

Kunstmestvervangers onderzocht

Tussentijds rapport van het onderzoek in het kader van de pilot
Mineralenconcentraten



WAGENINGEN UR
For quality of life

Inhoudsopgave

Woord vooraf.....	5
Samenvatting.....	7
1 Inleiding	11
2 Monitoring van de installaties	13
2.1 Doel	13
2.2 Verzameling van gegevens	13
2.3 Beschrijving installaties	15
2.3.1 Bedrijf A	15
2.3.2 Bedrijf B	17
2.3.3 Bedrijf C	19
2.3.4 Bedrijf D	20
2.3.5 Bedrijf E	22
2.3.6 Bedrijf F	23
2.3.7 Bedrijf G	24
2.3.8 Bedrijf H	26
2.4 Resultaten van metingen	29
2.4.1 Samenstelling ingaande mest/digestaat	29
2.4.2 Resultaten voorscheiding	29
2.4.3 Resultaten Ultra filtratie	30
2.4.4 Resultaten Omgekeerde Osmose	31
3 Landbouwkundige en milieukundige effecten	35
3.1 Opzet	35
3.2 Beoordeling samenstelling	37
3.3 Stikstofwerking van concentraten op grasland	53
3.4 Stikstofwerking van concentraten en dikke fractie op bouwland	63
3.5 De beschikbaarheid van fosfaat uit de dikke fractie	67
3.6 Gasvormige stikstofemissies	69
3.7 Praktijkervaringen met kunstmestvervanging in het melkveebedrijf en het akkerbouwbedrijf	75
4 Gebruikerservaringen en economische analyses	81
4.1 Inleiding	81
4.2 Materialen en methoden	81
4.3 Resultaten en discussies	82
4.3.1 Eindgebruikers mineralenconcentraat	82
4.3.2 Gebruikerservaringen mineralenconcentraat	84
4.3.3 Afzetmogelijkheden eindproducten	90
4.3.4 Economische haalbaarheid installaties	94
4.4 Conclusies	97

5	Levenscyclusanalyse (LCA) mineralenconcentraten	99
5.1	Inleiding	99
5.1.1	Achtergrond en aanleiding	99
5.1.2	Probleemstelling en onderzoeksvraag	99
5.2	Fase 1: Definitie doel en reikwijdte	100
5.2.1	Doel	100
5.2.2	Geografische reikwijdte	100
5.2.3	Onderzoeksopzet en reikwijdte	100
5.2.4	Afbakening van het systeem	102
5.3	Fase 2: Data inventarisatie	104
5.3.1	Referentie scenario's	104
5.3.2	Data voor referentiescenario's	108
5.3.3	Data beschikbaarheid	113
5.4	Fase 3: Impactanalyse (voorlopige resultaten)	114
5.4.1	Algemeen overzicht	114
5.4.2	Genormaliseerde resultaten	115
5.4.3	Klimaatverandering	116
5.5	Voorlopige conclusies en vervolg 2010/11	117
5.5.1	Voorlopige conclusies	117
5.5.2	Vervolg 2010/11	118
6	Synthese	123
6.1	Inleiding	123
6.2	Monitoring van de installaties	123
6.3	Stikstofwerking van mineralenconcentraten	124
6.4	Opslag en toediening van mineralenconcentraten in de praktijk	125
6.5	Gebruik op grasland	126
6.6	Gebruik op bouwland	127
6.7	Dikke fractie	127
6.8	Milieukundige aspecten	128
6.9	Kosten	129
6.10	Vervolg	130

Woord vooraf

Op 21 april 2009 heeft minister Verburg in Heeten het formele startsein gegeven voor de pilot mineralenconcentraten. In deze pilot wordt onderzocht of het mineralenconcentraat, dat ontstaat door mestscheiding en omgekeerde osmose, gebruikt kan worden als kunstmest. Nederland heeft voor deze pilot van de Europese Commissie toestemming gekregen om gedurende twee jaar (2009 en 2010) de landbouwkundige, economische en milieukundige aspecten te onderzoeken van de productie en het gebruik van mineralenconcentraten. Hierbij kunnen de mineralenconcentraten als kunstmest boven de gebruiksnorm van dierlijke mest worden toegepast, maar binnen de stikstofgebruiksnorm in het kader van de Nitraatrichtlijn

Het onderzoek wordt door verschillende WUR-instellingen uitgevoerd in nauwe samenwerking met vertegenwoordigers van de acht installaties waar de mineralenconcentraten worden geproduceerd.

Het onderzoek wordt gefinancierd door het productschap Zuivel, het productschap Vee en Vlees, het ministerie van LNV en het ministerie van VROM. De regie van het onderzoek en gerelateerde zaken in de pilot vindt plaats door het ministerie van LNV, het ministerie van VROM, LTO en NVV.

In dit rapport worden de tussentijdse resultaten van het WUR-onderzoek weergegeven die half november 2009 beschikbaar waren. Het betreft een tussenstand in het onderzoek en er kunnen slechts voorlopige conclusies worden getrokken. De eindrapportages en synthese van het onderzoek worden in 2011 opgeleverd.

Wageningen, 9 december 2009

Gerard Velthof, coördinator onderzoek Pilot Mineralenconcentraten

Alterra, Wageningen UR
gerard.velthof@wur.nl

Samenvatting

Nederland heeft van de Europese Commissie toestemming gekregen om gedurende twee jaar (2009 en 2010) de landbouwkundige, economische en milieukundige aspecten te onderzoeken van de productie en het gebruik van mineralenconcentraten in een grootschalige pilot. Hierbij kunnen de mineralenconcentraten als kunstmest boven de gebruiksnorm van dierlijke mest worden toegepast, maar binnen de stikstofgebruiksnorm in het kader van de Nitraatrichtlijn.

Het onderzoek wordt door verschillende WUR-instellingen uitgevoerd in nauwe samenwerking met vertegenwoordigers van de acht installaties waar de mineralenconcentraten worden geproduceerd. Het onderzoek wordt gefinancierd door het productschap Zuivel, het productschap Vee en Vlees, het ministerie van LNV en het ministerie van VROM.

De volgende studies worden uitgevoerd door verschillende WUR-instellingen:

- Monitoring van stromen aan stikstof-, fosfaat- en mest op de mestverwerkingsinstallaties;
- Landbouwkundige en milieukundige effecten van toepassing van mineralenconcentraten en andere de producten uit deze installaties als meststof;
- Gebruikerservaringen en een economische analyse van het gebruik van mineralenconcentraten in de pilot;
- Levenscyclusanalyse (LCA); analyse van de verandering in milieu-impact van de productie en het gebruik van de eindproducten uit mestverwerking ten opzichte van de huidige mestketens;
- Synthese van deze verschillende onderzoekssporen.

In dit rapport worden de tussentijdse resultaten van het WUR-onderzoek weergegeven die half november 2009 beschikbaar waren. Het betreft een tussenstand in het onderzoek en er kunnen slechts voorlopige conclusies worden getrokken. De eindrapportages en synthese van het onderzoek worden in 2011 opgeleverd.

Er zijn verschillende producten die kunnen ontstaan in de mestverwerkingsinstallaties. Het onderzoek richt zich vooral op het mineralenconcentraat (ontstaan bij omgekeerde osmose) en de dikke fractie. De meeste bedrijven die deelnemen aan de pilot verwerken varkensmest. Er zijn twee bedrijven die digestaat uit vergisting verwerken, waarvan één met rundermest. De installaties verschillen in de toegepaste mestverwerkingstechnieken, maar hebben allen omgekeerde osmose als eindstap. De verschillen in samenstelling van mineralenconcentraten tussen de bedrijven is groot: variërend van gemiddeld 3,75 tot 11,0 g N per kg. Het kaliumgehalte¹ varieert tussen de bedrijven van gemiddeld 5,03 tot

¹ In het rapport worden kalium (K) en kali (K₂O) door elkaar gebruikt. De eenheid wordt steeds in de tekst duidelijk aangegeven. Omrekeningsfactor: 1 g K is 1,205 g K₂O. In het eindrapport zal dit uniform worden gemaakt.

9,80 g K per kg. Het fosforgehalte² is laag: gemiddeld 0,002-0,6 g totaal P per kg. De verschillen tussen de bedrijven worden veroorzaakt door verschillen in de samenstelling van de ingaande mest (en eventueel co-vergistingmaterialen), in scheidingstechnieken, in toevoegmiddelen en in omgekeerde osmose. De resultaten van enkele installaties laten zien dat het voor een installatie mogelijk is om een product te maken met een stabiele samenstelling. Dit is een voordeel bij toepassing van mineralenconcentraat als kunstmest. Het mineralenconcentraat kan zowel als stikstofmeststof en als kalimeststof worden toegepast. De stikstof in het mineralenconcentraat bestaat hoofdzakelijk uit ammonium (90~95% van totaal stikstof). Het mineralenconcentraat heeft, net zoals mest, een hoge pH (gemiddelde pH van 7,8). Laboratoriumonderzoek laat zien dat door emissiearme toediening de ammoniakemissie sterk kan worden beperkt. Op basis van de samenstelling wordt geschat dat de stikstofwerking van mineralenconcentraten varieert van 70% tot 94%.

De in de veldproeven voorlopig vastgestelde werkingscoëfficiënten ten opzichte van KAS bedragen ca. 40-45% voor grasland op klei, ca. 60-80% voor grasland op zand, ca. 70% voor bouwland op klei en ca. 85% voor bouwland op zand. De stikstofwerking van mineralenconcentraten op grasland ten opzichte van vloeibaar ammonium nitraat is hoger dan die ten opzichte van KAS en varieert tussen de 75 en 90% op zandgrond en 57 en 65% op kleigrond.

De reden voor de relatief lage stikstofwerking van de mineralenconcentraten is niet bekend, maar is mogelijk gerelateerd aan ammoniakemissie, de toedieningstechniek op grasland, en/of stikstofverliezen door denitrificatie. Aanbevolen wordt om in 2010 extra objecten in de veldproeven aan te leggen om een beter inzicht te krijgen in de stikstofwerking van concentraten. Een derde van de eindgebruikers heeft het mineralenconcentraat puur toegediend. Tweederde van de gebruikers hebben het mineralenconcentraat echter gemengd met drijfmest uitgereden, meer dan de helft van de gebruikers met runderdrijfmest. Het wordt aanbevolen om ook de stikstofwerking van mengsels van concentraat en drijfmest experimenteel vast te stellen

Het grootste deel (92%) van de gebruikers heeft het mineralenconcentraat toegediend met een zodebemester (grasland) of mestinjecteur (bouwland). Doseringsmogelijkheden van deze apparatuur vormen een knelpunt bij pure toediening van concentraten. Een verdere ontwikkeling van apparatuur voor kleine emissiearme doseringen wordt aanbevolen. Het mineralenconcentraat is, door de 103 respondenten van de enquête, het vaakst gebruikt op grasland (58 keer), gevolgd door snijmaïs (24 keer) en consumptieaardappelen (13 keer). Alle gebruikers van mineralenconcentraat op grasland vinden stikstof een belangrijk bestanddeel van het mineralenconcentraat, terwijl 36% ook kali belangrijk vindt. De kali-gift met concentraat kan bij intensieve melkveebedrijven leiden tot overschrijding van de kali-adviezen.

Bij aardappelen, suikerbieten, wintertarwe, snijmaïs en waspeen leidt gebruik van mineralenconcentraten tot een belangrijke besparing op kunstmest, doordat zowel kali als stikstof gewaardeerd wordt. De snelle stikstofwerking van mineralenconcentraten ten

² In het rapport worden fosfor (P) en fosfaat (P₂O₅) door elkaar gebruikt. De eenheid wordt in de tekst steeds duidelijk aangegeven. Omrekeningsfactor: 1 g P is 2,291 g P₂O₅. In het eindrapport zal dit uniform worden gemaakt.

opzichte van dierlijke mest is een voordeel. Ook bij zomergerst zijn mineralenconcentraten uitstekend toepasbaar.

Het fosforgehalte in het mineralenconcentraat is aanzienlijk lager dan het stikstof- of kaligehalte, maar de fosfaatgiften kunnen bij een deel van de mineralenconcentraten niet worden verwaarloosd. Bij een gift van 100 kg totaal N per ha wordt, op basis van de huidige stand van zaken, 0,1 tot 20,9 kg fosfaat (P_2O_5) per ha toegediend. Voor afzet van concentraat aan melkvee- en akkerbouwbedrijven met weinig fosfaatruimte is het van groot belang dat de aanvoer van fosfaat met concentraat verwaarloosbaar is

Door het relatief hoge fosfaatgehalte van de dikke fractie, zal de dikke fractie vooral als fosfaatmeststof worden gebruikt. De fosfaatwerking van dikke fracties was in een incubatiestudie vergelijkbaar met die van onbehandelde dierlijke mest bij gebruik van milde fosfaat-extractiemethodes, indien er geen ijzerbevattende toevoegmiddelen werden gebruikt bij de mestverwerking. Bij de installatie die ijzersulfaat gebruikte was de fosfaatwerking van de dikke fractie lager dan die van de onbehandelde mest. Het gebruik van toevoegmiddelen kan dus de beschikbaarheid van fosfaat in de dikke fractie verlagen. De stikstofwerking van de dikke fractie in het voorjaar toegediend aan aardappelen op kleigrond is voorlopig geschat op ongeveer 30%. De resultaten van het laboratoriumonderzoek geven aan dat de ammoniakemissie uit de dikke fractie lager is dan die uit drijfmest en mineralenconcentraten.

De gehalten organische stikstof zijn laag in mineralenconcentraten (minder dan 10%), zodat na de oogst van gewassen geen stikstof uit mineralenconcentraten meer vrij komt door mineralisatie. Verwacht wordt dat dit kan leiden tot een vermindering van de nitraatuitspoeling ten opzichte van onbewerkte drijfmest.

Het laboratoriumonderzoek laat zien dat het risico op ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraten vergelijkbaar of hoger is dan bij toediening van mest. Emissiearme toediening leidt tot een forse reductie van de ammoniakemissie. Emissiearm toegediende mineralenconcentraten resulteerden in de incubatiestudie tot een hogere lachgasemissie dan emissiearm toegediende mest en een vergelijkbaar of hogere lachgasemissie dan oppervlakkig toegediende KAS.

De levenscyclusanalyse (LCA), welke de milieubelasting van de productie en toepassing van mineralenconcentraten in de mestketen zal laten zien, is in 2009 gestart. Voorlopige resultaten voor de huidige mestketens van rundvee- en vleesvarkensdrijfmest geven aan dat het gebruik van drijfmest sterk bijdraagt aan eutrofiëring, verzuring en fijnstofemissie. Fossiel energieverbruik wordt voornamelijk bepaald door de productie en het gebruik van kunstmest. Resultaten voor het effect op klimaatverandering laten zien dat N_2O emissie een sterke bijdrage heeft voor beide referentiesituaties, respectievelijk 60 en 68% voor rundvee- en vleesvarkensdrijfmest. In 2010 worden de scenario's uitgewerkt en doorgerekend van de acht verschillende scenario's waarbij mest verwerkt wordt tot een mineralenconcentraat. Deze resultaten zullen het verschil laten zien in de milieubelasting tussen de huidige mestketens en de keten waarin mestverwerking plaatsvindt.

De waarde van mineralenconcentraten op basis van het stikstof- en kaligehalte is afhankelijk van de gehalten en de kunstmestprijzen. Een schatting laat zien dat de waarde van het mineralenconcentraat ongeveer 2,5 Euro per ton bedraagt als alleen stikstof

wordt gewaardeerd en ongeveer 6,2 Euro per ton als alleen kali wordt gewaardeerd (exclusief uitrijdkosten à 2,50 Euro). Als zowel stikstof als kali worden gewaardeerd bedraagt de waarde ongeveer 12 Euro per ton. Een eerste schatting van de gemiddelde kosten van de acht bedrijven voor mestscheiding en omgekeerde osmose (dus zonder voor- en/ of nabewerking van producten) ligt op ongeveer 7,50 Euro per ton, waarbij een grote spreiding bestaat tussen de installaties. De gemiddelde afzetkosten voor de eindproducten lagen op ongeveer 3,75 Euro per ton ingaande mest. Om de installatie rendabel te maken moet dus, bij de huidige kosten voor afzet, ongeveer 11,25 Euro per ton ingaande mest moet worden ontvangen. De kosten voor transport en bemonstering komen daar nog bovenop, waardoor het totaal bedrag al snel op 15 Euro per ton ingaande mest komt.

Het onderzoek wordt in 2010 gecontinueerd. Mogelijkheden worden verkend om de mestverwerking verder te optimaliseren op basis van de resultaten. Hierbij wordt gedacht aan het verlagen van de gehalten aan fosfaat en organische stikstof en het verder concentreren van de concentraten. De rapportage en synthese van het totale onderzoek in 2009 en 2010 vindt begin 2011 plaats. Dit syntheserapport zal samen met de rapporten van de deelonderzoeken gebruikt worden voor discussie met de Europese Commissie over het gebruik van mineralenconcentraten als kunstmestvervanger. Tevens zullen de onderzoeksgegevens gebruikt worden voor een technisch dossier over de landbouwkundige en milieukundige aspecten van gebruik van mineralenconcentraten.

1 Inleiding

Sinds de jaren zestig is de (intensieve) veehouderij in Nederland flink gegroeid. Met deze groei ontstond een productie aan dierlijke mest die groter is dan landbouwgronden in Nederland vanuit milieukundig oogpunt kunnen verdragen. Met de invoering van de mestwetgeving werd het overschot aan dierlijke mest steeds meer voelbaar op de mestmarkt. Hoge afzetkosten waren het gevolg. Mestbe- en verwerking kwamen steeds meer in beeld om dit mestoverschot binnen andere landbouwsectoren of buiten de landbouw verantwoord te kunnen plaatsen. De stikstofbehoefte van gewassen wordt veelal gedekt door naast dierlijke mest ook kunstmest te gebruiken.

Mestverwerking wordt gezien als een van de mogelijkheden om de druk op de mestmarkt in Nederland te verlichten. Een van de mogelijkheden is dat mest wordt gescheiden en dat het mineralenconcentraat, dat ontstaat na omgekeerde osmose (OO) van de dunne fractie, gebruikt wordt als kunstmestvervanger.

Hoewel het concentraat een met een industrieel proces vervaardigde meststof is, en daarom geacht wordt andere kenmerken te hebben dan dierlijke mest, valt het onder de definitie van dierlijke mest uit de Nitraatrichtlijn, zelfs na bewerking. Het landbouwbedrijfsleven en LNV/VROM onderzoeken of dit mineralenconcentraat erkend kan worden als kunstmeststof. Dit past niet alleen in het streven om tot een verantwoorde afzet van dierlijke meststoffen te komen, maar is ook ingestoken vanuit het streven om mineralenkringlopen verder te sluiten. Nederland heeft van de Europese Commissie toestemming gekregen om gedurende twee jaar (2009 en 2010) in grootschalige pilots te onderzoeken of mineralenconcentraat als kunstmest kan worden gebruikt.

In de pilot nemen acht producenten (installaties waar mineralenconcentraat wordt geproduceerd) en gebruikers (akkerbouwers en veehouders die het mineralenconcentraat als meststof gebruiken) deel. Minister Verburg heeft in twee rondes in totaal acht verzoeken van producenten om deel te nemen aan de pilots gehonoreerd. De producenten dienen in bezit te zijn van alle relevante vergunningen voor de installatie.

In de pilots worden zowel de landbouwkundige, economische als milieukundige aspecten onderzocht van productie en gebruik van het mineralenconcentraat. De gegevens uit het onderzoek dienen ook gebruikt kunnen worden voor het aanleggen van technische dossiers van de producten. Dit technische dossier wordt gebruikt voor toetsing van de mineralenconcentraten als EG- meststof (EU, 2003³) of nationaal door toetsing aan het protocol Beoordeling stoffen Messtoffenwet (van Dijk et al., 2008⁴).

³ EU (2003) VERORDENING (EG) nr. 2003/2003 VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD van 13 oktober 2003 inzake meststoffen

⁴ Dijk, van T.A., J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma, M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius & O. Oenema (2008) Protocol beoordeling stoffen Messtoffenwet versie 1.1, Werkdocument 85, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, Wageningen, 48 p.

Bij de be- en verwerking van dierlijke mest tot mineralenconcentraat (concentraat RO⁵) ontstaan bij de 8 bedrijven van de pilots uit digestaat van rundveemest of van varkensmest, varkensmest een negental tussen- en eindproducten. Dit zijn:

- concentraat RO
- concentraat ultrafiltratie (UF)
- dikke fractie
- droog product
- dunne fractie
- ingaand RO
- permeaat ionenwisselaar
- permeaat RO
- permeaat UF

Concentraat RO, concentraat UF, dikke fractie en droog product worden uiteindelijk bestemd voor landbouwkundige toepassingen. Tussenproducten kunnen mogelijk een landbouwkundige toepassing krijgen.

Het concentraat dat ontstaat bij omgekeerde osmose is een product dat N en K (en P in lage concentraties) bevat. Dit is het product dat als kunstmestvervanger zal worden toegepast.

De volgende studies worden uitgevoerd door verschillende WUR-instellingen gedurende 2009 en 2010:

- Monitoring van stromen aan stikstof-, fosfaat- en meststromen op de mestverwerkingsinstallaties (Hoofdstuk 2);
- Landbouwkundige en milieukundige effecten van toepassing van mineralenconcentraten en andere de producten uit deze installaties als meststof (Hoofdstuk 3);
- Gebruikerservaringen en een economische analyse van het gebruik van mineralenconcentraten in de pilot (Hoofdstuk 4);
- Life Cycle Analysis (LCA; Hoofdstuk 5);
- Synthese van deze verschillende onderzoekssporen (Hoofdstuk 6).

In dit rapport worden de tussentijdse resultaten weergegeven die half november 2009 beschikbaar waren. Veel van het onderzoek loopt nog en slechts een deel van de resultaten waren beschikbaar. Er wordt benadrukt dat op basis van dit rapport slechts voorlopige conclusies kunnen worden getrokken. De rapportages van de verschillende deelprojecten en het syntheserapport worden in 2011 opgeleverd.

⁵ RO: *reverse osmosis* of omgekeerde osmose (OO)

2 Monitoring van de installaties

P. Hoeksma, F. de Buissonjé en J. Horrevorts (Wageningen UR Livestock Research)

2.1 Doel

Het doel van de monitoring is om van een aantal mestverwerkingsinstallaties objectieve proces- en productgegevens te verzamelen voor het vaststellen van de samenstelling van de eindproducten en voor het opstellen van massabalansen van nutriënten en zware metalen. De gegevens worden ook gebruikt voor het optimaliseren van het verwerkingsproces. In dit tussenrapport wordt een overzicht gegeven van de gegevens die in 2009 werden verzameld.

