secundaire fosfaten te plaatsen. Bij noodzakelijke bewerking van struviet kan magnesiumfosfaat ontstaan. De begripsomschrijvingen voor struviet, magnesiumfosfaat en dicalciumfosfaat zijn:

1. Struviet bestaat hoofdzakelijk uit magnesiumammoniumfosfaat, en is vrijgekomen in een installatie voor de zuivering van huishoudelijk, stedelijk of industrieel afvalwater dan wel ander afvalwater door precipitatie met opgelost magnesium, ammonium en/of kalium.

Als magnesiumammoniumfosfaat wordt gepasteuriseerd of gedroogd vervluchtigt ammonium. Deze bewerkingsprocessen kunnen vanuit sanitatie oogmerk noodzakelijk zijn. Er ontstaat dan magnesiumfosfaat dat eveneens als langzaamwerkende fosfaatmest landbouwkundig nut kan dienen. Dit leidt tot een tweede begripsomschrijving:

2. Magnesiumfosfaat dat vrijgekomen is bij pasteurisatie of bij drogen van struviet van lid 1°;
3. Dicalciumfosfaat bestaat hoofdzakelijk uit dicalciumfosfaat, en is vrijgekomen in een installatie voor de zuivering van huishoudelijk, stedelijk of industrieel afvalwater dan wel ander afvalwater door precipitatie met opgelost calcium.

Secundaire fosfaten dienen ten minste te beantwoorden aan de landbouwkundige eisen van artikel 9 lid 1 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Sturing op zuiverheid verlaagt risico's op contaminanten. Een minimumeis van 15% P₂O₅ in het product lijkt huidige Nederlandse initiatieven niet te belemmeren, al is ook gepleit voor een minimumgehalte van 5% P₂O₅. Milieukundige risico's kunnen worden beheerst door secundaire fosfaten onder het regime van bijlage II, tabellen 1 en 4 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet te plaatsen.

Risico's van pathogenen (mens, dier, gewas) kunnen worden beheerst door aansluiting bij bepalingen voor zuiveringsslib (Artikel 16 lid 1 van het uitvoeringsbesluit Meststoffenwet). Bij het productieproces van struviet kan de pH onderscheidenlijk ingesteld worden. Door een hoge pH in te stellen, wordt de kaliumvorm van struviet geproduceerd. Door de hoge pH wordt het risico op pathogenen verlaagd.

De herziening van Verordening (EG) nr. 2003/2003 betreffende de regulering van meststoffen in de EU is momenteel gaande. Na de herziening van deze verordening dient bezien te worden of de huidige Nederlandse risicobasis gehandhaafd kan worden of aangepast moet worden aan het nieuwe Europese kader. Ook bezien moet worden of de herziening consequenties heeft voor struviet, al dan niet gemaakt uit dierlijke mest of andere afvalstromen.

Executive Summary

In its pure form, struvite is a magnesium ammonium phosphate formed by the precipitation of dissolved phosphate with ammonium and magnesium at a molar ratio of 1:1:1.

Phosphate is recovered in the form of struvite on an increasing scale from liquid municipal, industrial and agricultural waste streams and industrial process water. In practice, struvite is a collective term for phosphate minerals with magnesium, potassium and/or ammonium as cations. In addition to struvite minerals, other phosphate precipitates and other substances may be present. Depending on the quality of the wastewater and the wastewater treatment process, the resulting phosphate-containing waste streams contain a variable proportion of struvite charged with a variable proportion of secondary constituents, which may include contaminants and microorganisms. These phosphate-containing waste streams are classified as waste in the Environmental Management Act. However, the growing possibilities for recovering secondary raw materials are changing the way we view wastewater. What was previously labelled wastewater has become a secondary raw material for manufacturing new products. In the food manufacturing industry in particular, process water is not seen as waste, but as a secondary raw material from which struvite can be recovered. Stakeholders consider this struvite to be a product that has reached end-of-waste status, despite the current regulations on fertilisers in the Netherlands.

When used as fertiliser, struvites release phosphate at differing rates, from slow to fast, depending on their composition. As struvite is classified as a waste, trade in struvite and its use as a fertiliser in the Netherlands is only possible if it is listed in Annex Aa of the Order implementing the Fertiliser Act. A struvite recovered from the process water of a potato processing industry has already been included in Annex Aa, but marketing other struvites and struvite-containing waste streams as a fertiliser is not possible as they are not listed in Annex Aa.

Several national and international organisations have stressed the social necessity for phosphate recovery and recycling. The absence of a legal instrument to allow struvites to be used in mainstream agriculture is perceived by stakeholders as unnecessarily restrictive. In response, the Dutch Ministry of Economic Affairs promised to investigate whether, under certain conditions, struvite can be included in the Decree implementing the Fertiliser Act as a separate category of fertilisers. This study was carried out by the Scientific Committee on the Nutrient Management Policy (CDM) and the resulting advice is presented in this technical report. The advice was developed in a dialogue with experts in the treatment of municipal and industrial wastewater and industrial process water.

In 2013, approximately 0.210 kt phosphorus (P) in the form of struvite is produced in the Netherlands each year. It is expected that this will grow to 2.5 kt P. This is a modest amount compared with the total amount of phosphorus present in all the manure produced in the Netherlands, but is a considerable amount compared with the use of mineral fertilisers (about 25%). Struvite fertiliser would therefore compete with existing mineral phosphorus fertilisers. This technical report concerns the quality of struvites only and does not investigate the market for struvites.

Tables S1 and S2 presents a summary overview of the composition of struvite recovered from waste and process waters. Please consult Tables 1 and 2 in the main report for a full overview.

Struvite is one of the forms in which phosphate may be recovered by a precipitation process. Other forms of precipitation lead to products such as calcium phosphates, magnesium phosphates, aluminium phosphates and iron phosphates. In the Netherlands all these phosphate minerals and phosphate recovered from incineration ash are called 'green phosphates'. Recovering phosphate from a precipitation process is not an aim in itself, but is part of the wider goal of extracting maximum value from all the components of a waste stream.

Table S1.

Valuable components of struvite in g per kg product (product) or in gram per kg dry matter (drogestof) with references (Ref).

Origine, waste/process water	Eenheid	N	P ₂ O ₅	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	Ref.
Theoretical	product	57.0	289.0	164.2	*	*	*	1
Laboratory, from synthetic urine	dry	*	577.9	283.0	76.3	*	9.0	2
Laboratory, human urine	dry	*	476.6	353.4	105.0	*	6.7	2
Laboratory, human urine	dry	*	417.6	381.4	72.7	*	65.0	2
Laboratory, synthetic product	product	*	293.1	*	*	*	*	3
Laboratory, synthetic product	product	*	306.9	*	*	*	*	3
RWZI, Unitika process, Japan	product	*	295.4	*	*	*	*	3
RWZI, Unitika process, Japan	product	*	293.1	*	*	*	*	3
AWZI, processing corn steep water	product	*	300.0	*	*	*	*	3
RWZI, seawater as Mg source	product	*	293.1	*	*	*	*	3
AWZI, waste water paint industry	product	*	190.1	*	*	*	*	3
AWZI, Potassium struvite of veal manure	product	*	196.9	*	*	*	*	3
RWZI, Spontaneous formed struvite Berlin Wasser Betriebe	product	*	284.0	*	*	*	*	3
RWZI, raw struvite from anaerobic treated sewage sludge	product	28.0	139.9	130.0	2.7	*	*	4
RWZI, struvite (secondary phosphate) from sewage sludge, average	dry	11.8	212.7	251.9	*	*	*	5
RWZI, struvite (secondary phosphate) from sewage sludge, median	dry	10.1	194.7	245.4	*	*	*	5
RWZI, struvite (secondary phosphate) from sewage sludge, minimum	dry	1.0	123.7	31.5	*	*	*	5
RWZI, struvite (secondary phosphate) from sewage sludge, maximum	dry	30.3	357.2	696.4	*	*	*	5
RWZI, struvite	product	57.0	290.8	162.5	*	*	*	7
AWZI, struvite from waste water land fill	product	46.2	245.5	279.0	1.3	*	0.8	8
Laboratory, struvite from effluent anaerobic treated sewage sludge	product	61.0	338.9	200.7	9.6	33.7	1.4	9
Laboratory, struvite from black water	dry	53.8	272.7	177.1	4.9	11.5	19.2	10
Laboratory struvite from human urine	dry	52.6	267.0	231.6	2.9	6.9	13.4	10
Laboratory, struvite from ash after treatment with nitric acid and removal of heavy metals	dry	55.3	280.4	159.2	*	*	*	11
Pilot, RWZI	product	54.0	274.8	154.5	2.4	53.9	2.8	12
Pilot, RWZI	product	34.0	352.7	315.0	8.4	13.5	22.4	12

RWZI: sewage treatment plant (waste water treatment plant, communities). AWZI waste water treatment plant, industries

Table S2.

Contents of heavy metals and arsenic in struvite with reference (Ref.)

Origine, waste/process water	Eenheid	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	Ref.
RWZI, raw struvite	mg per kg	<0.6	42	160	<1	19	44	340	*	4
RWZI, struvite (secondary phosphate) from sewage sludge, average	mg per kg dry	1.76	12	93	*	10	13	403	*	5
RWZI, struvite (secondary phosphate) from sewage sludge, median	mg per kg dry	0.5	10	76	*	6.7	10.3	384	*	5
RWZI, struvite (secondary phosphate) from sewage sludge, minimum	mg per kg dry	0.03	0.75	4	*	0.39	0.93	17	*	5
RWZI, struvite (secondary phosphate) from sewage sludge, maximum	mg per kg dry	14	31	235	*	30	49	921	*	5
RWZI, struvite	mg per kg dry	0.2	3	21	1	3	10	1		6
RWZI, struvite	mg per kg	0.06	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0.48	7
AWZI, struvite from waste water land fill	mg per kg	nd	15	nd	*	45	nd	7		8
Laboratory, struvite from effluent anaerobic treated sewage sludge	mg per kg			2						9
Laboratory, struvite from black water	mg per kg P ₂ O ₅	<4	<4	134	*	<2	<59	<59	<24	10
Laboratory struvite from human urine	mg per kg P ₂ O ₅	<6	<6	336	*	<6	<81	841	<42	10
Laboratory, struvite from ash after treatment with nitric acid and removal of heavy metals	dry matter			260- 360				150- 800		11
Laboratory, source separated urine	mg per kg P ₂ O ₅	0.11	0.05	0.18	*	0.05	0.14	*	0.11	13

Nd: not determined

In terms of process technology and the resulting mineral form, struvite recovered from manure does not differ from struvites from any other wastes or process water. Within the regulatory framework, however, there is a difference because, according to the definition of manure in the Nitrates Directive, struvite from manure is classified as manure. This means that the nitrogen in struvite has to meet the requirements of the Nitrates Directive, i.e. the maximum application rate of 170 kg N/ha/year. This restriction is not imposed on struvite from other wastes

Due to the variation within and between wastes and treatment technologies, the composition of struvite recovered from wastes is variable and cannot always meet current regulatory requirements and the general requirements of the Fertiliser Act. In addition, the recovered material may also contain other phosphate minerals. Of these, dicalcium phosphate has the same agricultural significance and potential as struvite. The advice, therefore, is to include a new category of 'secondary phosphates' in the Fertiliser Act for precipitated phosphates recovered from waste streams. In addition, magnesium phosphate may be produced during the chemical polishing of secondary raw materials consisting of struvite. This leads to differences in definitions of struvite-containing substances. Possible definitions for struvite, magnesium phosphate and dicalcium phosphate are:

1. Struvite consists essentially of magnesium ammonium phosphate, and is produced in the treatment of domestic, municipal and industrial wastewater or other wastewater by precipitation with dissolved magnesium, ammonium and/or potassium.

As magnesium ammonium phosphate is pasteurised or dried, the ammonia evaporates. These processes may be necessary for sanitation purposes. The resulting magnesium phosphate can serve as a slow-acting phosphate and therefore has agricultural value. This leads to a second definition:

2. Magnesium phosphate released during pasteurisation or by drying struvite.

Simultaneously with the precipitation of struvites, dicalciumphosphate can be precipitated. Next in the precipitation of struvites precipitation processes can be used to recover calciumphosphates. This leads to a third definition:

3. Dicalcium phosphate consists mainly of dicalcium phosphate and is produced in the treatment of domestic, municipal and industrial wastewater or other wastewater by precipitation with dissolved calcium.

Recovered phosphates (struvites, magnesium phosphate, dicalcium phosphate) have to meet the agricultural criteria stated in Article 9 paragraph 1 of the Decree implementing the Fertiliser Act. Quality control reduces the risk of contaminants being present. A criterion for a minimum of 15% P₂O₅ in the product will not hinder current initiatives, although stakeholders also called for a minimum content of 5% P₂O₅.

The risk of contaminants can be controlled by placing recovered phosphates under the regime of Annex II, Tables 1 and 4 of the Decree implementing the Fertiliser Act. The risk of pathogens (human, animal, plant) being present can be controlled by applying the regulatory provisions for sewage sludge (Article 16 paragraph 1 of the Decree implementing the Fertiliser Act).

The recovery and use of phosphates is a social necessity, but there are risks associated with recovered phosphates. This study identifies five options for regulating recovered phosphates under the Fertiliser Act. Based on these options, the CDM recommends including a category in the Fertiliser Act which allows all forms of phosphate recovery from precipitation processes in accordance with option 1. The CDM recommends that a distinction be made between waste streams that potentially contain pathogens, contaminants and other substances with adverse environmental effects on the one hand and harmless waste streams on the other. To facilitate the control of pathogens by sanitation stages in the treatment process, it is preferable to make a distinction between municipal wastewater (including waste from processing of animal by-products and animal manure) and waste or process water from processes such as vegetable waste treatment or process water. A sanitation stage is needed when there is a risk of plant pathogens being present.

Epilogue

In this study, five options have been identified to regulate recovered phosphates in the Fertiliser Act. Following further discussions after delivery of this report, a category was included in the Fertiliser Act in 2015 specifically for all forms of phosphate recovered from phosphate containing waste waters. A distinction was made between waste streams with possible pathogens, contaminants and other substances with adverse environmental effects, and waste streams with harmless compositions. Hence, a distinction between municipal wastewater (including wastewaters from animal processing industries, animal by-products and animal manure) and wastewaters from the processing of merely vegetable products. For the first category of wastewater sanitation steps are required to kill-off pathogens. A sanitation steps may also be needed in the case of plant pathogens.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Eutrofiëring van oppervlaktewateren, veroorzaakt door de uitstoot van fosfaathoudende effluenten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's), heeft in het kader van EU-richtlijn 91/271/EG geleid tot aanpassingen bij de zuivering van afvalwater. De EU-richtlijn 91/271/EG heeft als doel om bescherming te bieden tegen nadelige effecten op het milieu van lozingen van stedelijk afvalwater, mengsels van afvalwater en afvalwater van bedrijven. Lozing van fosfaat op oppervlaktewater of in grondwater dient daardoor te worden voorkomen. Diverse zuiveringsprocessen van afvalwater zijn ontwikkeld. Zuivering met actief slib is de belangrijkste vorm hiervan. Bij deze vorm van zuivering worden vier zuiveringsstappen onderscheiden:

1. Primair, verwijdering op basis van deeltjesgrootte;
2. Secundair, verwijdering van organische stof;
3. Tertiair, verwijdering van nutriënten, vooral stikstof en fosfor;
4. Quaternair, verwijdering van specifieke stoffen.

Bij de secundaire zuivering wordt ca. 30-40% van het fosfaat verwijderd met slib. Bij de tertiaire zuivering kan 70-85% van het fosfaat worden verwijderd bij biologische zuivering en tot 95% bij chemische zuivering of een combinatie van biologische en chemische zuivering. Chemische zuivering berust op de toevoeging van zouten, waardoor fosfaten neerslaan. Voor dit doel worden zouten van ijzer, aluminium, calcium en magnesium gebruikt (Lodder *et al.*, 2011). Precipitatieproducten zijn dan ijzerfosfaat (FePO_4), aluminiumfosfaat (AlPO_4), calciumfosfaat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), hydroxyapatiet ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), Brushiet ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en struviet ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) of 'kaliumstruviet' ($\text{KMgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Bij de verwaarding van precipitaten, verkregen bij afvalwaterbehandeling, tot meststof krijgen calciumfosfaten en struvieten de aandacht. In zuivere vorm is struviet een magnesiumammoniumfosfaat dat gevormd wordt door fosfaat met magnesium en ammoniumstikstof bij een molverhouding van 1:1:1 neer te slaan. Door de aard van het afvalwater zijn struvieten zelden vrij van nevenbestanddelen, al zijn er processen waarbij relatief zuivere struvieten worden gevormd (Bisschops *et al.*, 2010). Als urine en faeces de grondstoffen zijn waaruit struvieten gemaakt worden, dan kunnen struvieten belast zijn met residuen van geneesmiddelen en/of hormonen). Bij afvalwater van de voedsel- en genotsindustrie (VGI) zijn deze contaminanten niet in beeld maar daarentegen kunnen wel residuen van gewasbeschermingsmiddelen en biociden voorkomen die bij de teelt of het productieproces worden toegepast.

De mogelijke belasting met contaminanten en residuen van gewasbeschermingsmiddelen, biociden en/of geneesmiddelen geeft reden tot zorg. Door de aard en herkomst van het afvalwater zullen micro-organismen aanwezig zijn. Door contact met faeces (communaal afvalwater, effluent dierlijke mest) kunnen struvieten geproduceerd van deze afvalwaterstromen belast zijn met ziekteverwekkende micro-organismen (pathogenen). De milieubezwaarlijkheid van landbouwkundig gebruik van struvieten en struviet als vector voor overdracht van pathogene (micro)organismen (virussen inbegrepen) vragen dan ook aandacht.

Omdat struvieten bij een scala aan zuiveringsprocessen kunnen vrijkomen, is een bereik in belasting met contaminanten en besmetting met pathogenen mogelijk. Het risico voor mens, dier, gewas en milieu is niet goed in beeld te brengen. Dit is een aandachtspunt, omdat daardoor onduidelijk is of struvieten kunnen voldoen aan de – Europees – wettelijke bepaling dat bij goede landbouwpraktijk een meststof geen schade mag berokkenen aan mens, dier, gewas of milieu. Niet in beeld is hoe deze risico's aanvaardbaar beheerst kunnen worden.

1.2 Maatschappelijk belang

De maatschappelijke druk om fosfaat te hergebruiken neemt toe. Een netwerk van stakeholders, het Nutriëntenplatform, is actief om randvoorwaarden te creëren voor een duurzamer hergebruik van nutriënten. Een focus ligt bij het duurzaam hergebruiken van fosfaat, temeer daar fosfaaterts schaars wordt en becijferd wordt dat binnen enkele eeuwen de makkelijk winbare voorraad op is (Smit *et al.*, 2009, Enk *et al.*, 2011). Om fosfaat te kunnen hergebruiken is herwinning van fosfaat uit afvalstromen noodzakelijk. Diverse initiatieven werden en worden – nationaal en internationaal, ondernomen om tot deze herwinning te komen (<http://www.ceep-phosphates.org/>).

Op nationaal niveau is in het najaar 2011 een Ketenakkoord Fosfaatkringloop door 20 bedrijven en overheden afgesloten. Daarin wordt gezamenlijk de ambitie uitgesproken om binnen twee jaar een duurzame markt te creëren waarin zoveel mogelijk te hergebruiken fosfaatstromen op een milieuverantwoorde wijze in de kringloop worden teruggebracht en waarbij het secundaire (gerecyclede) fosfaat - zo lang er sprake is van een overschot op de Nederlandse markt - zoveel mogelijk wordt geëxporteerd om elders een bijdrage te leveren aan bodemverbetering en voedselproductie. Daarmee wordt invulling gegeven aan de creatie van een grondstoffenrotonde. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu is medeondertekenaar, mede namens de minister en staatsecretaris van het ministerie van Economische Zaken.

Bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties en overheden (waterschappen, provincies, ministeries) slaan dus de handen ineen om gemeenschappelijk te werken aan een beter hergebruik van fosfaat in rest- en afvalstromen. Een voorbeeld daarvan is het SOURCE-project van het Waterschap Aa en Maas, ZLTO, Provincie Noord-Brabant, STOWA en het ministerie EZ, dat de mogelijkheden onderzocht van gemeenschappelijke verwerking van menselijke urine en dierlijke dunne mest. Onderzocht werd of fosfaat kon worden teruggewonnen en stikstof en medicijnresten uit dunne mest konden worden verwijderd, waardoor op het oppervlaktewater loosbaar effluent verkregen kon worden. Dit kan leiden tot verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater. Bij het toegepaste proces komt het fosfaat als struviet vrij. De resultaten van het project zijn hoopgevend. Het SOURCE-project is een voorbeeld van initiatieven om fosfaat door struviet te herwinnen. In Nederland zijn thans een tweeëntwintig-tal processen en systemen in onderzoek om fosfaat terug te winnen. Hiervan zijn 9 op laboratoriumschaal in onderzoek, 8 ervan worden op pilotschaal onderzocht, 4 ervan worden *full scale* door de industrie toegepast en 2 worden *full scale* toegepast op communaal afvalwater (Lodder *et al.*, 2011). In totaal zijn er thans 5 locaties voor industriële struvietproductie in Nederland.

1.3 Relatie met de Meststoffenwet

Omdat struviet gemaakt wordt van afvalwater, gelden de bepalingen van hoofdstuk 10 van de Wet milieubeheer. Voor de toepassing en verhandeling van struviet als meststof gelden de bepalingen van de Meststoffenwet. De Meststoffenwet verbiedt het gebruik van afval- en reststoffen als meststof. Een afval- of reststof kan echter van dit verbod vrijgesteld worden; de afval- of reststof dient dan opgenomen te zijn in bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Een verzoek voor opname in deze bijlage kan ingediend worden bij NVWA (voorheen Dienst Regelingen). Tot nu toe heeft het bedrijfsleven één verzoek ingediend, specifiek voor verhandeling van struviet dat vrijkomt bij verwerking van proceswater van een aardappelverwerkende industrie. Het verzoek gold voor gebruik van struviet als meststof en als grondstof voor de productie van meststoffen. Dat verzoek heeft geleid tot opname in bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Maar struviet gevormd uit ander afvalwater valt daar niet onder. Andere vormen van struviet die nu in Nederland geproduceerd worden, vinden geen toepassing als meststof in Nederland, maar worden geëxporteerd naar Duitsland of België naar bedrijven die struviet als grondstof gebruiken bij de productie van meststoffen. In één geval is de productie zo laag dat er nog geen afvoer plaats vindt. De kaliumstruviet van dierlijke mest wordt nu als dierlijke mest afgezet.

Het ministerie van EZ heeft toegezegd om de haalbaarheid van een aparte, generieke categorie voor struviet in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet te onderzoeken (Bos, 2011), als alternatief voor de bijlage Aa-route, waarbij individuele struvietstromen steeds individueel aangevraagd en beoordeeld zouden moeten worden. Opname van een aparte categorie voor struviet, al dan niet onder voorwaarden, maakt vrije verhandeling als fosfaatmeststof (en bron voor stikstof en/of kalium en magnesium) mogelijk. Het ministerie voor Economische Zaken heeft de Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) gevraagd een advies uit te brengen over de mogelijkheden om struviet in de Meststoffenwet op te nemen en onder welke voorwaarden. Deze adviesaanvraag wordt gegeven in bijlage 1.

1.4 Doelstelling

Struviet is één van de vormen waarmee fosfaat uit afvalwater, proceswater en dunne vloeibare fracties van reststoffen (hierbij dunne mest inbegrepen) kan worden herwonnen. De risico's voor mens, dier, gewas en milieu van struviet bij gebruik als meststof zijn onvoldoende bekend. De verkennende studie, die in dit document is gerapporteerd, dient om vast te stellen of een algemeen gebruik van struviet als meststof al dan niet onder voorwaarden toelaatbaar is. Dit WOt-technical report is tevens het advies van de CDM aan het ministerie van EZ.

Het rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 geeft de aanpak van de studie weer. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van processen waarbij fosfaat teruggewonnen kan worden. Hoofdstuk 4 gaat in op de karakteristieken van struviet; de landbouwkundige werkzaamheid van struviet wordt in beeld gebracht en de milieukundige risico's worden besproken. Hoofdstuk 5 vat de belangrijkste knelpunten samen die stakeholders ervaren bij de productie van struviet. Ten slotte wordt in hoofdstuk 6 het advies voor regulering van struviet in de Meststoffenwet gegeven.

2 Aanpak

De studie bestond uit drie onderdelen:

1. Een korte literatuurstudie over de mogelijke belasting en/of besmetting van struviet afkomstig van verschillende productieprocedures en verwerking van afvalstromen.
2. Consultatie van experts van bedrijfsleven en kennisinstellingen.
3. Een workshop met experts van bedrijven en kennisinstellingen ten behoeve van toetsing van het conceptadvies van de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet aan het ministerie van Economische Zaken voor opname van struviet als aparte categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet.

De literatuurstudie was erop gericht om de informatie te verzamelen die nodig is om het Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet, versie 2.1 (Van Dijk *et al.*, 2009) toe te kunnen passen. Bij de beoordeling van een afval- of reststof volgens het Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet, versie 2.1 wordt getoetst of de stof voldoet c.q. kan beantwoorden aan de volgende criteria:

- Is afdoende informatie over productieproces en gebruikte grond- en hulpstoffen beschikbaar ten einde te kunnen beoordelen of de stof geen gevaar oplevert voor mens, dier, plant of milieu?
- Zijn de analysegegevens van de waardegevende bestanddelen en van de contaminanten betrouwbaar, reproduceerbaar en volgens de voorgeschreven analysemethodes uitgevoerd en zijn deze analyses uitgevoerd door een geaccrediteerd laboratorium?
- Wordt beantwoord aan verhandelingsvoorschriften en algemene eisen die die de Meststoffenwet² stelt aan een meststof?
- Wordt beantwoord aan door de Meststoffenwet gestelde landbouwkundige eisen?
- Voldoet de stof aan de gestelde milieukundige eisen genoemd in de Meststoffenwet en levert de stof geen risico's op voor mens, dier, plant of milieu?

Consultatie van experts van bedrijven en kennisinstellingen is uitgevoerd door interviews af te nemen, waarbij informatie inwinning conform genoemd Protocol leidend was. De interviews volgden daardoor eenzelfde grondslag. Bijlage 3 geeft het overzicht van de experts die geraadpleegd zijn. Verslagen van deze interviews zijn gegeven in bijlage 4.

² Waar hier Meststoffenwet wordt genoemd, is dit met inbegrip van het Uitvoeringsbesluit en de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet.

3 Fosfaatterugwinning en struviet

3.1 Inleiding

Informatie over de herkomst, het productieproces en de daarbij gebruikte grond- en hulpstoffen is essentiële informatie om het risico voor mens, dier, gewas en milieu te kunnen afleiden. Het proces van fosfaatterugwinning is daarom een wezenlijk onderdeel van de toets op geschiktheid van struviet als meststof.

Voor de fosfaatterugwinning uit afvalwater of proceswater is een groot aantal processen ontworpen (Ludwig, 2009; Lodder *et al.*, 2011). Processen gebaseerd op precipitatie en op basis van (verwerking van) verbranding van zuiverings-slib zijn de belangrijkste hoofdvormen. De belangrijkste eindproducten van precipitatie zijn magnesiumammoniumfosfaten (struviet), ijzerfosfaten, aluminiumfosfaten, en calciumfosfaten. Ook worden biologische verwijderingsmethoden toegepast die fosfaatrijk slib leveren. Bij verbranding van slib komen assen vrij die voor de bereiding van fosfaatmeststoffen toegepast kunnen worden.

De inrichting van het afvalwaterzuiveringsproces dient een volledige zuivering van afvalwater, opdat op oppervlaktewater loosbaar effluent verkregen wordt en een minimale hoeveelheid andere reststoffen (slib) resteert. De inrichting van een zuiveringsinstallatie is afgestemd op verwerking van de specifieke afvalwaterstroom. Deze afvalwaterstromen variëren in tijd en ruimte qua samenstelling en hoeveelheid. De technologieën voor zuivering worden vernieuwd op basis van nieuwe technisch wetenschappelijke inzichten teneinde de afvalstroom zoveel mogelijk tot waarde te brengen en kosten voor zuivering te beheersen. Technologieën worden op elkaar afgestemd via cascaderingsprocessen om energie, warmte en omvorming van resterende stoffen tot secundaire grondstoffen zo veel als mogelijk op elkaar af te stemmen en te benutten.

Fosfaatterugwinning door middel van precipitatie van struviet is één van de mogelijkheden om vernieuwingen in afvalwaterzuivering door te voeren en om een duurzamer gebruik van fosfaat te bevorderen³. Of deze vorm van fosfaatterugwinning realiseerbaar is, is afhankelijk van de toepaste procesarchitectuur, de samenstelling en hoeveelheid van het te zuiveren afvalwater en de schaalgrootte. Struvietwinning is feitelijk geen doel op zich. Deze vorm van fosfaatterugwinning dient in het totale zuiveringsproces plaatsbaar te zijn en – kosten effectief – duurzaam realiseerbaar te zijn.

De kennis over struviet, komt voort uit de behoefte om juist deze vorm van precipitatie te voorkomen (Le Corre *et al.*, 2009). Van oudsher leverden neerslagen van struviet bij afvalverwerking en bij industriële processen problemen op, doordat buizenstelsels door aanzetting (aangroei van struviet) de industriële of zuiveringsprocessen hinderden. Ook bij mens en dier kan hinderlijke en pijnlijke struvietvorming (nierstenen⁴) optreden.

Opgebouwde kennis om struvietvorming te voorkomen, wordt nu toegepast om van een oorspronkelijk ongewenste vorm van precipitatie een gewenste, beheersbare en stuurbare vorm van struviet-productie te maken. Samenstelling van afvalwater, technische inzichten in vormen van afvalverwerking, beschikbare technologieën, logistieke aspecten en schaalgrootte in samenhang met verwaarding van andere bestanddelen in de te verwerken reststromen (energie, warmte, organische stoffen en andere mineralen), de toepassing van hernieuwbare energieconcepten, beheersing van het

³ Fosfaatterugwinning heeft een Europese dimensie. Recent is het P-REX project gestart. Andere EU-projecten zijn onder meer geweest ROUTES, ANPHOS, SUSAN, SUSYPHOS, NEPTUNE, HORIZONTAL, END-O-SLUDGE (CEEP, 2012).

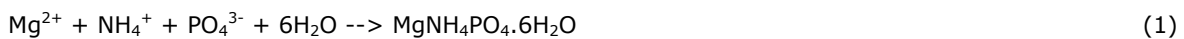
⁴ Nierstenen zijn veelal precipitaten van verschillende mineralen: calciumfosfaat, struviet, calciumoxalaat en worden mede veroorzaakt door bepaalde urease afscheidende bacteriesoorten. De pH-verhoging die daardoor veroorzaakt wordt, stimuleert de vorming van nierstenen.

volume reststromen die resteren na afvalverwerking, beheersing van de kwaliteit (drogestofgehalte, organische stofgehalte) van die reststromen hebben geleid tot een scala van verwerkingsmogelijkheden van afval. Er zijn alleen al bij RWZI's diverse processen mogelijk of in ontwikkeling om fosfaat terug te winnen (Lodder *et al.*, 2011). Struvietvorming kan bij eenzelfde afvalstroom (of proceswater) op verschillende plaatsen in het verwerkingsproces worden toegepast. Niet altijd wordt struvietprecipitatie opgevat als de meest wenselijke vorm voor fosfaatterugwinning, maar struvietvorming in de installatie kan niet altijd voorkomen worden (Petzet & Cornel, 2012).

Veel van de technieken voor struvietvorming verkeren nog in een ontwikkelingsfase. Lodder *et al.* (2011) hebben een selectie uitgevoerd van processen die in Nederland toepasbaar zijn om fosfaat terug te winnen. Zij selecteerden voor Nederland 22 processen en systemen voor fosfaatverwijdering en hergebruik, waarvan 12 gebaseerd zijn op herwinning door middel van struviet. Momenteel worden 9 processen voor fosfaatterugwinning op laboratoriumschaal uitgevoerd, 8 worden op pilotschaal onderzocht, 4 ervan worden *full scale* door de industrie toegepast en 2 worden *full scale* toegepast op communaal afvalwater (Lodder *et al.*, 2011). In totaal zijn er thans 5 locaties voor industriële struviet terugwinning in Nederland (pers. com. J. Raap, Cosun). Het onderwerp fosfaatterugwinning heeft wereldwijd de aandacht, waardoor het aantal processen en systemen nog groter is (<http://www.ceep-phosphates.org/>).

3.2 Chemie

Struviet is een magnesiumammoniumfosfaat⁵ dat gevormd wordt door het fosfaat met magnesium en ammoniumstikstof bij een molverhouding van 1:1:1 neer te slaan bij een pH tussen 7,5 en 8,5.



Door de pH verder te verhogen tot 9,0-9,5 wordt geen ammoniumstikstof maar kalium in de kristalstructuur opgenomen:



Het reactieproduct van vergelijking (2) wordt ook wel kaliumstruviet genoemd.

Ook andere fosfaatmineralen kunnen neerslaan. De samenstelling van de te zuiveren waterstroom bepaalt de samenstelling van de precipitaten. In de praktijk komt een heel scala aan precipitaten voor.

Struviet is één van de minerale vormen die tot de struvietgroep behoren. Lindsay *et al.* (1989) rekenen de volgende mineralen tot deze struvietgroep.

Newberyiet	$\text{HMg}(\text{PO}_4) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$
Phosphorrossleriet	$\text{HMg}(\text{PO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Struviet	$\text{NH}_4\text{Mg}(\text{PO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ $\text{KMg}(\text{PO}_4) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
Scherteliet	$(\text{NH}_4)_2\text{H}_2\text{Mg}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Stercoriet	$\text{NH}_4\text{NaH}(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

⁵ Struviet wordt daardoor ook wel weer gegeven als Magnesium-Ammonium-Phosphate (MAP). Het hanteren van het acronym MAP is verwarrend omdat er al jaar en dag een andere stikstofhoudende fosfaatmeststof MAP bestaat. Het betreft de reguliere EG-meststof NP 12+54 (MAP) bestaande uit monoammoniumfosfaat ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$). Om het nog verwarrender te maken: ook Mais-MAP wordt gebezigd voor mengsels van diammoniumfosfaat (DAP) met ammoniumnitraat of uitsluitend ammoniumnitraat.

Hannayiet $(\text{NH}_4)_2\text{H}_4\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

Een andere bron⁶ meldt:

Hazeniet $\text{KNaMg}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$

Omdat precipitatie van struviet plaatsvindt in een vloeistof die in tijd en ruimte zeer variabel is, vraagt het grondige technische beheersing van het precipitatieproces om gecontroleerd te kunnen plaatsvinden. Vaak wordt rekening gehouden met meervoudige vormen van precipitaten. Zo maakten Wu & Zhou (2012) met toepassing van een chemisch model aannemelijk dat naast struviet ook $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$ (Farringtoniet) en $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (Newberyiet) worden gevormd. Van Rensburg *et al.* (2003) en Ekama *et al.* (2006) maakten aannemelijk dat naast struviet amorf $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ precipiteert in respectievelijk communaal afvalwater en effluent van varkensdrijfmest. De Graaff (2010) geeft als mogelijke precipitaten bij zuivering van zwart water (faeces en urine) $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$ (hydroxy-apatiet), CaCO_3 (calciet), $\text{Mg}(\text{NH}_4)\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ en CaHPO_4 op. Modelberekeningen wijzen uit dat hydroxyapatiet en struviet voorkomen in het pH-bereik van 7-8, boven de pH 8 domineren struviet en calciet. Onder een pH van 7,4 zijn struviet en calciet niet stabiel. Lind *et al.* (2000) en Ganrot *et al.* (2007) meldden de aanwezigheid van epsomiet ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), bruciet ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) en montgomeryiet ($\text{Ca}_4\text{MgAl}_4(\text{PO}_4)(\text{OH})_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) als neerslagen naast struviet bij verwerking van menselijke urine. Lind *et al.* (2000) meldden ook newberyiet.

Struviet wordt ook wel guaniet⁷ genoemd. Het mineraal is bestanddeel van guano (een van de eerste meststoffen die gedolven werd).

Een eigenschap van zuiver struviet is dat bij temperaturen tussen 40-80 graden Celsius het mineraal ontleedt. De ontleding wordt bepaald door de snelheid waarmee warmte wordt toegevoerd (Frost *et al.*, 2004). De ammoniumstikstof ontwijkt evenals kristalwater waardoor een magnesiumfosfaat resteert.

3.3 Procestechnologie

Om struvietprecipitatie te realiseren dienen de concentraties aan ammoniumstikstof, fosfaat en magnesium afdoende hoog te zijn. Een te laag ammoniumstikstofgehalte kan gecompenseerd worden door kalium of natrium.

Zowel op RWZI's als AWZI's worden struvietreactoren geplaatst. Bij RWZI's zijn vier plaatsingsmogelijkheden voor een reactor (Lodder *et al.*, 2011). De keuze van de plaatsing hangt af van de te verwerken afvalstof met de belasting aan drogestof, organische stof en mineralen. Technieken die bij AWZI's worden toegepast zijn vergelijkbaar met die van RWZI's. Bijlage 2 geeft een overzicht van een select aantal verwerkingsprocessen (gebaseerd op Lodder *et al.*, 2011).

De gebruikte magnesiumbronnen verschillen van MgCl_2 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$, MgO tot zoute magnesiumhoudende reststromen die bv. ontstaan bij zoetwaterproductie uit zeewater of houtas (Ramesh Sakthivel *et al.*, 2012). De snelheid waarmee struviet wordt gevormd wordt naast gehalten aan fosfaat, ammoniumstikstof en magnesium ook bepaald door de pH (Sanders en Van Kasteren, 2010) en de magnesiumbron (Li & Zhao, 2003; Uysala *et al.*, 2010).

De afvalstof die gezuiverd dient te worden bepaalt mede het (renderend) succes van struvietproductie (vergelijk het Source-project, Moeders voor Moeders, SaniPhos technologie). Urine is rijker aan fosfaat dan rejectiewater dat vrijkomt bij het ontwateren van slib, hetgeen struvietproductie eenvoudiger maakt (Wilsenach *et al.*, 2010). Het is echter niet altijd eenvoudig om struviet te scheiden van de matrix waarin het gevormd wordt. Die matrix wordt gevormd door de nevenbestanddelen van de te zuiveren vloeibare fase van een afvalstof (effluent). De mate waarin bij zuivering organische stof al

⁶ <http://www.mindat.org/min-3811.html>

⁷ <http://www.mindat.org/min-6342.html>

verwijderd is, beïnvloedt struvietprecipitatie. Het Airprex proces is een voorbeeld waarbij struvietprecipitatie integraal onderdeel is van de verwerking van zuiveringsslib ten einde struvietvorming in de leidingen te voorkomen en de ontwatering van het slib te verbeteren (Heinzman, 2001). Het struviet dat dan gevormd wordt, is dan wel ingebed in een matrix van slib.

Bij het ontwateren van slib kunnen polyelectrolyten worden toegepast ten einde een zo hoog mogelijk drogestofgehalte in het slib te krijgen. Door het drogestofgehalte van slib te verhogen, kunnen de afvoerkosten naar bijvoorbeeld de slibverbrandingsinstallatie worden verlaagd. In de wetenschappelijke literatuur zijn verschillende publicaties verschenen over toepassing van polyelectrolyten als uitvlokmiddel of als flotatiemiddel. Over de relatie met struvietvormende processen en in het bijzonder over het mogelijke aandeel van dergelijke middelen is geen publicatie aangetroffen. Dit onderwerp is aan de orde gesteld bij de interviews (zie hoofdstuk 5).

Le Corre *et al.* (2009) wijzen op de interactie van fysisch chemische parameters als pH, verzadigingsgraad, mengstatus en -energie, temperatuur en andere kationen die colloïd-chemische processen (thermodynamica en kinetiek van reacties in vaste en vloeibare fase) beïnvloeden.

Om struviet te kunnen produceren moet de pH verhoogd worden. Veelal betekent dat dat opgelost CO₂ en organische zuren geneutraliseerd moeten worden. Dit betekent dat het bufferend vermogen van de vloeistof gewijzigd moet worden. Dit kan door aeratie en door toevoeging van loog. Procedés verschillen in de wijze waarop het bufferend vermogen wordt aangepast. Ook daardoor kunnen verschillen in samenstelling en aard van nevenbestanddelen van struvieten ontstaan (en daarnaast in de efficiëntie waarmee het afvalwater ontdaan wordt van fosforverbindingen).

Hoewel er concepten ontwikkeld zijn om struviet uit afvalwaterstromen te verwijderen door toevoeging van fosforzuur, heeft dit niet geleid tot een praktische uitvoering.

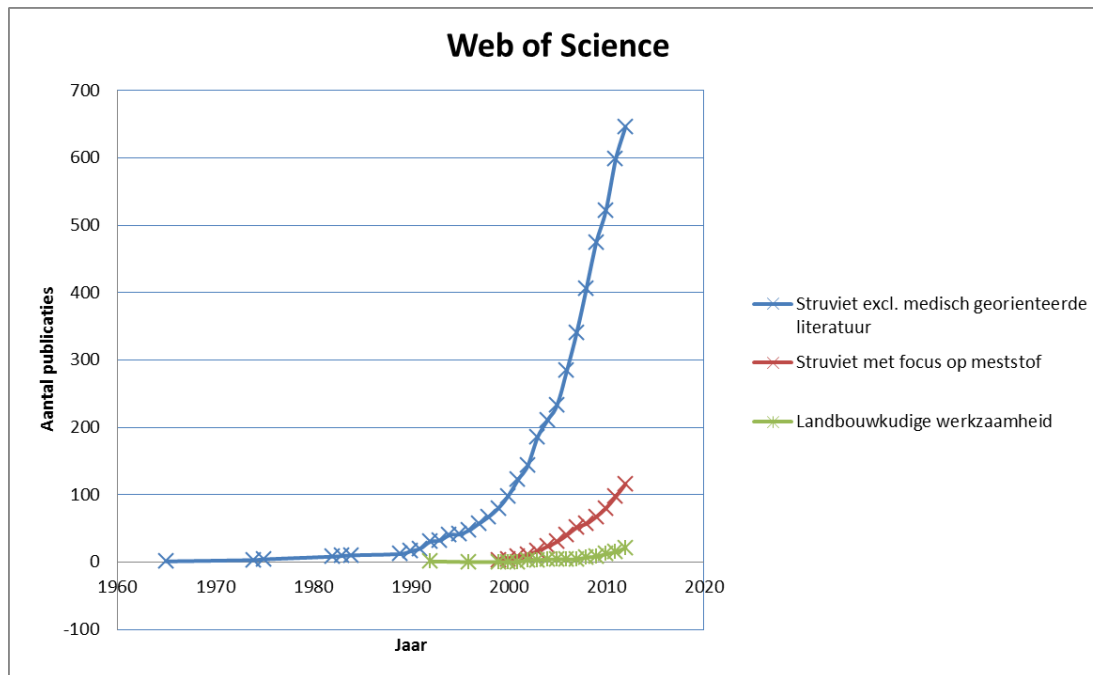
4 Samenstelling en landbouwkundige werkzaamheid

4.1 Inleiding

Bij de beoordeling van een afval- of reststof volgens het Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet, versie 2.1, wordt getoetst of de stof onder meer (zie hoofdstuk 2) kan beantwoorden aan:

- Verhandelingsvoorschriften en algemene eisen die de Meststoffenwet stelt aan een meststof;
- Door de Meststoffenwet gestelde landbouwkundige eisen;
- De gestelde milieukundige eisen.

In dit hoofdstuk is de informatie verzameld om verkennend genoemde toetsen te kunnen uitvoeren. Over struviet is veel gepubliceerd. Web of Science geeft toegang tot zo'n 3600 publicaties. Het overgrote deel wordt gevormd door medische vakliteratuur en veterinaire vakliteratuur. In algemeen toegankelijke wetenschappelijke databases zijn zo'n 650 wetenschappelijke publicaties te traceren (Figuur 1⁸). Daarvan hebben zo'n 120 publicaties betrekking op de toepassing van struviet als meststof. Het aantal publicaties dat struviet afkomstig van zuiveringsprocessen van afvalwater daadwerkelijk toetst op hun toepassing als meststof is circa 25.



Figuur 1. Wetenschappelijke publicaties over struviet vanaf 1964 (blauw). Vanaf 2000 is het aantal verschenen publicaties met een factor 5 toegenomen. Sinds 2000 is het aantal publicaties over het potentieel gebruik van struviet als meststof met een factor 17 toegenomen (rood). Het aantal publicatie dat ingaat op de landbouwkundige werkzaamheid als meststof is beperkt maar groeiende; in de periode 2007-2012 is het aantal publicaties met een factor 2 à 3 toegenomen (groen).

Veel informatie over struviet is gericht op het beperken of uitsluiten van de vorming van ongewenste afzettingen in leidingen etc., de efficiëntie van verwijdering van ammoniumstikstof en fosfaat uit afvalwater en de efficiëntie van terugwinning van fosfaten. Door massabalansen op te stellen kan een indicatie verkregen worden over de samenstelling van het precipitaat dat ontstaat. Vaak wordt dan aangenomen dat dit precipitaat NH_4MgPO_4 is, maar dat wordt niet aangetoond. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van feitelijke meetgegevens van het precipitaat dat struviet genoemd wordt.

⁸ <http://library.wur.nl/desktop/direct/>; dagtekening 29-11-2012

4.2 Samenstelling

4.2.1 Waardegevende bestanddelen

Er zijn weinig meetgegevens gepubliceerd over de samenstelling van struviet qua waardegevende bestanddelen om het product te kunnen beoordelen als meststof. De hier samengevatte gegevens zijn gestandaardiseerd naar de in Nederland gebruikelijk notatievorm. Een zuivere struviet bevat 57,0 g N per kg, 289 g P₂O₅ per kg en 164,2 g MgO per kg. Montag *et al.* (2009) geven een overzicht van de variatie in samenstelling van struviet in de praktijk (Bijlage 2). Gemiddeld wordt voor 33 monsters zogenoemde *Sekundärphosphate*⁹ een stikstofgehalte in de drogestof van 11,8 g N per kg vastgesteld met een bereik van 1,0 tot 30,3 g N per kg. Voor fosfaat (P₂O₅) is het gemiddelde 213 met een bereik van 124 tot 357 g per kg; voor magnesium (als MgO) is het gemiddelde 252 met een bereik van 32 tot 696 g MgO per kg. Andere literatuurgegevens passen bij het door Montag *et al.* (2009) gegeven bereik.

De gegevens wijzen uit dat weinig materialen die struviet genoemd worden voor 100% uit struviet i.e. NH₄MgPO₄·6H₂O bestaan. Er is vaak sprake van een beperkt aandeel struviet in de precipitaten. Er zijn ook analyseresultaten gevonden die erop wijzen dat meer fosfaat neergeslagen is dan met struviet verklaard kan worden (> 289 g P₂O₅ per kg).

Het grote bereik in MgO wijst uit dat bij onderverzadiging met MgO andere fosfaatvormen geprecipiteerd worden; dit zijn vermoedelijk calciumfosfaten. Oververzadiging met MgO kan leiden tot de aanwezigheid van magnesiumfosfaten en andere magnesiumhoudende precipitaten (b.v. MgO, Mg(OH)₂ en MgCO₃). Gegevens over de gehalten aan organische stof ontbreken doorgaans. Pogingen om de waardegevende bestanddelen in samenhang te brengen met de processen waarmee struviet geproduceerd kan worden en die gegeven zijn in bijlage 2, hebben onvoldoende resultaat gegeven.

4.2.2 Landbouwkundige werkzaamheid

Struviet is een bron van ammoniumstikstof, magnesium en fosfaat; kaliumstruviet is een bron van magnesium, kalium en fosfaat. De mengvormen die bestaan bieden meer of minder van deze nutriënten aan en daarnaast kunnen natrium en calcium aanwezig zijn.

De landbouwkundige werkzaamheid van struviet wordt feitelijk door zes hoofdfactoren bepaald:

1. De chemische vorm;
2. De korrelgrootteverdeling;
3. De hoogte van de gift;
4. De wijze van bemesting, d.w.z., breedwerpig versus plaatsing in de rij, oppervlakkig versus gemengd door de bovengrond;
5. Het tijdstip van bemesting; en
6. Het bodemtype, de fosfaattoestand en het geteelde gewas.

In een zuivere struvietvorm komen ammoniumstikstof, magnesium en fosfaat in een vaste mol-verhouding voor (1:1:1). Paragraaf 4.2.1 wijst uit dat deze ideale vorm van struviet niet vaak gerealiseerd wordt. Die variatie is overigens op zich geen belemmering bij toepassing als meststof, mits de gebruiker de feitelijke samenstelling en werkzaamheid kent. In paragraaf 3.2. is de eigenschap gemeld dat struviet ontleedt als het mineraal verwarmd wordt. Deze eigenschap blijkt bij beschouwing van de literatuur over de landbouwkundige werkzaamheid van struviet nogal eens buiten beeld gehouden te worden. Het is daardoor onduidelijk of gepubliceerde gegevens daadwerkelijk betrekking hebben op struviet dan wel op fosfaatvormen die ontstaan als (partieel) ammoniumstikstof is afgedampt waardoor (deels) slecht in wateroplosbare fosfaatvormen ontstaan. Een tweede aspect is de verschijningsvorm van struviet. Er zijn namelijk verschillende verschijningsvormen van struviet (Foto 1).

⁹ Een in Duitsland gehanteerd begrip voor fosfaten die uit afvalstromen worden gewonnen. Hier betreft het struviet.



Foto 1. Enkele voorbeelden van verschijningsvormen van struviet. Links: Crystal Green van het Ostaraproces; Midden: Struviet van het Phospaqproces van Olburgen; Rechts: Struviet van het Saniphosproces (moeders voor moeders).

Voor de snelheid waarmee een struviet of een ander mineraal tot werking komt, is de deeltjesgrootte belangrijk, vooral als het mineraal relatief slecht oplosbaar is in water. De beschikbaarheid voor opname van fosfaat door het gewas neemt dan af. Een goed wateroplosbaar mineraal komt in korrelvorm goed beschikbaar voor het gewas. Slecht oplosbare minerale zouten (bv. hydroxy-apatiet, farringtoniet) dienen als poeder te worden toegediend. Ook slecht in water oplosbare poeders kunnen in korrelvorm worden toegediend, mits die korrel makkelijk uiteenvalt zodra bevochtiging optreedt. De deeltjesgrootte van struviet verschilt. Bij het PEARL-proces kan de korrelgrootte van de geprecipiteerde struvieten gestuurd worden, bij andere processen vindt sturing indirect of niet plaats. Via zeven kan op deeltjesgrootte geselecteerd worden.

De pH is vaak sturend bij de snelheid waarmee struviet tot werking komt. Naarmate de bodem (substraat) zuurder is, komt struviet sneller tot werking. Onder alkalische omstandigheden komt struviet traag tot werking. Struvieten kunnen nevenbestanddelen bevatten die een zuur neutraliserende werking hebben, bv. omdat er een overmaat MgO aanwezig is of $Mg(OH)_2$. Een dergelijk kalkrijk milieu vertraagt de snelheid waarmee struviet tot werking komt.

Bovenstaande noties worden meegegeven omdat de literatuur over de landbouwkundige werkzaamheid van struviet niet eenduidig is qua snelheid waarmee struviet tot werking komt. Dat wordt toegeschreven aan de voorbehandeling, het voorkomen van andere fosfaatprecipitaten naast struviet en daarnaast aan de proeftechniek waarmee de landbouwkundige werkzaamheid werd bepaald. Vaak wordt die landbouwkundige werkzaamheid bepaald door een vergelijking uit te voeren met een referentiemeststof waarvan de werking landbouwkundig goed bekend is. Daarnaast zijn er verschillende indicatoren in gebruik die de mate van werking van een meststof (efficiëntie) kwantificeren (Oenema *et al.*, 2012).

Johnston en Richards (2003) toetsten de landbouwkundige werkzaamheid van een aantal synthetisch vervaardigde struvieten en een aantal struvieten afkomstig van RWZI's en AWZI's. Zij stelden vast dat struviet een aan monocalciumfosfaat gelijke fosfaatwerking heeft. Monocalciumfosfaat is de chemische vorm van het fosfaat in tripelsuperfosfaat.

Ganrot *et al.* (2007) en Ganrot *et al.* (2008) rapporteerden klimaatkamerexperimenten met zand en tarwe met een groeiduur van 21 dagen respectievelijk 10 – 30 dagen. Bij een suboptimale stikstofvoorziening werd een relatief langzame werking van struviet gevonden.

González-Ponce *et al.* (2009) vonden een betere landbouwkundige werkzaamheid van struviet dan van superfosfaat bij kropsla. Voor stikstof en kalium was gecompenseerd, d.w.z. dat giften bij alle behandelingen identiek waren. Met struviet werd echter meer magnesium toegediend. González-Ponce *et al.* (2009) verklaarden de betere werking van struviet uit de hogere magnesiumgift.

Kern *et al.* (2008) rapporteerden over een potexperiment met zand – perliet substraat en tarwe en maïs als toetsgewassen. In dat experiment werd respectievelijk 67% en 86% van het toegediende fosfaat uit struviet werd opgenomen. Deze zeer hoge uitbatingspercentages worden enkel in experimenten met kunstmatige substraten vastgesteld.

Tabel 1.

Waardegevende bestanddelen van struviet in g per kg product (product) of in gram per kg drogestof (drogestof) met referentie (Ref¹).

Reststroom	Eenheid	N	P ₂ O ₅	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	CaO	Ref.
Theoretisch NH ₄ MgPO ₄ ·6H ₂ O	product	57,0	289,0	164,2	*	*	*	1
Laboratorium, synthetische urine, kristallijn precipitatie product	drogestof	*	577,9	283,0	76,3	*	9,0	2
Laboratorium, menselijke urine, kristallijn precipitatie product	drogestof	*	476,6	353,4	105,0	*	6,7	2
Laboratorium, menselijke urine, amorf precipitatieproduct	drogestof	*	417,6	381,4	72,7	*	65,0	2
Laboratorium, synthese product	product	*	293,1	*	*	*	*	3
Laboratorium, synthese product	product	*	306,9	*	*	*	*	3
RWZI, Unitika process, Japan	product	*	295,4	*	*	*	*	3
RWZI, Unitika process, Japan	product	*	293,1	*	*	*	*	3
AWZI, verwerking maïsweekwater	product	*	300,0	*	*	*	*	3
RWZI, zeewater als Mg-bron	product	*	293,1	*	*	*	*	3
AWZI, verwerking afvalwater verfindustrie	product	*	190,1	*	*	*	*	3
AWZI, K struviet van SMG	product	*	196,9	*	*	*	*	3
RWZI, spontaan gevormd Berlin Wasser Betriebe	product	*	284,0	*	*	*	*	3
RWZI, niet gewassen struviet van anaeroob behandelde zuiveringsslib	product	28,0	139,9	130,0	2,7	*	*	4
RWZI, struviet als secundärphosphate, zuiveringsslib, gemiddelde	drogestof	11,8	212,7	251,9	*	*	*	5
RWZI, struviet als secundärphosphate, zuiveringsslib, mediaan	drogestof	10,1	194,7	245,4	*	*	*	5
RWZI, struviet als secundärphosphate, zuiveringsslib, minimum	drogestof	1,0	123,7	31,5	*	*	*	5
RWZI, struviet als secundärphosphate, zuiveringsslib, maximum	drogestof	30,3	357,2	696,4	*	*	*	5
RWZI, struviet	product	57,0	290,8	162,5	*	*	*	7
AWZI, afvalwater vuilstort	product	46,2	245,5	279,0	1,3	*	0,8	8
Laboratorium, uit effluent van anaeroob afbraak zuiveringsslib	product	61,0	338,9	200,7	9,6	33,7	1,4	9
Laboratorium, struviet van toiletwater (black water)	drogestof	53,8	272,7	177,1	4,9	11,5	19,2	10
Laboratorium, struviet van urine	drogestof	52,6	267,0	231,6	2,9	6,9	13,4	10
Laboratorium, as van zuiveringsslib, behandeling met salpeterzuur en verwijdering van zware	drogestof	55,3	280,4	159,2	*	*	*	11
Pilot, RWZI	product	54,0	274,8	154,5	2,4	53,9	2,8	12
Pilot, RWZI	product	34,0	352,7	315,0	8,4	13,5	22,4	12

¹ Ref.:Referenties voor tabel 1 en tabel 2: 1 CRC Handbook of Chemistry and Physics; 2 Lind *et al.* (2000); 3 Johnston & Richards (2003); 4 Kern *et al.* (2008); 5 Montag *et al.* (2009) gebaseerd op 33 monsters; 6 Moerman *et al.* (2009); 7 Ueno & Fujii (2010); 8 Di Iaconi *et al.* (2010); 9 Fischer *et al.* (2011); 10 Gell *et al.* (2011); 11 Xu *et al.* (2012); 12. Bisschops *et al.* (2010); Ronteltap *et al.* (2007).

² *: niet bekend

Tabel 2.

Gehalten aan zware metalen en arseen in struviet met referentie (Ref.).

Reststroom	Eenheid	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	Ref.
RWZI, niet gewassen struviet van anaeroob behandelde zuiveringsslib	mg per kg product	<0,6	42	160	<1	19	44	340	*	4
RWZI, struviet als <i>Secundärphosphate</i> , zuiveringsslib, gemiddelde	mg per kg drogestof	1,76	12	93	*	10	13	403	*	5
RWZI, struviet als <i>Secundärphosphate</i> , zuiveringsslib, mediaan	mg per kg drogestof	0,5	10	76	*	6,7	10,3	384	*	5
RWZI, struviet als <i>Secundärphosphate</i> , zuiveringsslib, minimum	mg per kg drogestof	0,03	0,75	4	*	0,39	0,93	17	*	5
RWZI, struviet als <i>Secundärphosphate</i> , zuiveringsslib, maximum	mg per kg drogestof	14	31	235	*	30	49	921	*	5
RWZI, struviet	mg per kg drogestof	0,2	3	21	1	3	10	1		6
RWZI, struviet	mg per kg product	0,06	nd	Nd	nd	Nd	nd	nd	0,48	7
AWZI, afvalwater vuilstort	mg per kg product	Nd	15	Nd	*	45	nd	7		8
Laboratorium, uit effluent van anaerobe afbraak zuiveringsslib	mg per kg product			2						9
Laboratorium, struviet van toiletwater (black water)	mg per kg P ₂ O ₅	<4	<4	134	*	<2	<59	<59	<24	10
Laboratorium, struviet van urine	mg per kg P ₂ O ₅	<6	<6	336	*	<6	<81	841	<42	10
Laboratorium, as van zuiveringsslib na extractie met salpeterzuur en na verwijdering van zware metalen	drogestof			260-360				150-800		11
Laboratorium, bron gescheiden urine	mg per kg P ₂ O ₅	0,11	0,05	0,18	*	0,05	0,14	*	0,11	13

Voor referenties, zie voetnoot bij tabel 1.

*: geen opgave

Römer (2006) stelde eenzelfde werking van struviet vast ten opzichte van monocalciumfosfaat bij een klimaatkamerexperiment met rogge en een groeiperiode van 21 dagen.

Gell *et al.* (2011) toetsten de landbouwkundige werkzaamheid van struviet gemaakt van toiletwater en van urine, en vergeleken die gevonden werkzaamheid met die welke in 18 publicaties werd gerapporteerd. Gell *et al.* (2011) concludeerden dat struviet een werking had die vergelijkbaar was met die van goed-oplosbare minerale fosfaatmeststof. Hun uitwerking van gerapporteerde gegevens leidt tot een werkingscoëfficiënt (dit is de werking van struviet t.o.v. de referentiemeststof op basis van de opbrengstreactie in procenten bij gelijke fosfaatgift) of een uitbatingspercentage (dit is de werking van struviet t.o.v. de referentiemeststof op basis van de fosfaatopname in procenten bij gelijke fosfaatgift) van 100%. Er werden geen negatieve effecten van het gebruik van struviet als meststof gerapporteerd. Niet is altijd duidelijk of de gerapporteerde verhoging in opbrengst door fosfaat dan wel door magnesium of stikstof werd gerealiseerd. Gell *et al.* (2011) wijzen erop dat bij veeljarig gebruik van struviet meer magnesium aangevoerd wordt dan een gewas gemiddeld afvoert. Dat zou kunnen resulteren in een niet efficiënt en duurzaam gebruik van magnesium.

4.3 Contaminanten gereguleerd door de Meststoffenwet

4.3.1 Zware metalen en arseen

Gegevens over zware metalen en arseen worden in de literatuur aangetroffen. Samenhang met waardegevendende bestanddelen is doorgaans niet aan te brengen. Tabel 2 (vorige pagina) geeft een overzicht van de gegevens die over zware metalen en arseen aangetroffen zijn.

Montag *et al.* (2009) geven inzicht in de spreiding die voor kan komen. Er is een breed bereik in gehalten bij 33 monsters struviet. De mediaan is systematisch lager; er is sprake van een scheve verdeling. Zwaarder belaste struvieten komen minder vaak voor dan minder belaste struvieten.

4.3.2 Organische microverontreinigingen

Gegevens over organische microverontreinigingen die door de Meststoffenwet worden gereguleerd, zijn nauwelijks getraceerd.

Montag *et al.* (2009) geven een gemiddelde waarde voor EOX van 84,4 mg/kg drogestof. Voor chryseen en benzo(a)pyreen worden gemiddelde waarden van respectievelijk 0,025 en 0,020 mg/drogestof gegeven; de gemiddelde waarde voor de ΣPAK's 10 (EU) is kleiner dan 0,254 mg/kg drogestof, de gemiddelde waarde voor ΣPAK's 16 (EPA) is kleiner dan 0,390 mg/kg drogestof. Als gemiddelde waarde voor fosfaat wordt 226,7 g P₂O₅/kg drogestof opgegeven. Deze waarden liggen onder de criteria gegeven in tabel II van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Montag *et al.* (2009) geven aan dat de belasting van deze fosfaten lager is dan die van het zuiveringsslib waaruit zij werden teruggewonnen.

Gell *et al.* (2011) concludeerden op basis van literatuurgegevens van de samenstelling van urine in Zweden, Canada en Italië dat belasting van struviet van communaal afvalwater met door de Nederlandse Meststoffenwet aangegeven organische microverontreinigingen geen aandachtspunt is. Herleiding van deze contaminanten op basis van fosfaat leverde veel lagere waarden op dan in tabel 4 van bijlage II van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet staan.

4.3.3 Overige organische microverontreinigingen

Informatie over de belasting met residuen van gewasbeschermingsmiddelen en biociden is niet aangetroffen. Wel wordt over andere verontreinigingen gerapporteerd.

Musken en muskusverbindingen, organotinverbindingen en surfactanten

Montag *et al.* (2009) geven voor struviet gemiddelden op voor muskusverbindingen en musken¹⁰, organotinverbindingen en surfactanten. Voor muskusverbindingen en musken worden gemiddelde waarden lager dan 0,05 mg/kg drogestof gerapporteerd, voor organotinverbindingen worden detectiegrenzen (<0,010 mg/kg drogestof) gerapporteerd; voor dibutyltin en tetrabutyltin worden waarden van respectievelijk 0,013 en 0,022 mg/kg drogestof gegeven. De surfactanten (lineaire alkylbezonylsulfonaten (LAS), nonylfenol en nonylfenolethoxylaten) werden gerapporteerd met gemiddelde waarden van respectievelijk 0,010, 0,51 en 3,2 mg/kg drogestof.

Residuen van geneesmiddelen

Gegevens over residuen van geneesmiddelen worden wel gegeven. Veelal betreft het verkennend onderzoek, waarbij in het laboratorium onderzocht wordt of bij precipitatie van struviet residuen van medicijnen in het precipitaat terecht komen.

Montag *et al.* (2009) rapporteerden op basis van verkennend laboratoriumonderzoek dat bij precipitatie van struviet in de regel minder dan 0,1% van de residuen van geneesmiddelen¹¹ in het struvietproduct voorkwam.