2.2 Verzameling van gegevens

Kwalitatieve proces- en productgegevens werden verzameld door de processtromen van alle deelnemende verwerkingsinstallaties regelmatig te bemonsteren en analyseren. Kwantitatieve gegevens van de aangevoerde mest en afgevoerde eindproducten werden verkregen via Dienst Regelingen. Gegevens over de hoeveelheid en samenstelling van de aangevoerde co-producten en verbruikte hulpstoffen zijn door de betreffende bedrijven aangereikt. De meetperiode startte vanaf het moment dat de installatie enkele weken stabiel had gedraaid.

Meetprogramma

In Tabel 1 is aangegeven welke parameters in welke processtromen/producten en met welke frequentie werden geanalyseerd.

Analysemethoden

Voor grondstoffen en eindproducten, die volgens de Meststoffenwet als dierlijke mest worden aangemerkt, werden de analysemethoden aangehouden zoals voorgeschreven door Accreditatieprogramma dierlijke mest; samenstelling AP05 (Bijlage H van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet).

Tabel 2 geeft een overzicht van de gevolgde normvoorschriften.

Soortelijke massa werd bepaald met behulp van een aerometer.

Voor de bepaling van sporenelementen en zware metalen is de volgende werkwijze gevolgd:

Afhankelijk van het type monster is 0,25 tot 4,5 gram ingewogen. Destructie in een magnetron met 10 ml koningswater (7,5 ml HCl en 2,5 ml HNO₃). Programma magnetron: 5 min 250 W; 5 min 400 W; 5 min 650 W; 5 min 250 W. Monsters zijn verdund met milliQ water tot 100 ml en daarna gemeten met ICP-OES.

De chemische analyses werden uitgevoerd door het AFSG milieulaboratorium van Wageningen-UR, met uitzondering van bepaling van organische microcomponenten. Deze werden uitgevoerd door het laboratorium van RIKILT van Wageningen-UR.

Tabel 1. Geanalyseerde parameters per processtroom/product en analyse frequentie.

Frequentie	Per maand	Per kwartaal	Jaarlijks
Processtromen Parameters	Grondstoffen, processtromen en eindproducten	Grondstoffen, processtromen en eindproducten	Alle eindproducten
Droge stof	x	x	x
Anorganische stof	x	x	x
Totaal N, P, K	x	x	x
NH ₄ -N	x	x	x
NO ₃ -N	x	x	x
Ca, Mg, Na	x	x	x
S (als SO ₄ ²⁻)	x	x	x
Cl ⁻	x	x	x
pH	x	x	x
Soortelijke massa	x	x	x
Zware metalen (Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, As)	Cu en Zn	x	x
Organische micro verontreinigingen			x
Nitriet (NO ₂ ⁻)			x

Tabel 2. Gevolgde normvoorschriften voor chemische analyses.

Parameter	Normvoorschrift	Omschrijving
Ammonium	NEN 7438: 1998 nl	Dierlijke mest en mestproducten - Bepaling van het gehalte aan ammoniumstikstof - Titrimetrische methode
Ammonium	NEN-ISO 7150-1:2002 en	Water - Bepaling van ammonium – Deel 1: Handmatige spectrometrische methode
Totaal stikstof (Kjeldahl)	NEN 6641: 1983 nl	Slib - Bepaling van de som van de gehalten aan ammoniumstikstof en aan organisch gebonden stikstof volgens Kjeldahl na mineralisatie met seleen
Droge stof + as	NEN 7432: 1998 nl	Dierlijke mest en mestproducten - Bepaling van de gehalten aan droge stof en organische stof - Gravimetrische methode
pH	NEN 6411: 2006 Ontw nl	Water en slib - Bepaling van de zuurgraad (pH)
Geleidbaarheid	NEN ISO 7888: 1994 en	Water - Bepaling van het elektrisch geleidingsvermogen
Fosfor	NEN 6662	
Natrium + kalium	NEN 6442: 1997 nl	Water - Vlamfotometrische bepaling van het gehalte aan natrium en kalium

Bemonsteringsmethoden

Per installatie werd vastgesteld waar, welke processtroom bemonsterd moest worden en welke voorzieningen nodig waren om betrouwbare bemonstering van alle proces- en productstromen uit te kunnen voeren. Voor en na elke processtap werden in de aan- en afvoerleidingen van de essentiële procesonderdelen monsterkranen aangebracht. In het kader van de monitoring werden maandelijks monsters van ca. 1 liter afgetapt. Voor zover nodig voor andere deelonderzoeken, die in het kader van het pilotproject werden uitgevoerd, werden ook tussentijds monsters genomen.

2.3 Beschrijving installaties

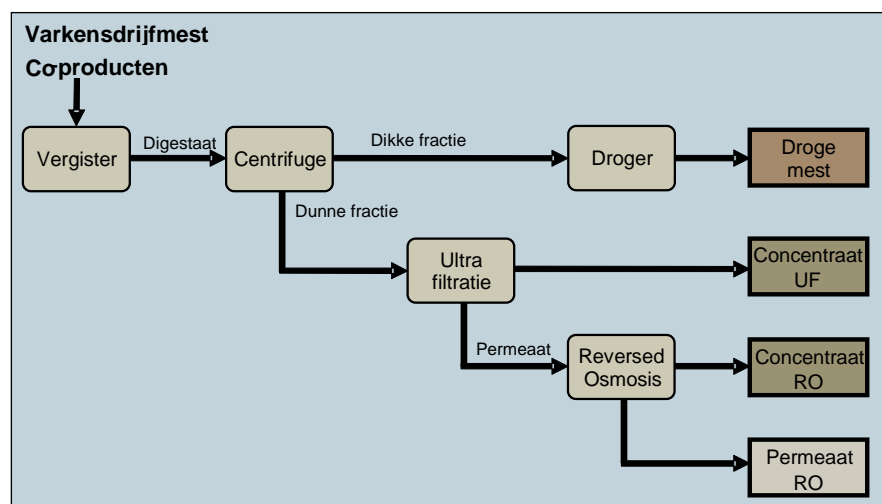
In deze paragraaf wordt per bedrijf een beschrijving gegeven van de verwerkingsinstallaties zoals die er bij aanvang van de pilot uitzagen. Aan het eind van de paragraaf wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste kenmerken (Tabel 11).

2.3.1 Bedrijf A

Bedrijf A verwerkt jaarlijks mest van 40 varkenshouders, aangevuld met pluimveemest en co-producten. Mest en co-producten worden vergist. Het geproduceerde biogas wordt in een WKK-installatie omgezet elektriciteit en thermische energie. Het digestaat wordt in drie processtappen verder verwerkt:

1. Scheiden
2. Ultra filtratie
3. Omgekeerde osmose (RO: reversed osmosis)

Het processchema van Bedrijf A is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1. Processchema van Bedrijf A

Het verwerkingsproces

Scheiding van het digestaat in een dikke en een dunne fractie gebeurt middels een centrifuge (AlfaLaval, ALTEC C2-60) onder toevoegen van een vlokmiddel (Breustedt Chemie, Synthofloc 1755; dosering 0,3 l/ton mest).

De dikke fractie wordt in twee fasen gedroogd. In de eerste droogfase wordt een warmtevizel toegepast, die voorzien is van een warmtewisselaar met thermische olie als medium. De eerste droogfase resulteert in een tussenproduct met een ds-gehalte van 400-500 g/kg. Verdere droging gebeurt middels een drooginstallatie, bestaande uit een

combinatie van een banddroger en een wervelbeddroger, met als eindproduct een stabiele organische meststof met een ds-gehalte van 850-900 g/kg. De benodigde thermische energie voor het droogproces wordt geleverd door restwarmte van de WKK-installatie.

De dunne fractie wordt over een zeefbocht gepompt, gaat door een buidelfilter (mesh 60 μm) en ondergaat vervolgens ultrafiltratie. De UF unit is uitgerust met keramische membranen, waarmee het resterende niet-opgeloste materiaal en grotere organische moleculen worden verwijderd. Het verwijderde materiaal komt terecht in het UF concentraat dat als eindproduct in een silo wordt opgeslagen en van daaruit wordt afgevoerd.

De laatste verwerkingsstap bestaat uit behandeling van het permeaat UF middels omgekeerde osmose (reversed osmosis). Hierbij worden spiraalgewonden polyamide membranen (fabrikaat Toray) toegepast. Deze membranen houden zouten en kleine organische moleculen tegen die in het RO concentraat terecht komen. Het RO concentraat wordt als eindproduct in een silo opgeslagen en van daaruit afgevoerd. Daarnaast resteert als eindproduct een RO permeaat dat op het riool wordt geloosd.

Kenmerken RO installatie

Fabriek/type membraan	Toray, 8" TM 820-370
Aantal membranen	28
Totale membraanoppervlak	896 m ²
Capaciteit	12 m ³ /uur
Maximale werkdruk	40 bar
Reinigingsmiddelen:	Salpeterzuur (38% opl.) en Natronloog (32% opl.)
Reinigingsfrequentie/duur	Eens per 10-12 uur, 4 uur per keer

Input en output

De jaarlijks verwerkte hoeveelheden grondstoffen en geproduceerde eindproducten zijn gegeven in Tabel 3.

Tabel 3. Jaarlijkse hoeveelheden grondstoffen en eindproducten van Bedrijf A

Grondstoffen	ton	Eindproducten	ton
Varkensdrijfmest	50.000	Droog product	2.700
Pluimvedrijfmest	5.000	Concentraat UF	10.000
Energiemaïs	7.500	Concentraat RO	12.000
Co-producten	5.000	Permeaat RO	35.300

De aanvoer van mest en energiemais ligt vast op basis van leveringscontracten met bij de coöperatie aangesloten veehouders. De andere co-producten bestaan uit diverse organische reststromen, zoals bollenresten, gerstekaf, cacaoschilfers en restproducten uit de voedselindustrie, die op de vrije markt worden betrokken. Van de aangevoerde 67.500 ton biomassa resteert na vergisting ca. 60.000 ton digestaat.

Het te lozen water bestaat uit een aantal deelstromen: permeaat van de RO (30.000 ton), water dat vrijkomt bij drogen van de dikke fractie (5.000 ton), reinigingswater van de RO (150 ton) en waswater van de luchtzuivering (150 ton).

Bijzonderheden

Startdatum monitoring: december 2008

Covergisting

Het procesmanagement was gericht op een optimaal vergistingsproces en een maximale biogasproductie uit covergisting. Optimalisatiemaatregelen betroffen in de eerste plaats de voeding van de vergister. Zo nodig werd het menu (mengsel van mest en co-producten) aangepast, mede afhankelijk van kwaliteit, beschikbaarheid en inkoopprijs van de co-producten. Nu en dan werd glycerine aan het menu toegevoegd om de gasproductie op te krikken. In de loop van 2009 is het aandeel ruwe mest in de voeding van de vergister afgenomen. Variatie in de voeding van de vergister had invloed op samenstelling van het digestaat en het uitgangsmateriaal van de verwerking.

Verwerking

Enkele onderdelen van de verwerkingsinstallatie waren tijdelijk buiten bedrijf wegens onderhoud en technische aanpassingen. Vroegtijdige revisie van de centrifuge was noodzakelijk als gevolg van bovenmatige slijtage. Deze slijtage werd waarschijnlijk veroorzaakt door aanwezigheid van verontreinigingen (zand) en mogelijk struviet in het digestaat. Vanaf augustus 2009 wordt met de centrifuge geen digestaat maar uitsluitend ruwe mest gescheiden. De droger voor de dikke fractie werd in april 2009 in bedrijf genomen. De opstartfase verliep stroef en het droogproces verloopt nog niet naar tevredenheid.

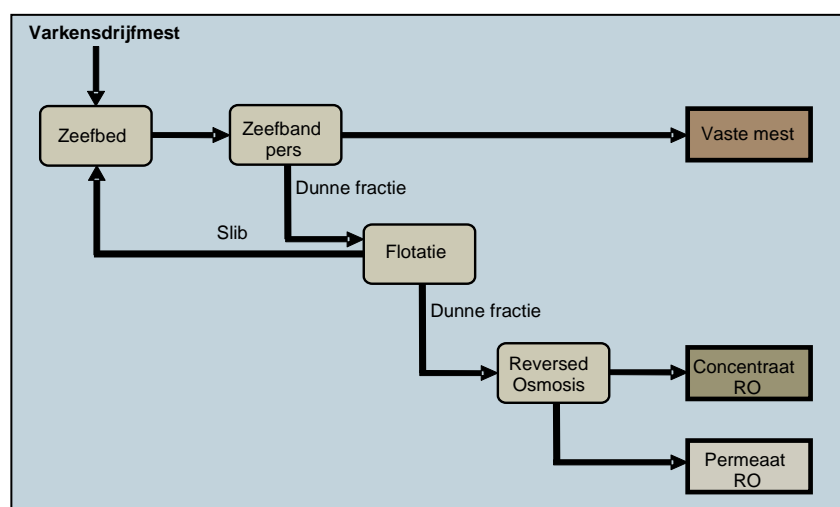
Het normale onderhoud aan de UF en RO installatie vergt ca. 8 uur per dag. De installatie kan dus effectief ca. 16 uur per dag draaien. Dit betekent dat per dag $16 \cdot 12 = 192$ kuub verwerkt kan worden.

2.3.2 Bedrijf B

Bedrijf B verwerkt 50.000 ton varkensdrijfmest per jaar. De mest is afkomstig van een coöperatie van ca. 40 zeugen- en vleesvarkenshouders. De verwerking bestaat uit de volgende hoofdprocessen:

1. Scheiden
2. Flotatie
3. Omgekeerde osmose

Het processchema van Bedrijf B is weergegeven in *Figuur 2*.



Figuur 2. Processchema van Bedrijf B

Het verwerkingsproces

Scheiding van de varkensdrijfmest in een dikke en dunne fractie gebeurt in twee fasen. In de eerste fase wordt water aan de mest onttrokken door de mest over een ontwateringstafel te pompen nadat vlokmiddelen en een kleine hoeveelheid antischuimmiddel (Breustedt Chemie, Defoamer BC-1) zijn toegevoegd. Als vlokmiddelen worden gebruikt: ijzersulfaat (Fe^{3+} , 42% oplossing; dosering 6-7 l/ton mest) en Synthofloc (BC, serie 5001 tot 5899; dosering 125 g/ton mest). De ontwateringstafel bevat een zeefbed met poriën van ca. 0,1 mm. Er ontstaat een slib en een effluent. In de tweede scheidingsfase wordt het slib verder ontwaterd middels een zeefbandpers tot een dikke fractie (270-280 g/kg droge stof) die als een vaste meststof wordt afgezet.

De dunne fractie van de zeefbandpers en het effluent van het zeefbed worden bewerkt door toepassing van flotatie (*dissolved air flotation*). Voordat deze bewerking plaats vindt wordt wederom een geringe hoeveelheid vlokmiddelen toegevoegd en wordt de mestvloeistof verzadigd met lucht. De lucht wordt onder verhoogde druk (8 bar) ingebracht via geperforeerde pijpjes. In de flotatie-unit (Redox, type WWL 75) wordt de vloeistof losgelaten waardoor kleine luchtbelletjes ontstaan. Aan de opstijgende luchtbelletjes hechten zich vast deeltjes die een drijfslag vormen. De drijfslag wordt met een schraper van het vloeistofoppervlak verwijderd en teruggevoerd naar de ontwateringstafel.

De laatste verwerkingsstap bestaat uit behandeling van het effluent uit de flotatie-unit middels omgekeerde osmose. Het RO concentraat wordt als eindproduct in een silo opgeslagen en van daaruit afgevoerd. Het permeaat uit de RO gaat door een ionenwisselaar (deze is in augustus 2009 geïnstalleerd) en wordt vervolgens geloosd op het oppervlaktewater.

Kenmerken RO installatie

Type membraan	spiraalgewonden polyamide
Fabriek	Hydranautics SWC4+
Aantal membranen	48
Totale membraanoppervlak	1728 m ²
Maximale capaciteit	17 m ³ /uur
Werkdruk	40 bar
Reinigingsmiddelen:	Zwavelzuur (44% opl.) en Natronloog (32% opl.)
Reinigingsfrequentie/duur	Dagelijks met zwavelzuur gedurende 8 uur; eens per 4-5 dagen met natronloog

Input en output

De jaarlijks verwerkte hoeveelheden grondstoffen en geproduceerde eindproducten zijn gegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Jaarlijkse hoeveelheden grondstoffen en eindproducten van Bedrijf B

Grondstoffen	ton	Eindproducten	ton
Varkensdrijfmest	50.000	Dikke fractie	10.000
		Concentraat RO	12.500
		Permeaat RO	27.500

Bijzonderheden

Startdatum monitoring: januari 2009

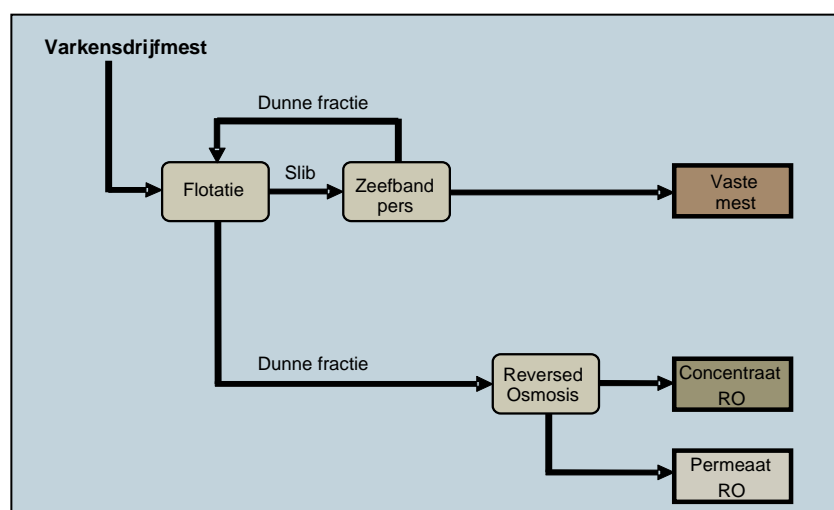
De belangrijkste verandering die zich heeft voorgedaan, voor zover van invloed op de kwaliteit van het concentraat RO, betrof het vervangen van ijzerchloride (FeCl_3) door ijzersulfaat als vlokmiddel bij het scheidingsproces in maart 2009. Het chloorgehalte in de dunne fractie en in het concentraat RO werd hierdoor met ongeveer een factor 5 gereduceerd.

2.3.3 Bedrijf C

Bedrijf C is een mestdistributiebedrijf dat 25.000 ton varkensdrijfmest per jaar verwerkt. De mest is afkomstig van ca. 20 veehouderijbedrijven. De mest bestaat voor 60% uit vleesvarkensmest en 40% uit zeugenmest. De verwerking bestaat uit de volgende processen:

1. Flotatie
2. Scheiden
3. Omgekeerde osmose

Het processchema van Bedrijf C is weergegeven in *Figuur 3*.



Figuur 3. Processchema van Bedrijf C

Het verwerkingsproces

Scheiding van de mest in een dikke en dunne fractie vindt plaats door middel van flotatie en een zeefbandpers. Aan de inkomende mest wordt een kationisch polymeer als vlokmiddel (BC Flocc EM 1750; dosering 0,25 kg/ton mest) toegevoegd en wordt onder druk een hoeveelheid lucht in de mest gebracht. In het flotatiesysteem komt de lucht in kleine belletjes vrij. Vaste mestdeeltjes worden met de stijgende luchtbelletjes meegevoerd naar het vloeistofoppervlak waar ze een sliblaag vormen. Het slib wordt afgeschraapt en vervolgens met een zeefbandpers ontwaterd. De dikke fractie wordt als een vaste meststof afgezet. De dunne fractie van de zeefbandpers wordt teruggevoerd naar de flotatie-unit.

De dunne fractie van de flotatie-unit wordt middels omgekeerde osmose verder behandeld. De RO-installatie is uitgerust met Hydranautics SWC 4+ membranen. Het RO- concentraat wordt als eindproduct in een silo opgeslagen en van daaruit afgevoerd. Het permeaat uit de RO wordt geloosd op het riool.

Kenmerken RO installatie

Type membraan	spiraalgewonden polyamide
Fabriek	Hydranautics SWC 4+
Aantal membranen	18
Totale membraanoppervlak	648 m ²
Maximale capaciteit	6 m ³ /uur
Werkdruk	40 bar
Reinigingsmiddelen:	Zwavelzuur (44% opl.) en Natronloog (32% opl.)
Reinigingsfrequentie/duur	Om de 8 uur een reiniging gedurende 1,5 uur en om de 32 uur een reiniging gedurende 3 uur

Input en output

De jaarlijks verwerkte hoeveelheden grondstoffen en geproduceerde eindproducten zijn gegeven in Tabel 5.

Tabel 5. Jaarlijkse hoeveelheden grondstoffen en eindproducten van Bedrijf C

Grondstoffen	ton	Eindproducten	ton
Varkensdrijfmest	25.000	Dikke fractie	5.000
		Concentraat RO	8.000
		Permeaat RO	12.000

Bijzonderheden

Startdatum monitoring: januari 2009

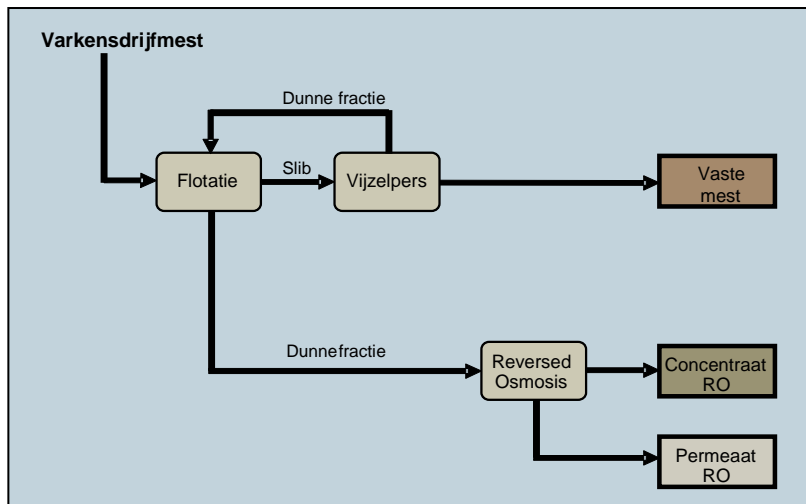
Dit bedrijf heeft reeds een aantal jaren ervaring met mestverwerking, met omgekeerde osmose als laatste verwerkingsstap, gericht op reductie van het mestvolume en de productie van een vaste meststof die ook in het najaar afgezet kan worden.

2.3.4 Bedrijf D

Bedrijf D is een varkenshouderijbedrijf dat 10.000 ton varkensdrijfmest per jaar verwerkt van het eigen bedrijf. De mest bestaat uit vleesvarkensmest (20%) en zeugenmest (80%). De verwerking bestaat uit de volgende processen:

1. Flotatie
2. Scheiden
3. Omgekeerde osmose

Het processchema van Bedrijf D is weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4. Processchema van Bedrijf D

Het verwerkingsproces

Scheiding van de mest in een dikke en dunne fractie vindt plaats door middel van flotatie en een vijzelpers (Smicon). Aan de inkomende mest wordt een vlokmiddel (Nalco CE 45031; 0,45 kg/ton mest) toegevoegd en wordt onder druk een hoeveelheid lucht in de mest gebracht. In het flotatiesysteem komt de lucht in kleine belletjes vrij. Vaste mestdeeltjes worden met de stijgende luchtbelletjes meegevoerd naar het vloeistofoppervlak waar ze een sliblaag vormen. Het slib wordt afgeschaapt en vervolgens in de vijzelpers ontwaterd. De dikke fractie wordt als een vaste meststof afgezet. De dunne fractie van de vijzelpers wordt teruggevoerd naar de flotatie-unit. De dunne fractie van de flotatie-unit gaat via een lage druk membraan filter naar de omgekeerde osmose installatie. De RO-installatie is uitgerust met Hydranautics SWC 4+ membranen. Het RO-concentraat wordt als eindproduct in een silo opgeslagen en van daaruit afgevoerd. Het permeaat uit de RO vindt toepassing op het eigen bedrijf.

Kenmerken RO installatie

Type membraan	spiraalgewonden polyamide
Fabriek	Hydranautics SWC 4+
Aantal membranen	6
Totale membraanoppervlak	216 m ²
Maximale capaciteit	2 m ³ /uur
Maximale werkdruk	50 bar
Reinigingsmiddelen:	Zoutzuur en Natronloog (32% opl.)
Reinigingsfrequentie/duur	Dagelijks; 3 uur per keer

Input en output

De jaarlijks verwerkte hoeveelheden grondstoffen en geproduceerde eindproducten zijn gegeven in Tabel 6.

Tabel 6. Jaarlijkse hoeveelheden grondstoffen en eindproducten van Bedrijf D

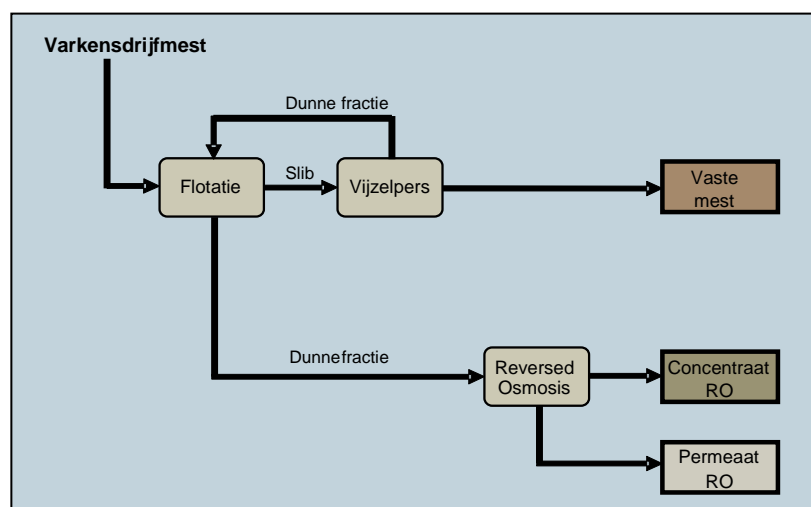
Grondstoffen	ton	Eindproducten	ton
Varkensdrijfmest	10.000	Dikke fractie	1.500
		Concentraat RO	4.000
		Permeaat RO	4.500

2.3.5 Bedrijf E

Bedrijf E is een varkenshouderijbedrijf dat 5.000 ton varkensdrijfmest per jaar verwerkt van het eigen bedrijf. De mest bestaat uit vleesvarkens- en zeugenmest (1:1). De verwerking bestaat uit de volgende processen:

1. Flotatie
2. Scheiden
3. Omgekeerde osmose

Het processchema van Bedrijf E is weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5. Processchema van Bedrijf E

Het verwerkingsproces

Scheiding van de mest in een dikke en dunne fractie vindt plaats door middel van flotatie en een vijzelpers (Smicon). Aan de inkomende mest wordt een vlokmiddel (Nalco CE 45031; 0,45 kg/ton mest) toegevoegd en wordt onder druk een hoeveelheid lucht in de mest gebracht. In het flotatiesysteem komt de lucht in kleine belletjes vrij. Vaste mestdeeltjes worden met de stijgende luchtbelletjes meegevoerd naar het vloeistofoppervlak waar ze een sliblaag vormen. Het slib wordt afgeschraapt en vervolgens in de vijzelpers ontwaterd. De dikke fractie wordt als een vaste meststof afgezet. De dunne fractie van de vijzelpers wordt teruggevoerd naar de flotatie-unit. De dunne fractie van de flotatie-unit gaat via een lage druk membraan filter naar de omgekeerde osmose installatie. De RO-installatie is uitgerust met Hydranautics SWC 4+ membranen. Het RO-concentraat wordt als eindproduct in een silo opgeslagen en van daaruit afgevoerd. Het permeaat uit de RO vindt toepassing op het eigen bedrijf.

Kenmerken RO installatie

Type membraan	spiraalgewonden polyamide
Fabriek membraan	Hydranautics SWC 4+
Aantal membranen	6
Totale membraanoppervlak	216 m ²
Capaciteit	2 m ³ /uur
Werkdruk	50 bar

Reinigingsmiddelen: Zwavelzuur (44% opl.), Citroenzuur (poeder) en Natronloog (32% opl.)
 Reinigingsfrequentie/duur: Dagelijks gedurende 4 uur

Input en output

De jaarlijks verwerkte hoeveelheden grondstoffen en geproduceerde eindproducten zijn gegeven in Tabel 7.

Tabel 7. Jaarlijkse hoeveelheden grondstoffen en eindproducten van Bedrijf E

Grondstoffen	ton	Eindproducten	ton
Varkensdrijfmest	5.000	Dikke fractie	750
		Concentraat RO	2.000
		Permeaat RO	2.250

Bijzonderheden

Startdatum monitoring: juni 2009

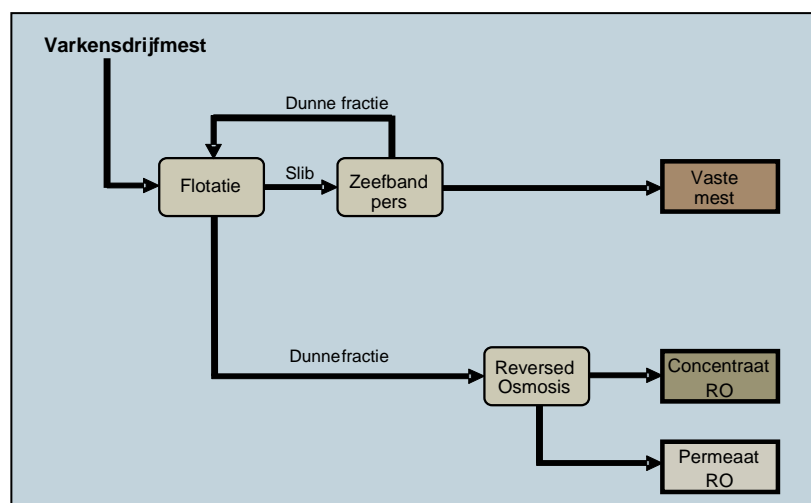
Dit bedrijf heeft meerdere jaren ervaring met mestverwerking en productie van RO concentraat.

2.3.6 Bedrijf F

Bedrijf F is een mestdistributie- en verwerkingsbedrijf dat 25.000 ton varkensdrijfmest per jaar verwerkt. De mest is afkomstig van ca. 50 veehouderijbedrijven en bestaat voor 90% uit vleesvarkensmest en voor 10% uit zeugenmest. De verwerking bestaat uit de volgende processen:

1. Flotatie
2. Scheiden
3. Omgekeerde osmose

Het processchema van Bedrijf F is weergegeven in Figuur 6.



Figuur 6. Processchema van Bedrijf F

Het verwerkingsproces

Scheiding van de mest in een dikke en dunne fractie vindt plaats door middel van flotatie en een zeebandpers. Aan de inkomende mest wordt een polyacrylamide (BC Floc EM

1750) als vlokmiddel toegevoegd, wordt onder druk lucht in de mest gebracht en vervolgens in de flotatie-unit gepompt. In het flotatiesysteem komt de lucht in kleine belletjes vrij. Vaste mestdeeltjes worden met de stijgende luchtbelletjes meegevoerd naar het vloeistoppervlak waar ze een sliblaag vormen. Het slib wordt afgeschraapt en vervolgens in de zeefbandpers ontwaterd. De dikke fractie van de zeefbandpers wordt als een vaste meststof afgezet. De dunne fractie van de zeefbandperspers wordt teruggevoerd naar de flotatie-unit.

De dunne fractie van de flotatie-unit verblijft 70 uur in een opslagsilo en gaat vervolgens naar de RO-installatie. De RO-installatie is uitgerust met Toray zeewatermembranen. Het RO-concentraat wordt als eindproduct in een silo opgeslagen en van daaruit afgevoerd. Het permeaat uit de RO wordt geloosd op het riool.

Kenmerken RO installatie

Fabriek/type membraan	Toray, 8" TM 820-370
Aantal membranen	21
Totale membraanoppervlak	672 m ²
Capaciteit	10 m ³ /uur
Maximale werkdruk	45 bar
Reinigingsmiddelen:	Salpeterzuur (31% opl.) en Natronloog (32% opl.)
Reinigingsfrequentie/duur	Eens per 31 uur, gedurende 7 uur

Input en output

De jaarlijks verwerkte hoeveelheden grondstoffen en geproduceerde eindproducten zijn gegeven in Tabel 8.

Tabel 8. Jaarlijkse hoeveelheden grondstoffen en eindproducten van Bedrijf F

Grondstoffen	ton	Eindproducten	ton
Varkensdrijfmest	25.000	Dikke fractie	3.750
		Concentraat RO	7.500
		Permeaat RO	13.750

Bijzonderheden

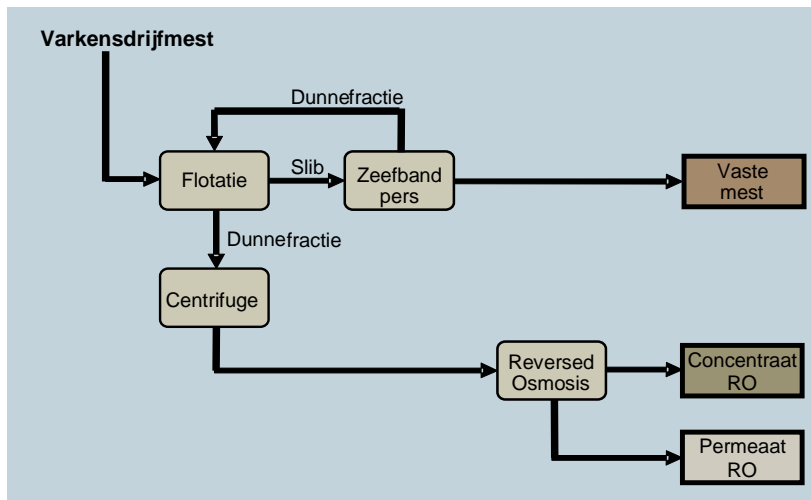
Startdatum monitoring: juli 2009

2.3.7 Bedrijf G

Bedrijf G is een varkenshouderijbedrijf dat 5.000 ton varkensdrijfmest per jaar verwerkt. Een klein deel van de mest is afkomstig van naburige veehouderijbedrijven. De verwerking bestaat uit de volgende processen:

1. Flotatie
2. Scheiden
3. Omgekeerde osmose

Het processchema van Bedrijf G is weergegeven in Figuur 7.



Figuur 7. Processchema van Bedrijf G

Het verwerkingsproces

Scheiding van de mest in een dikke en dunne fractie vindt plaats door middel van flotatie en een zeebandpers. Aan de inkomende mest wordt een vlokmiddel (Nalco CE 45031; 0,3 kg/ton mest) toegevoegd en vervolgens in de flotatie-unit gepompt. In het flotatiesysteem stijgen vaste mestdeeltjes naar het vloeistofoppervlak waar ze een sliblaag vormen. Het slib wordt afgeschraapt en vervolgens met de zeebandpers ontwaterd. De dikke fractie wordt als een vaste meststof afgezet. De dunne fractie van de zeebandpers wordt teruggevoerd naar de flotatie-unit.

De dunne fractie van de flotatie-unit gaat via een schijvencentrifuge naar de RO-unit. De kleine hoeveelheid (enkel kilogrammen per dag) afgescheiden materiaal wordt bij de drijfmest gevoegd. De RO-installatie is uitgerust met Hydranautics SWC 4+ membranen. Het RO-concentraat wordt als eindproduct in een silo opgeslagen en van daaruit afgevoerd. Het permeaat uit de RO wordt geloosd op het riool.

Kenmerken RO installatie

Type membraan	spiraalgewonden polyamide
Fabriek membraan	Hydranautics SWC 4+
Aantal membranen	5
Totale membraanoppervlak	180 m ²
Maximale capaciteit	1,8 m ³ /uur
Werkdruk	60 bar
Reinigingsmiddelen:	Zwavelzuur (44% opl.) en Natronloog (32% opl.)
Reinigingsfrequentie/duur	Eenmaal per 4 dagen zuur; eenmaal per 14 dagen loog

Input en output

De jaarlijks verwerkte hoeveelheden grondstoffen en geproduceerde eindproducten zijn gegeven in Tabel 9.

Tabel 9. Jaarlijkse hoeveelheden grondstoffen en eindproducten van Bedrijf G

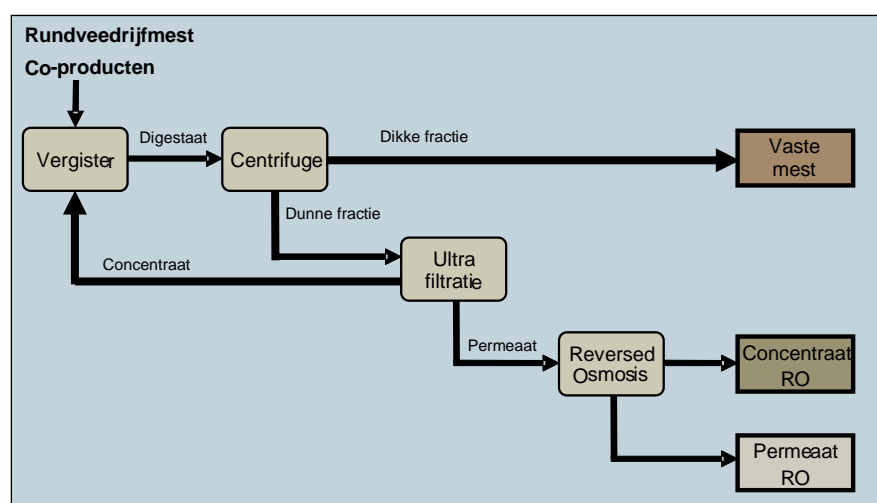
Grondstoffen	ton	Eindproducten	ton
Varkensdrijfmest	5.000	Dikke fractie	750
		Concentraat RO	1.250
		Permeaat RO	3.000

2.3.8 Bedrijf H

Bedrijf H is een rundveebedrijf met 130 stuks melkvee en bijbehorend jongvee. De mest van het eigen bedrijf wordt samen met een hoeveelheid rundveemest van andere bedrijven en co-producten vergist, totaal 14.000 ton per jaar. Het resterende digestaat wordt verder verwerkt waarbij de volgende drie processtappen aan de orde zijn:

1. Scheiden
2. Ultra filtratie
3. Omgekeerde osmose

Het processchema van Bedrijf H is weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8. Processchema van Bedrijf H

Het verwerkingsproces

Scheiding van het digestaat in een dikke en een dunne fractie gebeurt middels een trommelzeef en vervolgens een decanteercentrifuge onder toevoegen van een vlokmiddel. De dikke fractie gaat in opslag en wordt als vaste meststof afgezet.

De dunne fractie gaat naar de UF-installatie nadat zuur is toegevoegd. De UF-installatie is uitgerust met keramische buisvormige membranen, waarmee het resterende niet-opgeloste materiaal en grotere organische moleculen worden verwijderd. Het verwijderde materiaal komt terecht in het UF-concentraat dat teruggevoerd wordt naar de vergister.

De laatste verwerkingsstap bestaat uit behandeling van het permeaat uit de UF middels omgekeerde osmose (reversed osmosis). Hierbij worden keramische membranen toegepast. De behandeling met omgekeerde osmose vindt plaats in een 2-fasen proces, waarbij in de eerste fase een hoge druk membraan en in de tweede fase een lage druk membraan wordt toegepast. Het RO-concentraat wordt als eindproduct in een silo opgeslagen en van daaruit afgevoerd. Daarnaast resteert als eindproduct een RO-permeaat dat op het oppervlaktewater wordt geloosd.

Kenmerken RO installatie

Type membraan

1^{ste} fase: Filmtec SW 30-4040

2^{de} fase: Filmtec BW 30-4040

Aantal membranen	21 (fase 1) + 18 (fase 2)
Totale membraanoppervlak	285 m ²
Capaciteit	2 m ³ /uur
Maximale werkdruk	60 bar
Reinigingsmiddelen:	Zwavelzuur (44% opl.) en Natronloog (32% opl.)
Reinigingsfrequentie/duur	85 min. per week

Input en output

De jaarlijks verwerkte hoeveelheden grondstoffen en geproduceerde eindproducten zijn gegeven in Tabel 10.

Tabel 10. Jaarlijkse hoeveelheden grondstoffen en eindproducten van Bedrijf H

Grondstoffen	ton	Eindproducten	ton
Rundveedrijfmest	8.000	Dikke fractie	2.000
Snijmaïs	3.500	Concentraat RO	4.000
Graan	1 500	Permeaat RO	7.000
Bietenpunten	1.000		
Graskuil	200		

Bijzonderheden

Startdatum monitoring: juni 2009

Bedrijf H kent een moeizame opstartfase. Aanpassingen aan de installatie en het oplossen van kinderziektes hebben veel tijd gevergd. Van dit bedrijf zijn in 2009 geen representatieve meetresultaten beschikbaar gekomen.

Tabel 11. Bedrijfsgegevens van deelnemers pilots mineralenconcentraat

	Grondstoffen	Verwerkings- capaciteit (ton/jaar)	Technieken productieproces					Eindproducten
			Voorbehandeling	Mechanische scheiding	Behandeling vaste fractie	Behandeling vloeibare fractie	Omgekeerde osmose	
Bedrijf A	Varkensdrijfmest Pluimveedrijfmest Snijmaïs Co-producten	67.500	Co-vergisting - mesofiel (38-40°C) - retentietijd 60 d	Centrifuge AlfaLaval, Aldec G2-60	1 ^{ste} fase Warmtevizel 2 ^{de} fase Banddroger/ wervelbeddroger	Ultra filtratie Keramische membraan	Toray, 8'' TM 820-370 Opp.: 896 m ² Cap.: 12 m ³ /h Werkdruk: 40 bar	Droge mest (85-90% ds) Concentraat UF Concentraat RO Permeaat RO (riool)
Bedrijf B	Varkensdrijfmest	50.000	nvt	Zeefbandpers	nvt	Flotatie	Hydranautics SWC 4+ Opp.: 1728 m ² Cap.: 17 m ³ /h Werkdruk: 40 bar	Vaste fractie Concentraat RO Permeaat RO (opp. water)
Bedrijf C	Varkensdrijfmest	25.000	nvt	Zeefbandpers	nvt	Flotatie	Hydranautics SWC 4+ Opp.: 648 m ² Cap.: 6 m ³ /h Werkdruk: 40 bar	Vaste fractie Concentraat RO Permeaat RO (riool)
Bedrijf D	Varkensdrijfmest	10.000	nvt	Vijzelpers Smicon	nvt	Flotatie	Hydranautics SWC 4+ Opp.: 216 m ² Cap.: 2 m ³ /h Werkdruk: 40 bar	Vaste fractie Concentraat RO Permeaat RO (in eigen bedrijf)
Bedrijf E	Varkensdrijfmest	5.000	nvt	Vijzelpers Smicon	nvt	Flotatie	Hydranautics SWC 4+ Opp.: 216 m ² Cap.: 2 m ³ /h Werkdruk: 40 bar	Vaste fractie Concentraat RO Permeaat RO (riool)
Bedrijf F	Varkensdrijfmest	25.000	nvt	Zeefbandpers	nvt	Flotatie	Toray, 8'' TM 820-370 Opp.: 672 m ² Cap.: 10 m ³ /h Werkdruk: 45 bar	Vaste fractie Concentraat RO Permeaat RO (riool)
Bedrijf G	Varkensdrijfmest	5.000	nvt	Zeefbandpers	nvt	Flotatie Centrifuge	Hydranautics SWC 4+ Opp.: 180 m ² Cap.: 1,8 m ³ /h Werkdruk: 40 bar	Vaste fractie Concentraat RO Permeaat RO (in eigen bedrijf)
Bedrijf H	Rundveedrijfmest Snijmaïs Co-producten	14.000	Co-vergisting - mesofiel (38-40°C) - retentietijd 33 d	Centrifuge Westfalia, CD 305	nvt	Ultra filtratie Keramische membraan	FilmTec SW 30-4040 FilmTec BW 30-4040 Opp.: 285 m ² Cap.: 2 m ³ /h Werkdruk: 60 bar	Vaste fractie Concentraat RO Permeaat RO (opp. water)

2.4 Resultaten van metingen

In deze paragraaf worden chemische karakteristieken gegeven van de processtromen van de verschillende verwerkingsinstallaties. Het betreft resultaten van metingen die vanaf de startdatum tot en met september 2009 zijn gedaan.