Escher *et al.* (2006) onderzochten verschillende technologieën om aan de bron gescheiden urine te verwerken met het oogmerk om nutriënten te herwinnen. Daartoe werd de urine verrijkt met een mengsel van farmaceutische producten¹². Eén ervan was struvietprecipitatie dat gewassen werd. Uit hun laboratoriumonderzoek concludeerden zij dat precipitatie van struviet een 'schoon en onverdachte' meststof leverde. Op basis van chlorofyl-fluorescentie testen met algen en een recombinant estrogeen screening test met gist werd vastgesteld dat 97±2% van de farmaceutische producten en 98±2% van de estrogene verbindingen in hun effect werden gereduceerd. Alle niet-steroïde verbindingen werden effectief verwijderd (>99% effectreductie). Hun onderzoek diende echter niet het doel om uitsluitsel te geven of de geproduceerde meststof een ecotoxicologisch risico zou kunnen vormen; dat dient naar hun opvatting elders onderzocht te worden. Hun studie wijst uit dat verschillende afvalwaterverwerkingsprocessen onderscheidend zijn in de mate waarin microverontreinigingen verwijderd kunnen worden.

Ronteltap *et al.* (2007) verrijkten bron-gescheiden urine met mengsels van farmaceutische producten¹³. Massabalansen wezen uit dat 94,7-100% van de onderzochte farmaceutische producten in oplossing bleef en daardoor niet het struviet belastte. Door struviet te wassen werd het struviet iets schoner: 0-1,2% van het residu van de farmaceutische producten werd daardoor alsnog verwijderd uit struviet.

Bij biologische zuivering van toiletwater worden niet alle resten van farmaceutische producten¹⁴ volledig afgebroken, hetgeen een aanvullende fysisch-chemische behandeling nodig maakt (De Graaff, 2010).

Schürmann *et al.* (2012) adviseerden om struviet van gescheiden communaal afvalwaterverwerking (urinoirs, die geen water verbruiken en NoMix toiletten) te wassen. In het gewassen product werden geen sporen van farmaceutische producten¹⁵ en pathogenen aangetroffen.

¹⁰ DPMI, ADBI, AHMI, ATIT, AHTIN, HHCB, musk xylol (MX), musk keton (MK)

¹¹ cefuroxim, nebivolol, omeprazol, diclofenac, metoprolol, hydrochlorothiazide en tamoxifen.

¹² carbamazepine, diclofenac, ibuprofen, propranolol, sulfamethoxazole;

¹³ In twee series proeven respectievelijk een mengsel van propranolol, estron, estradiol, ethinylestradiol en een mengsel van propranolol, ibuprofen, diclofenac en carbamazepine;

¹⁴ Anaerobe afbraak leidt wel tot volledige afbraak van paracetamol maar metoprolol en ibuprofen worden niet volledig afgebroken. Diclofenac, carbamazepine en cetirizine worden niet verwijderd;

¹⁵ ibuprofen, tramadol, diclofenac, sulfadimidine, chloroquine, carbamazepine, metoprolol, bisoprolol;

Kemacheevakul *et al.* (2012) maakten struviet van synthetische urine en menselijke urine die verrijkt was met een mengsel van tien farmaceutische producten¹⁶. Tetracycline, erytromycine en norfloxacin werden teruggevonden in de struvieten, overige farmaceutische producten werden niet meetbaar in de struvieten teruggevonden. Voor tetracycline is er een aanwijzing dat wel ophoping plaats vindt in struviet (Udert *et al.*, 2006). Tetracyclines worden veel gebruikt in de veehouderij en kunnen daardoor een rol spelen bij struviet van dierlijke mest¹⁷.

4.3.4 Microbiële belasting/pathogenen en sanitatie

Afvalwater dat als grondstof gebruikt wordt, kan (micro)-organismen bevatten die overgedragen worden aan struviet. Struviet kan net als zuiveringsslib pathogenen bevatten. Bij zuiveringsslib gelden generieke criteria voor afdoding van pathogenen¹⁸. De Meststoffenwet maakt geen onderscheid tussen zuiveringsslib dat afkomstig is van een RWZI of van een AWZI.

Udert *et al.* (2006) concludeerden uit hun literatuuronderzoek dat de duur van de opslag van urine een wisselend effect had op de afdoding van micro-organismen. Veel organismen¹⁹ sterven in enkele dagen af in bron-gescheiden urine; anderen²⁰ na enkele weken. Faecale streptococci werden pas over een periode van weken tot maanden inactief. Na maanden van opslag waren bacteriën van het geslacht *Clostridium* en eieren van de parasitaire nematode *Ascaris suum* onvoldoende afgedood. *Clostridium* is een geslacht van obligaat anaerobe bacteriën. De meeste pathogene micro-organismen worden geëlimineerd door een verhoging van de pH (Udert *et al.*, 2006).

Decrey *et al.* (2011) onderzochten of virussen (faag Φ X174) en eieren van een parasitaire nematode (*Ascaris suum*) van afvalwater overgedragen kan worden aan struviet. Ook het effect van drogen bij temperaturen van 5-35°C werd onderzocht evenals het effect van blootstelling van struviet aan zonlicht. Decrey *et al.* (2011) concludeerden dat beide signaalorganismen in struviet voorkomen. De eieren van de parasitaire nematoden kwamen vooral in struviet voor, hetgeen toegeschreven werd aan de filtratiestap. Drogen bij gegeven lage temperaturen verlaagde wel de activiteit maar leidde evenmin tot volledige afdoding. Ook blootstelling aan zonlicht leverde geen volledige afdoding.

4.3.5 Conclusies

Struviet kan door herkomst en productiewijze (sterk) verschillen in samenstelling. Daardoor zal struviet in het algemeen niet aan de verhandelingsvoorschriften en algemene eisen van de Meststoffenwet (uitvoeringsbesluit Meststoffenwet en uitvoeringsregeling Meststoffenwet) kunnen voldoen. Het fosfaatgehalte en het magnesiumgehalte van de struvieten zal voldoen aan gestelde landbouwkundige eisen, maar het stikstofgehalte vaak niet. De belasting van struviet met contaminanten is afhankelijk van de gezuiverde afvalwaterstroom en het productieproces. Generiek is struviet daardoor niet gelijk te stellen aan een overige anorganische meststof. Deze conclusies worden verder uitgewerkt in hoofdstuk 6.

¹⁶ Amoxicilline, carbamazepine, erythromycine, furosemide, atenolol, ibuprofen, norfloxacin, trimethoprim, tetracycline, acetylsalicylzuur en het hormoon 17 β -estradiol;

¹⁷ Mededeling RIVM;

¹⁸ Uitvoeringsbesluit, Artikel 16. Zuiveringsslib is behandeld langs biologische, chemische of thermische weg, door langdurige opslag of volgens enig ander geschikt procédé, dat tot gevolg heeft dat het grootste deel van de in het zuiveringsslib aanwezige pathogene organismen afsterft

¹⁹ Gram-negatieve bacteriën: *Aeromonas hydrophila*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella senftenberg*, *Salmonella typhimurium*);

²⁰ Rhesus rotavirus, *Salmonella typhimurium* phage 28B, oöcyten van pathogene protozo *Cryptosporidium parvum*.

5 Consultatie van stakeholders

5.1 Interviews

Er zijn acht interviews gehouden met onderzoekers bij kennisinstellingen, standorganisatie en experts bij adviesbureaus allen met expertise over de productie van struviet (stakeholders). De interviews dienden om de stand van zaken rond terugwinning van struviet in Nederland in beeld te brengen en in het bijzonder om gegevens te verzamelen die een beoordeling conform het Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet, versie 2.1 (Van Dijk *et al.*, 2009) mogelijk te maken. Daarnaast zijn stakeholders gevraagd om een prognose te geven over toekomstige ontwikkelingen en aan te geven welke knelpunten zij ervaren bij de mogelijkheden om struviet te kunnen terugwinnen.

5.1.1 Gegevensverzameling

Uit de interviews blijkt dat terugwinning van fosfaat door middel van struvietprecipitatie brede belangstelling heeft. Veel initiatieven zijn in uitvoering genomen. Een aantal is gerealiseerd. Bij AWZI zijn struvietreactoren operationeel bij twee installaties die aardappelproceswater verwerken. Bij vijf RWZI's wordt struviet gewonnen.

Naast struvietwinning wordt ook fosfaat teruggewonnen bij RWZI's door middel van precipitatie als calciumfosfaat. Bij een RWZI is deze route nog operationeel, bij twee RWZI's is deze route gestaakt i.v.m. afzetproblemen. Er was geen markt voor toepassing als meststof of als grondstof voor de productie als meststof. Ook andere verwerkingsroutes, bv. als grondstof voor de productie van fosforzuur, kwamen niet in beeld. Bij de nog operationele RWZI wordt het calciumfosfaat met slib verbrand. Het materiaal voldoet niet aan specificaties voor hergebruik als grondstof voor kunstmestproductie.

Gegevensverzameling over samenstellingen van struviet om de kwaliteit als meststof te beoordelen, wordt belemmerd door onbekendheid bij geconsulteerden met eisen die de landbouw aan meststoffen stelt en in het bijzonder aan wettelijk voorgeschreven bepalingen (hetzij voortkomend uit EG verordening 2003/2003; hetzij voorgeschreven door de Meststoffenwet). Omdat niet bekend is welke eisen gelden, heeft ook geen monitoring van de kwaliteit van struviet op deze eisen plaatsgevonden. Analyses van residuen van geneesmiddelen heeft aandacht maar de analysemethoden zijn nog onvoldoende ontwikkeld om op routinematige basis te betrekken bij monitoring op kwaliteit. Gegevens over de samenstelling van struviet zijn dan ook schaars. STOWA (Cora Uijterlinde) heeft gefaciliteerd door een enquête onder RWZI's te houden om de stand van zaken rond terugwinning van fosfaat in beeld te krijgen. De verstrekte informatie is samengevat. Informatie over de samenstelling van geproduceerd struviet is niet beschikbaar gekomen. Er zijn twee uitzonderingen. Er is afdoende informatie beschikbaar van het struviet dat vrijkomt bij de verwerking van aardappelproceswater en ook over het kaliumstruviet dat vrijkomt bij de verwerking van kalverenmest. De verstrekte gegevens zijn voor de waardegevende bestanddelen samengevat in tabel 3 en voor de contaminanten in tabel 4.

Op dit moment komt in Nederland circa 0,210 kton P²¹ per jaar als struviet vrij. In 2009 werd in Nederland 4 kton P als kunstmest toegepast en kwam 76 kton P vrij met dierlijke mest (Olsthoorn en Fong, 2012). Ten opzichte van het gebruik van P als kunstmest is de hoeveelheid P in struviet ruim 5%. De hoeveelheid valt weg in vergelijking tot die welke met dierlijke mest vrijkomt (~0,3%). De prognoses voor de productie van deze vorm van groen fosfaat zijn optimistisch. Als alle beoogde initiatieven gerealiseerd worden, dan is volgens opgave van verschillende stakeholders in potentie een productie van 9 kton P²² per jaar mogelijk. Het is niet waarschijnlijk dat dit volume snel gerealiseerd zal worden. Bij RWZI's bedraagt namelijk het totaal volume circa 12 kton P per jaar in zuiveringsslub. Slechts een deel daarvan, naar raming 40%, kan via een precipitatieproces herwonnen worden (pers.

²¹ Dit is circa 480 ton fosfaat (P₂O₅)/jaar

²² Dit is circa 20 kton fosfaat/jaar

comm. Cora Uyterlinde, STOWA). Een belangrijk deel van het fosfor blijft dus in het slib achter. Een bijgestelde realistische verwachting is dan dat 2,5 kton P als struviet teruggewonnen kan worden. Ten opzichte van de hoeveelheid fosfor die met mest in Nederland aanwezig is, is deze hoeveelheid heel bescheiden; ten opzichte van het kunstmestgebruik, is de hoeveelheid aanzienlijk te noemen. Struviet zal concurreren met kunstmeststoffen. Voor deze studie is niet onderzocht of er een markt voor struviet is.

De samenstelling van de waardegevende bestanddelen geeft een divers beeld (Tabel 3). Er wordt soms meer fosfaat in het struviet aangetroffen dan theoretisch past bij magnesiumammoniumfosfaat, ook lagere gehalten komen voor. Alleen bij het struviet van verwerking van aardappelproceswater en bij de kaliumstruviet zijn analyses op waardegevende bestanddelen volledig. Bij de kaliumstruviet is er sprake van een wisselende overdosering met MgO.

Gegevens over de belasting met zware metalen en arseen ontbreken voor veel struvieten (Tabel 4). Tabel 4 toont analyseresultaten voor vier struvieten, waarvan er twee afkomstig zijn van kaliumstruviet.

Gegevens over de belasting met andere contaminanten (organische contaminanten aangewezen door de Meststoffenwet en overige organische contaminanten niet door de Meststoffenwet aangewezen) zijn niet beschikbaar, eenvoudigweg omdat hierop niet geanalyseerd wordt. Analyses op residuen van geneesmiddelen hebben wel de aandacht. Analysemethoden zijn in ontwikkeling. Voor research doeleinden zijn er methoden beschikbaar, maar deze zijn nog niet effectief geïmplementeerd in protocollen voor routinematige analyses.

5.1.2 Knelpunten

Stakeholders signaleren verschillende knelpunten met betrekking tot regelgeving en in mindere mate tot markt en het proces van struvietprecipitatie. Gesignaleerde knelpunten worden hier samengevat, gebaseerd op de verslagen gegeven in bijlage 4.

Regelgeving

Procedure om afval- of reststof in bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet opgenomen te krijgen duurt veel te lang en is veel langer dan de opgegeven 13 weken.

Tijdens deze procedure is het niet of nauwelijks mogelijk om contact te krijgen met de Rijksoverheid. Dienst Regelingen is nauwelijks bereikbaar. Het LNV-loket heeft onvoldoende informatie om te delen.

De aanvrager wordt niet (of anders zeer laat) geïnformeerd over het besluit betreffende de aanvraag.

Bij opname van een afvalstof in bijlage Aa wordt een te ingeperkte omschrijving voorgeschreven, waardoor in de praktijk de toelating zodanig beperkt wordt dat deze slechts voor een aantal aardappelverwerkers geldt. Andere aardappelverwerkende industrieën hanteren andere productieprocessen die niet aan deze omschrijving kunnen voldoen. Het verzoek gold een bredere toepassing.

Het gebruik van struviet als grondstof voor de productie als meststof is niet toegelaten.

Regelgeving voor toelating is onduidelijk voor leveranciers, afnemers, producenten, adviseurs en beleidsmedewerkers en wijkt sterk af van die van omliggende landen.

Regelgeving is gericht op de input van grond- en hulpstoffen en zou juist eisen moeten stellen aan struviet als output.

Het is niet duidelijk welke eisen de Rijksoverheid stelt aan struviet om het product te mogen toepassen als meststof.

Kaliumstruviet wordt van dierlijke mest gemaakt. De bepalingen van de Nitraatrichtlijn leiden tot het stempel dierlijke mest. Kaliumstruviet wordt daarom als dierlijke mest, inclusief vervoersbewijzen, afgezet.

Tabel 3.

Samenstelling van struviet naar waardegevende bestanddelen. De gegeven waarden en bereik zijn beschikbaar gesteld door stakeholders bij de interviews.

Type	Verwerkte afvalstroom	Mg-bron	Volume, ton/jaar		Waardegevende bestanddelen								Bron		
			Huidig	Toekomst	Eenheid	DS	OS	N	NH ₄ -N	Norg	P ₂ O ₅	MgO		K ₂ O	
RWZI	Communaal afvalwater, AIRPREX,	MgCl ₂	Pilot	*	g/kg product					27		144	83		Veltman, 2012
RWZI	Communaal afvalwater	diverse	Ca. 850	veelvoud	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Enquête STOWA
AWZI	Proceswater aardappelverwerkende industrie, op termijn proceswater van suikerbiet- en cichoreiwortel verwerkende industrie en mogelijk andere reststromen van gewasverwerkende industrieën.	MgO	1000	veelvoud	g/kg ds	*	Aanwezig, geen meetwaarde	50-75	*	*	285-370	170-220	*	Cosun	
RWZI	Communaal afvalwater, Anphos	Magnesium (hydr)oxide	500 (40% ds)	veelvoud (tot 5000 ton/installatie)	g/kg product	358	65	35,38	34,97	0,40	177,75	108	1,1	Colsen	
AWZI	Reststromen VGI	Magnesium (hydr)oxide	135	965	g/kg product	465	39	*	*	*	300,5	3,2	36,5	Colsen	
RWZI	Bron gescheiden urine, communaal	MgO, MgCl ₂ of Mg(OH) ₂	2-2,5	10000	g/kg product	*	*	5,4	*	*	274,8	154,5	2	GMB	
RWZI	Bron gescheiden urine, communaal	MgO, MgCl ₂ of Mg(OH) ₂	2-2,5	10000	g/kg product	*	*	3,4	*	*	352,7	315,0	7	GMB	
AWZI	Kalverenmest	MgO	250 (40% ds)	2000	g/kg product	454 (391-526)	16 (TOC)	8,0 (6,8-11,2)	*	*	135,3 (119,0-168,0)	132,3 (89,0-210,0)	57,7 (51,0-78,0)	SMG	

Tabel 4.

Samenstelling van struviet over contaminanten, opgegeven waarde of bereik beschikbaar gesteld bij interviews. Alle struvieten betreffen magnesiumammoniumfosfaat met uitzondering van de magnesiumkaliumstruviet (kaliumstruviet) dat van kalverenmest gemaakt wordt.

Type	Verwerkte afvalstroom	Contaminanten									Bron
		Eenheid	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As	
RWZI	Communaal afvalwater, AIRPREX,	mg/kg ds Duitse gegevens AIRPREX	1,3	34	264	1,1	46	23	862	*	Veltman, 2012
RWZI	Communaal afvalwater	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Enquête STOWA
AWZI	Proceswater aardappelverwerkende industrie, op termijn proceswater van suikerbiet- en cichoreiwortel verwerkende industrie en mogelijk andere restromen van gewas verwerkende industrieën.	mg/kg P ₂ O ₅	1,6-3,5	29-58	70-130	<0,5	14-18	0-7	330-690	0-2,3	Cosun
RWZI	Communaal afvalwater, Anphos	mg/kg drogestof	<0,4	*	<5,0	<0,05	<3,0	<5,0	<5,0	<10	Colsen
AWZI	Reststromen VGI	*	*	*	*	*	*	*	*	*	Colsen
RWZI	Bron gescheiden urine, communaal	*	*	*	*	*	*	*	*	*	GMB
RWZI	Bron gescheiden urine, communaal	*	*	*	*	*	*	*	*	*	GMB
AWZI	Kalverenmest (kaliumstruviet)	mg/kg	<1	2	4,6	<0,1	2	<2	59	<2	SMG

Verwerking van afval valt niet onder bepalingen van REACH zij het dat een gerecyclede stof wel door REACH aangemerkt kan worden als stof en daardoor registratieplichtig kan worden. Kaliumstruviet is echter niet aangemeld onder de bepalingen van REACH.

De toelating van meerdere vormen van struviet en andere gerecyclede fosfaatmeststoffen is gewenst. Als deze toelating niet wordt vergezeld van een regelgeving die de ophoping van residuen van geneesmiddelen, hormonen en gewasbeschermingsmiddelen op de akkers en in de akkerbouwproducten voorkomt, dan kan dit grote gezondheidsproblemen veroorzaken. Als de regelgeving niet duidelijk en transparant zal zijn, dan zal de toepassing zeer beperkt blijven.

Thermphos kan het kaliumstruviet accepteren als het product wordt bestempeld tot afvalproduct. Het kan dan een Euralcode verkrijgen en onder die specifieke Euralcode door Thermphos worden geaccepteerd. Thermphos²³ is namelijk geen mestverwerker en kaliumstruviet van SMG wordt door de overheid beschouwd als dierlijke mest.

Welke eisen (maximumgehalten) stelt of gaat de Nederlandse overheid stellen aan niet in de Meststoffenwet genoemde stoffen (medicijnresten, pathogenen, etc.)?

Waarom hanteren buurlanden andere normen voor toelating als meststof?

Markt

Welke samenstelling struviet heeft, is nog onduidelijk. Wat zijn de minimale gehalten aan fosfaat/magnesium en ammonium-N, wat zijn de maximale gehalten aan bijvoorbeeld organische stof.

Er is behoefte aan een impuls die de afzet ondersteunt van grondstoffen die duurzaam zijn geproduceerd en de zelfvoorziening van Europa onderbouwen. Hier wordt van de overheid een bijdrage gevraagd, bijvoorbeeld in rol van regelgever en/of in de rol van afnemer.

De prijs voor teruggewonnen fosfaat (struviet) uit communaal afvalwater is te laag, een hogere is nodig voor renderende terugwinning.

Proces

Er bestaat geen doorrekenmodel om na te gaan hoeveel van de input in een zuiverings- en/of vergistingsproces terecht komt in de output. Als voorbeeld wordt genoemd dat zware metalen niet overgedragen worden naar struviet.

5.2 Workshop

Op 1 maart 2013 is een concept advies van de CDM besproken tijdens een informele workshop. Het programma en de lijst met deelnemers wordt gegeven in bijlage 5. In deze paragraaf worden de onderwerpen gegeven die discussie te weeg brachten. Deze discussiepunten plaatsen het wetenschappelijk-technisch inhoudelijke CDM advies in een breder kader.

Bij de workshop is informatie gedeeld over de doelstelling en de reikwijdte van de Meststoffenwet en in het bijzonder hoe vrije verhandeling van meststoffen gereguleerd worden. Ook is kort ingegaan op ontwikkelingen die in EU-verband plaatsvinden met betrekking tot Verordening (EG) nr. 2003/2003 inzake meststoffen (meststoffenverordening). Daarnaast zijn – met name bij RWZI's - ontwikkelingen in beeld gebracht die fosfaatterugwinning in toenemende mate zullen faciliteren.

Reacties op het concept advies waren verschillend. In het volgende worden deze reactie gerubriceerd naar proces-technische aspecten, cradle-to-cradle (C2C), wet- en regelgeving, contaminanten en pathogenen.

Door alle aanwezige partijen worden hergebruiksmogelijkheden van fosfaat van groot belang geacht.

²³ Thermphos is op 21-11-2012 failliet verklaard. Deze verwerkingsroute van struviet is nu niet meer mogelijk.

Techniek

De aard en samenstelling van de afvalstroom of de processtroom is belangrijker voor de kwaliteit en samenstelling van struviet dan de procestechneek. De techniek is daaraan van ondergeschikt belang. Eenzelfde techniek levert bij verschillende afvalstromen verschillende kwaliteiten (chemisch, fysisch, biologisch). De focus dient daarom op de afvalstroom of het proceswater te liggen en niet bij de techniek die wordt toegepast.

Struviet hoeft niet uitsluitend afkomstig te zijn van een doel gestuurd precipitatieproces. Struviet kan ook gevormd worden bij een concentratieproces (bijvoorbeeld bij de productie van een retentaat²⁴). Concepten van bewerkingstechnieken van waterstromen waaruit struviet gewonnen kan worden, ondergaan, door voortschrijdend inzicht, voortdurend aanpassingen en wijzigingen. Deze concepten betreffen vernieuwingen die op regionale en/of industriële schaal zich doen gelden maar gelden ook voor toepassing op lokale schaal.

Colsen heeft aangegeven dat het veel gemakkelijker is om mengsels van allerlei fosfaten te maken uit afvalstromen dan struviet. Wanneer een rubriek secundaire fosfaten wordt opgenomen in de regelgeving, in plaats van struvieten, dan ontstaan veel mogelijkheden in de procestechneologie.

Onderscheid is nodig tussen stedelijk rioolwater, huishoudelijk afvalwater, dierlijke mest en proceswater. Struviet van deze stromen verschilt onderling in aard en samenstelling. Onduidelijk hoe je deze struvieten op eenvoudige wijze van elkaar kunt onderscheiden (van belang voor de controlerende instantie).

Hygiënisatie van struviet vraagt aandacht. Welke techniek hiertoe het meest geëigend is, is nog niet duidelijk. Pasteurisatie zal de samenstelling van struviet doen wijzigen doordat ammoniak kan vervluchtigen en eventueel kristalwater kan verdampen. Daardoor wordt deze vorm van hygiënisatie onwenselijk geacht.

Cradle-to-Cradle

Bij de ontwikkeling van regelgeving vraagt C2C aandacht. Verschillende schaalgroottes worden bij de workshop aan de orde gebracht: van sluiting van kringlopen op nationaal niveau tot sluiting van kringlopen op lokaal niveau. C2C zal kunnen leiden tot een groter bereik in procestechneologieën, variabelere volumes en de noodzaak daardoor om dit struviet op zeer lokale schaal en in sommige gevallen ook op internationale schaal te vermarkten.

Wet- en regelgeving

Bij de deelnemers leeft de gedachte dat alle fosfaatvormen verkregen door precipitatie in aanmerking dienen te komen voor vermarkting als meststof. Beelden variëren van optie 1 tot 2 welke het meest gewenst geacht wordt. Stakeholders prefereren in elk geval een zeer generieke vorm van regulering.

De Wet milieubeheer ziet toe op het afvalstoffenbeleid. Er is een voorziening getroffen waarbij onder voorwaarden afval- en reststoffen en bijproducten toegepast kunnen worden als meststof. Dit kan door een categorie op te nemen in de Meststoffenwet (een voorbeeld daarvan is zuiverings-slib) of door de stof te plaatsen in bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet.

De duiding dat struviet gemaakt van een fosfaathoudende reststroom een afvalstof is, wordt verschillend ontvangen. Bij verwaarding van inhoudstoffen van deze reststromen wordt de juridische uitleg dat daaruit geproduceerd struviet een afvalstof is niet gedeeld door Cosun. Struviet wordt in de visie van Cosun niet gemaakt van afvalwater maar doelbewust geproduceerd van een processtroom. Struviet van processtromen van verwerking van suikerbieten en cichorei is daardoor een product. Cosun tracht namelijk alle (tussen)producten die ontstaan bij de verwerking van bieten en cichorei maximaal te verwaarden. Bijlage 6 geeft de visie van Cosun op deze uitleg.

²⁴ Retentaten komen o.a. vrij bij membraamfiltratie. Een vloeistof wordt daarbij gescheiden in een permeaat en een concentraat (retentaat). Er zijn verschillende vormen van membraamfiltratie. Voor verwijdering van zwevende delen wordt micro- of ultrafiltratie toegepast, voor – meer energie vragende – verwijdering van opgeloste zouten wordt nanofiltratie of omgekeerde osmose toegepast.

Wet- en regelgeving stimuleert onvoldoende een C2C benadering en een *bio-based economy* benadering. Zuiveringsstrib van zowel een RWZI als van een AWZI mogen in de landbouw worden afgezet mits voldaan wordt aan bepalingen van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet en het Besluit Gebruik Meststoffen. Zuiveringsstrib van een AWZI van een groentenverwerkende industrie voldoet echter niet aan de samenstellingseisen van de Meststoffenwet door een te hoog gehalte aan zware metalen. Het bedrijf verwerkt groenten afkomstig van Nederlandse bodem. Recycling van mineralen wordt echter door de Meststoffenwet niet toegestaan. Het zuiveringsstrib wordt nu naar Duitsland afgevoerd waar het als meststof/bodemverbeteraar wel toegepast mag worden. Dat wekt bevreesdheid op en roept vragen op. Belasting die veroorzaakt wordt door Nederlandse tarra (grond) zou niet aangemerkt moeten worden als belasting waardoor hogere gehalten mogelijk zijn. Dit argument spiegelt aan de argumentatie gehanteerd bij de afleiding van de samenstellingseisen bij compost waarbij de achtergrondbelasting door grond deels niet aangemerkt wordt als onderdeel van de maximaal toelaatbaar geachte vracht aan zware metalen en arseen.

De Meststoffenwet biedt minimale borging voor de landbouwkundige werkzaamheid als gevolg van het stellen van lage minimumeisen aan waardegevende bestanddelen. In de handelspraktijk zullen leveringscontracten opgesteld worden. Daarin zullen hogere gehalten aan waardegevende bestanddelen en eisen aan spreiding in deze gehalten opgenomen worden. Tevens kunnen aanvullende criteria voor belasting met contaminanten en besmetting met pathogenen gesteld kunnen worden. De Meststoffenwet borgt met name op risico's.

Indien struviet onder REACH wordt gebracht, vraagt dat aandacht. Ten minste de administratieve lasten worden (fors) verzwaaard. Een voorbehoud wordt hierbij dan ook gemaakt.

De verplichting om mest te verwerken in geval er een niet plaatsbare hoeveelheid mest op een bedrijf aanwezig is, maakt struvietproductie interessant. Struvietproductie kan voldoen aan bepalingen voor mestverwerking. Het aandachtspunt blijft dat struviet van dierlijke mest door de Nitraatrichtlijn als vorm van bewerking van dierlijke mest en derhalve als dierlijke mest wordt aangemerkt. Daardoor gelden de gebruiks- en doseringsvoorschriften voor dierlijke mest. Een product dat de identiteit van dierlijke mest heeft verloren en kan beantwoorden aan vereisten voor (overige) anorganische meststoffen zou onder de daarvoor geldende regels geplaatst moeten worden. Te denken is aan (kalium)struviet afkomstig van Mestverwerking Gelderland.

Waardegevende bestanddelen

Wat struviet wordt genoemd is in werkelijkheid vaak een mengsel van precipitaten. Ammoniumstikstof kan uitgewisseld worden met kalium of natrium en vaak komen ook andere precipitaten zoals calciumfosfaten, calciumcarbonaten, ijzerfosfaten en aluminiumfosfaten voor. Door overmaat aan dosering van magnesiumverbindingen t.b.v. struvietprecipitatie, komt magnesium ook in verschillende vormen voor (bv. MgO, Mg(OH)₂ of MgCO₃).

In de markt geldt dat een handelaar c.q. eindgebruiker eisen kan stellen aan de gehalten aan waardegevende bestanddelen. Deze kunnen zwaarder zijn dan de eisen die de wetgever stelt. Onder goede kwaliteit wordt in ieder geval verstaan dat het product veilig is. De ervaring van Duynie Holding B.V. is dat de markt geen vragen stelt over contaminanten, hormonen, medicijnresten, etc.

Met betrekking tot fosfaat wordt aandacht gevraagd voor de notatie. De begrippen P₂O₅, PO₄³⁻ (orthofosfaat) en P worden vaak door elkaar gebruikt. Gepleit wordt voor het consequent hanteren van de notatie.

Contaminanten

Er leven bij de deelnemers van de workshop zorgen over nieuwe – nog niet door de Meststoffenwet aangewezen contaminanten – die aanwezig kunnen zijn in struviet. Doorgaans vindt er geen overdracht van contaminanten plaats van het te defosfateren effluent naar struviet. Dit geldt echter niet voor alle residuen van (dier)geneesmiddelen. Hierbij werden door deelnemers ook cytostatica genoemd. Voor deze residuen zijn nog geen genormaliseerde analysemethoden beschikbaar. Bovendien is niet duidelijk welke bodem- of oppervlakenorm van toepassing dient te zijn. Beter in beeld dient gebracht te worden welke residuen in struviet aanwezig kunnen zijn en welk risico voor mens, dier, gewas en milieu daaraan verbonden is. Ook de huidige samenstellingseisen van door de Meststoffenwet aangewezen contaminanten vragen aandacht.

Het feit dat residuen aanwezig kunnen zijn, mag echter niet betekenen dat struviet daarom op voorhand uitgesloten wordt bij vrije verhandeling als meststof. Er zijn andere toegelaten meststoffen (dierlijke mest, zuiveringsslib, compost) waarbij residuen ook aanwezig kunnen zijn en waarvoor geen verbod op gebruik geldt. Het aandeel aan residuen in struviet wordt door een deel van de aanwezigen veel lager ingeschat dan het aandeel dat in dierlijke mest aanwezig is. Feitelijk zouden alle meststoffen en grondstoffen die voor meststofproductie geschikt zijn, ook die al regulier zijn toegelaten, beoordeeld moeten worden op mogelijke risico's verbonden aan verontreinigende stoffen die nog niet door de Meststoffenwet zijn aangewezen.