2.4.1 Samenstelling ingaande mest/digestaat

In Tabel 12 worden per bedrijf de gemiddelde gehalten aan droge stof, organische stof en nutriënten in de grondstoffen voor de verwerking gegeven.

Tabel 12. Gemiddelde gehalten (in g/kg, met tussen haakjes de standaarddeviatie) aan droge stof, organische stof en nutriënten in de grondstoffen voor de verwerking van de deelnemende bedrijven aan de pilots mineralenconcentraat, op basis van de meetresultaten tot en met september 2009.

Bedrijf	Omschrijving	Aantal metingen	Droge stof	Org. stof	N	P	K
A	Digestaat	6	97,2 (15,7)	67,6 (11,2)	8,13 (0,79)	1,98 (0,27)	5,47 (0,44)
	Varkensmest	2	69,8 (5,82)	50,7 (5,42)	7,34 (2,65)	1,39 (0,10)	3,94 (0,16)
B	Varkensmest	4	86,0 (8,05)	62,4 (7,05)	6,53 (0,30)	1,87 (0,21)	4,47 (0,21)
C	Varkensmest	5	77,1 (10,5)	57,3 (8,51)	6,30 (0,59)	1,59 (0,25)	4,21 (0,38)
D	Zeugenmest	4	40,8 (35,0)	23,6 (22,9)	3,30 (1,37)	0,98 (1,19)	2,93 (0,05)
E	Vleesvarkens/ zeugenmest	4	65,1 (17,5)	44,0 (15,2)	5,12 (0,61)	1,67 (0,34)	4,02 (0,46)
F	Varkensmest	3	56,0 (33,8)	38,5 (35,2)	5,38 (2,07)	1,15 (0,67)	3,91 (1,34)
G	Varkensmest	1	126	94,2	11,2	1,91	6,34
H	Digestaat	0	-	-	-	-	-

Tabel 12 laat een grote spreiding tussen de bedrijven zien in de samenstelling van het ingangsmateriaal voor de verwerking (ruwe mest of digestaat). Hoe groter het aandeel zeugenmest hoe lager de gehalten aan de gemeten componenten. De opvallend hoge concentraties in het monster van Bedrijf G zijn te verklaren door het toepassen van mestbanden onder de roostervloer waar stallucht overheen wordt gevoerd waardoor verdamping van water uit de mest optreedt (Aarnink et al, 2005).

2.4.2 Resultaten voorscheiding

Dikke fractie

Tabel 13 geeft de gemiddelde gehalten aan droge stof, organische stof en nutriënten in de dikke fractie na voorscheiding van de grondstoffen zoals gegeven in Tabel 12. De tabel vermeldt tevens de toegepaste scheidingstechnieken.

Tabel 13. Gemiddelde gehalten (in g/kg, met tussen haakjes de standaarddeviatie) aan droge stof, organische stof en nutriënten in de dikke fractie per bedrijf na voorscheiding van de grondstoffen, op basis van de meetresultaten tot en met september 2009.

Bedrijf	Scheidings-techniek	Aantal metingen	Droge stof	Org. stof	N	P	K
A	Centrifuge	8	279 (34,7)	212 (32,5)	11,0 (0,75)	6,96 (0,87)	4,65 (0,68)
B	Zeefbandpers	5	286 (28,4)	212 (25,5)	12,3 (0,51)	6,34 (0,74)	4,60 (0,24)
C	Zeefbandpers	7	304 (15,1)	246 (13,7)	12,7 (0,27)	6,95 (0,35)	3,65 (0,29)
D	Vijzelpers	5	268 (59,3)	182 (50,5)	10,8 (0,61)	7,07 (0,34)	3,25 (1,18)
E	Vijzelpers	4	232 (15,3)	179 (21,6)	9,67 (1,20)	4,90 (1,43)	3,56 (0,41)
F	Zeefbandpers	3	324 (17,0)	244 (13,1)	13,7 (0,39)	8,34 (1,62)	3,76 (0,26)
G	Zeefbandpers	1	257	218	13,5	4,15	3,57
H	Centrifuge	0	-	-	-	-	-

Dunne fractie

Tabel 14 vermeldt de toegepaste scheidingstechnieken en de gemiddelde gehalten aan nutriënten in de dunne fractie.

Tabel 14. Gemiddelde gehalten (in g/kg, met tussen haakjes de standaarddeviatie) aan nutriënten in de dunne fractie na voorscheiding van de grondstoffen per bedrijf, op basis van de meetresultaten tot en met september 2009.

Bedrijf	Bewerking tot dunne fractie	Aantal metingen	N-totaal	N-NH ₄	P	K
A	Centrifuge	7	4,52 (0,82)	3,34 (0,55)	0,26 (0,04)	3,69 (0,73)
B	Zeefbandpers en flotatie	5	3,85 (0,20)	3,56 (0,21)	0,03 (0,02)	3,96 (0,19)
C	Flotatie en zeefbandpers	7	3,34 (0,34)	3,34 (0,39)	0,13 (0,03)	3,64 (0,32)
D	Flotatie en vijzelpers	2	1,73 (0,06)	1,55 (0,08)	0,03 (0,01)	2,28 (0,10)
E	Flotatie en vijzelpers	2	2,45 (0,19)	2,02 (0,26)	0,06 (0,01)	3,05 (0,40)
F	Flotatie en zeefbandpers	3	4,17 (0,17)	3,59 (0,21)	0,14 (0,02)	3,93 (0,31)
G	Flotatie, zeefbandpers en	1	4,58	3,84	0,08	4,06
H	Centrifuge	0	-	-	-	-

Om het de effectiviteit van de voorscheiding zichtbaar te maken zou een berekening van het scheidingsrendement uitgevoerd moeten worden. Het scheidingsrendement geeft aan hoe de massa van een component is verdeeld over de dikke en dunne fractie. Op dit moment zijn onvoldoende gegevens (m.n. over de massa van de processtromen) beschikbaar om betrouwbare rendementsberekeningen uit te kunnen voeren.

2.4.3 Resultaten Ultra filtratie

Bedrijf A is het enige bedrijf waarvan resultaten van ultra filtratie gepresenteerd kunnen worden. In Tabel 15 worden de gehalten aan nutriënten van de dunne fractie en van het concentraat en het permeaat na ultrafiltratie van Bedrijf A gegeven.

Tabel 15. Gemiddelde gehalten (in g/kg, met tussen haakjes de standaarddeviatie) aan droge stof, organische stof en nutriënten van de dunne fractie en het concentraat en permeaat na ultra filtratie van de dunne fractie van Bedrijf A. Aantal metingen = 7.

	Input (dunne fractie)	Concentraat UF	Permeaat UF
Droge stof	25,6 (3,80)	38,4 (5,56)	12,8 (2,40)
Organische stof	14,8 (2,03)	25,8 (4,81)	3,94 (1,23)
N-totaal	4,52 (0,82)	5,57 (1,03)	3,36 (0,42)
N-NH ₄	3,34 (0,55)	3,42 (0,53)	3,09 (0,41)
P	0,26 (0,04)	0,43 (0,05)	0,08 (0,02)
K	3,69 (0,73)	3,59 (0,65)	3,53 (0,52)

Uit Tabel 15 blijkt dat de ultrafiltratie van Bedrijf A een forse verlaging van het gehalte aan organische stof en fosfor in het permeaat oplevert. Het drogestofgehalte halveert, terwijl de gehalten aan opgeloste componenten (N-NH₄ en K) blijven nagenoeg gelijk. Ultrafiltratie resulteert in P-gehalte van 0,08 g/kg in het permeaat. Een vergelijkbaar of lager P-gehalte wordt ook bereikt met een combinatie van flotatie met zeefbandpers en vijzelpers (Tabel 14).

2.4.4 Resultaten Omgekeerde Osmose

In Tabel 16 worden de gehalten aan droge stof, organische stof en nutriënten in de ingaande vloeistof van omgekeerde osmose gegeven. De samenstelling van de ingaande vloeistof wijkt op Bedrijf A en Bedrijf C af van de samenstelling van de dunne fractie zoals gegeven in Tabel 14. Dit is het effect van ultrafiltratie resp. het lage druk membraan filter vóór de omgekeerde osmose.

De samenstelling van de ingaande vloeistof verschilt sterk tussen de bedrijven. Overall gezien is er een vrij sterke positieve relatie tussen het stikstof en ammonium gehalte in de ruwe mest/digestaat en in de ingaande vloeistof. Deze relatie is veel minder sterk voor P en K. Per bedrijf is het beeld sterk wisselend. Op bedrijf C bestaat er een vrij sterke negatieve correlatie tussen N in de ruwe mest en in de ingaande vloeistof. Op Bedrijf F is de correlatie tussen de ruwe mest en de ingaande vloeistof sterk positief. Deze uitspraken moeten met de nodige voorzichtigheid worden beschouwd gezien het geringe aantal waarnemingen.

In

Tabel 17 worden de gehalten aan droge stof, organische stof en nutriënten in het concentraat en het permeaat van omgekeerde osmose gegeven. Het globale beeld is dat de samenstelling van het concentraat tussen de bedrijven sterk verschilt en dat de gehalten aan N en P sterk worden bepaald door de ingaande vloeistof. Het effect van het omgekeerde osmose proces wordt bepaald door de osmotische waarde van de ingaande vloeistof, de ingestelde procesparameters zoals werkdruk en flow rate en ook van het reinigingsregime. Wat de invloed van elk van deze factoren is op de samenstelling van het RO concentraat en permeaat is op basis van de beschikbare gegevens nog niet aan te geven. Dit zal in het vervolg van het project duidelijk moeten worden. De resultaten van

de analyses van de concentraten laten zien dat het voor een installatie mogelijk is om een product te maken met een stabiele samenstelling. Dit is een voordeel bij toepassing van mineralenconcentraat als kunstmest. Bovendien kan daardoor beantwoord worden aan wettelijke eisen die aan kunstmest worden gesteld Met name de akkerbouw vraagt naar meststoffen met een bekende en constante samenstelling.

Tabel 16. Gemiddelde gehalten (in g/kg, met tussen haakjes de standaarddeviatie) aan droge stof, organische stof en nutriënten in de ingaande vloeistof van omgekeerde osmose per bedrijf, op basis van de meetresultaten tot en met september 2009.

Bedrijf	Bewerking tot ingaande vloeistof RO (aantal metingen)	Droge stof	Org. Stof	N-totaal	N-NH ₄	P	K
A	Centrifuge en ultra filtratie (7)	12,8 (2,40)	3,94 (1,23)	3,36 (0,42)	3,09 (0,41)	0,08 (0,02)	3,53 (0,52)
B	Zeebandpers en flotatie (5)	20,7 (2,64)	8,12 (1,95)	3,85 (0,20)	3,56 (0,21)	0,03 (0,02)	3,96 (0,19)
C	Flotatie en zeebandpers (7)	16,9 (1,92)	8,05 (1,36)	3,88 (0,34)	3,34 (0,39)	0,13 (0,03)	3,64 (0,32)
D	Flotatie en vijzelpers (2)	8,38 (0,47)	2,41 (0,28)	1,73 (0,06)	1,55 (0,08)	0,03 (0,01)	2,28 (0,10)
E	Flotatie en vijzelpers (2)	11,4 (1,99)	4,10 (0,48)	2,45 (0,19)	2,02 (0,26)	0,06 (0,01)	3,05 (0,40)
F	Flotatie en zeebandpers (3)	17,0 (0,87)	6,66 (0,54)	4,17 (0,17)	3,59 (0,21)	0,14 (0,02)	3,93 (0,31)
G	Flotatie, zeebandpers en centrifuge (1)	24,5	12,3	4,58	3,84	0,08	4,06
H	Centrifuge en ultra filtratie(0)	-	-	-	-	-	-

Tabel 17. Gemiddelde gehalten (in g/kg, met tussen haakjes de standaarddeviatie) aan droge stof, organische stof en nutriënten in het concentraat en het permeaat van omgekeerde osmose per bedrijf, op basis van de meetresultaten tot en met september 2009.

Bedrijf	Concentraat RO						Permeaat RO					
	Droge stof	Org. Stof	N-totaal	N-NH ₄	P	K	Droge stof	Org. Stof	N-totaal	N-NH ₄	P	K
A	29,8 (7,75)	11,1 (7,95)	6,43 (0,47)	5,85 (0,80)	0,24 (0,19)	7,19 (1,20)	1,77 (0,58)	0,17 (0,12)	1,03 (0,39)	1,01 (0,37)	0,01 (0,00)	0,55 (0,25)
B	40,5 (4,05)	19,1 (3,09)	6,92 (0,61)	6,65 (0,72)	0,01 (0,01)	7,12 (0,69)	0,22 (0,03)	0,00 (0,01)	0,03 (0,01)	0,03 (0,01)	0,01 (0,00)	0,05 (0,00)
C	42,4 (2,16)	20,7 (1,33)	8,98 (0,40)	7,91 (0,50)	0,34 (0,05)	8,69 (0,66)	0,76 (0,36)	0,40 (0,44)	0,41 (0,06)	0,39 (0,07)	0,01 (0,00)	0,17 (0,08)
D	26,1 (4,76)	8,15 (1,48)	5,27 (0,57)	4,75 (0,51)	0,11 (0,03)	6,83 (0,98)	0,38 (0,21)	0,14 (0,23)	0,12 (0,05)	0,12 (0,05)	0,01 (0,00)	0,06 (0,01)
E	17,5 (2,23)	5,17 (1,88)	3,75 (0,58)	3,35 (0,47)	0,06 (0,02)	5,03 (0,59)	20,4 (3,95)	13,8 (27,3)	0,21 (0,21)	0,21 (0,19)	0,01 (0,00)	0,20 (0,22)
F	34,7 (0,82)	12,7 (2,22)	8,38 (0,15)	7,38 (0,11)	0,30 (0,03)	8,28 (0,26)	0,73 (0,40)	0,28 (0,19)	0,51 (0,03)	0,50 (0,03)	0,01 (0,00)	0,13 (0,06)
G	58,2	28,5	11,0	9,53	0,23	9,80	1,38	0,45	0,76	0,74	0,01	0,39
H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

In Tabel 18 wordt de gemiddelde samenstelling gegeven van de ingaande vloeistof van de RO installaties, van het RO concentraat en van het RO permeaat zoals geproduceerd tot september 2009.

Tabel 18. *Gemiddelde gehalten (in g/kg, met tussen haakjes de standaarddeviatie) aan droge stof, organische stof en nutriënten van het concentraat RO geproduceerd tot september 2009. Aantal metingen = 50.*

Droge stof	33,7 (9,70)
Organische stof	14,1 (7,06)
N-totaal	6,67 (1,82)
N-NH ₄	6,20 (0,14)
P	0,20 (0,14)
K	7,40 (1,37)

3 Landbouwkundige en milieukundige effecten

3.1 Opzet

Het onderzoek naar landbouwkundige en milieukundige effecten van gebruik van mineralenconcentraten en andere producten uit de installaties (waaronder de dikke fracties) bestaat uit de volgende onderdelen (zie figuur 1). De opzet voldoet vanuit wetenschappelijke oogpunt om de meststoffen te testen en komt tegemoet aan de gestelde voorwaarden die de Nederlandse overheid met de Europese Commissie heeft vastgesteld.

Deskstudie naar landbouwkundige en milieukundige effecten (paragraaf 3.2)

In deze studie zal op basis van bestaande analysegegevens en resultaten van de monitoring op de installaties een inschatting worden gemaakt van de landbouwkundige en milieukundige effecten van gebruik van verschillende producten als meststof. Daarnaast worden gegevens uit literatuur en eerdere studies gebruikt.

Stikstofwerking (paragrafen 3.3 en 3.4)

In dit onderzoek zal de stikstofwerking worden bepaald van mineralenconcentraten en de dikke fracties. In veldproeven met verschillende gewassen en grondsoorten wordt de hoeveelheid plant-beschikbare stikstof in de producten bepaald en gerelateerd aan de beschikbaarheid van stikstof in kunstmest. Daarnaast wordt in deze veldproeven de bodem in de herfst bemonsterd op minerale stikstof. Dit is een indicator voor de nitraatuitspoeling. De proeven worden uitgevoerd in 2009 en 2010.

Nitraatuitspoeling (paragrafen 3.3 en)

Het risico op uitspoeling bij toepassing van mineralenconcentraten, dikke fracties en kunstmeststoffen wordt bepaald uit i) het berekende stikstofoverschot per onderzoeksobject in de veldproeven naar de N-werking en ii) metingen van de gehalten aan minerale N in het bodemprofiel in de herfst.

Fosfaatwerking dikke fractie (3.5)

In dit onderzoek zal de fosfaatwerking van de dikke fractie worden bepaald. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door middel van een incubatieproef.

Gasvormige emissies en stikstofmineralisatie (paragraaf 3.6)

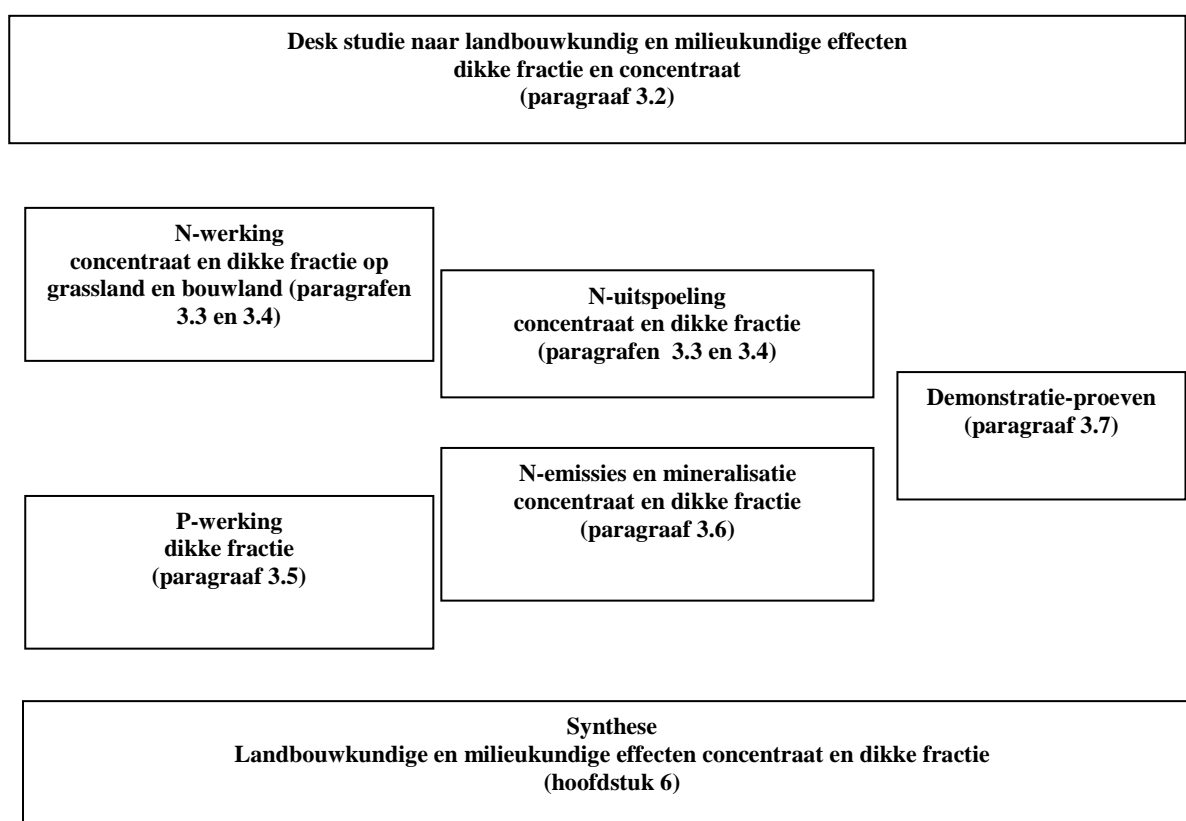
Bij toepassing van mineralen concentraten en dikke fractie kunnen emissies van ammoniak (NH_3) en lachgas (N_2O) optreden. In dit onderzoek worden de emissies van ammoniak en lachgas bij toediening van de producten en enkele kunstmeststoffen onder gecontroleerde omstandigheden bepaald. Tevens wordt de stikstofmineralisatie van de dikke fractie bepaald.

Demonstratieproeven (paragraaf 3.7)

Op percelen van voorloperbedrijven uit Koeien en Kansen en Telen met Toekomst zijn de mineralen concentraten en dikke fracties toegepast. Doel is het nagaan wat de voor- en nadelen van gebruik van deze producten in de praktijk ten opzichte van de huidige

praktijk met kunstmest en onbehandelde mest. Dit onderzoek zal tevens gebruikt worden voor demonstratiedoeleinden.

Voor het opstellen van een technisch dossier voor toelating van producten als EG-meststof is een document opgesteld door de EU (http://ec.europa.eu/enterprise/chemicals/legislation/fertilizers/index_en.htm). De in dit voorstel beschreven methoden voldoen aan de door de EU gestelde richtlijnen. Ook voldoet het onderzoek aan richtlijnen die door de *European and Mediterranean Plant Protection Organization* zijn opgesteld voor bepaling van de landbouwkundige en milieukundige effecten van gebruik van de producten als meststof (OEPP/EPPO, 1990⁶). Tot slot voldoet dit voorstel ook aan de eisen voor het samenstellen van een dossier voor beoordeling van producten die uitsluitend op nationaal niveau verhandeld kunnen worden.



Figuur 9. Opzet onderzoek naar landbouwkundige en milieukundige effecten.

⁶ OEPP/EPPO, 1990. Guideline on design and analysis of efficacy evaluation trials. European and mediterranean plant protection organization organisation Européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes. OEPP/EPP0 Bulletin 20 (3): 551-579.

3.2 Beoordeling samenstelling

P.A.I. Ehlert (Alterra, Wageningen UR)

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt op basis van de samenstelling van de producten een inschatting gemaakt van de landbouwkundige aspecten bij gebruik als meststof. Een deel van deze aspecten wordt in incubatie- en veldproeven nader onderzocht. Tevens wordt ingegaan op enige milieukundige aspecten. Bij de be- en verwerking van dierlijke mest tot mineralenconcentraat (concentraat RO⁷) ontstaan bij de 8 bedrijven van de pilots uit digestaat van rundveemest of van varkensmest, varkensmest een negental tussen- en eindproducten. Dit zijn:

- concentraat RO
- concentraat UF
- dikke fractie
- droog product
- dunne fractie
- ingaand RO
- permeaat ionenwisselaar
- permeaat RO
- permeaat UF

Concentraat RO, concentraat UF, dikke fractie, droog product worden uiteindelijk bestemd voor landbouwkundige toepassingen. Tussenproducten kunnen mogelijk een landbouwkundige toepassing krijgen.