In het concept-CDM-advies van 29 januari 2013 werd een optie voor beheersing van contaminanten genoemd door de fosfaatgift te limiteren tot 30 kg P₂O₅/ha/jaar en/of een minimumeis voor het fosfaatgehalte van 15% P₂O₅ in de drogestof. Aanwezige stakeholders menen dat er geen (extra) restrictie nodig is voor de fosfaatgift met secundaire fosfaten. Struviet dient gelijk overige anorganische meststoffen te voldoen aan de samenstellingseisen voor fosfaat en contaminanten. Een afwijking t.o.v. de fosfaatgebruiksnorm wordt als hindernis ervaren. Bovendien vraagt het extra registratie en controle en verzwaart dus de administratieve lasten, zowel bij de gebruiker als bij de overheid.

Pathogenen

Zorg leeft of eieren van parasitaire nematoden (rondwormen) afdoende gedood worden door de zuiveringsprocessen (aeroob, anaëroob). Zowel overdracht van eieren afkomstig van menselijke faeces als dierlijke mest wordt niet uitgesloten. Een sanitatiestap wordt daarom noodzakelijk geacht. Sanitatie is ook nodig voor bijvoorbeeld bacteriën zoals Salmonella en Paratbc (Paratbc-bacteriën kunnen meer dan een jaar overleven).

Er leeft onduidelijkheid welke sanitatiestappen door de Meststoffenwet voorgeschreven gaan worden. Herziening van de EG Verordening 2003/2003 is gaande. Deze herziening opteert voor sanitatie-eisen te stellen aan meststoffen. Vooralsnog zijn voorschriften voor technieken voor sanitatie niet in beeld.

Opties

In het hiernavolgende hoofdstuk 6 worden verschillende opties voor regulering van struviet geanalyseerd. Deze opties zijn tijdens de workshop besproken. Aanwezigen waren van mening dat er aandacht moet zijn voor risico's op pathogenen, naast door de Meststoffenwet aangewezen verontreinigen (en overige organische microverontreinigingen, d.w.z. nog niet door de Meststoffenwet aangewezen organische microverontreinigingen).

De aanwezigen stellen een tussenvariant van optie 1 en optie 2 voor (zie hoofdstuk 6). Maak onderscheid tussen potentieel belaste en potentieel niet-belaste struvieten bij regulering.

Als bedrijven de niet door de Meststoffenwet gereguleerde verontreinigingen zelf moeten verantwoorden, dan zou(den) de te hanteren methoden(n) voorgeschreven moeten worden om een eenduidige beoordelingswijze te krijgen.

Bij de regulering zou aangesloten kunnen worden aan bepalingen van REACH.

Na de workshop ingekomen reacties

Na de workshop werden nog verschillende reacties ontvangen en die worden hier beknopt samengevat. Reacties van SMG en Cosun aangaande perceptie over proceswater zijn verwerkt. Op deze laatste versie is reactie gekomen van het RIVM en van het adviesbureau A. Backx Duurzaamheid namens Coöperatie Koninklijke Cosun U.A. zijn verwerkt; de reactie van RIVM heeft geleid tot aanpassing van door RIVM ingebrachte noties in deze paragraaf. Het adviesbureau A. Backx heeft een tweede brief opgesteld die opgenomen is in bijlage 6. Gepleit wordt voor een lagere minimum eis voor P₂O₅ (5% i.p.v. 15% in de drogestof) omdat gemeend wordt dat er bij 15% in de drogestof belemmeringen ontstaan. Tevens is een voorstel gedaan voor wijziging van de begripsomschrijving van magnesiumfosfaat (paragraaf 6.5). Het voorstel is overgenomen in dit advies.

6 Discussie en conclusies

6.1 Inleiding

De Meststoffenwet heeft een lange historie. Die historie heeft er toe geleid dat verschillende eisen worden gesteld aan verschillende categorieën als 'meststof opgenomen afvalstoffen'. Aan vroegtijdig aangewezen meststoffen zijn slechts minimale eisen gesteld; aan nu aangewezen meststoffen van afval- en reststoffen worden hoge eisen gesteld. Toelating volgt het Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet.

Zo worden aan dierlijke mest geen eisen gesteld wat betreft maximale gehalten aan zware metalen, arseen, organische microverontreiniging, residuen van gewasbeschermingsmiddelen, biociden, antibiotica en/of xenobiotische stoffen of pathogenen. Toch is dierlijke mest verreweg de grootste meststoffenstroom in de landbouw, en wordt lang niet alle mest geproduceerd van voer dat in Nederland is geteeld. Integendeel, meer dan de helft van alle veevoer is afkomstig van geïmporteerde grondstoffen. De veronderstelling is hier dat (i) de kwaliteitscontrole van diervoeders, (ii) de gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat, en (iii) goed rentmeesterschap van boeren voldoende waarborgen bieden voor het voorkomen van een onacceptabele belasting van het milieu met de eerder genoemde contaminanten. Voor export van onbewerkte dierlijke mest is (soms) pasteurisatie vereist om risico's van overdracht van pathogene stoffen te beperken. Die eis geldt bij uitbraak van besmettelijke dierziekten.

Aan zuiverings-slib en compost worden stringente eisen gesteld wat betreft de gehalten aan zware metalen en arseen, maar er worden geen eisen gesteld aan de gehalten van organische microverontreiniging, residuen van gewasbeschermingsmiddelen, biociden en antibiotica.

Aan aangewezen overige organische meststoffen en overige anorganische meststoffen worden de eisen gesteld die vermeld staan in bijlage II (tabellen 1 en 4 van het Uitvoeringsbesluit meststoffenwet en bijlage Ab (tabellen 1 en 2) van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Het betreffen minimale gehalten van waardegevende bestanddelen en maximale gehalten aan zware metalen, arseen, organische microverontreiniging waaronder residuen van voormalige gewasbeschermingsmiddelen, biociden en xenobiotische stoffen.

Bij aanwijzing als meststof zouden 'herwonnen fosfaten' gevormd door precipitatie van fosfaat uit afvalwaterstromen onder de categorie 'overige anorganische meststoffen' van de Meststoffenwet vallen, of ingeval van relatief hoge gehalten aan organische stof in de herwonnen fosfaten onder de categorie 'overige organische meststoffen'. De wetgever kan echter ook besluiten om een aparte categorie 'herwonnen fosfaten' in de Meststoffenwet op te nemen, naast dierlijke mest, zuiverings-slib, compost en overige organische meststoffen en overige anorganische meststoffen.

In dit hoofdstuk worden de verschillende mogelijkheden besproken en wordt het advies geformuleerd. Maar eerst wordt struviet gevormd door precipitatie van fosfaat uit afvalwaterstromen beoordeeld op basis van de verzamelde gegevens uit literatuurstudie, interviews en de beoordelingsystematiek van het Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet versie 2.1. (Van Dijk *et al.*, 2009).

6.2 Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet

6.2.1 Algemene eisen van een meststof

Onder voorwaarden kunnen afvalstoffen aangewezen worden als meststof. Een belangrijke voorwaarde is dat dan voldaan wordt aan artikel 6 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet²⁵.

Struviet is een heterogeen product, dat vanwege de herkomst onder de bepalingen van afvalstoffen is geplaatst. Kaliumstruviet van verwerking van kalverenmest wordt aangemerkt als dierlijke mest. Niet alleen visueel verschilt struviet van de ene tot de andere partij, maar ook in samenstelling. Niet alle struviet is in een voor de praktijk bruikbare toestand en gelijkmatig van samenstelling. De fysische aard van sommige struvieten maakt deze ongeschikt voor gebruik als meststof. Pasta-achtige massa's passen niet bij huidige beschikbare bemestingsapparatuur. Dergelijke pasta-achtige massa's zijn wel geschikt om als grondstof te dienen voor de productie van meststoffen. Voor de landbouwpraktijk is een bruikbare toestand noodzaak. Een wisselende samenstelling vereist een afgiftebon met de feitelijke samenstelling van de afgeleverde partij voor toepassing als meststof.

Er wordt struviet geproduceerd dat voldoet aan artikel 6 lid 1. Dit zijn bv. de producten van het PEARL proces en die van het SOURCE project, het struviet afkomstig van aardappelverwerkende industrie en de kaliumstruviet van dierlijke mest. Er is weliswaar variatie in samenstelling maar door een gecontroleerd productieproces wordt een kwaliteit afgeleverd die afdoende constant is in de tijd en waardoor het product homogeen is. Het product van het PEARL proces van Ostara heeft een erkenning als EG meststof²⁶.

Door de variatie in samenstelling is struviet niet eenduidig te plaatsen in de huidige systematiek van de Meststoffenwet; het zou geplaatst kunnen worden in de categorieën 'overige organische meststoffen' en 'overige anorganische meststoffen', afhankelijk van de samenstelling. In het verleden zijn voor producten die een grote variatie in samenstelling hebben aparte categorieën in de Meststoffenwet aangebracht (dierlijke mest, zuiveringsslib, compost), maar onder geen van deze bestaande categorieën kan struviet goed worden geplaatst.

6.2.2 Landbouwkundige eisen van een meststof

De landbouwkundige werkzaamheid in het kader van opname in bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet wordt getoetst aan wettelijke minimumgehalten. Toetsing aan de landbouwkundige criteria van de Meststoffenwet op basis van verzamelde gegevens van tabel 1 en tabel 3 wijst uit dat het fosfaatgehalte²⁷ voldoet aan het gestelde criterium voor overige anorganische meststof voor zware

²⁵ Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, artikel 6:

1. De meststof verkeert in een voor de praktijk bruikbare toestand en is gelijkmatig van samenstelling.
2. De meststof levert voedsel voor planten of delen van planten in de vorm van primaire of secundaire nutriënten of micronutriënten of verbetert de bodemeigenschappen door het leveren van organische stof dan wel door het in stand houden of het verlagen van de zuurgraad in de bodem en oefent de werking waarvoor de stof hoofdzakelijk is bedoeld, doeltreffend uit.
3. De meststof heeft onder normale gebruiksomstandigheden geen schadelijke gevolgen voor de gezondheid van mens, dier of plant of voor het milieu.

²⁶ Type B.2.1, het Verenigd Koninkrijk heeft deze vorm van struviet onder de bepalingen van de EU Verordening 2003/2003 geplaatst.

²⁷ Uitvoeringsbesluit Artikel 9

1. Overige anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om primaire nutriënten te leveren, bevatten ten minste één van de volgende nutriënten, in de daarbij vermelde minimale hoeveelheid, uitgedrukt in gewichtsprocenten van de droge stof:
 - a. meststof, bedoeld voor het leveren van stikstof:
 - stikstof (N) totaal: 5;
 - b. meststof, bedoeld voor het leveren van fosfaat:
 - fosfaat (P₂O₅) totaal: 5;
 - c. meststof, bedoeld voor het leveren van kali:
 - kali (K₂O) oplosbaar in water: 5.
2. Overige anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om secundaire nutriënten of micronutriënten te leveren, bevatten ten minste één van de bij ministeriële regeling aangewezen secundaire nutriënten of micronutriënten, in de bij deze regeling vastgestelde minimale hoeveelheid.

metalen en arseen. Het magnesiumgehalte in struviet is meestal ook voldoende voor overig anorganische meststof²⁸. Stikstof voldoet waarschijnlijk met regelmaat niet indien getoetst wordt aan criteria voor overige anorganische meststoffen. Dit is echter geen belemmering zolang fosfaat (of magnesium) aan de samenstellingseisen voldoen. Door de aanwezigheid van organische stof zou een struviet mogelijk ook de functie van een overige organische meststof kunnen voldoen, maar het aandeel organische stof in de aangeboden struviet is te laag²⁹. De regelgeving kent geen criterium voor de snelheid waarmee een struviet tot werking komt.

Conclusie

Een struviet zal wat fosfaatgehalte betreft altijd voldoen aan vereisten voor een 'overige anorganische fosfaatmeststof'. De gehalten aan magnesium zijn soms ook voldoende voor 'overige anorganische meststof'. De gehalten aan stikstof zijn veelal te laag voor overige anorganische meststof. Struviet kan ook aanwezig zijn in een organische stof rijke matrix, waardoor het mengsel in principe zou kunnen voldoen aan 'overige organische meststof'.

6.2.3 Milieukundige eisen van een meststof

Bij de risicoanalyse wordt getoetst of een afvalstof of reststof in het algemeen kan beantwoorden aan vereisten van artikel 6 lid 3 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet³⁰. Die toetsing is gebaseerd op vereisten van artikelen 13-15 van paragraaf 3³¹ van dit besluit. Voor zuiverings-slib gelden andere vereisten (artikel 16³² van het uitvoeringsbesluit).

²⁸ Uitvoeringsregeling Artikel 7:

Overige anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om secundaire nutriënten te leveren, bevatten ten minste één van de volgende nutriënten, in de daarbij vermelde minimale hoeveelheid, uitgedrukt in gewichtsprocenten van de droge stof:

- a. magnesiumoxide (MgO): ten minste 15%;
- b. calciumoxide (CaO): ten minste 25%;
- c. zwaveltrioxide (SO₃): ten minste 25%;
- d. natriumoxide (Na₂O): ten minste 50%.

²⁹ Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet, artikel 11. Overige organische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om organische stof te leveren, bevatten ten minste twintig gewichtsprocenten organische stof van de droge stof.

³⁰ De meststof heeft onder normale gebruiksomstandigheden geen schadelijke gevolgen voor de gezondheid van mens, dier of plant of voor het milieu.

³¹ Artikel 13

Overige organische meststoffen bevatten geen biologisch afbreekbare delen met een diameter groter dan 50 millimeter en niet meer dan 0,5 gewichtsprocent aan bodemvreemde niet-biologisch afbreekbare delen.

Artikel 14

1. Overige anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om primaire nutriënten te leveren, overige organische meststoffen, kalkmeststoffen, alsmede de krachtens artikel 5, tweede lid, aangewezen stoffen die als meststof of bij de productie van meststoffen worden gebruikt, overschrijden niet de in bijlage II, onder tabel 1, bij dit besluit opgenomen maximale waarden voor zware metalen, uitgedrukt in milligrammen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel.
2. Overige anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om secundaire nutriënten of micronutriënten te leveren overschrijden niet de bij ministeriële regeling vastgestelde maximale waarden voor zware metalen, uitgedrukt in milligrammen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel.

Artikel 15

1. Overige organische meststoffen alsmede de krachtens artikel 5, tweede lid, aangewezen stoffen die als meststof of bij de productie van meststoffen worden gebruikt, overschrijden niet de in bijlage II, onder tabel 4, bij dit besluit opgenomen maximale waarden voor organische microverontreinigingen, uitgedrukt in milligrammen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel.
2. Het eerste lid is van overeenkomstige toepassing op kalkmeststoffen en overige anorganische meststoffen die organisch materiaal van dierlijke of plantaardige oorsprong bevatten, met dien verstande dat voor zover het betreft overige anorganische meststoffen die hoofdzakelijk zijn bedoeld om secundaire nutriënten of micronutriënten te leveren, de maximale waarden voor organische microverontreinigingen uitgedrukt in milligrammen per kilogram van het desbetreffende waardegevende bestanddeel, worden vastgesteld bij ministeriële regeling.

³² Artikel 16

1. Zuiverings-slib is behandeld langs biologische, chemische of thermische weg, door langdurige opslag of volgens enig ander geschikt procedé, dat tot gevolg heeft dat het grootste deel van de in het zuiverings-slib aanwezige pathogene organismen afsterft.
2. Zuiverings-slib bevat ten minste vijftig gewichtsprocenten organische stof van de droge stof of heeft een neutraliserende waarde van 25 op basis van de droge stof.
3. Zuiverings-slib overschrijdt niet de in bijlage II, onder tabel 2, bij dit besluit opgenomen maximale waarden voor zware metalen, uitgedrukt in milligrammen per kilogram droge stof.

Struvieten kunnen belast zijn met zware metalen en arseen (Tabel 2), afhankelijk van de samenstelling van het afvalwater waaruit struviet gewonnen is en het procedé. Initiatieven die fosfaat uit slib zoveel mogelijk trachten te mobiliseren (bv. door aanzuren of door oplossen van verbrandingsassen) kunnen leiden tot een hogere belasting van het eindproduct. In beginsel is echter een struviet niet op voorhand een verdacht product. Selectie op milieukundige kwaliteit conform bepalingen van de Meststoffenwet (tabel 1 van bijlage II van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet) is uitvoerbaar. Er kan geen indicatie gegeven worden over het volume struviet dat aan deze kwaliteitseisen kan voldoen. Struviet van RWZI geeft een groter risico op contaminatie dan dat van een AWZI. Een struviet van het Anphos-proces van zuivering van aardappelproceswater en een kaliumstruviet van verwerking van kalverenmest voldoen aan eisen gesteld door de Meststoffenwet.

Toetsing op door de Meststoffenwet aangewezen organische microverontreinigingen, kan niet uitgevoerd worden. Er zijn te weinig gegevens gevonden om een indicatieve toetsing uit te kunnen voeren. De weinige gegevens die getraceerd zijn, geven echter geen directe aanleiding tot het uiten van zorg.

Toetsing op overige organische microverontreinigingen afkomstig van gewasbeschermingsmiddelen en biociden is ook niet mogelijk, omdat geen gegevens van gehalten aan dergelijke residuen zijn gevonden. Maar ook hier geldt dat er geen directe aanleiding is tot het uiten van enige zorg.

Resten van farmaceutische producten in struviet zijn gerapporteerd, maar veel medicijnresten worden niet opgehoopt in struviet. Voor tetracycline is er een aanwijzing dat wel ophoping plaats vindt in struviet (Udert *et al.*, 2006). Tetracycline, erytromycine en norfloxacin werden ook teruggevonden in de struvieten van synthetische urine en menselijke urine die verrijkt was met een mengsel van tien farmaceutische producten maar ophoping in struviet is gering (Kemacheevakul *et al.*, 2012).

Door de herkomst van het afvalwater kunnen pathogenen aanwezig zijn. Door anaerobe waterzuiveringsprocessen worden veel pathogenen voor mens, dier en gewas afgedood maar niet volledig. Bij struvietprecipitatie wordt een hoge pH ingesteld, die ook tot afdoding van veel micro-organismen leidt, maar niet van alle. Met name bij obligaat pathogene bacteriën en bij parasitaire nematoden is het proces van struvietprecipitatie onvoldoende afdodend. Struvieten kunnen daardoor niet als algemeen risicovrij worden aangemerkt. Struvieten die bij verwerking van uitsluitend plantaardige reststromen vrijkomen, zullen dit risico op voor de mens pathogene micro-organismen niet hebben. De plantpathogene micro-organismen worden veelal afgedood, hoewel hierop uitzonderingen zijn³³.

Conclusie

Een struviet zonder informatie over verwerking van afvalstroom en productieproces kent een risico op de aanwezigheid van zware metalen en arseen en residuen van farmaceutische producten. Afvalstromen belast met menselijke faeces of dierlijke mest hebben dit risico. Daarnaast kunnen pathogenen aanwezig zijn. Informatie over residuen van gewasbeschermingsmiddelen en biociden ontbreekt, waardoor hierover geen uitsluitend gegeven kan worden. Een struviet is daardoor niet op voorhand een schoon en onverdacht product. Daarentegen zijn er struvieten van bepaalde afvalstromen en procedés die aan milieukundige criteria kunnen voldoen en waarbij pathogenen naar redelijkheid geen aandachtspunt vormen.

6.2.4 Argumenten om struviet als meststof te weren

In het algemeen zijn er geen argumenten om struviet als meststof te weren. Integendeel, terugwinning van fosfaten uit reststromen kan juist een positieve bijdrage leveren aan het sluiten van de fosfaatkringloop. Wel kunnen door winning van struviet uit afvalwaterstromen producten ontstaan die risico's voor mens, dier, gewas of milieu met zich meebrengen bij onoordeelkundig gebruik van deze struviet.

³³ Sclerotium cepivorum, een pathogeen in uien, wordt niet afgedood (Tremorhuizen e.a., 2003).

6.3 Opties voor regulering van teruggewonnen fosfaten

Voor de toelating van struviet als meststof in de landbouw zijn de volgende opties voor regulering beschouwd:

1. Generieke regulering van alle fosfaathoudende neerslagproducten (inclusief struviet) die vrijkomen bij zuiveringsprocessen van afvalwater;
2. Generieke regulering van alle mogelijke vormen van struviet voor toepassing als meststof en als grondstof voor de productie van meststoffen zonder enig onderscheid naar afvalstroom en productieproces;
3. Specifieke regulering van struviet naar afvalstroom en productieproces;
4. Specifieke regulering van struviet per installatie;
5. Regulering van struviet via de herziene EU Verordening voor de verhandeling van meststoffen.

Qua procestechnologie en qua minerale vorm hoeft een kaliumstruviet van dierlijke mest zich niet te onderscheiden van die van een andere afvalwaterstroom. Juridisch ligt dit anders omdat kaliumstruviet van dierlijke mest qua verhandeling door bepalingen van de Nitraatrichtlijn als dierlijke mest wordt aangemerkt. Deze kaliumstruviet onderscheidt zich niet van andere kaliumstruviet. Bij het opstellen van de opties is daarom een struviet van dierlijke mest niet onderscheiden van een struviet vrijkomend bij de verwerking van een afvalstroom zonder dierlijke mest.

Optie 1

Essentie: Er wordt een nieuwe categorie 'secundaire fosfaten' toegevoegd aan de Meststoffenwet. De fosfaathoudende precipitaten struviet en dicalciumfosfaat die vrijkomen bij zuiveringsprocessen van afval worden gereguleerd door deze nieuwe categorie. Er wordt een generiek begrip gevoerd voor deze fosfaten, bijvoorbeeld secundair fosfaat waarbij de begripsomschrijving meldt dat deze fosfaatvorm teruggewonnen is bij een verwerkingsproces van afval- en reststoffen. Er worden generieke eisen gesteld aan de waardegevende bestanddelen (minimumgehalten) en aan verontreinigende stoffen (maximum gehalten conform huidige samenstellingseisen³⁴ van de Meststoffenwet). De verantwoording voor niet door de Meststoffenwet gereguleerde verontreinigende stoffen wordt overgelaten aan het bedrijfsleven. De NVWA kan eventueel controleren of in de Meststoffenwet gestelde maxima aan verontreinigende stoffen niet worden overschreden. Om het risico op overdracht van pathogenen te beperken zouden eisen gesteld kunnen worden aan de voorbehandeling, vergelijkbaar met de wijze waarop dit nu bij zuiveringsslib is gereguleerd (artikel 16 lid 1 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet)³⁵. Er zijn chemische methoden (o.a. pH verhoging), biologische methoden (met name bij voorzuivering aeroob*anaeroob) en thermische methoden beschikbaar om tot afdoding over te gaan. Bij verhitting zal struviet worden omgezet in magnesiumfosfaat.

Deze optie dient verwaarding van alle geprecipiteerde vormen van zogenoemde groene (gerecyclede) fosfaten. Het voordeel is de eenvoud; één groen fosfaat (namelijk secundaire fosfaten). Het nadeel is dat producten zich niet eenvoudig kunnen onderscheiden en dat het onderscheid tussen schoon en dus toegelaten groen fosfaat en verontreinigd en dus niet-toegelaten 'groen fosfaat' enkel door chemische analyses kan worden gemaakt. Veel van het nu gewonnen struviet uit AWZI's en RWZI's zal vermoedelijk aan de gestelde criteria in het Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet kunnen voldoen, mits daartoe gegevens worden verzameld en de hoedanigheid van het struviet een gekorrelde product is. Voor dicalciumfosfaat is dit niet onderzocht. In beginsel behoeft een dicalciumfosfaat³⁶ qua landbouwkundige betekenis en qua risico niet te verschillen van een struviet.

³⁴ Bijlage II, tabellen 1 en 4 van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet

³⁵ Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Artikel 16 lid 1. Zuiveringsslib is behandeld langs biologische, chemische of thermische weg, door langdurige opslag of volgens enig ander geschikt procédé, dat tot gevolg heeft dat het grootste deel van de in het zuiveringsslib aanwezige pathogene organismen afsterft.

³⁶ Dicalciumfosfaat is een EG-meststof (A.2.4: dubbelkalkfosfaat, neergeslagen dicalciumfosfaat: door precipitatie van uit minerale fosfaten of beenderen vrijgemaakt fosforzuur verkregen product dat als hoofdbestanddeel dicalciumfosfaatdihydraat bevat. Het product dient tenminste 18% P2O5 te bevatten oplosbaar in alkalisch ammoniumcitraat (Petermann). De deeltjesgrootte dien ten minste 90% over een zeef van 0,160 mm en over een zeef van 0,630 mm moet minimaal 98% gaan (EU Verordening 2003/2003)

Dicalciumfosfaat kan ook naast struviet voorkomen in een precipitaat. Onder deze optie zouden ook ijzer- en aluminiumfosfaten kunnen ressorteren. IJzerfosfaten zijn echter geen effectieve fosfaatmeststoffen. Aluminiumfosfaten vragen een bewerking (thermisch ontsluiting) om enige effectiviteit als meststof te verkrijgen. Aluminiumcalciumfosfaat is als EG-meststof toegelaten.

Opties 2

Essentie: Er wordt een nieuwe categorie 'struviet' toegevoegd aan de Meststoffenwet. Alle mogelijke struvieten die vrijkomen bij zuiveringsprocessen van afval worden gereguleerd door deze nieuwe categorie. Er wordt een generiek begrip gevoerd voor deze struvieten waarbij de begripsomschrijving meldt dat deze fosfaatvorm teruggewonnen is bij een verwerkingsproces van afval- en reststoffen en in hoofdzaak uit magnesiumammoniumfosfaat of uit magnesiumkaliumfosfaat bestaat en mengsels daarvan. Er worden generieke eisen gesteld aan de waardegevende bestanddelen (minimum gehalten) en aan verontreinigende stoffen (maximum gehalten). De verantwoording wordt overgelaten aan het bedrijfsleven. De nVWA kan controleren of gestelde minima voor waardegevende bestanddelen niet worden onderschreden en gestelde maxima voor verontreinigende stoffen niet worden overschreden. Om het risico op overdracht van pathogenen te beperken, zouden eisen gesteld kunnen worden aan de voorbehandeling, vergelijkbaar met de wijze waarop dit bij zuiverings-slib is gereguleerd (artikel 16 lid 1 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet).

Deze optie dient verwaarding van struviet ongeacht herkomst en productieproces. Andere vormen van fosfaathoudende precipitaten (calciumfosfaten, magnesiumfosfaten, ijzerfosfaten, aluminiumfosfaten en hun mengvormen al dan niet met filtermateriaal) worden bij deze optie niet opgenomen in de Meststoffenwet. Het voordeel van deze optie is dat het toegelaten groen fosfaat een struviet moet zijn, dat voldoet aan eisen wat betreft samenstelling. Dit schept duidelijkheid naar de sector. Mogelijk nadeel is dat producenten van schone en zuivere struviet hun product lastig kunnen onderscheiden van andere licht-verontreinigde en minder zuivere struvietproducten.

Optie 3

Essentie: Er worden diverse categorieën 'struviet' toegevoegd aan de Meststoffenwet. Struvieten worden per categorie ingedeeld naar type installatie en het proces waardoor struviet precipiteert (bv. RWZI AIRPREX, AWZI, Anphos, etc.). De categorie wordt benoemd in het uitvoeringsbesluit. Processen kunnen daarbij benoemd worden maar praktischer is om daarvoor een verwijzing op te nemen naar een bijlage hetzij bij het uitvoeringsbesluit hetzij bij de uitvoeringsregeling. Deze bijlage wijst processen aan. Er worden per categorie generieke eisen gesteld aan de waardegevende bestanddelen qua minimumgehalten en aan verontreinigende stoffen qua maximale gehalten. Per categorie kunnen deze eisen variëren indien samenstelling, belasting en de aanwezigheid van pathogenen dat nodig maken. Voor bepaalde categorieën, bijvoorbeeld waarbij menselijke faeces of dierlijke mest als afvalstroom wordt gebruikt, kan een sanitatiestap een verplichting zijn, voor andere categorieën niet. Door combinatie van afvalstroom met productieproces kan onderscheidenlijk op sanitatieverplichting gestuurd worden. Kaliumammoniumstruviet (kaliumstruviet) geproduceerd bij een hogere pH dan magnesiumammoniumfosfaat kent een lager risico op pathogenen. Magnesiumfosfaat dat ontstaat door verhitting van struviet (waardoor ammoniumstikstof ontwijkt) zou als een 'te verwaarden' fosfaatbron (als meststof maar in het bijzonder als grondstof voor de productie van meststoffen) verhandeld kunnen worden.

Deze optie dient verwaarding van struviet waarbij onderscheid naar herkomst en productieproces wordt aangebracht. Initiatieven die leiden tot een zuivere struvietvorm, vrij zijn van pathogenen voor mens of dier dan wel gewas kunnen zich herkenbaar onderscheiden. Het voordeel is dat relatief zuivere en schone struviet zich onderscheidt van minder zuivere en schone struviet (en dus gelabeld kan worden). Het nadeel is dat de criteria scherp gedefinieerd en gehandhaafd dienen te worden.

Optie 4

Essentie: Conform de huidige situatie; belanghebbenden dienen een verzoek in bij Dienst Regelingen te Assen. Per verzoek wordt aan de hand van het Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet getoetst of het desbetreffende product (struviet, calciumfosfaat, etc.) opgenomen kan worden in bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Bij positief oordeel kan het ministerie besluiten de stof toe te voegen aan bijlage Aa. Elke stof krijgt dan een unieke begripsomschrijving, afgestemd op de afvalstroom, het precipitatieproces en eventueel uitgevoerde sanitatiestappen.

Deze optie stoelt op de huidige procedure om een afval- of reststof als meststof geregistreerd te krijgen. Het voordeel is dat iedere producent van groen fosfaat een productieproces en product kan definiëren en daardoor zich onderscheidend kan opstellen, en dat steeds vooraf duidelijk is voor overheid en belanghebbenden of het struviet voldoet aan de eisen van het Ubm. Het nadeel zijn de hoge administratieve en uitvoerende lasten.

Optie 5

Essentie: Op dit moment wordt door de Europese Commissie een revisie uitgevoerd van de Europese Verordening (EG) nr. 2003/2003. De revisie dient het intrekken van alle nationale regelgeving voor vrije verhandeling van meststoffen en leidt tot één nieuwe verordening die voor alle lidstaten van EU27 dient te gelden. Daartoe wordt de huidige verordening uitgebreid met nieuwe categorieën en vindt aanpassing van te stellen minimumgehalten aan waardegevende bestanddelen plaats. Nieuwe categorieën naast 'inorganic fertiliser' zijn 'organic fertiliser', 'inorganic soil improver', 'organic soil improver', 'liming materials', 'growth media' en 'biostimulants'.

Eisen te stellen aan minimumgehalten aan waardegevende bestanddelen, en maximale gehalten aan contaminanten en pathogenen zijn in ontwikkeling. De definitieve normen staan nog niet vast.

Deze optie is volledig gebaseerd op de Europese ontwikkeling om op afzienbare termijn alle nationale regelgeving binnen EU27 te vervangen door één algemeen geldende Europese richtlijn. Dit Europese initiatief zal leiden tot nieuwe categorieën meststoffen. Afhankelijk van de zuiverheid van struviet en de (nog in ontwikkeling zijnde) eisen aan de huidige en nieuwe categorieën meststoffen zal struviet in huidige of nieuwe categorieën meststoffen kunnen vallen. Struvieten met een hoog aandeel organische stof zullen naar huidige beeldvorming in een andere categorie (vermoedelijk organo-minerale meststof) vallen dan zuivere struvieten (vermoedelijk anorganische meststoffen).

Optie 5 sluit opties 1 t/m 4 voor de korte termijn niet uit. Op dit moment is onduidelijk wanneer optie 5 werkelijkheid zou kunnen worden. Tot die tijd zou gekozen kunnen worden uit opties 1 t/m 4. Eventueel zou gekozen kunnen worden voor nietsdoen tot optie 5 werkelijkheid zou kunnen worden. Wachten heeft echter niet de voorkeur van de gevraagde stakeholders.

6.4 Integrale analyse van de opties

De vijf opties die in de voorgaande paragraaf 6.3 zijn beschreven, worden in deze paragraaf op hoofdlijnen getoetst op effecten voor bedrijf, mens en dier, gewas, milieu en uitvoerbaarheid inclusief handhaafbaarheid en lasten. De verschillende opties zijn vergeleken met huidige bepalingen en uitvoeringspraktijk van de Meststoffenwet en in het bijzonder met die van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet en de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. De opties zijn kwalitatief beoordeeld op zes aspecten: bedrijf, gezondheid van mens, (landbouwhuis)dier, gewas, milieu, uitvoerbaarheid, handhaving en lasten en administratieve lasten. Tabel 5 vat het resultaat van deze toetsing samen.

Tabel 5

Overzicht van effecten van opties op bedrijf, gezondheid van mens en dier, gewas, milieu, uitvoerbaarheid en handhaving en administratieve lasten.

criterium	Effect
1. Bedrijf	
Eenduidige grondslag van vermelding van waardegevende bestanddelen (handelsbelang)	Generiekere eisen houden minder rekening met afvalstroom en productieproces en stimuleren minder sturing op kwaliteit. Handelsbelang kan vragen om herkomst (afvalwaterstroom) met waardegevende bestanddelen en nevenbestanddelen expliciet te maken. Dit vergt differentiatie van eisen.
Geen concurrentievervalsing door declaratie van waardegevende bestanddelen tussen verschillende categorieën meststoffen.	Concurrentievervalsing neemt toe bij generieker worden eisen. De mogelijkheden om producten van elkaar te doen onderscheiden, worden dan kleiner.
Onafhankelijke geborgde garanties voor gebruiker.	Bij generiekere vormen van regulering wordt kwaliteitsborging door producent belangrijker, de controlerende rol van de rijksoverheid neemt af.

criterium	Effect
2. Gezondheid van mens en dier	
Beantwoording aan algemene vereisten voor bescherming van gezondheid van mens en dier.	Een product zal altijd geen schade mogen berokkenen aan mens, dier, gewas en milieu. Bij generiekere opties gelden algemene voorschriften en vindt geen toetsing op productniveau plaats conform optie 4.
3. Gewas	
Voldoende informatie en zekerheid over de landbouwkundige werkzaamheid.	Bij goed gedefinieerde producten met bekende samenstelling is er voldoende informatie beschikbaar over de landbouwkundige werkzaamheid.
Geen risico dat afvalstoffen die geen landbouwkundige werkzaamheid als meststof in verkeer worden gebracht.	Generiekere vormen van regulering vervagen onderscheid tussen afvalstof en meststof.
Vrijwaring van onkruid, ziekten en plagen.	Naarmate de herkomst (afvalwaterstroom) en het productieproces meer uit beeld geraakt, is er minder vrijwaring van onkruid, ziekten en plagen.
4. Milieu	
Contaminanten door de Meststoffenwet aangewezen	Tussen de opties is er geen onderscheid indien de Meststoffenwet contaminanten met samenstellingseisen voorschrijft.
Contaminanten niet door de Meststoffenwet aangewezen	Indien afvalstromen niet door de Meststoffenwet worden aangewezen, kan dat leiden tot risicodragende fosfaten.
Pathogenen/sanitatiestap	Dit geldt evenzo voor pathogenen indien bij risicodragende afvalstromen sanitatiestappen ontbreken.
5. Uitvoerbaarheid, handhaving en lasten	
Uitvoerbaarheid en handhaving	Uitvoerbaarheid en handhaving hebben baat bij concrete begripsomschrijvingen waaruit herkomst en samenstelling af te leiden is met daaraan gekoppelde specifieke samenstellingseisen.
Uitvoeringslasten voor overheid	Generiekere vormen van regulering leiden meestal tot minder uitvoeringslasten. Dat is echter afhankelijk van de intensiteit waarmee gecontroleerd wordt.
Zicht op stromen van meststoffen.	Zicht op stromen afval die als meststof worden aangeboden neemt af als generieker wordt gereguleerd.
6. Administratieve lasten	
Administratieve lasten voor bedrijfsleven	De administratieve lasten nemen toe naarmate er meer bepalingen zijn waarop gecontroleerd wordt en gehandhaafd wordt.

6.5 Samenvatting en Advies

Een regulering van teruggewonnen fosfaten in de Meststoffenwet is een noodzakelijke stap om hergebruik van fosfaat uit afvalstromen te faciliteren en om te voorkomen dat verontreinigingen de landbouw binnensluipen. De regulering dient de landbouwkundige werkzaamheid te borgen en risico's van contaminatie en besmetting te beheersen.

Fosfaten kunnen op verschillende wijzen worden teruggewonnen uit afvalwaterstromen; de belangrijkste zijn (i) struviet, d.w.z. magnesiumammoniumfosfaat ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) en magnesiumkaliumfosfaat ($MgKPO_4 \cdot 6H_2O$), (ii) calciumfosfaat en (iii) ijzerfosfaat en aluminiumfosfaat. Landbouwkundig gezien hebben struviet en calciumfosfaat verreweg de voorkeur, vanwege de werkzaamheid van de aanwezige nutriënten. Ijzerfosfaat en aluminiumfosfaat hebben een heel beperkte bemestende waarde en zouden om die redenen niet gevormd moeten worden bij de terugwinning van fosfaat uit afvalwaterstromen. Deze fosfaten worden hieronder verder ook niet besproken.

Zuivere struvieten voldoen aan de huidige bepalingen voor 'overige anorganische meststoffen' wat betreft minimumgehalten aan fosfaat en magnesium. Maar niet alle struvieten zijn zuiver en sommige struvieten zouden voldoen aan de bepalingen van 'overige organische meststoffen', wat betreft minimumgehalten aan organische stof en stikstof, fosfaat en magnesium. Het risico op insluiting van contaminanten in het gevormde struviet neemt toe naarmate het struviet minder zuiver is. Dat zou er voor pleiten om struviet enkel onder de huidige bepalingen voor 'overige anorganische meststoffen' te laten vallen. Maar onzuiver struviet is niet per definitie belast met contaminanten.

Door de wijze waarop struviet vrijkomt, is een droogstap vaak nodig. De temperatuur waarbij gedroogd wordt, bepaalt of de resterende stof nog kan beantwoorden aan de samenstelling van struviet. Denkbaar is dat bij sanitatiestappen waarbij gedurende langere tijd bij verhoogde tempera-

tuur gepasteuriseerd of gesteriliseerd wordt, andere fosfaatvormen resteren dan struviet. De bemes-tende waarde van het gepasteuriseerde of gesteriliseerde product is waarschijnlijk nog onverminderd goed (al kan ammonia ontwijken en mogelijk neemt de snelheid waarmee fosfaat gewasbeschikbaar wordt af), maar het product voldoet mogelijk niet meer aan de omschrijving van 'struviet' dat wil zeggen dat het geen magnesiumammoniumfosfaat ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) is maar een magnesiumfosfaat (MgHPO_4). Dit is een complicerende factor in het uniek definiëren van het product struviet.

Een andere complicerende factor is de juridische status van struviet gevormd uit dierlijke mest. Kaliumstruviet dat nu gemaakt wordt, is afkomstig van kalverengier. Door bepalingen van de Nitraatrichtlijn wordt deze vorm bestempeld als dierlijke mest. Kaliumstruviet (magnesium-kalium-fosfaat) bevat ook een beetje stikstof. De verhouding $\text{P}_2\text{O}_5/\text{N}$ in de kaliumstruviet van dierlijke mest varieert van 13-23. De stikstofgiften bij opgelegde fosfaatgebruiksnormen is dus gering (tot 8 kg N/ha). Hoe deze verhouding wijzigt bij kaliumstruviet van andere afvalstromen, is niet bekend. Initiatieven zijn in gang gezet om kaliumstruviet ook van andere afvalwaterstromen te gaan produ-ceren. Dit leidt tot een juridische spagaat: er komen straks twee identieke producten maar één moet als dierlijke mest behandeld worden en de andere niet. Dit is ongewenst. Voorgesteld wordt om struviet gevormd door precipitatie uit kalvergier niet langer onder de bepalingen van de Nitraatrichtlijn te laten vallen; hiervoor is goedkeuring van de Europese Commissie nodig. Als dat niet mogelijk is dan zal om juridische redenen struviet gemaakt van dierlijke mest onderscheiden moeten worden van overige struviet.

Precipitatie van calciumfosfaat is ook een gangbare route voor terugwinning van fosfaat uit afval-waterstromen. Het gevormde calciumfosfaat heeft een werking die vergelijkbaar is met die van belangrijke erkende minerale fosfaatmeststoffen, zoals mono-calciumfosfaat (TSP) en di-calcium-fosfaat (DSP). Ook de meeste ruwfosfaten zijn calciumfosfaten, maar die hebben een minder goede fosfaatwerking. De fosfaatwerking neemt af in de volgorde mono-calciumfosfaat > di-calciumfosfaat > tri-calciumfosfaat > apatiet. Secundaire calciumfosfaten gevormd door precipitatie van fosfaat uit afvalwaterstromen bestaat doorgaans uit di-calciumfosfaat maar ook tricalciumfosfaat kan voorkomen en hebben in principe een goede fosfaatwerking mits rekening gehouden wordt met de fijnheid. Zui-vere calciumfosfaten voldoen aan de huidige bepalingen voor 'overige anorganische meststoffen' wat betreft minimumgehalten aan fosfaat en calcium. Maar niet alle calciumfosfaat is zuiver en sommige calciumfosfaten zouden voldoen aan de bepalingen van 'overige organische meststoffen', wat betreft minimumgehalten aan organische stof en fosfaat en calcium. Het risico op insluiting van contaminan-ten in het gevormde calciumfosfaat neemt toe naarmate het minder zuiver is. Dat zou er voor pleiten om calciumfosfaat enkel onder de huidige bepalingen voor 'overige anorganische meststoffen' te laten vallen. Maar onzuiver calciumfosfaat is niet per definitie belast met contaminanten.

Het samenvattende overzicht in Tabel 5 geeft aan dat de vijf opties voor regulering van 'groene fosfaten' niet fors verschillen in impact op bedrijf, mens en dier, gewas, milieu en uitvoerbaarheid inclusief handhaafbaarheid en lasten. Deze constatering en de noodzaak om fosfaat zo effectief en efficiënt mogelijk terug te winnen uit afvalwaterstromen, pleiten er voor om 'herwonnen fosfaten' een herkenbare plaats te geven in de Meststoffenwet.

De CDM adviseert derhalve om een categorie in de Meststoffenwet op te nemen die toestaat dat alle vormen van fosfaatterugwinning door een precipitatieproces wordt opgenomen in de Meststoffenwet (conform optie 1). Deze fosfaatvormen worden in brede zin aangeduid met 'herwonnen fosfaten' of secundaire fosfaten. Alle precipitaten van fosfaat zijn hiervan onderdeel. Om risico's van ongewenste contaminatie met zware metalen, arseen, organische microverontreiniging, residuen van gewas-beschermingsmiddelen, biociden en xenobiotische stoffen en pathogenen te beperken dienen eisen gesteld te worden aan de zuiverheid van de herwonnen fosfaten. Hoe zuiverder de herwonnen fosfaten, hoe geringer de risico's. De eisen dienen betrekking te hebben op minimale gehalten van waardegevend bestanddelen en maximum waarden voor verontreinigende stoffen. Voor de beheersing van risico's verbonden met pathogenen kan de eis van sanitatie (sterilisatie) en/of aanvullende voorschriften met betrekking tot verwerking en toediening worden gesteld. Dat geldt ook indien eventuele plantenziekten in het geding zijn³⁷.

³⁷ Bijvoorbeeld in geval art. 16 richtlijn nr. 2000/29/EG, Pb. 2000, L 169/1, art. 53 Verordening gewasbeschermings-middelen, nr. 1107/2009, Pb. 2009 L 309/1.

De herziening van Verordening (EG) nr. 2003/2003 is gaande. Na de herziening van deze verordening dient bezien te worden of de huidige Nederlandse risicobasis gehandhaafd kan worden of aangepast moet worden aan het nieuwe Europese kader. De vraag daarbij is of het huidige kader dan wel het nieuwe kader afdoende bescherming biedt voor mens, dier, gewas en milieu.

Ten slotte wordt ingegaan op de specifieke vragen die in de opdrachtbrief van het ministerie van EZ aan het CDM zijn gesteld (Bijlage 1). Met betrekking tot de begripsomschrijving voor opname van 'herwonnen fosfaten' in het Uitvoeringsbesluit van de Meststoffenwet wordt het volgende voorgesteld:

'herwonnen fosfaten' zijn secundaire fosfaten bestaande uit struviet en/of calciumfosfaat. Magnesiumfosfaat vrijgekomen door pasteurisatie van struviet wordt onder secundaire fosfaten gerekend.

1. Struviet bestaat hoofdzakelijk uit magnesiumammoniumfosfaat, en is vrijgekomen in een installatie voor de zuivering van huishoudelijk, stedelijk of industrieel afvalwater dan wel ander afvalwater door precipitatie.
2. Magnesiumfosfaat dat vrijgekomen is bij pasteurisatie of bij drogen van struviet van lid 1°;
3. Dicalciumfosfaat bestaat hoofdzakelijk uit dicalciumfosfaat, en is vrijgekomen in een installatie voor de zuivering van huishoudelijk, stedelijk of industrieel afvalwater dan wel ander afvalwater door precipitatie.

Secundaire fosfaten dienen ten minste te beantwoorden aan de landbouwkundige eisen van artikel 9 lid 1 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Sturing op zuiverheid verlaagt risico's op contaminanten. Een minimumeis van 15% P₂O₅ in het product lijkt huidige Nederlandse initiatieven niet te belemmeren, al is gepleit voor een minimumgehalte van 5% (zie bijlage 6).

Milieukundige risico's kunnen worden beheerst door secundaire fosfaten onder het regime van bijlage II, tabellen 1 en 4 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet te plaatsen.

Risico's van pathogenen (mens, dier, gewas) kunnen worden beheerst door aansluiting bij bepalingen voor zuiveringsslib (Artikel 16 lid 1 van het uitvoeringsbesluit Meststoffenwet³⁸). Afdoding van pathogenen wordt bevorderd door anaerobe zuiveringsprocessen van afvalwater. Ook een hoge pH (> 8) bevordert afdoding. Tenslotte leidt pasteurisatie tot afdoding.

In geval van uitbraak van besmettelijke dierziekten waarvoor een meldplicht geldt, gelden de hygiëneprotocollen voor behandeling van dierlijke mest afkomstig van besmette bedrijven.

De identiteiten van secundaire fosfaten kunnen in beginsel vast gelegd worden met door de EU-Verordening 2003/2003 voorgeschreven analysemethoden voor NP-meststoffen (struviet) of geprecipiteerde dicalciumfosfaat. Deze methodes vragen zuivere precipitaten. Onzuivere producten vragen andere analysemethoden. In beginsel kan dan gebruik gemaakt worden van de analysemethoden die in bijlage Ac van de Uitvoeringsregeling voor fosfaat, stikstof en magnesium zijn voorgeschreven. De drogestofbepaling bij struviet vraagt aandacht. Juist vanwege de eigenschap dat bij verwarming (40-80°C) het struviet de ammoniumstikstof en het mineraal kristalwater deels verliest, kan de herleiding van waardegevend bestanddelen op de drogestof een onjuist beeld geven van de kwaliteit van het product. Voor meststoffen is een methode ontwikkeld op basis van het principe van Karl Fischer³⁹. De methode zal voor zuivere precipitaten toepasbaar zijn, voor onzuivere producten is dat niet duidelijk. Een knelpunt wordt niet verwacht. De methode van Karl Fischer wordt bij 54 ISO voorschriften toegepast.

³⁸ Artikel 16 van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet:

Zuiveringsslib is behandeld langs biologische, chemische of thermische weg, door langdurige opslag of volgens enig ander geschikt procédé, dat tot gevolg heeft dat het grootste deel van de in het zuiveringsslib aanwezige pathogene organismen afsterft

³⁹ NEN-EN 13466-1 (en) Meststoffen - Bepaling van het watergehalte (Karl Fischer methoden) - Deel 2: 1-methanol als extractiemiddel. Fertilizers - Determination of water content (Karl Fischer methods) - Part 2: 1-methanol as extracting medium. ICS 65.080. November 2001.

NEN-EN 13466-2 (en) Meststoffen - Bepaling van het watergehalte (Karl Fischer methoden) - Deel 2: 2-propanol als extractiemiddel. Fertilizers - Determination of water content (Karl Fischer methods) - Part 2: 2-propanol as extracting medium. ICS 65.080. November 2001.

Literatuur

- Bisschops, I., M. van Eekert, F. van Rossum, M. Wilschut en H. van der Spoel, 2010. Betuwse kunstmest. Winning van stikstof en fosfaat uit urine. STOWA, rapport nr. 2010-30. ISBN 978.90.5773.496.0.
- Bos, H., 2011. Huidige wet- en regelgeving hergebruik fosfaat, struviet etc. Ministerie Economische zaken, Landbouw en Innovatie. Presentatie 13 mei 2011. Presentatie symposium 'fosfaatschaarste geluk bij een ongeluk'. Koninklijk Nederlands Waternetwerk.
<http://www.waternetwerk.nl/downloads/news/pa1rUjdl77VnLgjo.pdf>
- CEEP, 2012. Centre Europeen de d'Etudes de Polyphosphates, Scope newsletter, 85. <http://www.ceep-phosphates.org/Newsletter/>.
- Decrey, L, K. M. Udert, E. Tilley, B.M. Pecson en T. Kohn, 2011. Fate of the pathogen indicators phag Φ X174 and *Ascaris* suum eggs during the production of struvite fertilizer from source-separated urine. *Water research* 45: 4960-4972.
- De Graaff, M., 2010. Resource recovery from black water. Thesis Wageningen University. ISBN: 978-90-8585-548-4.
- Di Iaconi C., M. Pagano, R. Ramadori, A. Lopez, 2010. Nitrogen recovery from a stabilized municipal landfill leachate. *Bioresource Technology* 101: 1732-1736.
- Ekama G.A., M.C. Wentzel and R.E. Loewenthal, 2006. Integrated chemical-physical processes kinetic modelling of multiple mineral precipitation problems. *Water Science & Technology* Vol 53 No 12 pp 65-73
- Enk, R.J., G. van der Vee, L.K. Acera, R. Schuiling en P.A.I. Ehlert, 2011. The global phosphate demand. Current developments and future outlook. Report Number 10.2.232E. InnovatieNetwerk. Utrecht.
<http://www.innovatienetwerk.org/en/bibliotheek/rapporten/458/Thephosphatebalance.html>.
- Escher, B., W. Pronk, M.J.F. Suter en M. Maurer, 2006. Monitoring the removal efficiency of pharmaceuticals and hormones in different treatment processes of source-separated urine with bioassays. *Environ. Sci. Technol.* 40: 5095-5101.
- Fischer, F., C. Bastian, M. Happe, E. Mabillard, N. Schmidt, 2011. Microbial fuel cell enables phosphate recovery from digested sewage sludge as struvite. *Bioresource Technology* 102: 5824-5830.
- Frost, R.L., M.L. Weier, and K.L. Erickson, 2004. Thermal decomposition of struvite. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 76(3): 1025-1033.
- Ganrot, Z., G. Dave en E. Nilsson, 2007. Recovery of N and P from human urine by freezing, struvit precipitation and adsorption to zeolite and active carbon. *Bioresource Technology* 98: 3112-3121.
- Ganrot, Z., A. Slivka, G. Dave, 2008. Nutrient recovery from human urine using pretreated zeolite and struvite precipitation in combination with freezing-thawing and plant availability tests on common wheat. *CLEAN - Soil, Air, Water*; 36 (1); 45-52.
- Gell, K., F.J. de ruijter, P. Kuntke, M. de Graaff en A.L. Smit, 2011. Safety and effectiveness of struvite from black water and urine as a phosphorus fertilizer. *Journal of Agricultural Science* 3(3): 67-80.
- González-Ponce, R., E.G. López-de-Sá en C. Plaza, 2009. Lettuce response to phosphorus fertilization with struvite recovered from municipal wastewater. *HortScience*; 44 (2): 426-430.
- Heinzmann, B., 2001. Options for P-recovery from Wassmansdorf Bio-p WWTP, Berlin. Implications for WWTP Operation and phosphorus recovery potential at different locations in the Bio-P and sludge treatment process. Proceedings of the 2nd international conference of recovery of phosphates. Noordwijkerhout, the Netherlands, March, 12-12, 2001.
- Johnston, A.E. en I.R. Richards, 2003. Effectiveness of different precipitated phosphates as phosphorus sources for plants. *Soil Use and Management* 19: 45-49 DOI: 10.1079/SUM2002162.
- Kemacheevakul, P., S. Otani, T. Matsuda en Y. Shimizu, 2012. Occurrence of micro-organic pollutants on phosphorus recovery from urine. *Water Science & Technology*, 66.10: 2194-2201.
- Kern, J., B. Heinzmann, B. Markus, A.C. Kaufmann, N. Soethe and C. Engels, 2008. Recycling and Assessment of Struvite Phosphorus from Sewage Sludge. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript number CE 12 01. Vol. X. December 2008.
- Le Corre, K. S., Valsami-Jones, E., Hobbs, P. & Parsons, S. A. 2009. Phosphorus recovery from wastewater by struvite crystallization: a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 39, 433-477.
- Li, X.Z. en Q.L. Zhao, 2003. Recovery of ammonium-nitrogen from landfill leachate as a multi-nutrient fertilizer. *Ecological Engineering* 20: 171-181.

-
- Lind, B.B., Z. Ban en S. Bydén, 2000. Nutrient recovery from human urine by struvite crystallization with ammonia adsorption on zeolite and wollastonite. *Bioresource Technology* 73: 169-174.
- Lindsay, W.L., P.L.G. Vlek en S.H. Chen, 1989. Chapter 22. Phosphate minerals. In: J.B. Dixon and S.B. Weed (Eds.), *Minerals in Soil Environments*. Second Edition. Soil Science Society of America Book Series; no 1. ISBN 0-89118-787-1, pp. 1089-1130.
- Lodder, R., R. Meulenkamp en G. Notenboom, 2011. Fosfaatruigwinning in communale afvalwaterzuiveringsinstallaties. STOWA, rapport 2011-24. ISBN 978.90.5773.539.4.
- Ludwig, H., 2009. Rückgewinnung von Phosphor aus der Abwassereinigung. Eine Bestandesaufnahme. *Umwelt-Wissen* Nr. 0929. Bundesamt für Umwelt, Bern. 196 S. www.umwelt-schweiz.ch/uw-0929-d.
- Moerman, W., M. Carballa, A. Vandekerckhove, D. Derycke en W. Verstraete, 2009. Phosphate removal in agro-industry: Pilot- and full-scale operational consideration of struvite crystallization. *Water Research* 43: 1887-1892
- Montag, D., K. Gethke, W. Everding en J. Pinnekamp, 2009. Nährstoff- und Schadstoffgehalte in Sekundärphosphaten. *GWA Band 217*, 42. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen e.V., Aachen 2009, ISBN 978-3-938996-23-2
- Oenema, O., W. Chardon, P. Ehlert, K. van Dijk, O. Schoumans en W. Rulkens, 2012. Phosphorus Fertilisers from byproducts and wastes. *International Fertiliser Proceedings*, no 717.
- Olsthoorn, K. en N. Fong, 2012. Benutting van stikstof en fosfor in de Nederlandse landbouw. Centraal Bureau voor de Statistiek. Web-rapport 2-9-2012.
- Petzet, S. en P. Cornel, 2012. Prevention of struvite scaling in digesters combined with phosphorus removal and recovery – The FIX-Phos Process. *Water Environment Research*, 84 (3): 220-226.
- Ramesh Sakthivel, S., E. Tilley en K. M. Udert, 2012. Wood ash as a magnesium source for phosphorus recovery from source-separated urine. *Science of the total environment* 419: 68-75.
- Römer, W., 2006. Plant availability of P from recycling products and phosphate fertilizers in a growth-chamber trial with rye seedlings. *J. Plant Nutr. Soil Sc.* 169: 826-832.
- Ronteltap, M., M. Maurer en W. Gujer, 2007. The behaviour of pharmaceuticals and heavy metals during struvite precipitation in urine. *Water Research* 41: 1859-1868.
- Sanders, J. en J.H. van Kasteren, 2010. Mest als waardevolle grondstof. Enkele technologische opties. InnovatieNetwerk, Utrecht, Rapportnr. 10.2.233, ISBN: 978.90.5059.419.6.
- Schürmann, B, W. Everding, D. Montag en J. Pinnekamp, 2012. Fate of pharmaceuticals and bacteria in stored urine during precipitation and drying of struvite. *Water Science & Technology*, 65.10: 1774-1780.
- Smit, A.L., P.S. Bindraban, J.J. Schröder, J.G. Conijn, H.G. van der Meer. 2009. Phosphorus in agriculture: global resources, trends and developments : report to the Steering Committee Technology Assessment of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality, The Netherlands Plant Research International (ISSN 1566-7790 ; 282).
- Termorshuizen, A.J., D. Volker, W.J. Blok, E. ten Brummeler, B.J. Hartog, J.D. Janse, W. Knol en M. Wenneker, 2003. Survival of human and plant pathogens during anaerobic mesophilic digestion of vegetable, fruit, and garden waste. *European Journal of Soil Biology* 39: 165-171.
- Udert, K.M., T.A. Larsen en W. Gujer, 2006. Fate of major compounds in source-separated urine. *Water Science & Technology*, 54 (11): 413-420.
- Ueno, Y en M. Fujii, 2010. Three years' experience of operating and selling recovered struvite from Full-Scale Plant. *Environmental Technology*, 22:11: 1373-1381.
- Uysala, A., Y.D. Yilmazel en G.N. Demirel, 2010. The determination of fertilizer quality of the formed struvite from effluent of a sewage sludge anaerobic digester. *Journal of Hazardous Materials* 181: 248-254.
- Van Dijk, T.A., J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma, M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius & O. Oenema, 2009. Protocol Beoordeling Stoffen Meststoffenwet. Versie 2.1. WOT werkdokument 167.
- Van Rensburg, P.A., E.V. Musvoto, M.C. Wentzel en G.A. Ekama, 2003. Modelling multiple mineral precipitation in anaerobic digester liquor. *Water Research* 37: 3087-3097.
- Veltman, A., 2012. Pilotonderzoek op de rioolwaterzuivering Amsterdam West. Struviet productie door middel van het AIRPREX Proces. STOWA, Rapport 27. ISBN 978.90.5773.567.7.
- Wilsenach, J.A., C.A.H. Schuurbijs, M.C.M. van Loosdrecht, 2010. Phosphate and potassium recovery from source separated urine through struvite precipitation. *Water Research*, 41: 458 - 466.
- Wu, Yanyu & Shaoqi Zhou, 2012. Improving the prediction of ammonium nitrogen removal through struvite precipitation. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 19: 347-360. DOI 10.1007/s11356-011-0520-6.
- Xu, H., P. He, W. Gu, G. Wang en L. Shao, 2012. Recovery of phosphorus as struvite from sewage sludge ash. *Journal of Environmental Sciences*, 24 (8): 1533-1538

Verantwoording

Dit rapport komt voort uit een verzoek van het toenmalige ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, thans het ministerie van Economische Zaken. De studie is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR (thans Wageningen Environmental Research, onderdeel van Wageningen University & Research), NMI en RIVM. De kwaliteit wordt geborgd door toepassing van kwaliteitssystemen. Dit rapport is zowel door Wageningen University & Research als door RIVM onderworpen aan een interne review.

Bijlage 1 Adviesaanvraag ministerie EL&I



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

> Retouradres Postbus 20401 2500 EK Den Haag

Commissie Deskundigen Meststoffenwet
p/a Alterra
De heer G. Velthof
Postbus 47
6700 AA WAGENINGEN

Datum 4 april 2012
Betreft Struviet

Geachte heer Velthof,

Hierbij verzoek ik de Commissie Deskundigen Meststoffenwet een offerte uit te brengen voor een oordeel betreffende het toevoegen van struviet als aparte categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Ik verzoek u in uw oordeel een voorstel op te nemen voor een definitie voor struviet vergelijkbaar met die van compost en zuiveringsslib en een voorstel voor generieke landbouwkundige, milieukundige -en eventuele overige- voorschriften waaronder struviet als meststof zou mogen worden verhandeld. Tevens vraag ik u een voorstel te doen voor de vereiste analysemethoden en andersoortige informatie die relevant kan zijn bij de beleidskeuze om struviet als aparte categorie toe te voegen aan het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet.

Er is in de afgelopen jaren door diverse partijen veel onderzoek verricht naar de productie en samenstelling van struviet, zoals in het SOURCE-project¹. Daarom verzoek ik u in uw advies de betreffende kennis en expertise te betrekken van bedrijven en kennisinstellingen zoals Thermphos, Cosun, Unie van Waterschappen, Deltares en STOWA.

Graag ontvang ik uw oordeel uiterlijk 1 mei 2012.
Uw contactpersoon is –voorlopig– Erik Mulleneers.

Toelichting bij dit verzoek

In het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet worden diverse categorieën meststoffen en afvalstoffen gedefinieerd die onder nadere voorwaarden als meststof mogen worden verhandeld. Alleen compost en zuiveringsslib zijn als aparte 'groepen' afvalstoffen gedefinieerd. Overige (groepen van) afvalstoffen kunnen alleen als meststof worden verhandeld als deze zijn toegevoegd aan Bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet. Struvieten, een verzamelbegrip voor

¹ Doel van het SOURCE-project is het ontwikkelen van een duurzame keten voor de herwinning van nutriënten uit de gecombineerde stroom van menselijke urine en de waterfractie uit mest-verwerkende bedrijven.

**Directie Plantaardige
Agroketens en
Voedselkwaliteit**
Cluster Mest, Milieu, Energie en
Ethiek

Prins Clauslaan 8
2595 AJ Den Haag
Postbus 20401
2500 EK Den Haag
www.rijksoverheid.nl/eleni

Contactpersoon
drs. E.A.J. Mulleneers
*coördinerend
beleidsmedewerker*

T 070 - 378 4451
M 06 - 18 59 22 67
e.a.j.mulleneers@mineleni.nl

Onze referentie
260664

Pagina 1 van 2



PDOC01/260664

fosfaathoudende mineralen, komen vrij bij een scala aan industriële processen, waaronder het zuiveren van afvalwater en industrieel proceswater, maar ook komt het vrij bij bepaalde verwerkingmethoden van dierlijke mest, zoals kalvergier door Stichting Mestverwerking Gelderland.

**Directie Plantaardige
Agroketens en
Voedselkwaliteit**
Cluster Mest, Milieu, Energie en
Ethiek

Op dit moment moeten bedrijven voor elk afzonderlijk proces, waarbij struviet vrijkomt, een verzoek met bijhorend dossier indienen om deze toe te voegen aan Bijlage Aa. Alleen dan is het mogelijk om struviet te verhandelen als meststof of te gebruiken als grondstof bij het vervaardigen van een meststof.

Datum
4 april 2012

Onze referentie
260664

Struvieten hebben een (landbouwkundige) waarde als meststof. Er is momenteel één struvietvorm toegevoegd aan bijlage Aa, onder categorie I onder nr. 16, 'magnesiumammoniumfosfaat van aardappelproceswater'.

In de praktijk blijkt een behoefte aan generieke voorschriften voor struviet om deze als meststof te mogen verhandelen. Deze behoefte komt ondermeer tot uitdrukking in het zogenoemde Ketenakkoord Fosfaatkringloop (najaar 2011) waarin tientallen partijen met de Rijksoverheid de ambitie hebben verwoord om binnen twee jaar een duurzame markt te creëren waarin zoveel mogelijk her te gebruiken fosfaatstromen op een milieuverantwoorde wijze in de kringloop worden teruggebracht. Ook heeft de Rijksoverheid Green Deals gesloten met een aantal bedrijven waarin staat dat de Rijksoverheid als 'tegenprestatie' de mogelijkheid onderzoekt om voor struviet een aparte categorie op te nemen in de Meststoffenwet.



ir. C. Lever
Directeur Plantaardige Agroketens en Voedselkwaliteit

Bijlage 2 Technologieën

De tabel geeft technologieën om fosfaatprecipitatie te realiseren op een RWZI of AWZI, de ontwikkelaar van die technologie, de inpassing op de afvalwerkende eenheid, de fosfaatvorm die vrijkomt en het perspectief voor de praktijk (naar Lodder *et al.*, 2011).