In deze rapportage wordt de stand van zaken van de analyses tot 15 oktober 2009 gegeven. Daarbij wordt ingegaan op de gebruiksfunctie van de genoemde producten, de landbouwkundige werkzaamheid mede gelet op de te verwachten effectiviteit van de individuele hoofdelementen en hun onderlinge verhouding. Tevens worden de milieuhygiënische gevolgen bij verantwoord landbouwkundig gebruik kort behandeld.

Materiaal en methoden

De bemonsteringsmethoden zijn gegeven in hoofdstuk 2. De analyse zijn uitgevoerd door AFSG milieulaboratorium van Wageningen-UR. De analysemethoden volgen AP05 (Bijlage H van de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet). De methoden worden eveneens gegeven in hoofdstuk 2.

De gegevens van de ammoniumstikstofgehalten in stapelbare mest (mest, dikke fractie en droog product) in deze voortgangsrapportage zijn gebaseerd op NEN7438:1998. Voor overige producten op NEN-ISO 7150-1:2002. In de eindrapportage wordt op de landbouwkundige betekenis van deze methoden voor de bepaling van ammoniumstikstof en organische stikstof nader ingegaan.

De analyseresultaten worden gegeven op elementbasis; dit wijkt bij fosfor en kalium af van gebruikelijke declaratie op basis van P_2O_5 en K_2O .

⁷ RO: *reverse osmosis* of omgekeerde osmose (OO)

De data zijn in het kader van de monitoring door ASG (Hoofdstuk 2) in een database ondergebracht. Er zijn 217 analyseresultaten van tussen- en eindproducten beschikbaar van de acht bedrijven die deelnemen aan de pilot. Zeven bedrijven verwerken varkensmest, één bedrijf verwerkt rundermest. Het aantal analyses en parameters waarop geanalyseerd werd, verschilt per product (zie hoofdstuk 2). De database is in wording en wordt met regelmaat aangevuld met nieuwe meetgegevens. In deze rapportage worden daarom algemene observaties gegeven. Detailanalyses in samenhang met de gegevens uit wetenschappelijke literatuur worden bij de eindrapportage gegeven.

In deze voortgangsrapportage worden de resultaten van analyse gegeven als gemiddelde, minimum en maximum waarde, de standaardafwijking en het aantal waarnemingen. Bij overzichtstabellen wordt de mediaan gegeven. Bij sporelementen en anorganische contaminanten is vaak sprake van een niet normale verdeling. Een gemiddelde geeft dan veelal een te hoge waarde als beeld voor de verzameling van gegevens. Bij de mest, het mineralenconcentraat en de dikke fractie zijn voldoende waarnemingen om verantwoord de mediaan te bepalen. Bij overige producten is de berekening van de mediaanwaarde een indicatie. Het aantal waarnemingen moet toenemen om robuuster de mediaan te berekenen.

Statistische analyses op effecten van verandering van een parameter per product in de tijd berusten op observationele multivariate regressie-analyse. ANOVA (ongebalanceerd) werd toegepast om mogelijk verschil in waardegevende bestanddelen tussen producten en bedrijven te onderzoeken. Bedrijf A domineert de database terwijl van bedrijven die later aansloten bij de pilot (bedrijven E, F, G en H) vooralsnog slechts een beperkt aantal analyses beschikbaar zijn. In deze rapportage is de verzameling van gegevens aangemerkt als een observationele database; een weging naar herkomst van een specifiek bedrijf of dierlijke mest werd niet uitgevoerd.

Getoetst werd bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0,05 (5%). Producten verschillen onderling significant in samenstelling. De data geven nog geen aanwijzing voor een significante verandering van een gehalte van een waardegevend bestanddeel in de tijd; de variatie binnen een productgroep is groot. Omdat de database in wording is, zijn de data statistisch niet in detail geanalyseerd.

Samenstelling

Waardegevende bestanddelen van meststoffen zijn de hoofdelementen stikstof, fosfor en kalium, de secundaire elementen Ca, Mg, Na en S en de sporelementen B, Cu, Fe, Mn, Mo en Zn. Voor veevoeding zijn Co, Cu, Se en Zn als sporelement belangrijk.

Tabel 19 geeft de mediaanwaarden voor de gehalten aan genoemde elementen met uitzondering van permeaat van ionenwisseling. In deze tabel wordt met concentraat RO het mineralenconcentraat aangegeven. De gebruikte dierlijke mest en de overige grond- en hulpstoffen bepalen mede de samenstelling van het RO concentraat. Een differentiatie naar diersoort en diercategorie is nog niet aangebracht. De data worden gedomineerd (n=49) door mineralenconcentraten die van een vorm van varkensmest afkomstig zijn (dunne varkensmest, vleesvarkensmest, zeugenmest en mengsels daarvan). Digestaat (covergiste mest), waarbij dunne rundermest wordt gebruikt, wordt alleen op bedrijf H gebruikt. In de eindrapportage zal ook aandacht worden gegeven aan de verschillen tussen de bedrijven.

Voor de hoofdelementen (N, P, K), drogestof en organische stof is er nauwelijks verschil tussen mediaanwaarden en gemiddelden (data niet gegeven). Omdat het aantal

waarnemingen bij een aantal producten nog laag is, belemmert dit nog het afleiden van robuuste waarden voor de mediaan.

Alle producten bevatten meer dan één waardegevend bestanddeel als meststof. Zo zou bij voorbeeld het mineralenconcentraat zowel de functie van een stikstofmeststof als een kalimeststof kunnen uitoefenen. Indien vigerende bemestingsadviezen als leidraad worden genomen is er echter één nutriënt die de gift bepaalt ter voorkoming dat teveel van andere nutriënten wordt toegediend.

De samenstellingen in Tabel 19 wijzen uit dat stikstof het landbouwkundig gebruik bepaalt indien het bemestingsadvies wordt opgevolgd. Bij mineralenconcentraat zal in de praktijk stikstof de gift bepalen hoewel bij opvolging van de bemestingsadviezen vaak kalium het gebruik bepaald (afhankelijk van grondsoort en gewas). Een mineralenconcentraat kan opgevat worden als een stikstof- en kalihoudende meststof. Fosfor bepaalt het landbouwkundig gebruik van de dikke fractie na mestscheiding en van het droge product (dit is een gedroogde dikke fractie covergiste mest van bedrijf A). Het landbouwkundig gebruik van het permeaat van Ultrafiltratie (UF) wordt – indien daar een landbouwkundige bestemming aan gegeven zou moeten worden – bepaald door kalium.

Producten die vooral als stikstofmest zullen worden toegepast hebben in het algemeen vergelijkbare stikstofgehalten. Nitraatstikstof komt niet voor. Bij meetbare gehalten aan stikstof komt ammoniumstikstof en organisch gebonden stikstof voor; permeaat van ionenwisselaar heeft geen meetbaar stikstofgehalte.

Het droge product van bedrijf A heeft een vergelijkbaar fosforgehalte als de dikke fractie mits rekening gehouden wordt met het drogestofgehalte. De permeaten hebben duidelijk lagere waarden aan waardegevende bestanddelen. Maar deze producten hebben in beginsel geen landbouwkundige bestemming als meststof. Alle producten bevatten organische stof met uitzondering van het permeaat van ionenwisseling. Alle producten hebben een hoge pH (lage zuurgraad). Het permeaat van ionenwisseling vormt daarop een uitzondering. De stof is zwak zuur (pH 4,5).

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de potentiële landbouwkundige werkzaamheid van de hoofdelementen van de producten. De bespreking van de resultaten van de secundaire elementen en spoorelementen zal plaatsvinden bij de eindrapportage. Bij de bespreking van de variatie wordt beperkt tot het mineralenconcentraat (concentraat RO) en de dikke fractie omdat dit de belangrijkste producten zijn van de bewerking van mest met een landbouwkundige bestemming

Landbouwkundige werkzaamheid

Stikstof

De dikke fractie bevat meer stikstof dan een mineralenconcentraat maar de spreiding in het gehalte aan stikstof is groot (Tabel 20). De meer geconcentreerdere mineralenconcentraten hebben eenzelfde gehalte als dikke fracties met wat lagere gehalten. Een mineralenconcentraat bevat in hoofdzaak minerale stikstof in de vorm van ammonium-N (gemiddeld 91%, bereik 62-95% van N-totaal) terwijl de dikke fractie vooral organisch gebonden stikstof bevat (gemiddeld 54%, bereik 37~71% van N-totaal). Nitraatstikstof is afwezig. De verhouding tussen anorganische stikstof en organisch gebonden stikstof verschilt waardoor bij gelijke stikstofgift op basis van het totaal stikstofgehalte de landbouwkundige werkzaamheid ongelijk is. Dit komt omdat een deel

van het organisch gebonden stikstof pas gewasbeschikbaar wordt na gemineraliseerd te zijn. Dat mineralisatieproces verloopt over meerdere jaren. De eerstejaarswerking van stikstof van de dikke fractie zal daardoor lager zijn dan die van het mineralenconcentraat.

Tabel 19. Samenstelling van grondstoffen, tussenproducten en eindproducten bij de verwerking tot mineralenconcentraten. Voor duiding van de stoffen wordt verwezen naar Hoofdstuk 2). De waarden betreffen mediaanwaarden; bij permeaat ionenwisselaar is het gemiddelde gegeven.

Parameter	Eenheid	Digestaat	Varkensmest	Vleesvarkens+Zeugensmest	Vleesvarkensmest	Dunne fractie	Dikke fractie	Ingaand RO	Concentraat		Droog product	Permeaat		
									RO	UF		Ionenwisselaar	RO	UF
Drogestof	g/kg	91,2	133,5	68,9	83,2	18,9	283,3	16,6	35,3	41,1	835,2	0,2	0,7	12,8
Org. stof	g/kg	60,6	104,7	47,6	60,8	7,4	212,3	4,8	13,5	27,8	600,2	*	0,2	3,8
Ruw as	g/kg	30,7	29,9	21,1	23,5	9,8	69,1	11,2	20,1	13,5	212,0	0,2	0,5	8,6
N-totaal	g/kg	7,7	8,8	5,6	6,5	4,0	11,8	3,1	6,7	5,6	23,7	0,02	0,5	3,3
NH ₄ -N	g/kg	5,2	4,5	3,6	4,5	3,4	5,4	2,0	6,4	3,4	6,5	<0,01	0,4	3,04
NO ₃ -N	g/kg	<0,01	*	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	*	<0,01	<0,01
N-organisch	g/kg	2,8	3,9	2,0	2,1	0,6	6,7	0,2	0,5	2,2	18,2	0,02	<0,01	0,2
P-totaal	g/kg	1,8	2,1	1,7	1,8	0,1	6,9	0,01	0,2	0,5	20,9	0,005	<0,01	0,08
K-totaal	g/kg	5,4	5,8	3,9	4,6	3,6	3,9	3,5	7,8	3,7	15,3	0,05	0,2	3,3
Ca	g/kg	2,4	2,6	1,6	2,1	0,1	8,1	0,1	0,2	0,9	28,7	<0,01	<0,01	<0,01
Mg	g/kg	1,1	1,3	1,0	1,1	0,0	4,8	0,0	0,0	0,2	14,6	<0,01	<0,01	<0,01
Na	g/kg	1,2	1,2	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	1,9	0,8	3,4	0,05	0,05	0,8
S	g/kg	0,8	1,0	0,7	0,8	0,3	2,6	1,3	0,3	0,6	6,1	<0,01	0,09	0,2
B	mg/kg	5,7	7,8	3,6	5,4	1,8	20,8	1,5	2,7	4,1	44,7	0,55	0,6	1
Co	mg/kg	0,8	0,4	0,1	<0,01	<0,01	0,2	0,1	0,1	0,1	1,1	<0,01	<0,01	<0,01
Cu	mg/kg	26,0	25,9	25,8	19,7	0,6	93,9	0,2	0,4	27,3	133,0	<0,01	<0,01	<0,01
Fe	mg/kg	234,6	246,7	160,5	240,3	6,6	928,3	14,1	8,1	145,2	1830,0	0,11	0,2	0,9
Mn	mg/kg	48,2	51,1	29,2	49,8	1,4	174,8	2,0	1,2	15,4	501,2	<0,01	<0,01	0,2
Mo	mg/kg	1,3	0,8	0,40	0,5	0,04	1,6	<0,01	<0,01	0,7	2,4	<0,01	<0,01	<0,01
Se	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Zn	mg/kg	86,8	115,0	80,0	71,7	1,4	282,6	0,4	0,9	81,6	368,8	10,26	0,05	0,6
pH	[-]	8,1	7,3	7,6	7,7	8,0	8,2	7,6	7,8	8,4	*	4,5	8,7	8,5
S.G.	kg/l	1,045	1,001	1,033	1,042	1,016	*	1,014	1,031	1,027	*	1,002	1,001	1,015

Tabel 20. Samenstelling van het mineralenconcentraat en de dikke fractie van scheiding van (co-vergiste) mest.

Product/ Parameter	Eenheid	Gemiddelde	Mediaan	Minimum	Maximum	Standaard- afwijking	Aantal
Mineralenconcentraat							
N-totaal	g N/kg	6,92	6,71	3,13	11,04	1,84	51
NH ₄ -N	g N/kg	6,25	6,36	2,89	9,53	1,63	51
N-organisch	g N/kg	0,67	0,52	0,07	2,52	0,47	51
Drogestof	g DS/kg	34,68	35,30	15,60	82,50	11,8	51
Org. stof	g OS/kg	14,60	13,45	2,60	39,71	7,9	51
Dikke fractie							
N-totaal	g N/kg	11,7	11,8	7,9	15,0	1,53	36
NH ₄ -N	g N/kg	5,3	5,42	2,9	7,2	1,06	36
N-organisch	g N/kg	6,4	6,7	3,9	8,8	1,38	36
Drogestof	g DS/kg	283,6	283,3	209,2	367,0	38,74	36
Org. stof	g OS/kg	211,6	212,3	131,7	267,7	38,46	36

De landbouwkundige werkzaamheid van stikstofmeststoffen met organisch gebonden stikstof kan met verschillende grootheden worden bepaald. In deze rapportage wordt de werking bepaald met de stikstofwerkingscoëfficiënt. De stikstofwerkingscoëfficiënt (NWC, N-werking) van organische meststoffen geeft aan welk percentage van een bepaalde gift aan stikstof (N), even werkzaam is als eenzelfde gift in de vorm van kunstmest (Schröder et al, 2008). De orde van grootte van een werkingscoëfficiënt wordt niet alleen bepaald door het gehalte aan organisch gebonden stikstof maar ook door:

- de aard van die organisch gebonden stikstof,
- de mineralisatie (snelheid en hoeveelheid) in de ontvangende bodem,
- de mate waarin stikstof wordt gedenitrificeerd
- de mate waarin anorganische stikstof vervluchtigd
- de mate waarin stikstof in het veld af- of inspoelt.

Deze processen worden mede bepaald door de toedieningstechniek en de omstandigheden waaronder wordt uitgereden. De toedieningstechniek wordt weer bepaald door het gewas.

De stikstofwerkingscoëfficiënt van de mineralenconcentraten en de dikke fractie worden in het lopende onderzoek experimenteel vastgesteld. Mineralenconcentraten wijken af van andere stikstofoplossingen (kunstmeststikstof) door de aanwezigheid van organisch gebonden stikstof en de hoger pH (alkalisch versus zwak zuur). Werkingscoëfficiënten die bekend zijn van dierlijke mest en van stikstofoplossingen kunnen niet klakkeloos geëxtrapoleerd worden naar mineralenconcentraten of de dikke fractie. Een indicatieve berekening van de werkingscoëfficiënt kan wel uitgevoerd worden door te spiegelen aan die voor dierlijke mest. Omdat de mate en snelheid van ammoniakvervluchtiging en denitrificatie van de mineralenconcentraten niet bekend zijn, ligt hier in een risico besloten (paragraaf 3.6).

Dierlijke mest kan worden geïnjecteerd, toegediend via zodebemesting op grasland of bijvoorbeeld via sleepvoeten worden toegediend. Dit leidt tot een bereik in de mate van

ammoniakvervluchtiging. Doordat varkensmest de meest gebruikte dierlijke mest is, wordt verondersteld dat 45% van de organische stikstof het eerste jaar tot werking komt. De mate waarin denitrificatie de werkingscoëfficiënt bepaalt, is nog niet meegewogen in de berekening. Tabel 21 geeft het resultaat.

De berekening geeft een indicatie dat een mineralenconcentraat door het lage gehalte aan organisch gebonden stikstof niet veel onderdoet t.o.v. een volledig minerale stikstofoplossing indien er sprake is van een vergelijkbare mate van vervluchtiging (5%) maar daar een (aanzienlijk) lagere werkingscoëfficiënt heeft indien de ammoniakvervluchtiging hoger is dan die bij vloeibare kunstmeststoffen. De hoge pH van een mineralenconcentraat zal de ammoniakvervluchtiging bevorderen waardoor een lagere werkingscoëfficiënt verwacht wordt. Aanzuren van een mineralenconcentraat zou in beginsel de werking door vermindering van de ammoniakvervluchtiging kunnen verbeteren zolang de bodem niet teveel buffert.

Tabel 21. Schattingen voor de eerstejaarswerkingscoëfficiënten voor de producten van de pilots bij 5, 15, 20 of 30% ammoniakvervluchtiging in procent gebaseerd op mediaanwaarden voor de gehalten aan $\text{NH}_4\text{-N}$ en N-org .

Product	Ammoniakvervluchtiging, %			
	5	15	20	30
Mineralenconcentraat	94	84	79	70
Dikke fractie	69	64	62	58
Varkensmest	72	67	64	58
Vleesvarkens+zeugenmest	77	71	68	61
Vleesvarkensmest	80	73	70	63
Digestaat	80	73	70	63
Concentraat UF	75	69	66	60
Droog product	60	58	56	54
Dunne fractie	87	78	74	66
Ingaand RO	66	59	56	49
Permeaat ionenwisselaar	48	47	47	46
Permeaat RO	92	82	77	68
Permeaat UF	91	82	77	68

Fosfaat

De fosforgehalten in de dikke fractie en het gedroogde product van bedrijf A zijn hoog in vergelijking tot die van de overige producten. Fosfor bepaalt het landbouwkundig gebruik van de dikke fractie en het gedroogde product. Het fosforgehalte in het mineralenconcentraat is aanzienlijk lager dan het stikstof- of kaligehalte. Toch kunnen de fosfaatgiften met bepaalde mineralenconcentraten niet verwaarloosd worden. Zo wordt bij een gift van 100 kg N/ha (op basis van N-totaal) op basis van de huidige stand van zaken 0,1 tot 20,9 kg P_2O_5 /ha toegediend met een mediaan van 7,1 kg P_2O_5 /ha.

De landbouwkundige werkzaamheid van het fosfor in een meststof wordt bepaald door:

- de fysisch chemische vorm (fijnheid en chemische aard);

- de milieuomstandigheden die mede bepaald worden door de meststof en de ontvangende bodem (fysisch, chemische en biologische eigenschappen);
- en de wijze waarop de meststof wordt toegediend.

De vormen en fijnheid waarin fosfor voorkomt in een meststof, bepalen de potentiële beschikbaarheid. Nu komen in dierlijke mest diverse fosforvormen voor (o.a. struviet, dicalciumfosfaat, fytaten etc.). De vormen waarin P voorkomt in dierlijke mest worden mede bepaald door duur van de opslag en middelen die gebruikt worden om de mest te bewerken (kalk, ijzerzouten, aluminiumzouten etc.). Over de fosforverbindingen in een mineralenconcentraat is nog weinig bekend.

Een schatting van de werkingscoëfficiënt van P in de producten is uitgevoerd door te spiegelen aan die voor dierlijke mest. Voor varkensmest wordt op korte termijn (eerste jaarseffect) een werkingscoëfficiënt van 100% aangehouden en voor rundermest van 60%; op lange termijn wordt een werking van 100% aangehouden (Dijk, 2003). Het aandeel organische gebonden fosfor in een dierlijke mest is lager dan het aandeel organisch gebonden stikstof. In rundermest komt circa 40% organische gebonden fosfor voor, in varkensmest 5 à 15% (Ehlert e.a., 2004).

Een verhoging van het drogestofgehalte door ontwatering zal in beginsel niet leiden tot een wezenlijk andere fysisch chemische fosforvormen. Er kan wel een verschuiving tussen deze P vormen optreden als bijvoorbeeld vergist wordt. Door toevoeging van middelen om de ontwatering van mest te bevorderen kunnen verschuivingen in de samenstelling en het aandeel van de P-vormen ontstaan. Vorming van ijzer- en aluminiumfosfaten in mest kan leiden tot een afname van de fosfaatbeschikbaarheid voor het gewas. Er zijn indicaties dat deze verschuivingen zijn opgetreden in de P-vormen van de pilots (Tabel 22).

De dikke fractie heeft een vergelijkbaar bereik in de molverhouding Ca/P als de varkensmesten (mesten) en het digestaat. De gegevens over de molverhouding Al/P zijn gering in aantal. Er is echter geen aanwijzing dat de dikke fractie een ander bereik heeft dan de ingaande mesten. De molverhouding Fe/P wijkt af van die van de mesten en digestaat. Het droog product van bedrijf A heeft een constant lage molverhouding Fe/P. Tabel 22 geeft een indicatie dat verschillen in fosfaatbeschikbaarheid te verwachten zijn tussen dikke fractie en ten opzichte van die van varkensmest door verschillen in de molverhouding Fe/P. Dikke fracties met een relatief hoge Fe/P molverhouding zullen naar verwachting een lagere beschikbaarheid hebben dan die van een gangbare dierlijke mest. Er is een aanwijzing dat het gebruik van zouten als vlokmiddel om mest te ontwateren de landbouwkundige werkzaamheid van het P van de dikke fractie doet verminderen of althans de werking onzekerder maakt omdat die per partij kan verschillen (paragraaf 3.5).

Tabel 22. Molverhoudingen van calcium (Ca) en fosfor (P) en ijzer (Fe) en fosfor in de producten van de pilots.