Technologie	Ontwikkelaar	Inpassing op RWZI/AWZI	Product(en)	Praktijk
Anphos	Colsen	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib	struviet	Lamb Weston/Meijer te Kruijningen, Peka Kroef te Odiliapeel
Crystallactor	DHV	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib; werd ook toegepast in de waterlijn	calciumfosfaat of magnesiumfosfaat afhankelijk van de grondstof. In de uitvoeringspraktijk calciumfosfaat	Was in gebruik op RWZI's te Geestmerambacht en Westerbork
NuReSys	Akwadok groep	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib	struviet	Twee full scale installaties (zuivelverwerkende industrie en een aardappelverwerkende industrie te Harelbeke (België))
Pearl (+WASSTRIP)	Nutrient Recovery Technologies Inc.	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib; bij WASSTRIP wordt het slib voor ontwatering gestript van fosfaat	struviet	RWZI's Canada (1), VS (3).
PhosNix	Unitika	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib	struviet	RWZI's Japan (2)
Phospaq	Paques	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib	struviet	RWZI Olburgen en RWZI Lomm
P-RoC	Forschungszentrum Karlsruhe	Bio-P zuivering na de gisting voor ontwatering slib	calciumfosfaat	pilot
PRISA	Aachen University	Inpasbaar voor gisting, na gisting en voor rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering bio-P slib	struviet	pilot
Airprex	Berliner Wasser Betriebe	Bio-P zuivering na de gisting voor ontwatering	struviet	RWZI Mönchengladbach-Neuwerk

Technologie	Ontwikkelaar	Inpassing op RWZI/AWZI	Product(en)	Praktijk
		slib		
CAFR ¹ /Nutritec	NALVA	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib	MgHPO ₄ , overmaat voorzover niet gerecycled in het proces; (NH ₄) ₂ SO ₄ belangrijkste meststofvorm	Pilot ¹ Chemische Ammonium Fällung und Rezyklierung
Het Vernufteling 2010 proces, zelfde principe als CAFR	DHV i.s.m. WS Hunze en Aa	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib	struviet overmaat voorzover niet gerecycled in het proces; zuiver ammoniakgas wordt als energiebron toegepast	Pilot
NutriTec	Sustec	Rejectiewater dat vrijkomt bij ontwatering van bio-P slib	struviet en MgHPO ₄ , overmaat voorzover niet gerecycled in het proces; (NH ₄) ₂ SO ₄ belangrijkste meststofvorm	Pilot
PhoStrip	Biospherics Inc.	Retourslib van een Bio-P zuivering wordt gestript van fosfaat onder toevoeging van azijnzuur. De daardoor met fosfaat verrijkte waterstroom wordt met ijzer of aluminium verwijderd.	ijzerfosfaat of aluminiumfosfaat	Breed ingezette techniek bij defosfatering
Saniphos	GMB	Verwerking van menselijke urine (moeders-voor-moeders en evenementen).	struviet	Unit gerealiseerd bij GMB Zutphen
Seaborn	Technische Universität Braunschweig	Bio-P slib wordt behandeld met zwavelzuur en vervolgens ontwaterd. Deze rejectiestroom wordt met sulfide van biogas behandeld waarna struviet geprecipiteerd wordt.	struviet + ammoniumsulfaat	Pilot
KPM-proces(1)	Geochem research b.v., SMG	Effluent van kalverengier, na verwijdering van stikstof wordt behandeld met MgO.	Kaliumstruviet	SMG, locatie Putten

http://agrienvarchive.ca/bioenergy/download/P-recovery_manure_NL-VanRuiten.pdf

Bijlage 3 Gesprekpartners consultatieronde

Ing. B.D.L. (Boris) Colsen, directeur Colsen bv

Ir. D.F.A. (Davey) Smet, technoloog bij Colsen bv

Ir. A.D. (Anne-Douwe) van der Zee, directeur Groene Poort bv

Ing. A.P.M. (Ad) Backx, Suiker Unie

Ir. J.F.M. (Johan) Raap, Milieutechnoloog bij Royal Cosun

Dr ir. M.J.J. (Mike) Litjens, Manager R&D bij Duynie Holding BV

Ing. M.W. (Martin) Wilschut MBA, GMB

Ir. M.H. (Marc) Bennenbroek, GMB

Dr. A.A. (Lideke) Vergouwen, senior adviseur water bij de Grontmij

Ing. G.J. (Geert) Notenboom, adviseur afvalwaterbehandeling bij de Grontmij

Ir. C.A. (Cora) Uijterlinde, onderzoekscoördinator Afvalwatersystemen bij de STOWA

Drs. A.J. (Bert) Palsma, onderzoekscoördinator Waterketen

Prof. dr ir. G. (Grietje) Zeeman, hoogleraar Nieuwe Sanitatie aan WU Agrotechnologie & Voedingwetenschappen, Sectie Milieutechnologie

Dr ir. M.H.A. (Miriam) van Eekert, onderzoeker bij LeAF (Lettinga Associates Foundation)

Ir. H. (Herbert) van Veen, zaakvoerder, Stichting Mestverwerking Gelderland

Ir. J.A. (Anneloes) Verhoek, technoloog, Stichting Mestverwerking Gelderland

Bijlage 4 Verslagen consultatieronde

Interview met Cosun/Suiker Unie/Duynie Holding

Verslag van de bespreking, 4 september 2012

Gesprekspartners:

Ing. A.P.M. (Ad) Backx, Suiker Unie

Ir. J.F.M. (Johan) Raap, Milieutechnoloog bij Royal Cosun

Dr ir. M.J.J. (Mike) Litjens, Manager R&D bij Duynie Holding BV

Interviewers:

Ir. P.A.I. (Phillip) Ehlert, WUR ESG Alterra, uitvoerder CDM project

Ing. T.A. (Tonnis) van Dijk, NMI, uitvoerder CDM project

Algemene informatie over het bedrijf⁴⁰

Royal Cosun is een agro-industrieel concern en stevig geworteld in de primaire sector. De bedrijven die tot Cosun behoren zijn Suiker Unie, Aviko, Sensus, SVZ en Duynie Holding. Ze maken ingrediënten en producten voor voeding die hun weg vinden naar de voedingsmiddelenindustrie, foodservice en retail. En in toenemende mate ook halffabricaten en producten voor non-food toepassingen.

De ambitie is de grondstof zo volledig mogelijk te benutten; dat is goed voor het milieu, het rendement en beantwoordt aan de maatschappelijke behoefte aan verantwoorde producten en productiewijzen. Zo leveren de bedrijven van Cosun ook producten aan de veevoedersector en worden restproducten gebruikt voor biogas productie. Cosun heeft vanuit haar maatschappelijke ambitie een Green Deal gesloten met de Rijksoverheid.

Royal Cosun werd ruim 110 jaar geleden opgericht door Nederlandse suikerbietentelers die zich verenigden in een coöperatie. De coöperatie telt tegen de 10.000 leden c.q. aandeelhouders en is uitgegroeid tot een onderneming met zo'n 3.500 medewerkers teruggerekend in voltijdbanen en een concernomzet van circa € 1,8 miljard. Jaarlijks worden in NL suikerbieten van zo'n 75.000 ha verwerkt, aardappelen van ca. 50.000 ha, en cichorei van ca. 5000 ha.

Algemeen

Er wordt een toelichting gegeven op het project dat namens de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I). Voor dit project is er grote behoefte aan meetgegevens betreffende de samenstelling van struviet, met name de waardegevende bestanddelen, maar ook wat betreft nevenbestanddelen. Aanvullend wordt ook kort ingegaan op de ontwikkelingen die in EU-verband plaatsvinden met betrekking tot de herziening van Europese regelgeving voor meststoffen en in het bijzonder op de nieuwe categorieën meststoffen.

Door Cosun wordt aangegeven dat op verschillende plaatsen struviet wordt geproduceerd en dat daar ook meetgegevens beschikbaar zouden moeten komen. Genoemd worden het project Source, Waterstromen, gegevens die bij Duynie Holding beschikbaar zijn over het struviet dat wordt geproduceerd door Lamb Weston/Meijer (Duynie Holding vermarkt dit struviet en heeft daarvoor een toelatingsverzoek met een dossier ingediend, wat is gehonoreerd). Binnen Cosun zullen gegevens aanwezig zijn. Afgesproken wordt dat die worden verzameld, evenals gegevens over de productieprocessen waarbij struviet vrijkomt, en dat die informatie door Cosun in schriftelijke vorm aan de onderzoekers beschikbaar wordt gesteld.

⁴⁰ Info gedeeltelijk van <http://www.cosun.nl/home.aspx>

Productieproces van struviet

- Aard en herkomst van het proceswater

De ondernemingen die onder Royal Cosun groep vallen, zoals Suiker Unie, Sensus, Aviko en SVZ, verwerken uitsluitend plantaardige producten, afkomstig van de primaire sector, tot halffabricaten of levensmiddelen. Bij die verwerkingsprocessen komen ook reststromen vrij. Het beleid van Cosun is erop gericht om al die reststromen te verwaarden tot nuttige producten. Eén van die producten is struviet (magnesiumammoniumfosfaat), dat wordt gewonnen uit water dat gebruikt is of vrijkomt bij het productieproces. Dit product wordt als schoon en onverdacht aangemerkt. Cosun waardeert dit struviet daarom als meststof of als grondstof voor meststoffen. Dergelijke gebruiksfuncties moeten mogelijk zijn zonder belemmerende regelgeving.

Cosun benadrukt dat de grondstoffen die zij innemen schone producten zijn en dat tijdens het verwerkingsproces van deze primaire grondstoffen tot voedingsmiddelen of -ingrediënten alles erop gericht is om veilige producten te produceren. Ook de reststromen zijn naar de mening van Cosun daarom schoon en onverdacht en dus ook het struviet dat uit het proceswater wordt geproduceerd.

- Procedé van struvietvorming
 - Grondstoffen
 - Hulpstoffen

Hierover wordt nadere informatie gegeven. Dit betreft de grond- en hulpstoffen die Cosun zelf verwerkt.

- Zuivering en opwerkingsstappen van struviet

Genoemd wordt dat bij het drogen van struviet het risico bestaat dat ammoniak ontwijkt en magnesiumfosfaat overblijft. Magnesiumfosfaat heeft als eigenschap dat het veel minder goed oplosbaar is en feitelijk geen struviet is. Inzicht in bewerkingsstappen dient de beeldvorming over het fosfaathoudende product dat bij Cosun vrijkomt. Het struviet dat Duynie Holding vermarkt, wordt gedroogd op lage temperaturen (50 °C) om de emissie van ammoniak te voorkomen.

Samenstelling van struviet

- Samenstelling van struviet: waardegevende bestanddelen

Hierover wordt nadere informatie gegeven.

- Samenstelling van struviet: contaminanten, met name zware metalen, organische microverontreinigingen, residuen van geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, etc. In tegenstelling tot stedelijk rioolwater, is het bij struviet dat bij Cosun bedrijven, of meer in het algemeen bij de voedingsmiddelenbedrijven, wordt geproduceerd of kan worden geproduceerd uitgesloten dat er residuen van geneesmiddelen voor zullen komen. Daarentegen kunnen wel residuen van gewasbeschermingsmiddelen en biociden aanwezig zijn.

Opmerking van Cosun: wanneer er een normen zouden zijn voor milieubelastende stoffen in struviet dan is de handhaving veel eenvoudiger en is het voor de producenten eenvoudiger om te weten of hun product wel of niet als meststof mag worden gebruikt. N.b.: als er geen normen komen, dan is goedkeuring gewenst van struviet uit proceswater van voedingsmiddelenbedrijven, welke struviet onverdacht is.

- Analysemethoden waarmee de samenstelling werd vastgelegd

Hierover wordt nadere informatie gegeven.

- Aanwezigheid van pathogenen, sanitatiestappen.

De productie van grondstoffen, halffabricaten en eindproducten in de voedingsmiddelenindustrie voorkomt de aanwezigheid van pathogenen. Te denken valt aan E-coli, Salmonella, etc. Het is daarom zeer onwaarschijnlijk dat pathogenen voorkomen in struviet afkomstig van een Cosun onderneming.

Hierover wordt nadere informatie gegeven.

Markt en toekomst perspectief

- Volume en prognose bij toekomstige ontwikkelingen

Hierover wordt nadere informatie gegeven.

- Huidige afzetmarkt en beoogde afzetmarkt volgens Cosun Hierover wordt nadere informatie gegeven.

Knelpunten

- Huidige knelpunten bij afzet, verwachte knelpunten
 1. De handel wordt gefrustreerd doordat aan afnemers van struviet niet duidelijk te maken is wat wel en wat niet is toegestaan met het product. Mag het bijvoorbeeld als grondstof voor meststoffen worden gebruikt?
 2. Toegelaten is momenteel een struviet dat bij Lamb Weston/Meijer wordt geproduceerd uit proceswater van de verwerking van industrieaardappelen voor frites en andere aardappelproducten. Het proces is nauwkeurig omschreven. Bij Sensus wordt beoogd hetzelfde product te gaan maken uit de reststroom van de verwerking van cichorei. Struviet van dit productieproces beantwoordt niet aan de beschrijving van het proces van struviet van de verwerking van aardappelen. Ook struviet, dat kan worden geproduceerd uit de reststroom van andere aardappelverwerkers dan Lamb Weston/Meijer, heeft een goede kans dat het niet voldoet aan de genoemde beschrijving.
 3. Knelpunt is ook de huidige toelatingsprocedure. Die duurt veel te lang. Hoewel 13 weken aangegeven wordt blijkt dit in de praktijk een veel langere periode te beslaan.
 4. Ook het contact met de Dienst Regelingen blijkt een knelpunt te zijn. De beschikbaarheid is beperkt in de praktijk en de mensen die de vragen moeten beantwoorden hebben vaak onvoldoende kennis van zaken.
 5. Nog een aantal (bestaande en verwachte) knelpunten is genoemd in de schriftelijke beantwoording van de gestelde vragen.

Workshop

Betrokkenheid bij de workshop wordt door Cosun op prijs gesteld.

Afspraken

- Cosun levert eind volgende week (= week 37) schriftelijk een zo nauwkeurig mogelijke beantwoording van de 10 vragen die op basis van het Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet zijn geformuleerd.
- Het conceptverslag van de bespreking op 4 september wordt aan Cosun gezonden ter beoordeling / aanvulling en met het verzoek om toestemming teneinde het te laten opnemen bij het rapport van het project van de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet.

Aanvullende informatie Cosun

Wageningen UR, Alterra
T.a.v. de heer P.A.J. Ehlert
Postbus 47
6700 AA Wageningen.

Nutriënten Management Instituut, NMI
T.a.v. de heer T.A. van Dijk
Postbus 250
6700 AG Wageningen

Dinteloord, 1 oktober 2012

Onderwerp Struviet van Cosun bedrijven, Green Deal
Archiefcode
Referentie AB12-64

Noordzeedijk 113
4671 TL Dinteloord
Postbus 100
4750 AC Oud Gastel

T 00.31.(0)6 51 38 34 32
E Ad.backx@suikerunie.com

Geachte heren Ehlert en van Dijk, beste Phillip en Tonnis,

Naar aanleiding van ons gesprek op 4 september 2012 over ons verzoek tot erkenning van struviet als meststof van businessgroepen van Royal Cosun, ontvangt u hierbij een brief met bijlagen. Bijlage 1 bevat de beantwoording van de door u aangereikte vragenlijst.

Cosun heeft met de rijksoverheid een Green Deal afgesloten voor bepaalde doelstellingen, waaronder de productie van struviet uit reststromen, proceswater, van Cosun bedrijven en de erkenning als meststof van deze struviet.

De Cosun businessgroep Duynie Holding vermarkt struviet, een magnesium ammonium fosfaat verbinding, uit proceswater van aardappelverwerkend bedrijf Lamb Weston/Meijer. De businessgroepen Aviko, Sensus en Suiker Unie overwegen eveneens productie van struviet uit proceswater van respectievelijk de productie van aardappelproducten uit aardappelen, inuline uit cichoreiwortelen en suiker uit suikerbieten. Ook overweegt Suiker Unie de productie van struviet uit digestaat van vergisting van alleen plantaardige grondstoffen. Daarnaast kan struvietproductie als duurzame toepassing uitstekend passen in toekomstige biobased processen, waartoe Cosun op grote schaal onderzoek verricht.

De strategie van het Agro- en industrieel concern Royal Cosun is o.a. gericht op het bevorderen van duurzame kringlopen: van de akker naar de fabriek en nutriënten terug naar de akker.

Genoemde meststof struviet van Cosun bedrijven past uitstekend in het (Europees) landbouwbeleid van het bevorderen van die kringlopen. Omdat deze producten worden geproduceerd in voedingsmiddelen- en -ingrediëntenbedrijven, wordt de milieutechnische kwaliteit gewaarborgd. Daarnaast draagt toepassing van deze producten bij aan het verdringen van gebruik van schaarse en in sommige gevallen milieuvriendelijke grondstoffen.

Milieu en Arbo

Datum 1 oktober 2012
Referentie AB12-64
Pagina 2

Tot slot wordt de productie van kunstmest beperkt wat van belang is in het kader van het (Europese) klimaatbeleid: minder broeikasgassen.

Cosun pleit voor een algehele goedkeuring van struviet als meststof in het kader van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet met daarbij eisen voor zware metalen en microverontreinigingen, inclusief de verontreinigingen van hormonen en medicijnresten.

Indien deze goedkeuring (vooralnog) op problemen stuit dan verzoeken wij u in ieder geval te bevorderen dat op korte termijn struviet uit proceswater van levensmiddelen- en -ingrediënten-bedrijven uit plantaardige landbouwgrondstoffen wordt erkend als meststof.

Graag zijn we bereid de brief en bijlagen toe te lichten.

Namens de Cosun bedrijven,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A.P.M. Bockx'.

A.P.M. Bockx
Manager Milieu- en Arbozaken Suiker Unie

C.c.:
Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie
De heer ir. M. Root
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

Bijlagen:

- AB12-64 Bijlage 1, Informatie over struviet, notitie van 18 september 2012
- AB12-64 Bijlage 2, beschrijving proces van magnesium ammonium fosfaat

BIJLAGE 1

Van: A. Backx (Suiker Unie), M. Litjens (Duynie Holding) en J.Raap (Cosun, CFTC)
Aan: P.A.I. Ehlert en T. van Dijk
Datum: 1 oktober 2012
Ref.: AB12-64, bijlage 1
Betreft: Informatie over struviet van de Cosun businessgroepen, Duynie Holding, Aviko, Sensus en Suiker Unie

1) Aard en herkomst van het proceswater

Duynie Holding vermarkt via haar dochterbedrijf Crustell struviet dat door Lamb Weston / Meijer wordt geproduceerd uit proceswater van de aardappelverwerking (onder meer tot frites en andere aardappelspecialiteiten). Aviko, Sensus en Suiker Unie overwegen om struviet te produceren uit proceswaterstroom die respectievelijk ontstaat bij de productie van aardappelproducten uit aardappelen, inuline uit cichoreiwortelen en suiker uit suikerbieten. Suiker Unie overweegt om struviet te produceren uit het digestaat van vergistingsinstallaties. In deze vergistingsinstallatie wordt uitsluitend plantaardige biomassa verwerkt tot biogas, dus er wordt uitdrukkelijk geen dierlijke mest toegevoegd. Duynie Holding, Aviko, Sensus en Suiker Unie behoren tot het agro- en industrieel concern Royal Cosun

2) Procedé van struvietvorming

Bijlage 2 beschrijft het proces voor de productie van het struviet dat momenteel wordt vermarkt door Duynie Holding. Voor andere locaties en andere bronnen zullen aanpassingen aan dit proces nodig zijn om tot een goed product te komen.

3) Zuivering en opwerkingsstappen van struviet

Het geproduceerde struviet wordt gewassen met behulp van hydrocyclonen, om een deel van de organische stof te verwijderen. Vervolgens wordt met behulp van een kamerfilterpers water verwijderd tot een droge stof gehalte van minimaal 40 %.

Een deel van het struviet wordt vervolgens gedroogd, bijvoorbeeld tot een droge stof gehalte van 70 of 80%. Het struviet wordt gedroogd bij een lage temperatuur van 50 °C om te voorkomen dat ammoniak uit het kristal wordt verdampt, waardoor het struviet zou worden omgezet in magnesiumfosfaat.

4) Samenstelling van struviet: waardegevende bestanddelen

Uit meerdere monsters struviet zijn de volgende typische variaties in samenstellingen bepaald, uitgedrukt in gram per kilogram droge stof:

Stikstof totaal	50 - 75	g / kg ds
Fosfaat (P ₂ O ₅)	285 - 370	g / kg ds
Magnesium (MgO)	170 - 220	g / kg ds

Variaties in de samenstelling aan waardegevende bestanddelen kunnen voor levering van het product worden aangepast door het mengen en afstandaardiseren van verschillende batches.

5) Samenstelling van struviet: contaminanten

Meerdere monsters struviet zijn geanalyseerd op de aanwezigheid van zware metalen en arseen. De variaties in de gemeten samenstellingen, uitgedrukt in milligram per kilogram fosfaat (waardegevend bestanddeel) zijn gegeven in onderstaande tabel. De maximaal toegestane waarden zijn tussen haakjes weergegeven.

Cd	1,6 - 3,5	(31)	mg / kg P ₂ O ₅
Cr	29 - 58	(1875)	mg / kg P ₂ O ₅
Cu	70 - 130	(1875)	mg / kg P ₂ O ₅
Hg	< 0,5	(19)	mg / kg P ₂ O ₅
Ni	14 - 18	(750)	mg / kg P ₂ O ₅
Pb	0 - 7	(2500)	mg / kg P ₂ O ₅
Zn	330 - 690	(7500)	mg / kg P ₂ O ₅
As	0 - 2,3	(375)	mg / kg P ₂ O ₅

De aanwezigheid van alle relevante zware metalen en arseen ligt ver onder de toegestane grenswaarden zoals gegeven in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Dit betekent impliciet dat ook de gebruikte hulpstof magnesiumoxide van een geschikte kwaliteit is.

Struviet dat wordt geproduceerd uit de reststromen van de verwerkers van aardappelen, suikerbieten, cichorei, tarwe, groenten en fruit, bevat géén residuen van geneesmiddelen of hormonen.

Er zijn analyses uitgevoerd op de aanwezigheid van organische microverontreinigingen, waaronder pesticiden/gewasbeschermingsmiddelen. Hierbij zijn geen residuen van pesticiden aangetoond in het struviet en de som van de gehalten aan poly-aromatische koolwaterstoffen valt ruimschoots binnen de norm.

6 Analysemethoden waarmee de samenstelling werd vastgelegd

Het gehalte aan stikstof totaal is geanalyseerd met behulp van de Kjeldahl methode.

De gehalten aan P, Mg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb en Zn zijn bepaald na destructie met een inductief gekoppeld plasma met atomaire emissiemeting (ICP-AES).

Het gehalte aan kwik is gemeten met een Flow Injection Mercury System, met een methode die is gebaseerd op NEN-EN 1483.

Het gehalte aan Arseen is bepaald na ontsluiting met DIGI-Prep, met een inductief gekoppeld plasma met atomaire emissiemeting (ICP-AES).

Het gehalte aan droge stof is gemeten met behulp van een gravimetrische methode. Het monster wordt 4 uur gedroogd bij 103 °C en het gewichtsverlies wordt bepaald door wegen. Als alternatief is het droge stof gehalte ook enkele malen bepaald met behulp van een Karl Fischer methode (AOAC Official Method 972.01). Deze methode geeft een nauwkeurigere samenstelling maar heeft als nadeel dat ze vele malen duurder is.

7 Aanwezigheid van pathogenen, sanitatiestappen

Struviet wordt geproduceerd (zie onder punt 2) uit een proceswater van de voedingsmiddelenindustrie, dat geen pathogenen bevat. Vervolgens ondergaat deze stroom een anaerobe zuivering, een beluchting en een neerslagreactie bij een hoge pH (8,5 – 9). Dit zijn geen omstandigheden waarbij de groei van pathogene micro-organismen moet worden verwacht.

8 Volume en prognose bij toekomstige ontwikkelingen

Het huidige volume bedraagt circa 1000 ton per jaar. Dit volume zal sterk toenemen bij een uitgebreidere toelating. Een toelating van struviet uit proceswater van de agro-industriële verwerkers van akkerbouwproducten zal het volume aanzienlijk laten toenemen.

9 Huidige en beoogde afzetmarkt

Het struviet wordt momenteel vooral afgezet als een directe meststof. Het doel is om het struviet in de nabije toekomst ook in te zetten als ingrediënt in samengestelde meststoffen, mogelijk in een gekorrelde vorm.

10 Huidige knelpunten bij afzet, verwachte knelpunten

Huidige knelpunten omvatten onder meer:

- a) De procedure die wordt gebruikt als van een product wordt gevraagd om dit aan te wijzen als stof voor de productie van meststoffen, duurt (veel) te lang. Hiervoor staat een periode van maximaal 13 weken maar dit duurde in de praktijk in het geval van struviet meer dan een jaar (ondanks dat het verzoek als volledig werd beoordeeld). Een soortgelijk verzoek werd later ingediend voor hetzelfde struviet maar dan in ongedroogde vorm; hier duurde de procedure ruim een half jaar.
- b) Tijdens bovengenoemde procedure is het nagenoeg niet mogelijk om contact te hebben met de overheid over het verloop. De Dienst Regelingen is dan niet of nauwelijks bereikbaar, het LNV-loket heeft onvoldoende informatie om te delen. De aanvrager wordt niet (of anders zeer laat) geïnformeerd over het besluit betreffende de aanvraag.
- c) Het struviet dat nu is opgenomen in Bijlage Aa van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet is bij de indiening van het verzoek breed omschreven maar is in de beoordeling sterk ingeperkt tot de volgende omschrijving: "Reststof die is vrijgekomen bij de fabrieksmatige verwerking van aardappelen door het scheiden van resten aardappel, vet en onoplosbaar zetmeel waarna de geschoonde vloeistof anaeroob wordt gezaiverd en dan koolzuurgas wordt verwijderd en vervolgens magnesiumoxide wordt toegevoegd en het dan gevormde precipitaat wordt afgescheiden en gewassen, ontwaterd en eventueel gedroogd en die bestaat uit magnesiumammoniumfosfaat (magnesiumammoniumfosfaat van aardappelproces-water)." Dit betekent in de praktijk een zodanig beperkte toelating, dat deze slechts voor een aantal aardappelverwerkers geldt, omdat niet alle aardappelverwerkende bedrijven in Nederland precies voldoen aan het hierboven beschreven proces.
- d) Mogelijke afnemers van struviet voor directe toepassing als meststof of voor verwerking in een samengestelde meststof vinden de huidige regelgeving die aan moet geven of het product al dan niet is toegestaan, te onduidelijk. Dat geldt voor de situatie in Nederland en zeker ook in geval van export naar landen binnen de Europese Unie. De regels zijn zeer verschillend voor bijvoorbeeld Nederland, België (toelating per producent) en Duitsland (verschilt per Bundesland). In Nederland is onvoldoende duidelijk voor leveranciers, afnemers, producenten, adviseurs en ook beleidsmedewerkers wat een ontheffing concreet betekent in de praktijk.
- e) Struviet dat wordt gewonnen voor recycling uit reststromen is een duurzame meststof, maar kan zich op dit criterium moeilijk onderscheiden van andere (vaak minder) duurzame meststoffen. Een kwalificatiesysteem op duurzaamheid zou de afzet kunnen steunen.
- f) Er is behoefte aan een impuls die de afzet ondersteunt van grondstoffen die duurzaam zijn geproduceerd en die de zelfvoorzienendheid van Europa onderbouwen. Hier wordt van de overheid een bijdrage gevraagd, bijvoorbeeld in rol van regelgever en/of in de rol van afnemer.

Verwachte knelpunten:

- a) De toelating van meerdere vormen van struviet en andere gerecyclede fosfaatmeststoffen is gewenst. Als deze toelating niet wordt vergezeld van een regelgeving die de ophoping van residuen van geneesmiddelen, hormonen en gewasbeschermingsmiddelen op de akkers en in de akkerbouwproducten voorkomt, dan kan dit grote gezondheidsproblemen veroorzaken. Als de regelgeving niet duidelijk en transparant zal zijn, dan zal de toepassing zeer beperkt blijven.

De productie van struviet uit levensmiddelen- en -ingrediëntenbedrijven van plantaardige landbouwgrondstoffen draagt bij aan de duurzame kringloop van stoffen van de akker naar de fabrieken en terug naar de akker. Hierdoor wordt de productie van kunstmest beperkt. De fosfaatvoorraden zijn mondiaal beperkt en de productie van struviet past uitstekend in de doelstellingen van het Ketenakkoord fosfaatkringloop.

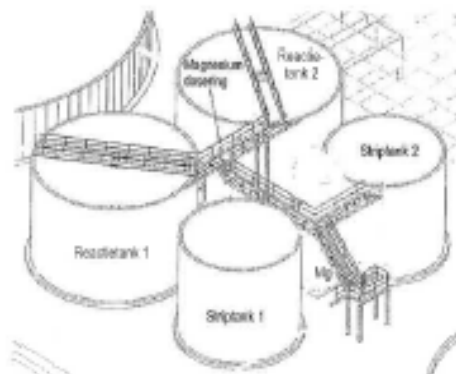
AB12-64, bijlage 2.

Beschrijving proces voor de productie van magnesium ammonium fosfaat

Het magnesium ammonium fosfaat (struviet) wordt geproduceerd uit het proceswater van de aardappelverwerker Lamb Weston / Meijer, op de locaties te Krainingen (Stationsweg 18a) en te Bergen op Zoom (Vierlinghweg 33). Voor beide locaties zijn de processen identiek, het magnesium ammonium fosfaat wordt geproduceerd met behulp van het zogenoemde Colsen proces.

In de fabrieken wordt veel water gebruikt als transportmiddel, schoonmaakmiddel en om aardappelen te verwarmen. Al het proceswater dat vrij komt, wordt verzameld. Hieruit worden stukjes aardappel, vet en onoplosbaar zetmeel afgescheiden en veelal afgezet in de diervoedersector. Het overgebleven proceswater bevat nog 5000 mg/l CZV aan energierijke verbindingen, die in een anaerobe zuivering worden afgebroken tot 1000 mg/l CZV. Dit gebeurt bij 35 °C en een pH tussen 6 en 7, en hierbij wordt biogas geproduceerd voor het opwekken van warmte en elektriciteit. Het resterende water bevat nog hoge gehalten aan ammonium (250 mg/l) en fosfaat (60 mg/l), en mag daardoor niet zonder meer geloosd worden op het oppervlaktewater of het riool. Daarnaast past het in het kader van duurzame procesvoering om deze nutriënten te winnen en te hergebruiken, waardoor er minder druk komt op de natuurlijke, afnemende, voorraden aan fosfaat-erts.

De winning van fosfaat en ammonium uit dit water (35 °C, pH 7, 250 mg/l ammonium, 60 mg/l fosfaat) gebeurt in de buitenlucht zonder koelen of verwarmen, in twee parallelle lijnen (zie schema hieronder). Omdat het water na de anaerobe zuivering nog veel opgelost koolzuur bevat, en omdat voor de vorming van struviet juist alkalische condities nodig zijn, wordt eerst in een striptank CO₂ verwijderd door beluchting. Hierbij loopt de pH op tot ruim boven de 8. Vervolgens wordt het water naar een reactietank gepompt, waar magnesiumoxide wordt toegevoegd in een 10 % overmaat ten opzichte van het fosfaat. Daarbij loopt de pH verder op tot pH 8,5 – 9. Onder deze alkalische omstandigheden vindt dan de volgende neerslagreactie plaats:



Schematische weergave struvietproductie



Het gevormde neerslag bestaat uit kristallen magnesium ammonium fosfaat (struviet). Deze bezinken in de reactor en worden afgescheiden. Een deel van de bezonken kristallen wordt achtergehouden in de reactor, omdat die als ent dienen voor de aangroei van nieuwe kristallen. Het overblijvende proceswater bevat 10 mg/l fosfaat en gaat naar de aerobe waterzuivering. De afgescheiden kristallen magnesium ammonium fosfaat worden in een hydrocycloon gewassen met water. Vervolgens wordt ontwaterd met een kamerfilterpers tot een droge stof gehalte van minimaal 40 %. Tenslotte wordt het magnesium ammonium fosfaat gedroogd bij 50 °C.