Mol- verhouding	Product	Gem	Mediaan	Min	Max	sd.¹	Aantal
Ca/P	dikke fractie	1,04	0,95	0,67	2,57	0,33	36
	droog product	0,97	0,95	0,82	1,16	0,13	6
	varkensmest	1,03	1,05	0,93	1,13	0,08	5
	vleesvarkens+zeugenmest	0,99	0,92	0,67	2,13	0,36	15
	vleesvarkensmest	0,91	0,91	0,64	1,03	0,13	9
	digestaat	0,92	0,95	0,78	1,02	0,10	7
Fe/P	dikke fractie	0,18	0,07	0,03	1,13	0,29	23
	droog product	0,04	0,04	0,04	0,05	0,00	5
	varkensmest	0,07	0,07	0,06	0,07	0,00	5
	vleesvarkens+zeugenmest	0,09	0,09	0,05	0,16	0,04	9
	vleesvarkensmest	0,08	0,07	0,04	0,20	0,05	8
	digestaat	0,08	0,06	0,06	0,15	0,04	5
Al/P	dikke fractie	0,5	0,5	0,3	0,7	0,2	4
	droog product	*	*	*	*	*	0
	varkensmest	*	*	*	*	*	0
	vleesvarkens+zeugenmest	0,6	0,6	0,3	0,9	0,5	2
	vleesvarkensmest	0,7	0,7	0,7	0,8	1,2	2
	digestaat	*	*	*	*	*	0

¹sd. = standaardafwijking

Kalium

Tabel 19 geeft de kaliumgehalten in de producten. Dit betreft een totaalbepaling. Met vigerende kennis kan niet worden beredeneerd dat bij mestverwerking een proces optreedt waardoor precipitaten van kalium optreden die gewasbeschikbaar zijn. Kalium zal vooral in oplossing voorkomen. Het uitgangspunt is dan dat alle kalium potentieel gewasbeschikbaar is d.w.z. dat de werkingscoëfficiënt voor kalium van de mesten en de producten van mestverwerking 100% is. Of die 100% gerealiseerd kan worden, hangt af van de aanwezigheid van andere kationen (Mg, Na, Ca) of door een ontregeling door aanwezigheid van een onbalans in anionen.

Verhoudingen tussen nutriënten

De betekenis van de verhouding tussen de nutriënten kent een fysiologische benadering en een praktische uitwerking. Bij de fysiologische benadering kan onderscheid gebracht worden tussen een plantfysiologische en een dierfysiologisch benadering. Bij fysiologische aspecten wordt de molverhouding tussen nutriënten in ogenschouw genomen. In de uitvoeringspraktijk wordt veelal gewerkt met op gewichtspersentages gebaseerde molverhoudingen. In deze tussentijdse rapportage wordt de uitvoeringspraktijk als leidraad genomen. Daarvoor zijn fosfor en kalium omgerekend naar fosfaat (P₂O₅) en kali (K₂O).

Verhouding N/K₂O

De verhouding tussen stikstof en kali van de mesten is constant (Tabel 23). De mediaanwaarde is 1,2; mediaanwaarden en gemiddelden stemmen overeen. Door bewerking verandert deze verhouding naar 2,7 bij de dikke fractie en 0,8 bij het mineralenconcentraat. Bij het drogeproduct van bedrijf A treedt geen verandering op in de verhouding tussen N en K₂O. De verhouding blijkt bij de dikke fractie meer te variëren dan in de oorspronkelijke mesten; in dit geval leidt mestverwerking tot een grotere variatie in de N/K₂O bij de dikke fractie.

Een verhouding van 1,2 past bij een voldoende nutriëntentoestand⁸ bij voorbeeld goed bij de meststofbehoefte van grasland (100% maaien), snijmaïs, aardappel, suikerbiet op klei en wintertarwe. Een verhouding van 0,8 past dan goed bij suikerbiet op zand. De teelt op klei vraagt veel minder kalium dan die teelten op zand en daardoor om – aanzienlijk – hogere N/K₂O-verhouding.

Verhouding N/P₂O₅

De verhouding tussen stikstof en fosfaat van de mesten toont meer variatie dan die in de dikke fractie (Tabel 23). De verhouding in het mineralenconcentraat is zeer variabel hetgeen veroorzaakt wordt door de (zeer) lage fosforgehalten t.o.v. de stikstof- en kaliumgehalten. De fosfaatgiften bij gebruik van het mineralenconcentraat als kali- of als stikstofmeststof kunnen daardoor variëren van onbetekenend laag tot aanzienlijk (~ 20% van de stikstofgift).

Producten met hoge verhoudingen (>4) zijn in beginsel⁹ geschikt voor gewassen met lage fosfaatbehoefte (grasland, granen), producten met lage verhoudingen (<2) zijn geschikt voor fosfaatbehoefte gewassen (aardappel, snijmaïs).

Verhouding P₂O₅/K₂O

Mediaanwaarden van bij de mesten stemmen overeen met de gemiddelde waarden; deze is 0,7. Door bewerking verandert de verhouding bij de dikke fractie naar 3,5 en bij het gedroogde product naar 2,6 (Tabel 23). Er is sprake van een aanzienlijke spreiding. De verhouding P₂O₅/K₂O heeft geen betekenis bij het mineralenconcentraat, daarvoor zijn de P-gehalten te laag.

De behoefte aan kali is in het algemeen hoger dan die aan fosfaat. Lage P₂O₅/K₂O-verhoudingen (<1) zijn dan nodig. Producten met hoge verhoudingen hebben betekenis als fosfaatbron voor fosfaatbehoefte gewassen (bv snijmaïs, aardappel). Een gunstige bijkomstigheid is dat deze producten relatief veel organisch gebonden stikstof bevatten terwijl de doelgewassen een lange groeiduur hebben.

Meststoffen dragen bij aan een verrijking van reeds aanwezige nutriënten in de bodem. De mate waarin bijgedragen wordt en de wijze waarop de bodem toegevoegde nutriënten buffert bepaalt de beschikbaarheid voor het gewas. Het hangt dus van de ontvangende bodem af of een onbalans in een samenstelling van een meststof daadwerkelijk zal leiden tot een onbalans in het aanbod aan het gewas. Zolang kennis van het gedrag van

⁸ Voldoende gedefinieerd volgens vigerende bemestingsadviezen en bij een minerale N-voorraad van 30 kg N/ha

⁹ In beginsel omdat niet alleen de verhouding maar ook nevenbestanddelen zoals natrium en chloride de landbouwkundige gebruiksfunctie bepalen. De vollegrondsgroenten die fosfaatbehoefte zijn (spinazie, sla) verdragen wel wat natrium maar weinig chloride.

nutriënten in de bodem en warenkennis van meststoffen de bemestingspraktijk stuurt, is er geen reëel risico op een onbalans tussen nutriënten en dan ook geen risico op derving van de gewasproductie of de diergezondheid (kopziekte). Mestverwerking leidt tot andere verhoudingen tussen de hoofdelementen. Als daar geen rekening mee gehouden wordt, kan dit – op termijn – tot schade leiden (opbrengstderving, verslechtering kwaliteit).

Tabel 23. Onderlinge verhoudingen van stikstof, fosfaat en kali N/K_2O , N/P_2O_5 en P_2O_5/K_2O van mest en producten van bewerking op basis van gewichtspersentages.

Product	Gem	Mediaan	Min	Max	sd.	Aantal
N/K_2O						
concentraat RO	0,8	0,8	0,6	1,3	0,13	51
dikke fractie	2,5	2,7	1,5	3,7	0,60	35
droog product	1,4	1,2	1,1	2,4	0,48	6
dunne fractie	0,8	0,9	0,6	1,0	0,14	35
varkensmest	1,4	1,2	1,2	2,0	0,34	5
vleesvarkens+zeugenmest	1,1	1,2	0,6	1,5	0,23	15
vleesvarkensmest	1,2	1,2	1,1	1,5	0,12	9
digestaat	1,2	1,2	1,1	1,3	0,08	7
N/P_2O_5						
concentraat RO	93,5	14,1	4,8	1505,2	252,8	51
dikke fractie	0,8	0,8	0,5	1,4	0,17	36
droog product	0,5	0,5	0,4	0,5	0,04	6
dunne fractie	32,6	14,7	6,5	390,2	67,6	35
varkensmest	2,0	1,7	1,7	3,1	0,58	5
vleesvarkens+zeugenmest	2,1	1,7	0,9	9,0	1,95	15
vleesvarkensmest	1,9	1,7	1,3	3,4	0,66	9
digestaat	1,9	1,9	1,6	2,5	0,30	7
P_2O_5/K_2O						
concentraat RO	0,05	0,05	0,0005	0,3	0,04	51
dikke fractie	3,4	3,5	1,4	5,3	0,96	35
droog product	2,9	2,6	2,3	4,6	0,84	6
dunne fractie	0,1	0,1	0,002	0,2	0,05	35
varkensmest	0,7	0,7	0,6	0,8	0,04	5
vleesvarkens+zeugenmest	0,7	0,7	0,1	1,7	0,38	15
vleesvarkensmest	0,7	0,7	0,3	0,9	0,16	9
digestaat	0,6	0,6	0,4	0,8	0,13	7

Chloride

In alle producten komt chloride voor in variabele gehalten. De dikke fractie heeft een wat lager chloridegehalte dan de mesten. Het gedroogde product en het mineralenconcentraat hebben beduidend hogere gehalten chloride (Tabel 24). Het mineralenconcentraat kent een zeer grote variatie in gehalten aan chloride. Incidenteel komen landbouwkundig ongewenst hoge chloridegehalten voor. Indien deze incidenten uitgesloten worden is het chloridegehalte van een mineralenconcentraat circa 2 maal hoger dan die van de ingaande mest.

Tabel 24. Chloridegehalten van mest en producten van bewerking in g Cl/ kg.

Product	Gem	Mediaan	Min	Max	sd.	Aantal
concentraat RO	4,5	3,3	1,2	18,1	4,34	33
concentraat UF	1,6	1,4	1,2	2,7	0,60	6
digestaat	1,8	1,9	1,5	1,9	0,15	6
dikke fractie	1,2	1,2	0,7	1,9	0,30	18
droog product	5,7	5,5	4,2	8,7	1,79	5
dunne fractie	1,8	1,4	0,8	8,7	1,81	17
varkensmest	2,1	2,1	1,8	2,3	0,21	4
vleesvarkens+zeugenmest	1,4	1,5	0,7	2,0	0,50	5
vleesvarkensmest	2,0	1,7	1,7	2,5	0,50	3

Er is een negatieve correlatie tussen het Al-gehalte en het Cl-gehalte. Er is geen verband tussen het Fe-gehalte en het Cl-gehalte. Op één bedrijf is inmiddels ijzerchloride (FeCl_3) vervangen door ijzersulfaat als vlokmiddel, waardoor het chloridegehalte in het concentraat RO met ongeveer een factor 5 gedaald. Er is daarnaast onderzoek gestart naar methoden om het chloride-gehalte van mineralenconcentraten te verlagen.

Hoge gehalten aan chloride beperken de gebruiksmogelijkheden als meststof omdat dit leidt tot aanzienlijke giften chloride (Tabel 25). Hoge giften (meer dan 50 kg Cl) kunnen leiden tot chloorschade bij gewassen als aardappel, vollegrondsgroenten (sperzieboon). Gewassen als suikerbiet en kool tolereren hoge chloridegiften. Als illustratie is de chloridegift gegeven bij een stikstofgift van 100 kg N/ha.

Bij de dikke fractie neemt de gift aan chloride af t.o.v. de gift met de mesten. Bij het mineralenconcentraat komt een groot bereik in giften voor die van onbetekenend naar onverantwoord hoog gaan. Om chloorschade te voorkomen wordt bij kaliummeststoffen een toediening in het najaar aanbevolen opdat het schadelijke chloride kan uitspoelen. Een toediening in het najaar kan niet uitgevoerd worden met een mineralenconcentraat omdat dat zou leiden tot onverantwoorde uitspoeling van stikstof. Een nadere bepaling van het chloridegehalte dat maximaal toelaatbaar is in een mineralenconcentraat dient nog te worden uitgevoerd.

Tabel 25. Giften aan chloride in kg per ha bij 100 kg N per ha met mesten en producten van verwerking van mest.

Productgroep	Gem	Mediaan	Min	Max	sd.	Aantal
concentraat RO	66	50	14	263	60	33
concentraat UF	27	24	22	38	7	6
digestaat	23	24	16	29	4	6
dikke fractie	10	10	6	17	3	18
droog product	24	21	18	37	8	5
dunne fractie	50	35	19	216	47	17
varkensmest	24	24	20	27	3	4
vleesvarkens+zeugenmest	28	23	10	57	18	5
vleesvarkensmest	28	26	24	33	5	3

Milieuhygiënische aspecten

De gehalten aan Cd, Pb en As liggen onder een detectiegrens van 0,01 mg/kg of incidenteel daar net boven (Cd). Dit geldt voor alle producten. Metingen aan Hg moeten nog worden uitgevoerd. Er is echter geen verwachting van een mineralenconcentraat met Hg belast zal zijn met ongewenst hoge gehalten.

Gehalten aan Cr, Cu, Ni en Zn zijn in meetbare gehalten vastgesteld. De gehalten aan Cr en Ni zijn van dien aard dat bij verantwoord landbouwkundig gebruik er geen aanleiding is om op korte of lange termijn ongewenste effecten op het milieu te verwachten.

De gehalten aan zware metalen Cd, Cr, Ni, Pb en As vormen geen aandachtspunt bij verantwoord landbouwkundig gebruik van de producten van mestverwerking. Cu en Zn vormen wel een aandachtspunt maar dit is niet anders dan het aandachtspunt dat ook geldt bij onbewerkte dierlijke mest.

De zware metalen worden bij mestverwerking verdeeld over dunne fracties en met name de dikke fractie. Overdracht naar het mineralenconcentraat vormt geen zorgpunt (Ehlert et. al, 2009).

De gehalten aan N en P in de permeaten vragen nog aandacht. De gehalten zijn doorgaans (fors) hoger dan de criteria die gelden voor zoet stagnant oppervlaktewater. Het hangt van de kwaliteit van het ontvangend oppervlaktewater af, of dat leidt tot ongewenste vorm van belasting.

Stand van zaken

- Alle producten bevatten meer dan één waardegevend bestanddeel als meststof waardoor meerdere gebruiksfuncties mogelijk zijn. Een mineralenconcentraat kan zowel de functie van een stikstofmeststof als van een kalimeststof uitoefenen. Indien vigerende bemestingsadviezen als leidraad worden genomen is er echter één nutriënt die de gift bepaalt ter voorkoming dat van andere nutriënten teveel wordt toegediend. Stikstof bepaalt in het algemeen dan het landbouwkundig gebruik van de producten van mestverwerking. Bij mineralenconcentraat wordt de gift naast stikstof ook door kalium bepaald. Fosfor bepaalt het landbouwkundig gebruik van de dikke fractie na

mestscheiding en van het droge product (dit is een gedroogde dikke fractie co-vergiste mest van bedrijf A). Het landbouwkundig gebruik van het concentraat van Ultrafiltratie (UF) wordt – indien daar een landbouwkundige bestemming aan gegeven zou moeten worden – bepaald door kalium.

- De effectiviteit van de stikstof van het mineralenconcentraat is onzeker omdat de oplossing alkalisch is waardoor ammoniakvervluchtiging kan optreden. Dit kan leiden tot een lagere werking dan die van vloeibare kunstmeststoffen. Daarnaast is er onzekerheid over de mate waarin organisch gebonden stikstof mineraliseert en of de organische stof in concentraten kan leiden tot verhoging van de denitrificatie (organische stof is een energiebron voor denitrificerende bacteriën).
- De fosfaatwerking van de producten van mestverwerking zou vergelijkbaar moeten zijn met die van de dierlijke meststoffen voor bewerking. Bij de dikke fractie blijkt de bewerking te leiden tot wezenlijk andere verhoudingen tussen ijzer en fosfaat. Dat kan een aanwijzing zijn dat de fosfaatwerking slechter is dan die van dierlijke mest. Tussen partijen dikke fractie varieert deze verhouding hetgeen erop zou kunnen duiden dat de fosfaatwerking per partij verschilt.
- Er zijn geen aanwijzingen dat kalium in de producten niet volledig werkzaam is.
- Mineralenconcentraten bevatten wisselende gehalten aan chloride van laag tot onaanvaardbaar hoog. De chloridegehalten zijn – incidentele zeer hoge gehalten uitgesloten – circa 2 maal hoger dan die van ingaande dierlijke mest.
- De gehalten aan zware metalen Cd, Cr, Ni, Pb en As vormen geen aandachtspunt bij verantwoord landbouwkundig gebruik van de producten van mestverwerking. Cu en Zn vormen wel een aandachtspunt maar dit is niet anders dan het aandachtspunt dat ook geldt bij onbewerkte dierlijke mest.

Bronvermelding

- Dijk, W. van (samenstelling), 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Publicatienr. 307.
- Ehlert, P.A.I., H.P. Pasterkamp & P.R. Bolhuis., 2004. Effecten van organische bodemverbeterende middelen op de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem op korte en lange termijn. Alterra, 2004 (Alterra-rapport 991) - p. 56.
- Ehlert, P.A.I., P. Hoeksma & G.L. Velthof, 2009. Anorganische en organische microverontreinigingen in mineralenconcentraten. Resultaten van de eerste verkenningen. ASG rapport 256, 17 blz.
- Schröder, J.J., J.C. van Middelkoop, W. van Dijk & G.L. Velthof, 2008. Quick scan Stikstofwerking van dierlijke mest. Actualisering van kennis en mogelijke gevolgen van aangepaste forfaits. WOt rapport nr. 85.

3.3 Stikstofwerking van concentraten op grasland

J. van Middelkoop & G. Holsbof (Wageningen UR Livestock Research)

Inleiding en doel

In Nederland zijn er diverse initiatieven genomen om mest te scheiden in een dunne fractie met voornamelijk minerale stikstof (N) en kali (K_2O) en een dikke fractie met voornamelijk organische N en fosfaat (P_2O_5). Mestscheiding geeft de veehouder of de teler de mogelijkheid om mineralen beter te plaatsen dan wanneer ze in de vaste verhouding van de drijfmest zitten. De mineralen die niet nodig zijn kunnen afgevoerd worden zonder dat er componenten afgevoerd worden die tot nut kunnen zijn op het bedrijf.

In Nederland wordt mest meestal toegediend in de vorm van dunne mest, een mengsel van urine en faeces. De N is verdeeld over minerale N in de vorm van ammonium en organische N. In varkensmest is die verdeling ongeveer 40 % organisch en 60 % mineraal en in rundermest 50% - 50%. De ammoniakale N is de belangrijkste component die de werkzaamheid van de stikstof bepaalt in het jaar van toedienen.

Na mestverwerking door ultrafiltratie gevolgd door omgekeerde osmose bestaat de N in het mineralenconcentraat grotendeels uit ammoniakale N. Daarom is de verwachting dat de dunne fractie een N-werkingscoëfficiënt heeft die iets lager is dan 100 %, afhankelijk van de ammoniak emissie tijdens toediening.

In een veldproef op blijvend grasland op kleigrond en zandgrond, werden de werkingscoëfficiënten van mineralenconcentraten van drie installaties vastgesteld. In november 2009 zijn bodemonsters genomen op de zandgrond om na te gaan hoeveel minerale stikstof er in het bodemprofiel achterblijft bij gebruik van mineralenconcentraten in vergelijking met “gewone” kunstmest.

Doel van het onderzoek

- Vaststelling van de stikstofwerking van mineralenconcentraten in grasland op zandgrond en kleigrond.
- Bepaling van de hoeveelheid minerale N in de bodem op de zandlocatie in het najaar.

Materiaal en methode

Mineralenconcentraten

Binnen de proef was er ruimte om drie mineralenconcentraten te testen. Gekozen is voor de concentraten afkomstig van de bedrijven A, C en D. De drie concentraten zijn geproduceerd via verschillende scheidingstechnieken gevolgd door omgekeerde osmose (zie Hoofdstuk 2)

Locaties

In het voorjaar van 2009 zijn twee egale percelen met blijvend grasland uitgekozen. Eén op zandgrond, nabij proefbedrijf Aver Heino bij een melkveehouder (De heer Roelofs). Het perceel ligt aan de Grensweg in Lemelerveld. Eén op kleigrond op de Waiboerhoeve (Lelystad).

Bemesting

In de veldproef is de stikstofwerking van mineralenconcentraten (vloeibaar, 0.5-1.5% N) uit drijfmest vergeleken met referentiemeststof kalkammonsalpeter (KAS, korrels, 27% N) en referentiemeststof opgeloste ammoniumnitraat (AN, vloeibaar, 18% N).

De mineralenconcentraten bestaan voor 85-100% uit $\text{NH}_4\text{-N}$, KAS bevat 50% $\text{NO}_3\text{-N}$ en 50% $\text{NH}_4\text{-N}$ en opgeloste AN bevat eveneens 50% $\text{NO}_3\text{-N}$ en 50% $\text{NH}_4\text{-N}$.

Jaarlijks zijn vijf sneden geoogst. De jaarlijkse N-gift is verdeeld over de eerste drie sneden en de N is toegediend op drie niveaus. De N-niveaus en verdeling over de sneden waren als volgt:

- 40, 30, 30 kg N/ha voor respectievelijk de 1^e t/m de 3^e snede
- 80, 60, 60 kg N/ha voor respectievelijk de 1^e t/m de 3^e snede
- 120, 90, 90 kg N/ha voor respectievelijk de 1^e t/m de 3^e snede

De eerste N-gift is toegediend eind maart, zodra de grond bekwaam was. De volgende twee N-giften zijn toegediend de dag van of na de oogst van een snede. KAS is gestrooid met een proefveld kunstmeststrooier. De mineralenconcentraten en de vloeibare AN zijn toegediend met een speciale voor dit doel ontwikkelde machine.

Er waren 4 objecten die geen bemesting kregen, namelijk één object zonder behandeling en drie objecten die respectievelijk op 1, 2 of 3 bemestingstijdsippen zijn doorsneden met de machine, zonder dat er meststof werd toegediend.

Deze onbemeste velden zijn nodig om de stikstofreactie van het gewas op de bemesting te bepalen en het effect van het snijden van de toedieningsmachine in te schatten.

Aan alle objecten werd evenveel fosfaat en kali toegediend. Berekend is hoeveel er per concentraat werd toegediend en tot de hoogste hoeveelheid is op de overige veldjes aangevuld met tripelsuperfosfaat en Kali-40. Nagegaan is of de hoeveelheid zwavel op alle veldjes ook gelijk is omdat de concentraten zwavel bevatten. Op alle objecten was die dusdanig hoog dat er geen effect van zwavel verwacht mocht worden en op de veldjes zonder concentraten werd het zwavelhoudende Kali-40 gegeven.