Interview met Colsen bv en Groene Poort bv

Verslag van de bespreking, 5 september 2012

Gesprekspartners:

Ing. B.D.L. (Boris) Colsen, directeur Colsen bv

Ir. D.F.A. (Davey) Smet, technoloog bij Colsen bv

Ir. A.D. (Anne-Douwe) van der Zee, directeur Groene Poort bv

Interviewers:

Ir. P.A.I. (Phillip) Ehlert, WUR ESG Alterra, uitvoerder CDM project

Ing. T.A. (Tonnis) van Dijk, NMI, uitvoerder CDM project

Algemene informatie over de bedrijven⁴¹

Colsen is sinds 1989 actief in de milieusector en voert projecten uit op het gebied van afvalwaterzuivering, vergisting, riolering, procestechniek, luchtbehandeling, bodemonderzoek en -sanering, bemalingberekeningen, milieuvergunningen en milieumanagement.

Colsen is ook actief betrokken bij projecten die gericht zijn op de terugwinning van nutriënten uit afvalwater. Dat kan zijn afvalwater van de aardappelverwerkende industrie maar ook communaal afvalwater. Colsen bv heeft daartoe het ANPHOS[®] procedé ontwikkeld.

Om fosfaat op een milieuvriendelijke manier uit afvalwater of digestaat te verwijderen kan het ANPHOS[®] proces worden ingezet. Bij anaerobe behandeling van afvalwater wordt het aanwezige fosfaat grotendeels omgezet in ortho-fosfaat (PO₄-P) en de stikstof in ammonium (NH₄-N). Bij aeroob voorgezuiverd water wordt ook ortho-fosfaat gevormd en is kalium als tegen-ion aanwezig. Het basisprincipe van het ANPHOS[®] proces is de beluchting van het afvalwater, waarbij er een pH stijging optreedt. Vervolgens wordt ortho-fosfaat onder toevoeging van magnesium(hydr)oxide, samen met een deel ammonium gebonden aan magnesium, waarbij magnesiumammonium- fosfaat (MgAP) of magnesiumkaliumfosfaat (MgKP) ontstaat. Dit product wordt 'struviet' genoemd.

Groene Poort bv is een initiatief voortkomend uit een onderzoek van het Zeeuws Agrarisch Jongeren Kontakt. Uiteindelijk besloten 5 akkerbouwers om in samenwerking met een grote tomatenkweker in de toekomst over te gaan tot het bouwen van een vergistingsinstallatie voor plantaardige reststromen. De Groene Poort heeft als doel om bij de kassen van de tomatenkweker een biogasinstallatie met waterzuivering (digestaatzuivering) op te richten. Het is de bedoeling dat bij de waterzuivering gebruik wordt gemaakt van de ANPHOS-technologie, waarbij struviet wordt geproduceerd. Dat struviet kan in principe op de akkerbouwbedrijven worden benut. De aanwezigheid van kassen geeft een belangrijke toegevoegde waarde bij deze installatie, door het benutten van de vrijkomende warmte en CO₂.

⁴¹ Info gedeeltelijk van <http://www.colsen.nl/>, http://www.colsen.nl/nl/Brochure/Flyers/Flyer_Nationaal_ANPHOS.pdf en http://www.groenepoort.nl/content.php?var_content=3.

Algemeen

Er wordt een toelichting gegeven op het project dat namens de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I). Voor dit project is er grote behoefte aan meetgegevens betreffende de samenstelling van struviet, met name de waardegevende bestanddelen, maar ook wat betreft nevenbestanddelen.

Door Colsen wordt aangegeven dat op verschillende plaatsen struviet wordt geproduceerd en dat daar ook meetgegevens beschikbaar zouden moeten komen. Genoemd worden de installaties bij Lamb Weston/Meijer, bij Peka Kroef bv (aardappelverwerker in Odiliapeel) en bij het Waterschap Aa en Maas in de RWZI in het Land van Cuijck. In het laatste geval wordt struviet gewonnen uit het rejectiewater van de slibontwatering. Dit struviet wordt als kunstmestvervanger in het buitenland afgezet.

Productieproces van struviet

- Aard en herkomst van het afval- en proceswater

Colsen bv zet zijn technologie in bij de aardappelverwerkende industrie (VGI). Daar wordt het fosfaat uit het proceswater teruggewonnen en ontstaat magnesiumammoniumfosfaat (struviet). Dit product heeft een toelating via Bijlage Aa van het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet.

De ANPHOS-technologie wordt ook ingezet bij de zuivering van communaal afvalwater. Slib uit de waterlijn van de rwzi wordt in de slibgisting anaerob omgezet waarbij fosfaten vrij gemaakt worden. Het uitgediste slib wordt daarna ontwaterd en dat water, rejectiewater genoemd, bevat weinig organische stof en veel ortho fosfaat. Met een ANPHOS installatie wordt deze ortho fosfaat verwijderd.

Een derde mogelijkheid is om de ANPHOS-technologie in te zetten achter een (industriële) vergistingsinstallatie. In de praktijk blijkt ANPHOS dan niet goed te werken, omdat het digestaat teveel zwevende stof bevat en de aangroei van struvietkristallen dan erg langzaam verloopt. Daarom wordt in dat geval eerst een membraamscheiding toegepast en wordt ANPHOS achter een aerobe waterzuivering geplaatst. Er ontstaat dan kaliumstruviet dat vrijwel geen of geen organische stof bevat.

- Procedé van struvietvorming
 - Grondstoffen
 - Hulpstoffen

De struvietreactor is bij de aardappelverwerkende industrie geplaatst achter de anaerobe reactor en op die manier ontstaat een vrijwel zuiver struviet. Het effluent van de anaerobe reactoren (UASBs) is (vrijwel) vrij van zwevende delen en er wordt geen polymeer toegevoegd aan het water alvorens dit door de struvietreactor wordt geleid.

Wanneer de ANPHOS installatie wordt ingezet na een vergistingsinstallatie, wordt het digestaat voorafgaand aan de ANPHOS gescheiden in een vloeibare en vaste fractie. De vloeibare fractie wordt behandeld in de ANPHOS. Voor de scheiding van het digestaat is circa 5 kilo polymeer/ton droge stof nodig. De vloeibare fractie bevat over het algemeen nog veel zwevende stoffen, die het bezinken van de gevormde struvietkristallen belemmert.

Bij het communale afvalwater wordt het rejectiewater door de struvietreactor geleid. Wel wordt bij dat proces veel polymeer (15 kg/ton) toegevoegd om het scheidingsproces te bewerkstelligen. Het struviet kan dan nog enig organisch materiaal bevatten. Residuen van het polymeer worden echter niet verwacht, omdat het struviet geanalyseerd is op minerale olie en dat gehalte bleek beneden de detectiegrens te liggen.

Om de ontwatering van slib te sturen worden polymeren gebruikt. Hoe droger het slib is, des te lager worden de kosten voor afvoer (wanneer er afgerekend wordt per ton afgezet product). Bij RWZI kan tot 15 kg/ton slib worden toegepast, bij een AWZI kan tot 5 kg polymeer/ton slib worden toegepast.

- Zuivering en opwerkingsstappen van struviet
Struviet wordt aan de lucht gedroogd.

Samenstelling van struviet

- Samenstelling van struviet: waardegevende bestanddelen
Colsen heeft enige analyseresultaten ter beschikking. Het gehalte aan organische stikstof (N) is waarschijnlijk ammonium-N dat in de struvietmatrix is ingebouwd.
- Samenstelling van struviet: contaminanten, met name zware metalen, organische microverontreinigingen, residuen van geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, etc.
De genoemde analyseresultaten vermelden ook gehalten aan zware metalen. Organische micro's etc. zijn niet gemeten.

De notie wordt gemaakt dat de contaminatie van struviet hoger is naarmate het proceswater meer zwevende delen bevat.

- Analysemethoden waarmee de samenstelling werd vastgelegd
Eventueel op te vragen bij het betreffende laboratorium.
- Aanwezigheid van pathogenen, sanitatiestappen.
Niet bekend. Sanitatiestappen worden niet toegepast.

Markt en toekomst perspectief

- Volume en prognose bij toekomstige ontwikkelingen
De reactor in de RWZI van het Land van Cuijk produceert dagelijks 40 à 50 kg struviet met daarin 18% P₂O₅. Ruwweg betekent dat zo'n 500 ton per jaar struvietslib met circa 40% droge stof. Colsen verwacht dat in toekomstige ontwikkelingen er veel grotere hoeveelheden kunnen worden geproduceerd. De verwachting is bijvoorbeeld dat de in Tilburg op de rwzi te bouwen installatie zo'n 5.000 ton struviet per jaar kan produceren. Verder worden op meerdere rwzi's in Nederland installaties gebouwd (bijvoorbeeld Apeldoorn). Ook deze installatie zal enige duizenden tonnen struviet kunnen produceren.

- Huidige afzetmarkt en beoogde afzetmarkt
Het struviet van de rwzi wordt momenteel in Duitsland en België afgezet. In België (Ieper) wordt het opgemengd tot een mengmeststof en afgezet in Noord-Frankrijk. Colsen heeft ook een samenwerking met Thermphos. Thermphos kan jaarlijks maar 500 ton struviet verwerken.

Knelpunten

Huidige knelpunten bij afzet, verwachte knelpunten:

1. De regelgeving wordt als knelpunt gezien. Vooral betreft dit het feit dat stoffen alleen als meststof of grondstof voor de productie van meststoffen worden toegelaten als alle ingaande stromen in het proces bekend en onverdacht zijn. Controle daarop is bijna ondoenlijk. Het zou beter zijn om eisen te stellen aan de output: de kwaliteit van het struviet.
2. Er bestaat geen doorrekenmodel om na te gaan hoeveel van de input in een zuiverings- en/of vergistingsproces terecht komt in de output. Als voorbeeld wordt dat zware metalen niet overgedragen wordt naar struviet.
3. Struviet dat toegelaten is via de lijst van Bijlage Aa mag niet met andere meststoffen worden gemengd.

Afspraken

- Het conceptverslag van de bespreking op 5 september wordt aan Colsen bv en Groene Poort bv gezonden ter beoordeling / aanvulling en met het verzoek om toestemming teneinde het te laten opnemen bij het rapport van het project van de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet.

Interview met GMB

Verslag van de bespreking, 12 juli 2012

Gesprekspartners:

Ing. M. (Martin)W. Wilschut MBA

Ir. M. (Marc).H. Bennenbroek

Algemene informatie over het bedrijf

GMB bestaat uit drie clusters: GMB Civiel, GMB Services en GMB BioEnergie. De focus van GMB ligt bij water, energie en grondstoffen. GMB werkt met verschillende vakdisciplines (infratechniek, betontechniek, installatietechniek, milieutechniek, rioleringstechniek, procestechnologie). Struvietproductie is een nieuwe ontwikkeling die opgepakt wordt. De techniek is getoetst in het SaNiPhosproject⁴². De techniek zal worden toegepast bij nieuwe projecten en samen met andere technologieën (bv. thermische drukhydrolyse).

Productieproces van struviet

- Aard en herkomst van het afval- en proceswater

Bij het Saniphos-project⁴³ wordt urine van het moeders-voor-moedersproject verwerkt. Daarnaast wordt menselijke urine verwerkt afkomstig van festivals (Pinkpop etc.). Bij nieuwe projecten zal communaal afvalwater verwerkt gaan worden.

- Procedé van struvietvorming
 - Grondstoffen
 - Hulpstoffen

Het procedé van struvietvorming is beschreven⁴⁴.

- Zuivering en opwerkingsstappen van struviet

Vooralsnog zijn er geen opwerkingsstappen bij het struviet dat volgens het SaNiPhos-procedé wordt geproduceerd. Vooralsnog wordt dit magnesiumammoniumfosfaat aan de lucht gedroogd. MgO is de grondstof, afkomstig van Brenntag.

Samenstelling van struviet

- Samenstelling van struviet: waardegevende bestanddelen

Zie Bisschops *et al.*, 2010.

- Samenstelling van struviet: contaminanten, met name zware metalen, organische microverontreinigingen, residuen van geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, etc.

Zie Bisschops *et al.*, 2010.

De grondstof menselijke urine wordt gestabiliseerd met benzoaat. Welk gehalte als residu voorkomt in struviet is niet bekend. Bij de ontwikkeling van nieuwe installaties wordt een DAF-unit toegepast om organische stof te verwijderen. Daardoor zal een flocculant gebruikt gaan worden. Welke is nog niet bekend. Informatie over door de Meststoffenwet voorgeschreven contaminanten is niet bekend.

- Analysemethoden waarmee de samenstelling werd vastgelegd

Zie Bisschops *et al.*, 2010.

- Aanwezigheid van pathogenen, sanitatiestappen.

Niet bekend (niet onderzocht bij het project Betuwse kunstmest). Voor enkel geneesmiddelen (gidsstoffen is dit wel onderzocht).

Markt en toekomst perspectief

- Volume en prognose bij toekomstige ontwikkelingen

⁴² Bisschops, I., M. van Eekert, F. van Rossum, M. Wilschut en H. van der Spoel, 2010. Betuwse kunstmest. Winning van stikstof en fosfaat uit urine. STOWA, rapport nr. 2010-30. ISBN 978.90.5773.496.0.

⁴³ http://www.gmb.eu/images1/gmb/data/SaNiPhos/GMB_Brochure_Saniphos_def.pdf

⁴⁴ http://www.gmb.eu/images1/gmb/data/SaNiPhos/Beschrijving_Saniphos-installatie.pdf

Per m³ urine wordt 2 kg struviet geproduceerd. Nu wordt ca. 1200 m³ urine verwerkt waardoor 2000-2500 kg struviet op jaarbasis beschikbaar komt. Maximaal kan 5000 m³ urine worden verwerkt in de SaniPhos-installatie.

Nieuwe installaties bij rwzi's, zoals die nu bv. voor Apeldoorn (Waterschap Veluwe) in ontwikkeling zijn, zullen circa 400 ton struviet/jaar gaan produceren. Op middellange termijn is een productie van 10 kton/jaar realiseerbaar.

- Huidige afzetmarkt en beoogde afzetmarkt

Op dit moment speelt de afzetmarkt geen rol. Op termijn wordt het struviet als grondstof voor kunstmestproductie of als grondstof voor fosforzuurproductie bestemd.

Knelpunten

- Huidige knelpunten bij afzet, verwachte knelpunten

Op dit moment is de prijs van struviet te laag. Een hogere prijs is nodig om de productie aantrekkelijk te maken (50 €/m³). Schaalgrootte is hierbij essentieel.

GMB levert maatwerk. Als de Rijksoverheid aangeeft aan welke eisen struviet moet voldoen, dan wordt het procedé daarop aangepast.

Interview met Stichting Mestverwerking Gelderland (SMG)

Verslag van de bespreking, 12 juli 2012

Gesprekspartners

Ir. H. (Herbert) van Veen, zaakvoerder

Ir. J. (Anneloes).A. Verhoek, technoloog

Algemene informatie over het bedrijf

Stichting Mestverwerking Gelderland (SMG) exploiteert vier kalvergierbewerkingsinstallaties. Deze installaties staan in Elspeet, Stroe, Ede en Putten. Op jaarbasis wordt 650-700 kton vleeskalvermest verwerkt afkomstig van circa 500 vleeskalverbedrijven. De installatie te Putten verwerkt het effluent van het biologische verwerkingsproces en levert kaliumstruviet.

Productieproces van struviet

- Aard en herkomst van het afval- en proceswater

Verwerkt wordt vooral mest van witvleeskalveren (mestcode 18, 3% drogestof). De mest wordt jaarrond via tankwagens of via een persleiding (Elspeet en Stroe) aangevoerd.

- Procedé van struvietvorming
 - Grondstoffen
 - hulpstoffen

De aangevoerde kalvergier ondergaat een biologisch verwerkingsproces. Na verwijdering van grove bestanddelen wordt vanuit de gieropslagtank kalvergier met een centrifuge mechanisch gescheiden. De dikke afgescheiden fractie vormt een grondstof voor productie van vaste mestkorrels. Het centrifugaat ondergaat een biologisch zuiveringsproces waarbij organische stof via micro-organismen wordt afgebroken en ammoniumstikstof door middel van een gecombineerd nitrificatie- en denitrificatieproces wordt verwijderd. Het actieve slib wordt na bezinking afgescheiden en vormt een slib dat als dunne mest wordt afgezet. Te Putten volgt een naprecipitatiestap door het effluent te bewerken. MgO wordt in overmaat gesuspendeerd in water en toegevoegd aan het effluent waardoor magnesiumkaliumfosfaat wordt gevormd. Dit kaliumstruviet wordt in een aantal stappen door bezinken afgescheiden. Dit product heeft 40 à 50% drogestof (inclusief kristalwater).

Op andere locaties (Elspeet, Stroe en Ede) wordt kalkmelk toegevoegd waardoor een surplusslib ontstaat dat wordt afgescheiden (8% drogestof, 5 kg P₂O₅/ton, 4 kg N/ton).

Het resterende effluent wordt geloosd op RWZI's.

- Zuivering en opwerkingsstappen van struviet

Het gevormde kaliumstruviet wordt uitsluitend ontwaterd en ondergaat geen verdere opwerkingsstappen.

Samenstelling van struviet

- Samenstelling van struviet: waardegevende bestanddelen

SMG heeft een Excelbestand gegeven met de samenstelling van een zevental monsters. Dit leidt tot de volgende gemiddelden.

Om de pH voor struvietprecipitatie voldoende hoog te brengen en te houden (pH 9 à 10) wordt overmaat MgO gedoseerd. Het precipitaat is daardoor een mengsel van struviet, MgO en reactieproducten van MgO met de mestvloeistof.

Datum	% d.s.	gloeirest	Stikstof	Fosfaat	Kali	Magnesium	Kalk	Arseen	Cadmium	Chroom	Koper	Kwik	Lood	Nikkel	Zink	TOC	TOC
	%d.s.	gN/kg	gP2O5/kg	gK2O/kg	gMgO/kg	gCaO/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	% d.s.	g/kg	
Gem. 2010-2012	45	78	8	135	58	132	18	< 2	< 1	2	4,6	< 0,1	2	< 2	59	3,2	16

- Samenstelling van struviet: contaminanten, met name zware metalen, organische microverontreinigingen, residuen van geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, etc. Informatie over de gehalten aan zware metalen en arseen is verstrekt (7 monsters). Voor één monster struviet is een analyse beschikbaar over een groot aantal organische microverontreinigingen. Naast door de Meststoffenwet aangewezen organische microverontreinigingen werd op een reeks residuen van gewasbeschermingsmiddelen en biociden geanalyseerd. Alle meetwaarden lagen onder detectiegrenzen. Escherichia coli werd niet vastgesteld (< 10 kve/g) en Salmonella was afwezig. Aangevoerde kalvergiervat bevat Salmonella. De anaerobe zuivering doodt kennelijk afdoende. Deze informatie wijst uit dat de door de Meststoffenwet aangewezen organische microverontreinigingen geen risico vormen en evenmin overige organische microverontreinigingen afkomstig van residuen van gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Over residuen van diergeneesmiddelen is door het ontbreken van adequate analysemethoden geen informatie beschikbaar. Wel is het effluent in het kader van de lozingsvergunning onderzocht op organische microverontreinigingen die de Meststoffenwet voorschrijft. Het effluent bevat geen gehalten die detectiegrenzen overschrijden. De grondstof waaruit struviet wordt gewonnen is niet verontreinigd met contaminanten waarop waterschappen hun lozingsvergunningen controleren en handhaven.

- Analysemethoden waarmee de samenstelling werd vastgelegd. Analyses worden uitbesteed aan geaccrediteerde laboratoria (o.a. Siliker). Daardoor zijn deze analysemethoden te achterhalen.

- Aanwezigheid van pathogenen, sanitatiestappen. Hierover is geen informatie beschikbaar.

Markt en toekomst perspectief

- Volume en prognose bij toekomstige ontwikkelingen. De techniek van het voorscheiden bepaalt mede het volume kaliumstruviet. Omdat de voorscheiding efficiënter verloopt is de struvietproductie gedaald van 500 ton/jaar naar 250 ton/jaar (bij 40% drogestof). Indien ook de overige drie locaties een fosfaatverwijderingsstap zouden krijgen, dan neemt het volume toe tot 1000 à 2000 ton kaliumstruviet/jaar.

-
- Huidige afzetmarkt en beoogde afzetmarkt

Alle producten worden als dierlijke mest in de Nederlandse landbouw afgezet. Tot en met 2009 werd de ontwaterde struviet door Thermphos verwerkt.

Knelpunten

- Huidige knelpunten bij afzet, verwachte knelpunten

Kaliumstruviet wordt van dierlijke mest gemaakt. De bepalingen van de Nitraatrichtlijn leiden tot het stempel dierlijke mest. Kaliumstruviet wordt daarom als dierlijke mest inclusief vervoersbewijzen afgezet. Kaliumstruviet wordt echter door SMG opgevat als kunstmest en niet als dierlijke mest.

Verwerking van afval valt niet onder bepalingen van REACH zij het dat een gerecyclede stof wel door REACH aangemerkt kan worden als stof en daardoor registratieplichtig kan worden. Kaliumstruviet is echter niet aangemeld onder de bepalingen van REACH.

Thermphos kan het kaliumstruviet te accepteren als het product wordt bestempeld tot afvalproduct. Het kan dan een Euralcode verkrijgen en onder die specifieke Euralcode door Thermphos worden geaccepteerd. Thermphos is namelijk geen mestverwerker en kaliumstruviet van SMG wordt door de overheid beschouwd als dierlijke mest.

Interview met STOWA

Verslag van de bespreking, 31 augustus 2012

Gesprekspartners:

Ir. C.A. (Cora) Uijterlinde, onderzoekscoördinator Afvalwatersystemen

Drs. A.J. (Bert) Palsma, onderzoekscoördinator Waterketen

Algemene informatie over het bedrijf

STOWA staat voor Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer en is gevestigd in Amersfoort. STOWA is het kenniscentrum van regionale waterbeheerders (de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart en verspreidt kennis die nodig is om de opgaven waar waterbeheerders voor staan, goed uit te voeren. Denk aan klimaatadaptatie, een goede implementatie en uitvoering van de KRW en veilige regionale waterkeringen. De kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch en sociaal-wetenschappelijk gebied⁴⁵.

Met betrekking tot het onderwerp struviet heeft STOWA in 2010 en 2011 rapporten gepubliceerd waarin de terugwinningsmogelijkheden van fosfaat uit communaal afvalwater worden beschreven⁴⁶. Momenteel staat een door de Grontmij uit te voeren onderzoek op stapel om afzetmarkten en kansen voor hergebruik van struviet te onderzoeken⁴⁷.

STOWA richt zich op communaal afvalwater. De laatste jaren wordt de grens tussen bedrijven die uitsluitend communaal afvalwater reinigen of ander proceswater vager. Een voorbeeld daarvan is het onderzoek in het kader van het SOURCE-project (menselijke urine van ziekenhuizen en dierlijke mest); een tweede voorbeeld is verwerking van proceswater van de aardappelverwerkende industrie AVIKO te Olburgen op een AWZI naast een RWZI.

⁴⁵ http://www.stowa.nl/Organisatie/Stowa_in_het_kort/index.aspx

⁴⁶ Bisschops, I., M. van Eekert, F. van Rossum, M. Wilschut en H. van der Spoel, 2010. Betuwse kunstmest. Winning van stikstof en fosfaat uit urine. STOWA, rapport nr. 2010-30. ISBN 978.90.5773.496.0.; Lodder, R., Meulenkamp, R. en Notenboom, G., 2011. Fosfaatterugwinning in communale afvalwaterzuiveringsinstallaties. ISBN 978.90.5773.539.4. STOWA, rapport 2001-24, 102 pp.

⁴⁷ Grontmij, 2012. Fosforhoudende producten uit de communale afvalwaterketen. Plan van Aanpak voor een studie. Grontmij, 15 pp.

Productieproces van struviet

- Aard en herkomst van het afval- en proceswater

Op de bij de waterschappen in beheer zijnde rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's) wordt al het stedelijk afvalwater uit Nederland gezuiverd. Jaarlijks wordt met dit afvalwater ook 11.000 à 12.000 ton fosfor (P) aangevoerd. Via allerlei processen wordt deze P in de vorm van allerlei fosfaatverbindingen uit het afvalwater verwijderd en in zuiverings-slib vastgelegd. In een aantal pilot installaties wordt getracht het fosfaat in de vorm van struviet uit het afvalwater terug te winnen. Verwijdering van fosfaat in de vorm van struviet heeft bij toepassing van het Airpex systeem (in de sliblijn) als groot voordeel voor de RWZI's dat het slib tot een hoger drogestofgehalte kan worden ingedikt, wat scheelt in de afzetkosten. Verder voordeel is dat leidingen minder snel verstopt gaan zitten als gevolg van ongewenste struvietvorming.

- Procedé van struvietvorming
 - Grondstoffen
 - Hulpstoffen

Op drie verschillende plaatsen in het verwerkingsproces van afvalwater kan fosfaat in de vorm van struviet worden verwijderd. Dat is in de zogenaamde waterlijn (het binnenkomende afvalwater); in de zogenaamde sliblijn en in het rejectiewater (water dat vrijkomt bij de ontwatering van zuiverings-slib). In het STOWA-rapport van Lodder *et al.* (2011) staat een aantal processen beschreven betreffende de terugwinning van fosfaat uit communaal afvalwater in de vorm van struviet.

Phosnix en het PEARL proces (Christal green) zijn voor Nederland de perspectief biedende struvietvormende (en P-verwijderende) procedés.

- Zuivering en opwerkingsstappen van struviet

Wordt nog weinig aandacht aan geschonken; er is weinig/nauwelijks een volume struviet dat verwerkt moet worden; struviet uit communaal afvalwater kan in Nederland niet worden afgezet als meststof en struviet kan in de huidige vorm in Duitsland worden afgezet (bijv. door Waterstromen).

Samenstelling van struviet

- Samenstelling van struviet: waardegevende bestanddelen

Flinke variatie in fosfaat- en organische stofgehalten. Onduidelijkheid bestaat wanneer een product als struviet mag worden beschouwd. STOWA beschikt niet over een database met gehalten. STOWA rapporten melden samenstellingen; enkele waterschappen doen ervaring op met struvietvormende processen. Bij deze waterschappen (~4) zouden data over de samenstelling ontsloten kunnen worden.

- Samenstelling van struviet: contaminanten, met name zware metalen, organische microverontreinigingen, residuen van geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, etc.
Door de waterschappen die struviet in een pilotinstallatie produceren worden diverse metingen gedaan. De resultaten van al die metingen zijn niet bekend bij STOWA. Mogelijk zal in een nog op te starten project (uit te voeren door de Grontmij met medewerking van o.a. het NMI) een inventarisatie plaatsvinden om meetgegevens te ontsluiten. Verder is ook niet duidelijk wat er moet worden gemeten. Zware metalen is duidelijk, bij organische microverontreinigingen wordt het al lastiger, met name die welke niet in de Meststoffenwet worden genoemd. Bovendien is op analytisch gebied steeds meer mogelijk. Zo kon bijvoorbeeld een paar jaar geleden nog maar 6 soorten medicijnresten in afvalwater worden gemeten, terwijl dat inmiddels meer dan 25 soorten zijn. Er zijn onderzoeksvragen over de analyses op contaminanten (hieronder inbegrepen residuen van geneesmiddelen) die nog aandacht vragen. Vertaling naar norm is eveneens een aandachtspunt. De systematiek voor de onderbouwing van deze normen vraagt aandacht.
- Analysemethoden waarmee de samenstelling werd vastgelegd
Niet bekend bij STOWA.
- Aanwezigheid van pathogenen, sanitatiestappen.
Niet bekend bij STOWA.

Markt en toekomst perspectief

- Volume en prognose bij toekomstige ontwikkelingen

Op 4 à 5 proefinstallaties wordt bij verschillende waterschappen struviet geproduceerd, o.a. bij Waternet (2 à 3 installaties zijn operationeel, genoemd worden Geestmerambacht Amsterdam-West en Olburgen, Meppel). Een grote installatie staat bij Waterstromen (Olburgen), waar op grotere schaal struviet wordt geproduceerd. Dit is afkomstig uit de afvalwaterstroom van de aardappelverwerkende industrie Aviko (Steenderen). Dit struviet wordt in Duitsland afgezet.

- Huidige afzetmarkt en beoogde afzetmarkt

Het genoemde, door Grontmij uit te voeren onderzoek heeft ten doel deze markt te verkennen. Zie het eerder genoemde Plan van Aanpak.

Knelpunten

- Huidige knelpunten bij afzet, verwachte knelpunten

Onduidelijkheid bestaat over

- Minimale gehalten aan fosfaat/magnesium en ammonium-N
- Maximale gehalten aan bijvoorbeeld organische stof
- Maximale gehalten aan niet in de Meststoffenwet genoemde stoffen (medicijnresten, pathogenen, etc.
- Waarom hanteren buurlanden andere normen voor toelating als meststof?

Algemeen

Het is zinvol om niet te zeggen noodzakelijk om afstemming te zoeken tussen het project dat onder de supervisie van de Commissie Deskundigen Meststoffenwet wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van EL&I en het door in opdracht van STOWA en Grontmij wordt uitgevoerd. Projectleider is STOWA, Grontmij is de uitvoerder. Contactpersoon bij de Grontmij is Geert Notenboom.

Betrokkenheid bij de workshop wordt door STOWA op prijs gesteld

Afspraken:

- STOWA verzoekt om inzage in het CDM-projectplan. Het verzoek wordt met het ministerie van EL&I kortgesloten;
- STOWA zal nagaan of Grontmij meetgegevens over de kwaliteit van struviet kan ontsluiten;
- CDM zal Geert Notenboom van de Grontmij consulteren. STOWA stelt het op prijs om bij dit gesprek aanwezig te zijn mits agenda's passend zijn.

Interview met Grontmij Nederland BV en STOWA

Verslag van de bespreking, 19 september 2012

Gesprekspartners:

Dr. A.A. (Lideke) Vergouwen, senior adviseur water bij Grontmij Nederland bv
Ing. G.J. (Geert) Notenboom, adviseur afvalwaterbehandeling bij Grontmij Nederland bv
Ir. C.A. (Cora) Uijterlinde, onderzoekscoördinator Afvalwatersystemen bij de STOWA

Interviewers:

Ir. P.A.I. (Phillip) Ehlert, WUR ESG Alterra, uitvoerder CDM project
Ing. T.A. (Tonnis) van Dijk, NMI, uitvoerder CDM project

Algemene informatie over Grontmij Nederland bv ⁴⁸

Grontmij Nederland bv (verder Grontmij) is als ingenieursbureau betrokken in de gehele communale afvalwaterketen als projectontwikkelaar, adviseur, bij ontwerp en uitvoering als technologieleverancier. Grontmij is op dit gebied voor waterschappen en bedrijfsleven bij verscheidene projecten betrokken. Tot nu toe zijn op dit gebied diverse projecten uitgevoerd voor de STOWA. Met betrekking tot struviet en de vorming van struviet is dat voor wat betreft STOWA voornamelijk beperkt tot processen die bij de verwerking van communaal afvalwater optreden. Riolwaterzuiveringsinstallaties moeten voldoen aan strenge zuiveringseisen voor fosfaat en stikstof.

⁴⁸ Info o.a. afkomstig van <http://www.grontmij.nl/Pages/Grontmij-een-multidisciplinair-advies-en-ingenieursbureau.aspx>.

Grontmij biedt hiervoor onder andere de unieke Pearl® technologie aan. Met deze technologie worden fosfaat en stikstof effectief verwijderd en teruggewonnen als hoogwaardige kunstmest. Daarnaast is in het kader van het project SOURCE mede in opdracht van STOWA struvietvorming uit een combinatie van varkensmest en humane urine in een pilotinstallatie onderzocht.