Op ieder tijdstip van bemesting zijn de mineralenconcentraten bemonsterd uit de tank van de machine. Bemonstering vond plaats voor het bemesten (na mengen door de machine) en na het bemesten. Een aantal monsters zijn geanalyseerd op dichtheid, en totaal gehalte aan N, P en K zijn alleen in de eerste monsters bepaald. De chemische analyses werden uitgevoerd door het AFSG milieulaboratorium van Wageningen-UR. Omdat voor de grasproef dezelfde partijen zijn gebruikt als voor de proef in de aardappelen en er slechts kleine verschillen zijn tussen de bemonsteringstijdstippen, zijn de analyses bij elkaar gevoegd (zie paragraaf 3.3).

De bemesting met de concentraten en vloeibare kunstmest zijn verzorgd door PPO, zowel op het proefveld op de Waiboerhoeve als bij melkveehouder Roelofs. De overige proefveld activiteiten zijn op de Waiboerhoeve verzorgd door PPO en bij Roelofs door PC Aver Heino. Het tijdstip van bemesting in het voorjaar is in overleg met de onderzoekers vastgesteld. Alle bemestingen (kunstmest en concentraten) zijn per locatie op één dag uitgevoerd. De bemestingen na de eerste snede zijn op of uiterlijk 2 dagen na de dag van oogst uitgevoerd. De grootte van een plot was bruto 3 x 10 m en netto 1,5 x 10 m.

Proefmachine voor toediening vloeibare meststoffen

In Figuur 12 staan foto's van de proefmachine waarmee mineralenconcentraten zijn toegediend in de veldproeven. De machine die gebruikt is voor het toedienen van de

vloeibare ammonium nitraat en de concentraten is speciaal voor deze proef ontwikkeld door Dhr. J van Lente, medewerker van het proefbedrijf van PPO-AGV (Lelystad). De proefveldmachine bestond uit een tank (voor de meststof), een aantal kranen en slangen waarmee het debiet ingesteld kan worden en een balk met daaraan 18 kouters. De werkbreedte van de machine was 3 m. De kouters zijn eenvoudige ijzeren strips met een uiteinde in een hoek van ca. 45 graden waarop een buisje eindigt waaruit de meststof loopt. De diepte waarmee de kouters door de grond getrokken zijn, is instelbaar door instelling ten opzichte van een loopwiel. In de graslandproef liepen ze 5 cm onder maaiveld door de grond, ongeveer de diepte van een zodenbemester.

Oogst

De proefveldjes zijn vijf keer per jaar geoogst. De eerste oogst was gepland bij ongeveer 3500 kg drogestof per ha (rond half mei) in het snelst groeiende veldje en is uiteindelijk bij een hogere opbrengst geoogst. De opbrengst was vergelijkbaar met de opbrengst in de eerste snede onder praktijkomstandigheden in 2009. De volgende oogsten waren gepland bij 2500 kg drogestof per ha (na vijf tot zes weken groei, afhankelijk van de groeiomstandigheden). De oogsttijdstippen zijn op het oog vastgesteld door de verzorgende proefbedrijven. Bij de oogst zijn de veldjes gemaaid met de Haldrup volgens de standaardprocedures. Per veldje is de opbrengst bemonsterd voor bepaling van het drogestofgehalte, het zandgehalte en het N-gehalte. Het drogestofgehalte is bepaald door een vers monster in te wegen, 48 uur te drogen bij 70 °C, en terug te wegen. Gedroogde monsters zijn opgeslagen in een plastic zak, bij gelegenheid verstuurd naar het laboratorium ALNN te Ferwert, en aldaar geanalyseerd op stikstof- zandgehalte.

Nmineraal

Om na te gaan of er verschil is in risico op nitraatuitspoeling tussen de concentraten en de overige meststoffen, zijn er grondmonsters gestoken in de lagen 0-30, 30-60 en 60-90 cm onder maaiveld. Dit is alleen op de zandgrond gebeurd. De veldjes die drie sneden zijn bemest (met KAS, vloeibaar ammonium nitraat en de concentraten A, C en D) zijn bemonsterd. Alle drie de N-niveaus en de beide blanco's (wel en niet gesneden) zijn bemonsterd. In totaal zijn er $(5 * 3 + 2) * 2 = 34$ veldjes bemonsterd. De monsters worden geanalyseerd op minerale N door ALNN te Ferwert.

Resultaten

Mineralenconcentraten

De mineralenconcentraten zijn aangeleverd in kleine hoeveelheden (6 en 7 m³) en vervolgens opgeslagen op het erf van PPO-AGV in Lelystad in polyester kuubscontainers. Het vervoer van de concentraten is uitgevoerd met tankauto's waar ruwe mest volgens wettelijke verplichting wordt vervoerd.

Op de eerste dag van toediening bleek dat de mineralenconcentraten ernstig vervuild waren met componenten van ruwe mest waardoor de toedieningsmachine verstopt raakte. Daarop zijn alle concentraten gefilterd. De analyses zijn uitgevoerd op monsters van concentraten die vlak voor en na toediening zijn genomen (Tabel 30). Analyses voor en na het filtreren van de concentraten lieten zien dat het filtreren niet heeft geleid tot wijziging van het stikstof- en ammoniumconcentratie van het concentraat.

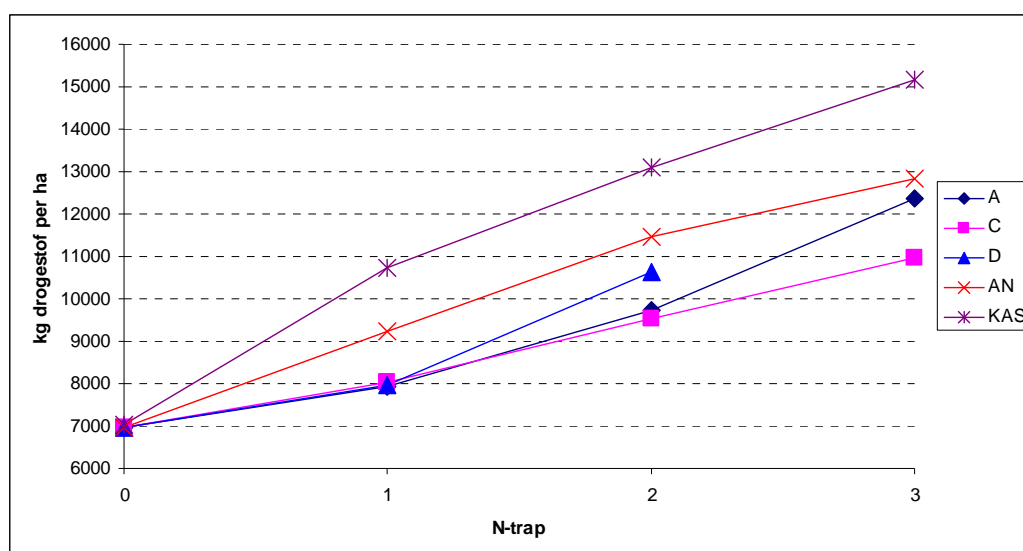
Drogestofopbrengsten

Op moment van deze rapportage zijn de analyses van N-gehalte van de grasmonsters nog niet beschikbaar. In Figuur 10 (kleigrond) en Figuur 11 (zandgrond) en zijn de drogestofopbrengsten op jaarbasis weergegeven. De belangrijkste resultaten zijn:

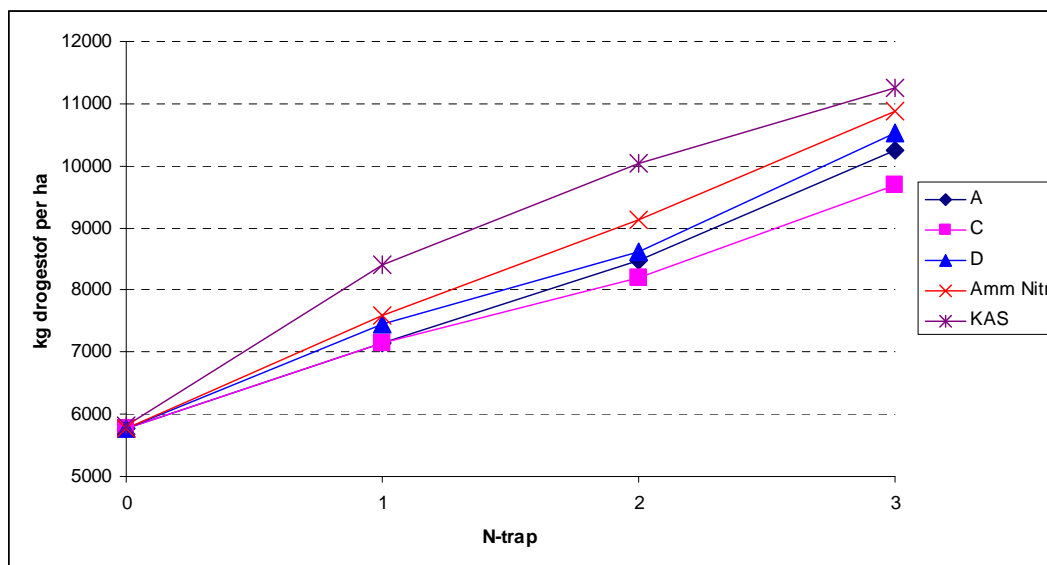
- De opbrengsten op de kleigrond zijn hoger dan op de zandgrond.
- Op beide grondsoorten is de drogestofopbrengst van de objecten bemest met KAS het hoogst, gevolgd door die bemest met vloeibaar ammonium nitraat. De opbrengsten van de objecten bemest met de concentraten zijn lager dan die van de twee minerale meststoffen en zijn onderling vergelijkbaar. Er is nog geen statistische analyse uitgevoerd.
- Op de kleigrond zijn de relatieve opbrengsten van mineralenconcentraten vergeleken met de twee kunstmesten lager dan op de zandgrond.

Nmineraal

De resultaten van de analyses van Nmineraal in de bodem waren nog niet beschikbaar voor deze rapportage.



Figuur 10 .Drogestofopbrengst van 5 sneden (jaarbasis), bemesting eerste, tweede en derde snede, kleigrond (Waiboerhoeve). N-bemesting in kg per ha: 1: 100 kg, 2: 200 kg, 3: 300 kg N per ha.



Figuur 11 Drogestofopbrengst van 5 sneden (jaarbasis), bemesting eerste, tweede en derde snede, zandgrond (Roelofs).. N-bemesting in kg per ha: 1: 100 kg, 2: 200 kg, 3: 300 kg N per ha.

Voorlopige werkingscoëfficiënten, berekend op basis van drogestofopbrengsten

De voorlopige werkingscoëfficiënten van de concentraten met KAS als referentie meststof zijn berekend als:

$$(\text{N-reactie concentraat}) / (\text{N-reactie meststof KAS}),$$

waarbij de N-reactie per meststof en N-trap is berekend als
(opbrengst bij een bepaalde N-trap) – (opbrengst zonder N bemesting)

Daarnaast zijn de voorlopige werkingscoëfficiënten ook berekend met vloeibaar Ammoniumnitraat als referentie meststof:

$$(\text{N-reactie concentraat}) / (\text{N-reactie meststof Ammoniumnitraat}).$$

In de onderstaande tabellen zijn de drogestofopbrengsten op jaarbasis, berekende N-reacties en berekende werkingscoëfficiënten weergegeven van de objecten die voor de eerste, tweede en derde snede zijn bemest. Op basis van deze tabellen worden de werkingscoëfficiënten voorlopig als volgt ingeschat:

- Op **zandgrond** varieert de N-werking van de concentraten ten opzichte van KAS (korrelmeststof) op basis van drogestofopbrengst tussen de 61 en 81 %. De N-werking ten opzichte van vloeibaar ammonium nitraat varieert tussen de 75 en 90 %.
- Op **kleigrond** varieert de N-werking van de concentraten ten opzichte van KAS tussen 40 en 46 % en ten opzichte van vloeibaar ammonium nitraat tussen 57 en 65 %.

Tabel 26. Opbrengsten (in kg droge stof per ha_en berekende reactie op N meststof (kg droge stof per N trap) op basis van 5 sneden (jaarbasis), bemesting eerste, tweede en derde snede, zandgrond

Meststof	N-niveau				Meer opbrengst droge stof t.o.v. 0 N		
	0	100	200	300	100	200	300
A	5776	7139	8475	10243	1363	2699	4467
C	5776	7136	8206	9701	1360	2430	3925
D	5776	7453	8613	10539	1677	2837	4763
Ammonium-nitraat	5776	7592	9134	10885	1816	3358	5109
KAS	5828	8399	10052	11247	2571	4224	5419

Tabel 27 Berekende werkingscoëfficiënten (in procenten) op basis van 5 sneden (jaarbasis) voor de bemesting in de eerste, tweede en derde snede op zandgrond

Meststof	werkingscoëfficiënt op basis van KAS				werkingscoëfficiënt op basis van Ammonium Nitraat			
	1	2	3	gemiddeld	1	2	3	gemiddeld
A	53	64	82	66	75	80	87	81
C	53	58	72	61	75	72	77	75
D	65	67	88	73	92	84	93	90
Ammonium-nitraat	71	80	94	81				

Tabel 28 Opbrengsten en berekende reactie op N meststof op basis van 5 sneden (jaarbasis), bemesting eerste, tweede en derde snede, kleigrond.

Meststof	N-niveau				Meer opbrengst droge stof t.o.v. 0 N		
	0	100	200	300	100	200	300
A	6971	7922	9739	12375	951	2767	5404
C	6971	8038	9538	10959	1066	2567	3988
D	6971	7973	10621	12825	1002	3650	5854
Ammonium-nitraat	6971	9231	11483	12825	2260	4511	5854
KAS	7042	10724	13087	15176	3682	6045	8134

Tabel 29 Berekende werkingscoëfficiënten (in procenten) per N meststof op basis van 5 sneden (jaarbasis), bemesting eerste, tweede en derde snede, kleigrond.

Meststof	werkingscoëfficiënt op basis van KAS				werkingscoëfficiënt op basis van Ammonium Nitraat			
	1	2	3	gemiddeld	1	2	3	gemiddeld
A	26	46	66	46	42	61	92	65
C	29	42	49	40	47	57	68	57
D	27	60		44	44	81		63
Ammonium-nitraat	61	75	72	69				

In deze voorlopige schatting zitten verschillende onzekerheden:

- De berekeningen zijn uitgevoerd door opbrengsten van het hele jaar op te tellen. Voor de definitieve verslaglegging wordt een uitgebreide statistische analyse per snede uitgevoerd. Mogelijk dat daardoor de werkingscoëfficiënten nog veranderen, maar naar verwachting is die verandering niet groot.
- Er is nog geen rekening gehouden met de N-opname van het gras omdat nog niet alle analyses van de grasmonsters ontvangen zijn van het laboratorium. Een voorlopige berekening met N-opbrengst van de eerste snede op zand liet echter geen grote verschuivingen zien ten opzichte van berekening met drogestof opbrengst.

Er lijkt zowel op zandgrond als op kleigrond een lagere stikstofwerking te zijn van vloeibare meststoffen, zowel van de concentraten als van de vloeibare kunstmest. Dit kan niet verklaard worden uit het snij-effect van de machine. In de eerste snede blijkt de machine lichte schade op te leveren (data niet weergegeven) maar dit wordt in de volgende sneden gecompenseerd. De twee onbemeste objecten, 1 met en 1 zonder snijden, hebben namelijk vrijwel dezelfde opbrengst op jaarbasis. Mogelijk is er een interactie van het snijeffect met stikstof

De lagere werking is waarschijnlijk niet volledig toe te schrijven aan een hoge ammoniakemissie. Op zandgrond was tijdens alle drie de uitrijmomenten en op kleigrond tijdens 2 van de 3 keer het weer somber en regenachtig, omstandigheden die in het algemeen tot relatief lagere emissies leiden.

Op klei is de werking van de concentraten lager dan op zand. Het is niet duidelijk waardoor dit wordt veroorzaakt. Een hypothese is dat dit met de stikstof-vorm te maken heeft. De stikstof in de concentraten is vrijwel volledig ammonium, in de vloeibare ammoniumnitraat is een deel nitraat. Het is wel vaker voorgekomen dat nitraathoudende meststoffen op kleigrond beter/sneller werkten dan volledig ammoniummeststoffen. Mogelijk dat de hogere pH op de kleigrond leidt tot een hogere ammoniak emissie dan bij zandgrond.

Voor bepaling van de dosering is uitgegaan van N-gehalten uit proefmonsters van de concentraten. Bij toediening zijn monsters genomen en geanalyseerd. Er zitten kleine verschillen tussen de gehalten waarmee bij de dosering is gerekend is en de werkelijk gehalte van de toegediende concentraten. Dit verschil is te klein om de relatief lage werking te verklaren. Om de stikstofwerking van de concentraten op basis van de werkelijk gegeven N met de concentraten exact te bepalen, moet eerst de statistische analyse uitgevoerd worden. Het is echter wel bekend dat de gehalten van de toegediende concentraten iets lager waren dan van de eerste monsters waarop de doseringen zijn gebaseerd. Op basis van concentratie in de mineralenconcentraten zou de N-werking van de A- en C-objecten ongeveer 3 % hoger zijn en van de D-objecten ongeveer 6 % dan nu aangegeven, zowel ten opzichte van KAS als van opgelost AN.

Het mag niet worden uitgesloten dat er door een andere viscositeit van het concentraat in het veld een kleine afwijking tussen de werkelijke dosering en geplande dosering is ontstaan Dit zal nog nagemeten worden, maar het verschil zal echter klein zijn.

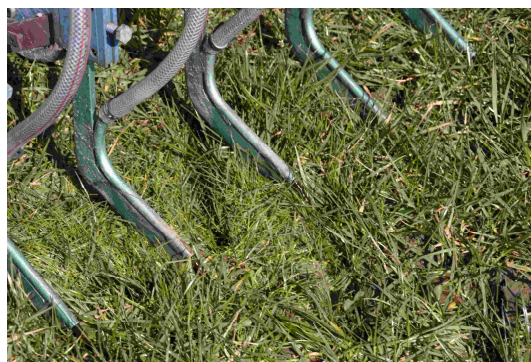
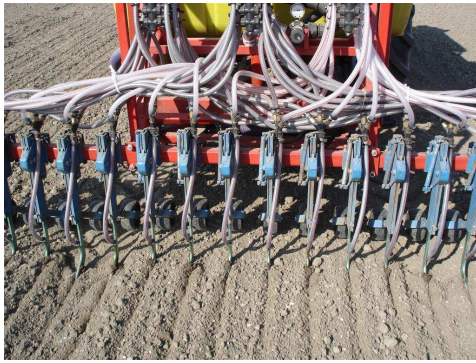
Voorgesteld wordt om in 2010 extra objecten in de proeven aan te leggen om meer inzicht te krijgen in de stikstofwerking van de mineralenconcentraten. Het gaat hierbij om een object met een ammoniummeststof (bv. ureum) en een KAS-object waarvan de zode gesneden wordt met de toedieningsmachine voor mineralenconcentraten.

Tabel 30. Analyses van stikstof van de in de aardappel- en graslandproeven toegepaste concentraten.

Monsterdatum 2009	N-totaal, g/kg			N-ammonium, g/kg			N-org, g/kg			N-ammonium, %		
	A	C	D	A	C	D	A	C	D	A	C	D
Bij ontvangst concentraten in maart	6,71	8,94	5,35	6,43	7,89	4,90	0,28	1,05	0,45	96%	88%	92%
Vóór filteren concentraat op 20 maart			5,37									
Na filteren concentraat op 20 maart			5,17									
Vóór uitrijden WBH op 24 maart	6,35	8,57										
Na uitrijden WBH op 24 maart	6,52	8,41										
Vóór filteren concentraat op 14 april	6,55		4,95									
Na filteren concentraat op 14 april	6,47		4,80									
Bij toediening voor poten AGV 20 april	6,87	8,82	5,20	6,25	7,85	4,79	0,62	0,97	0,41	91%	89%	92%
Bij toediening voor poten KB 29 april	6,84	8,76	5,18	6,13	7,78	4,69	0,71	0,97	0,48	90%	89%	91%
Bij toediening op grasland WBH 8 mei	6,81	8,75	5,01	6,31	7,75	4,86	0,50	1,00	0,15	93%	89%	97%
Bij toediening voor rugopbouw AGV 13 mei	6,56	8,78	5,38	6,03	7,78	4,75	0,53	1,01	0,63	92%	89%	88%
Bijbemesting bij knolzetting AGV 5 juni	6,44	8,56	5,13	6,15	7,79	4,84	0,29	0,77	0,29	96%	91%	94%
Bijbemesting bij knolzetting KB 17 juni	6,58	8,65	5,00	6,27	7,82	4,74	0,31	0,83	0,26	95%	90%	95%

Toelichting: WBH = graslandproef Waiboerhoeve (klei); AGV = aardappelproef PPO-AGV, Lelystad (klei); KB = aardappelproef proefboerderij Kooijenburg, Rolde (zand)

Opmerking: Vanwege verontreinigingen in de concentraten, die erin waren gekomen tijdens het transport, zijn de concentraten na ontvangst gefilterd. Vóór en na het filteren is enkele keren een monster genomen om na te gaan of er door het filteren stikstofverlies zou optreden door ammoniakvervluchtiging.



Figuur 12. Toedieningstechniek mineralenconcentraten in de veldproeven met grasland (onder) en aardappelen (boven).

3.4 Stikstofwerking van concentraten en dikke fractie op bouwland

W.C.A. van Geel & W. van Dijk (PPO-AGV Lelystad, Wageningen UR)

Inleiding

Bij mestscheiding volgens verschillende scheidingstechnieken gevolgd door omgekeerde osmose ontstaan concentraten die kunnen worden gebruikt als kunstmestvervanger. Deze concentraten bevatten stikstof en kali. De stikstof is voor het grootste deel aanwezig in minerale vorm (ammonium). Het aandeel organische stikstof is gering (<10%).

Voor potentiële gebruikers van concentraten is het van belang dat de N-werking vergelijkbaar is met die van gangbare kunstmest. De verwachting is dat de werking wat lager zal zijn door de risico's van ammoniakemissie (combinatie van aanwezigheid van ammonium en hoge pH van het product) en doordat een klein deel van de N aanwezig is in organische vorm. De risico's van ammoniakemissie kunnen worden beperkt door het concentraat met emissie-arme technieken toe te dienen.