Crystal Green®

Het Pearl® Nutrient Recycling proces⁴⁹ zet fosfaat en stikstof om in 99,9% zuivere struvietkorrels. De korrels worden verhandeld als Crystal Green®, een hoogwaardige en EU-gecertificeerde kunstmest. Crystal Green® is een 'slow release' kunstmestproduct. Dit betekent dat fosfor en stikstof langzaam vrijkomen waardoor deze stoffen efficiënter door gewassen worden opgenomen en veel minder kunstmest nodig is.

Een aantal STOWA-projecten waarbij Grontmij was betrokken:

- Vergouwen A. A. (2009) Fosfaat van leegloop naar kringloop. Resultaten workshop 20 mei 2009 en achtergrondgegevens. STOWA-rapport 2009-40, ISBN 978.905773.454.0, 51 pp.
- Lodder R, Meulenkamp R & Notenboom G (2011) Fosfaatterugwinning in communale afvalwaterzuiveringsinstallaties. STOWA-rapport 2011-24, ISBN 978.90.5773.539.4, 102 pp.

Voor informatie over de STOWA zie het verslag van het interview op 31-08-2012.

Algemeen

Er wordt een toelichting gegeven op het project dat namens de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet (CDM) wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I). In het kader van de wetgeving rond het verhandelen van meststoffen wordt gezocht naar een mogelijke positie voor struviet in de regelgeving, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de positie van compost of van zuiveringsslib. Welke criteria zouden er aan struviet moeten worden gesteld is daarbij een centrale vraag. Voor dit project is er grote behoefte aan meetgegevens betreffende de samenstelling van struviet, met name de waardegevendende bestanddelen, maar ook wat betreft nevenbestanddelen.

Verwacht wordt dat er overlap bestaat tussen een project dat Grontmij in opdracht van de STOWA gaat uitvoeren: "Fosforhoudende producten uit de communale afvalwaterketen" en het project van de CDM. Afgesproken wordt om overlap waar mogelijk te voorkomen en zoveel mogelijk van elkaars bevindingen gebruik te maken.

Productieproces van struviet

- Aard en herkomst van het afval- en proceswater

Grontmij beperkt qua terugwinning van fosfaat zich in dit verband tot projecten die te maken hebben met communaal afvalwater.

Er is daarnaast ook kennis over het verwerken van afvalwater c.q. urine samen met dierlijke mest (o.a. het Source project). De conclusie van Grontmij en STOWA is dat dit proces te duur is en er naar synergie dient te worden gezocht met andere elementen. Dat wordt vooral veroorzaakt doordat dierlijke mest veel stikstof bevat en dat moet ook worden verwijderd indien dit in de communale afvalwaterketen zou worden gebracht.

- Procedé van struvietvorming
 - Grondstoffen
 - Hulpstoffen

Veelal vindt de terugwinning van fosfaat in de vorm van struviet op de rwzi's plaats in het rejectiewater, dat afkomstig is uit de ontwatering van het slib. Dat water bevat namelijk orthofosfaat. Als hulpstof wordt magnesium gebruikt, vaak in de vorm van $Mg(OH)_2$ of MgO , maar ook als $MgCl_2$. Gebruik van $MgCl_2$ heeft als nadeel dat het leidt tot een grotere zoutbelasting. De keuze van de Mg-vorm is een procestechnische afweging.

⁴⁹ Proces is gepatenteerd door Ostara Nutrient Recovery Technologies Inc., Canada

-
- Zuivering en opwerkingsstappen van struviet

Waterschappen hebben als primair hoofddoel 'verwijdering van fosfaat'. Daarbij wordt (nog) geen rekening gehouden met de eisen die kunstmestproducenten stellen wanneer zij het product (struviet) als grondstof willen gebruiken.

Samenstelling van struviet

- Samenstelling van struviet: waardegevende bestanddelen

Uit communaal afvalwater wordt magnesiumammoniumfosfaat (struviet) gewonnen.

Magnesiumkaliumfosfaat (kaliumstruviet) zal bij communaal afvalwater niet voorkomen.

Waterschappen vinden het nl. van belang dat tegelijk met het fosfaat ook zoveel mogelijk stikstof (ammonium) wordt verwijderd. Stikstofverwijdering is duur; bovendien bevat communaal afvalwater weinig kalium.

- Samenstelling van struviet: contaminanten, met name zware metalen, organische microverontreinigingen, residuen van geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, etc.

Alleen de gegevens die uit pilots komen zijn bekend (Betuwse kunstmest, Source, etc.). Grontmij beschikt zelf niet over analyseresultaten; de focus van de Grontmij ligt op de technologie. Grontmij krijgt in het kader van het project dat zij momenteel voor STOWA uitvoert de analysegegevens van struviet van de waterschappen aangeleverd.

- Analysemethoden waarmee de samenstelling werd vastgelegd

N.v.t.

- Aanwezigheid van pathogenen, sanitatiestappen.

Wordt geen aandacht aan geschonken. De vraag is wel welke sanitatiestap mogelijk is. Drogen is geen optie, omdat dan ammonium en kristalwater uit het struviet kan verdwijnen. Er kan dan het slecht oplosbare magnesiumfosfaat ontstaan.

Markt en toekomst perspectief

- Volume en prognose bij toekomstige ontwikkelingen

Door de STOWA is een inventarisatie uitgezet betreffende de productie van struviet op de rwzi's bij de waterschappen in Nederland. Andre Hamminga van WTS Hunze en Aa's zal de inventarisatie uitvoeren. Daarbij gaat het om de huidige productie en om de productie die in de komende paar jaar wordt verwacht. De CDM-groep krijgt de beschikking over die informatie (Actie Cora Uijterlinde).

- In totaal zit er circa 12.00 ton P in zuiveringslib. Circa 2000 ton komt terecht in effluent. Uit rejectiewater kan het orthofosfaat als struviet worden teruggewonnen. Huidige afzetmarkt en beoogde afzetmarkt

Huidig: nauwelijks of niet in Nederland, wel naar Duitsland.

Knelpunten

- Huidige knelpunten bij afzet, verwachte knelpunten
- De huidige fosfaatmarkt in Nederland wordt als een knelpunt gezien. De markt is vrijwel verzadigd met fosfaat uit dierlijke mest. Daarnaast wordt nog enig kunstmest gebruikt, maar dat wordt vaak voor reparatiebemesting en/of voor rijenbemesting gebruikt.
- Het ontbreken van kwaliteitseisen voor teruggewonnen fosfaat (zowel chemische kwaliteitseisen als technische (uitstrooibaarheid) kwaliteitseisen) in de vorm van struviet, bijvoorbeeld vergelijkbaar met de kwaliteitseisen die aan zuiveringslib worden gesteld.

Afspraken

- Het conceptverslag van de bespreking op 19 september wordt aan Grontmij en STOWA gezonden ter beoordeling / aanvulling en met het verzoek om toestemming teneinde het te laten opnemen als bijlage bij het rapport van het project van de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet.
- Het resultaat van de inventarisatie bij de waterschappen wordt aan de CDM-werkgroep ter beschikking gesteld.

Bijlage 5 Workshop

Het programma workshop "Opname van struviet in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet".

- 9:30 uur, opening, Tonnis van Dijk (NMI)
- CDM Advies, Phillip Ehlert (WUR, Alterra)
- Fosfaatterugwinning uit RWZI, Cora Uijterlinde (STOWA)
- Bespreking van het concept advies
- Afsluiting, 12:30 uur.

De workshop werd gehouden op 1 maart 2013 (locatie Vergadercentrum Hoog Brabant, Utrecht).

Lijst met deelnemers

1. Dr. ir. H.J. (Harm) Smit, beleidsmedewerker, ministerie van Economische Zaken, h.j.smit@mineleni.nl.
2. Ing. J.G.M. (Joop) Colsen, directeur Colsen b.v., j.colsen@colsen.nl
3. Ing. A.P.M. (Ad) Backx, A. Backx Duurzaamheid, info@abackxduurzaamheid.nl
4. Dr ir. M.J.J. (Mike) Litjens, Manager R&D bij Duynie Holding BV, m.litjens@duynieholding.com
5. Ir. J. (Johan) Raap, Lector Bio Based Economy bij Avans Hogeschool. manager watertechnology and renewable energy bij Royal Cosun, Johan.Raap@cosun.com
6. Ing. H.D.C. (Hans) Huisman, GMB, coördinator regelgeving en vergunningen, hanshuismans@gmb.eu
7. Dr.A.A. (Lideke) Vergouwen, senior adviseur water en bodem, Grontmij Lideke.Vergouwen@grontmij.nl
8. Ir. C.A. (Cora) Uijterlinde, Research Manager bij STOWA, uijterlinde@stowa.nl
9. Prof. dr ir. G. (Grietje) Zeeman, hoogleraar Nieuwe Sanitatie aan WU Agrotechnologie & Voedingwetenschappen, Sectie Milieutechnologie, LEAF, Grietje.Zeeman@wur.nl
10. Ir. J.A. (Anneloes) Verhoek, technoloog, Stichting Mestverwerking Gelderland, a.verhoek@smg.nl
11. Drs. R. (Rafael) Lazaroms, Unie van Waterschappen, rlazaroms@uvw.nl
12. Ir. J. (Jacqueline) de Danschutter, Waternet, jacqueline.de.danschutter@waternet.nl
13. Ir. R. (Roelof) Gort, Waterschap Reest en Wieden, r.gort@reestenwieden.nl
14. Ing. T.A. (Tonnis) van Dijk, senior adviseur, NMI, tonnis.vandijk@nmi-agro.nl
15. Ir. L.R.M. (Leon) de Poorter, RIVM, leon.de.poorter@rivm.nl
16. Ir. P.A.I. (Phillip) Ehlert, WUR, Alterra, phillip.ehlert@wur.nl

Bijlage 6 Reacties A. Backx Duurzaamheid



Galmeidijk 35
4706 KL Roosendaal

Telefoon +31 (0)6 51 38 34 32
Email info@abackxduurzaamheid.nl
Internet www.abackxduurzaamheid.nl
KvK nr. 54411076
BTW nr. 75133908B01
Bankrekening Rabobank 1706.45.088

Wageningen UR, Alterra
T.a.v. de heer P.A.I. Ehlert
Postbus 47
6700 AA Wageningen.

Nutriënten Management Instituut, NMI
T.a.v. de heer T.A. van Dijk
Postbus 250
6700 AG Wageningen

Roosendaal, 14 maart 2013

Onderwerp: reactie van Cosun op concept CDM advies "Opname van struviet...."
Referentie: ABD13-38

Geachte heer Ehlert, beste Phillip, geachte heer van Dijk, beste Tonnis,

Hierbij ontvangt u, namens Coöperatie Koninklijke Cosun U.A., een reactie op het concept CDM advies "Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet", het werkdocument van januari 2013.

Allereerst willen wij de waardering aan u overbrengen over het proces om te komen tot opname van struviet in de Meststoffenwetgeving. U biedt voldoende ruimte voor belanghebbenden om hun inbreng te hebben.

Voedingsmiddelenbedrijven zijn in toenemende mate gericht op een duurzame productie van producten en bijproducten. In de processen en de borging ervan wordt beoogd gestuurd op een maximale benutting van de grondstoffen (akkerbouwgewassen) en meer specifiek de bijproducten in het kader van kringlopen, de zogenaamde circulaire economie. Grondstoffen gaan van de akkers naar voedingsmiddelenbedrijven voor productie van voedingsmiddelen en bijproducten, zoals diervoeders. In het kader van de snelle ontwikkeling van biobased processen ontstaan meer hoogwaardige producten, meststoffen en duurzame energie.

In deze duurzame voedingsmiddelenindustrie past de productie van de meststof struviet. In het rapport wordt al in het voorwoord aangegeven dat struviet vanwege de herkomst een afvalstof is. Struviet van voedingsmiddelenbedrijven is geen afvalstof. In de Wet milieubeheer is bij artikel 1.1. de definitie van afvalstoffen opgenomen "het ontdoen van...". Er is bij de productie van struviet bij voedingsmiddelenbedrijven geen sprake van "het ontdoen van...", in tegendeel.

Na het van kracht zijn van de herziene Kader Richtlijn Afvalstoffen (Richtlijn 2008/98/EG) en de implementatie ervan in de Nederlandse wetgeving (wijziging Wet milieubeheer van 3 februari 2011) is struviet een bijproduct, zoals bedoeld in artikel 5 van de richtlijn.

Gezien de zeer verschillende vormen van herkomst van struviet, genoemd in het rapport, is het voorstel om in het rapport niet op te nemen dat struviet een afvalstof is. De bedrijven kunnen dan bij hun bevoegde gezagen aantonen of hun struviet al dan niet een bijproduct is. Bovendien zijn in de Meststoffenwetgeving al eisen opgenomen m.b.t. registratie, vervoer, e.d., waardoor de noodzaak voor opname "al dan niet een afvalstof" in uw rapport niet aanwezig is.

Voor de voedingsmiddelenindustrie is een schone Nederlandse bodem van essentieel belang. Naast de aspecten voor de natuur is een schone bodem immers de basis voor de productie van grondstoffen voor de processen.

Cosun ondersteunt uw voorstel om struviet als generieke categorie op te nemen in de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet met eisen voor zware metalen, arseen en microverontreinigingen, zoals bedoeld in hoofdstuk 6.2. bij punt 1.

Echter, gezien de verscheidenheid van herkomst van struviet wordt met deze normen de kwaliteit onvoldoende afgedekt. Aanvullende eisen zullen noodzakelijk zijn, zoals voor hormonen en medicijnresten. Cosun pleit in dit kader voor een zorgvuldige risicoanalyse. Tijdens de workshop van 1 maart jl. werd gesteld dat via struviet aanzienlijk minder van dergelijke stoffen op de akker worden gebracht dan via mest en dat het daardoor "wel mee zal vallen". Cosun deelt die mening niet. Het "Convenant Antibioticaresistentie dierhouderij" is ook voor de bemesting van akkers met dierlijke mest een belangrijk aandachtspunt.

Indien het niet mogelijk is om op korte termijn struviet op een verantwoorde wijze in de meststoffenwetgeving op te nemen, zoals hierboven bedoeld, pleit Cosun voor een specifieke regeling voor voedingsmiddelenbedrijven, zoals bedoeld bij punt 3 bij genoemde hoofdstuk 6.2.

Cosun pleit voor een P205 gehalte van minimaal 5% in het product. Bij hogere percentages ontstaat het risico dat niet aan een minimale ondergrens kan worden voldaan.

Graag zijn we bereid de brief toe te lichten.

Met vriendelijke groet, namens Cosun,



A.P.M. Backx
A. Backx Duurzaamheid



Galmeidijk 35
4706 KL Roosendaal

Telefoon +31 (0)6 51 38 34 32
Email info@abackxduurzaamheid.nl
Internet www.abackxduurzaamheid.nl
KvK nr. 54411076
BTW nr. 75133908B01
Bankrekening Rabobank 1706.45.088

Wageningen UR, Alterra
T.a.v. de heer P.A.I. Ehlert
Postbus 47
6700 AA Wageningen.

Nutriënten Management Instituut, NMI
T.a.v. de heer T.A. van Dijk
Postbus 250
6700 AG Wageningen

Roosendaal, 2 april 2013

Onderwerp: reactie van Cosun op het tweede concept CDM advies "Opname van struviet...."

Referentie: ABD13-44

Geachte heer Ehlert, beste Phillip, geachte heer van Dijk, beste Tonnis,

Hierbij ontvangt u, namens Coöperatie Koninklijke Cosun U.A., een reactie op het tweede concept van 19 maart 2013 van het CDM advies "Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet".

In de eerste reactie van Cosun op het eerste concept, de brief ABD13-38, pleit Cosun voor een zorgvuldige risicoanalyse met betrekking tot de kwaliteit van struviet, in het bijzonder voor medicijnresten en hormonen. Dit is ook door ons verwoord tijdens de workshop van 1 maart 2013. Cosun deelt de mening dan ook niet dat in hoofdstuk 5.2, bij "Contaminanten" in de 2^e alinea is opgenomen "Het aandeel aan residuen in struviet wordt door aanwezigen veel lager ingeschat dan het aandeel dat in dierlijke mest aanwezig is". We verzoeken u "door aanwezigen" te wijzigen in "door een deel van de aanwezigen".

In de brief ABD13-38 heeft Cosun aangegeven te pleiten voor een P₂O₅ gehalte van minimaal 5% in het product. Bij hoofdstuk 6.4 wordt op bladzijde 54 aangegeven dat "een minimumeis van 15% P₂O₅ in het product geen belemmering is voor de Nederlandse initiatieven" en deze mening delen we niet. Op een slide bij "Advies" van uw presentatie geeft u minimaal 5% P₂O₅ in de droge stof aan. Bij een minimumeis van 15% P₂O₅ in het product kunnen onnodige belemmeringen ontstaan.

Bij hoofdstuk 6.4 worden voorstellen gedaan met betrekking tot begripsomschrijvingen voor opname van "groene fosfaten" in het Uitvoeringsbesluit. We stellen voor bij "Magnesiumfosfaat dat vrijgekomen is bij pasteurisatie van struviet..." te wijzigen in "Magnesiumfosfaat dat vrijgekomen is bij pasteurisatie of bij drogen van struviet...". Zie bovenaan bladzijde 54 en bij 2°.

Graag zijn we bereid de opmerkingen toe te lichten.

Met vriendelijke groet, namens Cosun,



A.P.M. Backx
A. Backx Duurzaamheid

Verschenen documenten in de reeks Technical reports van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

WOT-technical reports zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; E info.wnm@wur.nl

WOT-technical reports zijn ook te downloaden via de website www.wageningenUR.nl/wotnatuurenmilieu

1	Arets, E.J.M.M., K.W. van der Hoek, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.-P. Lesschen (2013). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2013.</i>	17	Kistenkas, F.H. (2014). <i>Juridische aspecten van gebiedsgericht natuurbeleid (Natura 2000)</i>
2	Kleunen, A. van, M. van Roomen, L. van den Bremer, A.J.J. Lemaire, J-W. Vergeer & E. van Winden (2014). <i>Ecologische gegevens van vogels voor Standaard Gegevensformulieren Vogelrichtlijngebieden.</i>	18	Koeijer, T.J. de, H.H. Luesink & C.H.G. Daatselaar (2014). <i>Synthese monitoring mestmarkt 2006 – 2012.</i>
3	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2014). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw in 2012. Berekeningen van ammoniak, stikstofdioxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA</i>	19	Schmidt, A.M., A. van Kleunen, L. Soldaat & R. Bink (2014). <i>Rapportages op grond van de Europese Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn. Evaluatie rapportageperiode 2007-2012 en aanbevelingen voor de periode 2013-2018</i>
4	Verburg, R.W., T. Selnes & M.J. Bogaardt (2014). <i>Van denken naar doen; ecosysteemdiensten in de praktijk. Case studies uit Nederland, Vlaanderen en het Verenigd Koninkrijk.</i>	20	Fey F.E., N.M.A.J. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2014). <i>Ontwikkeling van enkele mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2013.</i>
5	Velthof, G.L. & O. Oenema (2014). <i>Commissie van Deskundigen Meststoffenwet. Taken en werkwijze; versie 2014</i>	21	Hendriks, C.M.A., D.A. Kamphorst en R.A.M. Schrijver (2014). <i>Motieven van actoren voor verdere verduurzaming in de houtketen.</i>
6	Berg, J. van den, V.J. Ingram, L.O. Judge & E.J.M.M. Arets (2014). <i>Integrating ecosystem services into tropical commodity chains- cocoa, soy and palm oil; Dutch policy options from an innovation system approach</i>	22	Selnes, T.A. and D.A. Kamphorst (2014). <i>International governance of biodiversity; searching for renewal</i>
7	Knegt de, B., T. van der Meij, S. Hennekens, J.A.M. Janssen & W. Wamelink (2014). <i>Status en trend van structuur- en functiemarken van Natura 2000- habitattypen op basis van het Landelijke Meetnet Flora (LMF) en de Landelijke Vegetatie Databank (LVD). Achtergronddocument voor de Artikel 17-rapportage.</i>	23	Dirkx, G.H.P, E. den Belder, I.M. Bouwma, A.L. Gerritsen, C.M.A. Hendriks, D.J. van der Hoek, M. van Oorschot & B.I. de Vos (2014). <i>Achtergrondrapport bij beleidsstudie Natuurlijk kapitaal: toestand, trends en perspectief; Verantwoording casestudies</i>
8	Janssen, J.A.M., E.J. Weeda, P.C. Schipper, R.J. Bijlsma, J.H.J. Schaminée, G.H.P. Arts, C.M. Deerenberg, O.G. Bos & R.G. Jak (2014). <i>Habitattypen in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van oppervlakte representativiteit en behoudsstatus in de Standard Data Forms (SDFs).</i>	24	Wamelink, G.W.W., M. Van Adrichem, R. Jochem & R.M.A. Wegman (2014). <i>Aanpassing van het Model for Nature Policy (MNP) aan de typologie van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL); Fase 1</i>
9	Ottburg, F.G.W.A., J.A.M. Janssen (2014). <i>Habitatrichtlijnsoorten in Natura 2000-gebieden. Beoordeling van populatie, leefgebied en isolatie in de Standard Data Forms (SDFs)</i>	25	Vos, C.C., C.J. Grashof-Bokdam & P.F.M. Opdam (2014). <i>Biodiversity and ecosystem services: does species diversity enhance effectiveness and reliability? A systematic literature review.</i>
10	Arets, E.J.M.M. & F.R. Veeneklaas (2014). <i>Costs and benefits of a more sustainable production of tropical timber.</i>	26	Arets, E.J.M.M., G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & J.W.H. van der Kolk (2014). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector for the UNFCCC and Kyoto Protocol. Background to the Dutch NIR 2014.</i>
11	Vader, J. & M.J. Bogaardt (2014). <i>Natuurverkenning 2 jaar later; Over gebruik en doorwerking van Natuurverkenning 2010-2040.</i>	27	Roller, te J.A., F. van den Berg, P.I. Adriaanse, A. de Jong & W.H.J. Beltman (2014). <i>Surface WATER Scenario Help (SWASH) version 5.3. technical description</i>
12	Smits, M.J.W. & C.M. van der Heide (2014). <i>Hoe en waarom bedrijven bijdragen aan behoud van ecosysteemdiensten; en hoe de overheid dergelijke bijdragen kan stimuleren.</i>	28	Schuiling, C., A.M. Schmidt & M. Boss (2014). <i>Beschermde gebiedenregister; Technische documentatie</i>
13	Knegt, B. de (ed.) (2014). <i>Graadmeter Diensten van Natuur; Vraag, aanbod, gebruik en trend van goederen en diensten uit ecosystemen in Nederland.</i>	29	Goossen, C.M., M.A. Kiers (2015). <i>Mass mapping; State of the art en nieuwe ideeën om bezoekersaantallen in natuurgebieden te meten</i>
14	Beltman, W.H.J., M.M.S. Ter Horst, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J. Deneer (2014). <i>FOCUS_TOXSWA manual 4.4.2; User's Guide version 4.</i>	30	Hennekens, S.M, M. Boss en A.M. Schmidt (2014). <i>Landelijke Vegetatie Databank; Technische documentatie</i>
15	Adriaanse, P.I., W.H.J. Beltman & F. Van den Berg (2014). <i>Metabolite formation in water and in sediment in the TOXSWA model. Theory and procedure for the upstream catchment of FOCUS streams.</i>	31	Bijlsma, R.J., A. van Kleunen & R. Pouwels (2014). <i>Structuur- en functiemarken van leefgebieden van Vogelrichtlijn- en Habitatrichtlijnsoorten; Een concept en bouwstenen om leefgebieden op landelijk niveau en gebiedsniveau te beoordelen</i>
16	Groenestein, K., C. van Bruggen en H. Luesink (2014). <i>Harmonisatie diercategorieën</i>	32	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). <i>Nut en risico's van covergisting. Syntheserapport.</i>
		33	Bijlsma, R.J. & J.A.M. Janssen (2014). <i>Structuur en functie van habitattypen; Onderdeel van de documentatie van de Habitatrichtlijn artikel 17-rapportage 2013</i>
		34	Fey F.E., N.M.J.A. Dankers, A. Meijboom, P.W. van Leeuwen, J. Cuperus, B.E. van der Weide, M. de Jong, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2014). <i>Ecologische ontwikkeling binnen</i>

	<i>een voor menselijke activiteiten gesloten gebied in de Nederlandse Waddenzee; Tussenrapportage achtste jaar na sluiting (najaar 2013).</i>		Methodology for estimating emissions from agriculture in the Netherlands. Calculations of CH ₄ , NH ₃ , N ₂ O, NO _x , PM ₁₀ , PM _{2.5} and CO ₂ with the National Emission Model for Agriculture (NEMA)
35	Kuindersma, W., F.G. Boonstra, R.A. Arnouts, R. Folkert, R.J. Fontein, A. van Hinsberg & D.A. Kamphorst (2015). <i>Vernieuwingen in het provinciaal natuurbeleid; Vooronderzoek voor de evaluatie van het Natuurpact.</i>	54	Groenestein, K. & J. Mosquera (2015). <i>Evaluatie van methaanemissieberekeningen en -metingen in de veehouderij.</i>
36	Berg van den, F., W.H.J. Beltman, P.I. Adriaanse, A. de Jong & J.A. te Roller (2015). <i>SWASH Manual 5.3. User's Guide version 5</i>	55	Schmidt, A.M. & A.S. Adams (2015). <i>Documentatie Habitatrichtlijn-rapportage artikel 17, 2007-2012</i>
37	Brouwer, F.M., A.B. Smit & R.W. Verburg (2015). <i>Economische prikkels voor vergroening in de landbouw</i>	56	Schippers, P., A.M. Schmidt, A.L. van Kleunen & L. van den Bremer (2015). <i>Standard Data Form Natura 2000; bepaling van de belangrijkste drukfactoren in Natura 2000-gebieden.</i>
38	Verburg, R.W., R. Michels, L.F. Puister (2015). <i>Aanpassing Instrumentarium Kosten Natuurbeleid (IKN) aan de typologie van het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL)</i>	57	Fey F.E., N.M.A.J. Dankers, A. Meijboom, C. Sonneveld, J.P. Verdaat, A.G. Bakker, E.M. Dijkman & J.S.M. Cremer (2015). <i>Ontwikkeling van enkele mosselbanken in de Nederlandse Waddenzee, situatie 2014.</i>
39	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2015). <i>Actualisering methodiek en protocol om de fosfaattoestand van de bodem vast te stellen</i>	58	Blaeij, A.T. de, R. Michels, R.W. Verburg & W.H.G.J. Hennen (2015). <i>Recreatiemodule in Instrumentarium Kosten Natuurbeleid (IKN); Bepaling van de recreatiekosten</i>
40	Gies, T.J.A., J. van Os, R.A. Smidt, H.S.D. Naeff & E.C. Vos (2015). <i>Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB); Gebruikershandleiding 2010.</i>	59	Bakker, E. de, H. Dagevos, R.J. Fontein & H.J. Agricola (2015). <i>De potentie van co-creatie voor natuurbeleid. Een conceptuele en empirische verkenning.</i>
41	Kramer, H., J. Clement (2015). <i>Basiskaart Natuur 2013. Een landsdekkend basisbestand voor de terrestrische natuur in Nederland</i>	60	Bouwma, I.M., A.L. Gerritsen, D.A. Kamphorst & F.H. Kistenkas (2015). <i>Policy instruments and modes of governance in environmental policies of the European Union; Past, present and future</i>
42	Kamphorst, D.A., T.A. Selnes, W. Nieuwenhuizen (2015). <i>Vermaatschappelijking van natuurbeleid. Een verkennend onderzoek bij drie provincies</i>	61	F. van den Berg, A. Tiktak, J.J.T.I. Boesten & A.M.A. van der Linden (2016). <i>PEARL model for pesticide behaviour and emissions in soil-plant systems; Description of processes</i>
43	Commissie Deskundige Meststoffenwet (2015). <i>Advies 'Mestverwerkingspercentages 2016'</i>	62	Kuiters, A.T., G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, H.A.H. Jansman & J. Bovenschen (2016). <i>Genetische monitoring van de Nederlandse otterpopulatie; Ontwikkeling van populatieomvang en genetische status 2014/2015</i>
44	Meeuwssen, H.A.M. & R. Jochem (2015). <i>Openheid van het landschap; Berekeningen met het model ViewScape</i>	63	Smits, M.J.W., C.M. van der Heide, H. Dagevos, T. Selnes & C.M. Goossen (2016). <i>Natuurinclusief ondernemen: van koplopers naar mainstreaming?</i>
45	Groenestein, C.M., J. de Wit, C. van Bruggen & O. Oenema (2015). <i>Stikstof- en fosfaatexcretie van gangbaar en biologisch gehouden landbouwhuisdieren. Herziening excretiefacts Meststoffenwet 2015</i>	64	Pouwels, P., M. van Eupen, M.H.C. van Adrichem, B. de Knecht & J.G.M. van der Grefte (2016). <i>MetaNatuurplanner v2.0. Status A</i>
46	Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof & J. Vonk (2015). <i>Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2013. Berekeningen van ammoniak, stikstofoxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA.</i>	65	Broekmeyer, M.E.A. & M.E. Sanders (2016). <i>Natuurwetgeving en het omgevingsrecht. Achtergrond-document bij Balans van de Leefomgeving, 2014</i>
47	Boonstra, F.G. & A.L. Gerritsen (2015). <i>Systeemverantwoordelijkheid in het natuurbeleid; Input voor agendavorming van de Balans van de Leefomgeving 2014</i>	66	Os van, J. H.S.D. Naeff & L.J.J. Jeurissen (2016). <i>Geografisch informatiesysteem voor de emissieregistratie van landbouwbedrijven; GIABplus-bestand 2013 - Status A</i>
48	Overbeek, M.M.M., M-J. Bogaardt & J.C. Dagevos (2015). <i>Intermediairs die bijdragen van burgers en bedrijven aan natuur en landschap mobiliseren.</i>	67	Ingram, V.J., L.O. Judge, M. Luskova, S. van Berkum & J. van den Berg (2016). <i>Upscaling sustainability initiatives in international commodity chains; Examples from cocoa, coffee and soy value chains in the Netherlands.</i>
49	Os, J. van, R.A.M. Schrijver & M.E.A. Broekmeyer (2015). <i>Kan het Natuurbeleid tegen een stootje? Enkele botsproeven van de herijkte Ecologische Hoofdstructuur.</i>	68	Duin van W.E., H. Jongerius, A. Nicolai, J.J. Jongsma, A. Hendriks & C. Sonneveld (2016). <i>Friese en Groninger kwelderwerken: Monitoring en beheer 1960-2014.</i>
50	Hennekens, S.M., J.M. Hendriks, W.A. Ozinga, J.H.J. Schaminée & L. Santini (2015). <i>BioScore 2 - Plants & Mammals. Background and pre-processing of distribution data</i>	69	Ehlert, P.A.I., T.A. van Dijk & O. Oenema (2016). <i>Opname van struviet als categorie in het Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet. Advies.</i>
51	Koffijberg K., P. de Boer, F. Hustings, A. van Kleunen, K. Oosterbeek & J.S.M. Cremer (2015). <i>Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2011-2013.</i>	70	Ehlert, P.A.I., H.J. van Wijnen, J. Struijs, T.A. van Dijk, L. van Schöll, L.R.M. de Poorter (2016). <i>Risicobeoordeling van contaminanten in afval- en reststoffen bestemd voor gebruik als covergistingmateriaal</i>
52	Arets, E.J.M.M., J.W.H. van der Kolk, G.M. Hengeveld, J.P. Lesschen, H. Kramer, P.J. Kuikman & M.J. Schelhaas (2015). <i>Greenhouse gas reporting of the LULUCF sector in the Netherlands. Methodological background.</i>	71	Commissie Deskundigen Meststoffenwet (2016). <i>Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet. Versie 3.2</i>
53	Vonk, J., A. Bannink, C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J.W.H. van der Kolk, H.H. Luesink, S.V. Oude Voshaar, S.M. van der Sluis & G.L. Velthof (2016).		



Thema Agromilieu

Wettelijke Onderzoekstaken
Natuur & Milieu
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T (0317) 48 54 71
E info.wnm@wur.nl

ISSN 2352-2739

www.wur.nl/wotnatuurenmilieu

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 5.000 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