In 2009 is veldonderzoek gestart naar de N-werking van concentraten op zowel gras- als bouwland. Doel van het onderzoek is vaststelling van de N-werking van concentraten bij emissiearme toediening t.o.v. gangbare kunstmest (KAS). Hieronder worden de eerste resultaten van de bouwlandproeven beschreven.

Materiaal en methoden

Voor bouwland is een proef aangelegd in consumptieaardappel op kleigrond te Lelystad (Flevoland) en in zetmeelaardappel op zandgrond te Rolde (Drenthe). Als referentie is in beide proeven een N-trappenreeks met KAS aangelegd, toegediend als eenmalige gift vlak vóór het poten van de aardappelen: 0, 50, 100, 150 en 200 kg N/ha. In de proeven zijn de concentraten van de installaties A, C en D opgenomen, elk in drie doseringen vóór het poten: 50, 100 en 150 kg N-totaal per ha. Ook is een nulobject opgenomen waarbij de mestkouters door de grond zijn getrokken zonder mest te doseren, om te beoordelen of er een effect is van grondverstoring door de kouters. De toedieningsdiepte van de concentraten bedroeg 7-8 cm op de kleigrond en 10 cm op de zandgrond. Verder is in beide proeven de dikke fractie van installatie C vóór het poten toegediend en ingewerkt bij en gift van 50, 100 en 150 kg N totaal per ha. Te Rolde heeft men door een vergissing bovenop de laagste dosering van de concentraten en de dikke fractie (50 kg N/ha) nog eens 50 kg N/ha uit KAS gestrooid.

Naast de hierboven genoemde toediening vóór het poten zijn er ook situaties denkbaar waarin concentraten na het poten worden toegediend. Als op zavel- en kleigrond de condities voor mesttoediening vóór het poten ongunstig zijn (te nat) past het beter om de mest enkele weken later toe te dienen onder drogere omstandigheden, om structure schade aan de bodem te voorkomen. De toediening vindt dan plaats vlak voor de rugopbouw. Dit is in de proef te Lelystad meegenomen bij één N-niveau. Bij alle objecten is vóór het poten 50 kg N/ha gestrooid met KAS en bij rugopbouw is 100 kg N/ha toegediend met KAS dan wel met de drie concentraten (toedieningsdiepte 7-8 cm).

In geval van stikstofdeling in aardappelen wordt circa 2/3 deel van de gift aan de basis gegeven en 1/3 deel bij knolzetting. De mogelijkheid om bij te bemesten met concentraten is ook opgenomen in de proeven. Bij alle objecten is vóór het poten 100 kg N/ha gestrooid met KAS (basisbemesting) en bij knolzetting is 50 kg N/ha toegediend

met KAS dan wel met de drie concentraten, toegediend in de geulen tussen de ruggen op 5-6 cm diepte.

Verschillen in fosfaat-, kali- en magnesiumaanvoer zijn bij alle objecten gelijkgetrokken met aanvullende kunstmestgiften per object. Van zwavel is bij alle objecten een overmaat aangevoerd.

De toediening van de concentraten is uitgevoerd met een proefveld machine (*Figuur 12*). Resultaten van de analyses van de concentraten staan in Tabel 30 gegeven.

Resultaten

De mineralenconcentraten kwamen tijdens de toediening goed onder de grond terecht. Bij de hogere doseringen kwam er soms een beetje vloeistof naar de oppervlakte, maar dit zakte meteen weer de grond in.

In de zomer was het loof van de aardappelen te Lelystad bij de concentraten minder goed ontwikkeld dan bij KAS bij dezelfde N-niveaus. Te Rolde was dit verschil miniem. Tussen de concentraten onderling waren er op beide locaties geen duidelijke verschillen in loofontwikkeling. Bij de dikke fractie was de loofontwikkeling op beide locaties minder dan bij de KAS bij de zelfde N-niveaus.

De totale knolopbrengst van de aardappelen was bij de concentraten lager dan bij KAS, zowel bij de basisbemesting als de bijbemesting (*Figuur 13* en *Figuur 14*). Te Lelystad was het verschil groter dan te Rolde. Het opbrengstverschil tussen de concentraten was klein, wisselend per N-trap en niet significant. Daarom is in de figuren het gemiddelde van de drie concentraten weergegeven.

De knoldrogestofproductie en de stikstofopname in de knollen waren bij de concentraten en de dikke fractie ook lager dan bij KAS. Te Rolde waren deze verschillen kleiner dan te Lelystad. Het verschil in drogestofproductie ten opzichte van KAS was te Rolde zelfs niet significant.

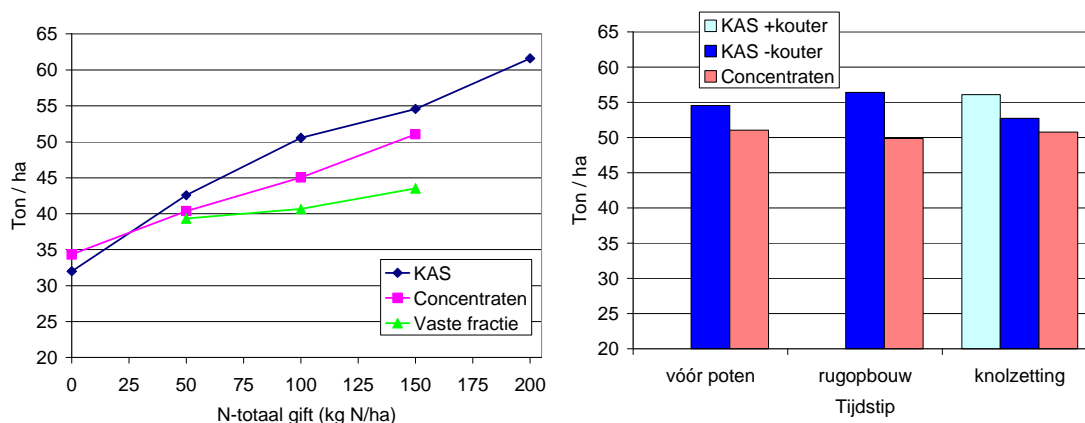
Op basis van de N-opname in de knollen bij toediening van de meststoffen vóór poten (*Figuur 15* en *Figuur 16*) is de N-werking van de concentraten te Lelystad voorlopig geschat op ca. 70% en die te Rolde op ca. 85%. Bij de toepassingen na poten (bij rugopbouw te Lelystad en bij knolzetting op beide locaties) was de N-werking van de concentraten ten opzichte van KAS lager dan bij toediening vóór het poten. Hoeveel het lager was, moet nog uit nadere analyse blijken.

De stikstofwerking van de vaste fractie is op basis van de N-opname geschat op ca. 30% te Lelystad. Te Rolde leek die werking hoger, maar de response van de opbrengst en N-opname waren hier bij de dikke fractie grillig en lijken sterk te zijn beïnvloed door proefveldvariatie. Dit maakt het lastig om de N-werking goed te kunnen schatten. De stikstof in de dikke fractie bestond voor 42% uit ammonium-N.

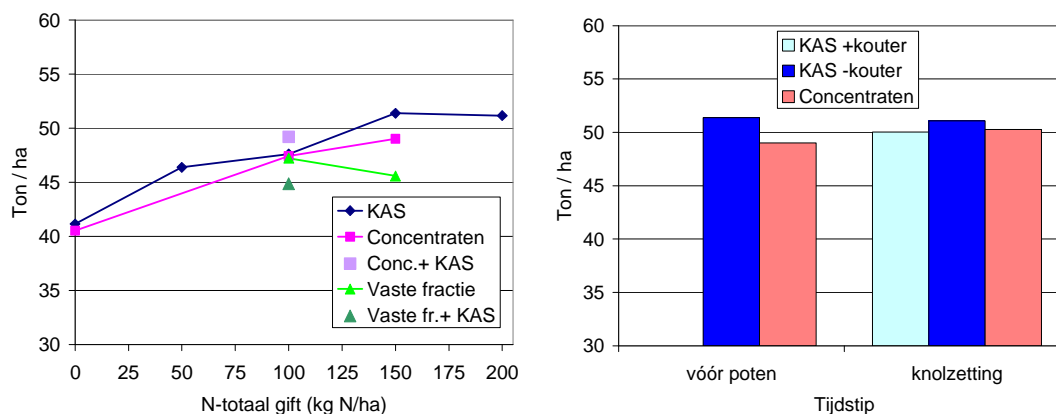
De N_{min} in de laag 0-60 cm was te Lelystad bij de concentraten gemiddeld 8 kg N/ha hoger dan bij KAS (dit verschil is statistisch significant) en bij de dikke fractie gemiddeld 5 kg N/ha lager (niet significant). Te Rolde verschilde de N_{min}0-60 na oogst niet tussen de concentraten en KAS. Bij de dikke fractie was deze 10 kg N/ha hoger dan bij KAS (niet significant).

Discussie

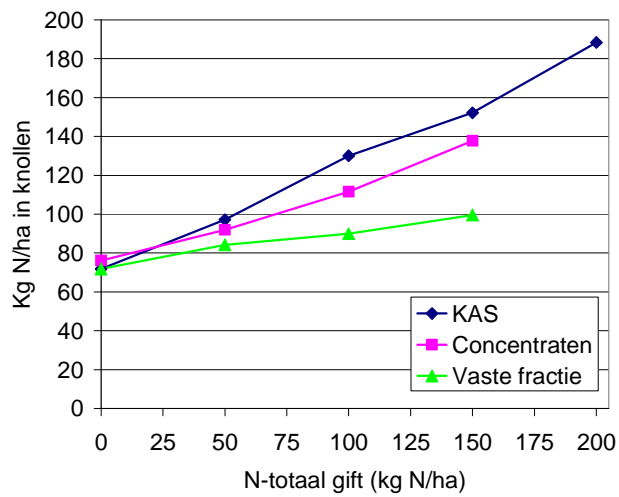
De resultaten zijn voorlopig en moeten nog nader worden uitgewerkt. De stikstofwerking van de mestconcentraten was met name in de proef op klei lager dan op grond van de samenstelling ervan mag worden verwacht bij emissie-arme aanwending (ca. 90%). In de proef op zand was de werking hoger dan op klei en iets lager dan volgens de verwachting. Ook de N-werking van de dikke fractie op klei was laag. Van de proef op zand moet dit nog uit nadere analyse van de resultaten blijken. De oorzaak van de lage N-werking en van het verschil tussen zand en klei is nog niet bekend.



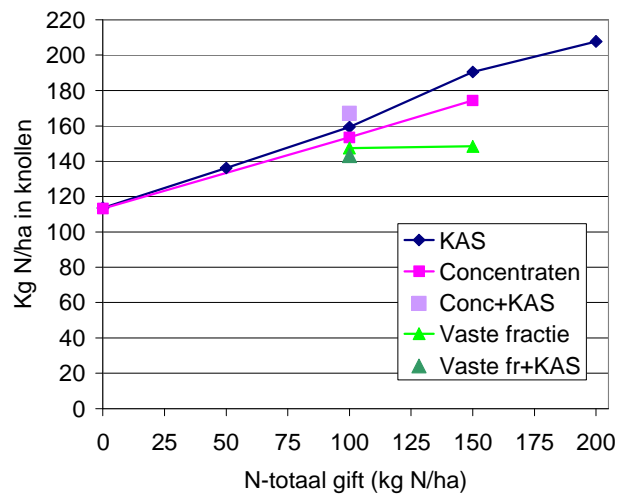
Figuur 13. Totale knolopbrengst te Lelystad; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (rugopbouw: 50 kg N/ha uit KAS vóór poten en 100 kg N/ha uit KAS/concentraten vlak voor rugopbouw; knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting).



Figuur 14. Totale knolopbrengst te Rolde; links: bij toediening als eenmalige gift na poten, rechts: op de verschillende toedieningsmomenten bij totaal 150 kg N/ha (knolzetting: 100 kg N/ha uit KAS vóór poten en 50 kg N/ha uit KAS/concentraten bij begin knolzetting).



Figuur 15. Stikstofopname in de knollen te Lelystad bij toediening vóór poten.



Figuur 16. Stikstofopname in de knollen te Rolde bij toediening vóór poten.

3.5 De beschikbaarheid van fosfaat uit de dikke fractie

J.J. Schröder, D. Uenk & W. de Visser (Plant Research International, Wageningen UR)

Inleiding

Tijdens de verwerking van dierlijke mest ontstaan naast concentraten ook dikke fracties. Dit gebeurt bij een eerste scheiding van de ingaande onbewerkte mest (zeven, persen, centrifugeren, e.d.) en ook bij de ultrafiltratie van de dunne fracties uit de eerste scheiding. Deze dikke fracties zijn *relatief* arm aan water, stikstof (N) en kali (K), en *relatief* rijk aan organische stof en fosfor (P). Dikke fracties zijn daarom in beginsel aantrekkelijke meststoffen voor toepassing op, bijvoorbeeld, zware akkerbouwgronden in de nazomer.

Omwille van een beter scheiding in dunne en dikke fracties worden in sommige installaties en bij sommige mestsoorten toevoegmiddelen (coagulanten, flocculanten) gebruikt. Dergelijke toevoegmiddelen kunnen, afhankelijk van hun aard en dosering, de beschikbaarheid van P voor gewassen verminderen, althans in het groeiseizoen onmiddellijk volgend op de toediening. Dit kan de afzetkansen van dikke fracties ongunstig beïnvloeden omdat afnemers, vooral bij een beperkt gebruik, zeker willen zijn van de werkzaamheid. Een verlaging van de werkzaamheid van P in dikke fracties maakt mestverwerking als zodanig minder aantrekkelijk, ook al is de N-werking van dunne fracties nog zo goed. Daarom wordt binnen het project Mineralenconcentraten (2009-2010) ook aandacht gegeven aan de beschikbaarheid van P in dikke fracties. Het hier beschreven onderzoek heeft dan ook tot doel om na te gaan of de P in dikke fractie op korte termijn even beschikbaar is als die in onbewerkte 'ruwe' dierlijke mest.

Materialen en methoden

De in- en uitgaande meststromen van vier mestscheidingsinstallaties (A, B, C en D) zijn bemonsterd op hun chemische samenstelling. Alleen in installatie B zijn ter bevordering van het vlokproces ijzerhoudende zouten gebruikt in een dosering van 0,36 mol Fe per mol P.

Elk van de vier ruwe mesten en de vier dikke fracties uit genoemde installatie is met een zodanige hoeveelheid zavelgrond gemengd dat de mestgift vergelijkbaar was met een gift van precies 300 kg P₂O₅ per ha bij een veronderstelde bouwvoor van 30 cm. Met deze acht partijen grond zijn per mestsoort acht potten van elk circa 10 liter gevuld. Als referentie zijn ook acht potten met onbemeste grond gevuld en acht potten gevuld met grond die gemengd is met een hoeveelheid kunstmestfosfaat (tripelsuperfosfaat, TSP). Ook van die behandeling kwam de dosering overeen met 300 kg P₂O₅ per ha. De (onbegroeide) potten zijn in de buitenlucht in de schaduw onder een overkapping opgeslagen. Alle 80 potten zijn nadien wekelijks gewogen en indien nodig met leidingwater aangevuld tot het oorspronkelijke gewicht.

Na 8 weken is de bodem van 40 van de 80 potten bemonsterd op Pw-getal, P extraheerbaar met 0,01 M CaCl₂, P-Al-getal en P totaal (H₂SO₄-H₂O₂-Se destructie). Van die bemonstering wordt hier verslag gedaan, vooruitlopend op een tweede bemonstering in december 2009.

Resultaten

Afgemeten aan het Pw-getal na 8 weken incubatie, was de P-beschikbaarheid van TSP, ruwe mest en dikke fracties min of meer vergelijkbaar (deze resultaten zullen in eindrapport worden opgenomen). Het Pw-getal was significant hoger ($P < 0,05$) bij gebruik van TSP en significant lager bij de dikke fractie uit installatie B. De dikke fractie uit installatie B had ook een lagere werkzaamheid op basis van P-CaCl₂. Echter, op basis van het P-Al-getal of P-totaal was dit niet langer het geval. Aannemende dat er een lineair verband bestaat tussen de gift aan TSP (0 of 300 kg per ha) en de gemeten P-beschikbaarheid bij elk van die twee giften, laat de relatieve P-werking van ruwe drijfmesten en dikke fracties zich uitrekenen (Tabel 31). Daaruit blijkt allereerst dat de relatieve P-werking van dierlijke mest op basis van het P-Al-getal en P-totaal in vrijwel alle gevallen groter dan 100% is. Een duidelijke verklaring is daar op dit moment niet voor te geven omdat aangenomen mag worden dat dierlijke mest, gegeven de doseringen van steeds 300 kg P₂O₅ per ha, niet beter zal werken dan 300 kg P₂O₅ per ha in de vorm van TSP. De relatieve werking op basis van het Pw-getal en P-CaCl₂ bevindt zich meestal tussen 50% en 100% met uitzondering van de dikke fractie van installatie B waarvan de werking minder dan 50% bedraagt.

De hier besproken resultaten hebben betrekking op analyses na 8 weken incubatie. Na 20 weken (december 2009) zullen opnieuw analyses plaatsvinden. De resultaten hiervan zullen in het eindrapport worden opgenomen en geëvalueerd.

Tabel 31 De relatieve P-werking (%) van ruwe drijfmest en dikke fractie ten opzichte van kunstmestfosfaat na 8 weken incubatie

Mestsoort	Installatie	Basis:			
		Pw-getal	P CaCl ₂	P-Al-getal	P-totaal
Ruwe drijfmest	A	53	73	113	233
	B	60	73	100	248
	C	80	82	107	119
	D	80	100	87	152
Dikke fractie	A	87	91	167	167
	B	33	45	127	114
	C	80	82	107	119
	D	73	73	187	119

Voorlopige conclusie

De P-werking van dikke fracties was bij gebruik van milde extractiemethodes (Pw-getal en P-CaCl₂) vergelijkbaar met die van ruwe dierlijke mest bij de drie installaties die geen ijzerbevattende toevoegmiddelen gebruikten. Bij de installatie die ijzersulfaat gebruikte was de P-werking van de dikke fractie lager dan die van de ruwe mest. Bij agressievere extractiemethodes (P-Al-getal en P-totaal) was de P-werking van alle dikke fracties hoger dan die van een kunstmestgift van dezelfde grootte.

3.6 Gasvormige stikstofemissies

G.L. Velthof & E.W.J. Hummelink (Alterra, Wageningen UR)

Inleiding

Bij toepassing mineralenconcentraten en dikke fracties kunnen emissies van lachgas (N₂O) en ammoniak (NH₃) optreden.

Het mineralenconcentraat bestaat een ammoniumoplossing met een laag gehalte aan organische N (meestal lager dan 10%) en een hoge pH. De combinatie van de aanwezigheid van ammonium en een hoge pH leidt tot een risico op ammoniakemissie. Dit risico kan beperkt worden door het concentraat emissie-arm toe te dienen. De hypothese was dat het risico op ammoniakemissie bij toediening van mineralenconcentraat hoger is dan bij KAS, maar lager dan die bij ureumhoudende kunstmeststoffen. Er werd ook verwacht dat het risico op ammoniakemissie uit mineralenconcentraten lager is dan die uit onbehandelde mest, omdat de mineralenconcentraten een vloeistof zijn die gemakkelijker in de bodem trekken dan mest. Het risico op ammoniakemissie zal op kleigrond mogelijk iets groter zijn, omdat de het concentraat minder snel de bodem in kan dringen en omdat het inwerken in kleigrond vaak moeilijker gaat dan in zandgrond.

Bij lachgasemissie werd verwacht dat het risico bij mineralenconcentraten lager is dan bij KAS, omdat bekend is dat nitraathoudende kunstmest een hoger risico op lachgasemissie heeft dan ammoniumhoudende meststoffen (zoals mineralenconcentraten), met name bij toepassing op grasland. Het risico op lachgasemissie bij mineralenconcentraten is naar verwachting ook lager dan dierlijke mest, met name op bouwland. Dit wordt verwacht omdat het gehalte aan organische stof lager is in mineralenconcentraten dan in mest. Organische stof is de energiebron voor bacteriën die lachgas produceren.

Er zijn drie incubatieproeven uitgevoerd om inzicht te krijgen in het risico op ammoniak- en lachgasemissie bij toepassing mineralenconcentraten in vergelijking tot andere meststoffen (kunstmest, mest en dikke fractie). Laboratoriumonderzoek geeft een indruk van de verschillen in gasvormige emissies tussen meststoffen, maar geeft geen kwantitatieve schatting van de emissies die onder veldomstandigheden optreden.

Materialen en methoden

Het doel van de eerste laboratoriumproef was het kwantificeren van ammoniak- en lachgasemissie bij oppervlakkige en emissie-arme toediening van verschillende meststoffen onder gecontroleerde omstandigheden. De opzet van de eerste proef was als volgt:

- 1 controle (onbemest)
- 3 kunstmesten (KAS, ureum, urean)
- 4 varkensmesten, waarvan 1 digestaat (afkomstig van vier installaties)
- 4 mineralen concentraten (afkomstig van vier installaties)
- 4 dikke fracties (afkomstig van vier installaties)
- 2 toedieningstechnieken: oppervlakkig en inwerken
- Grondsoort: zandgrond-bouwland (afkomstig van het proefveld met aardappelen; paragraaf 3.3)

- Vochtgehalte: veldcapaciteit
- N-gift overeenkomend met 170 kg N per ha
- 3 herhalingen; in totaal 93 incubatie potten

Het doel van de tweede proef was het kwantificeren van ammoniak- en lachgasemissie bij emissie-arme toediening van verschillende meststoffen aan drie grondsoorten afkomstig van graslandlocaties. De opzet van de tweede proef was als volgt:

- 1 controle (onbemest)
- 3 kunstmesten (KAS, ureum, Urean)
- 4 varkensmesten, waarvan 1 digestaat (afkomstig van vier installaties)
- 4 mineralen concentraten (afkomstig van vier installaties)
- 3 grondsoorten: zandgrond-grasland, kleigrond-grasland en veengrond-grasland (zand en klei zijn afkomstig van de proefvelden met grasland; paragraaf 3.3. Veengrond is afkomstig van proefbedrijf Zegveld).
- Toedieningstechniek: emissiearm (simulatie zodebemesting door de producten in een snede van enkele centimeters diepte te plaatsen)
- Vochtgehalte: veldcapaciteit
- N-gift overeenkomend met 170 kg N per ha
- 3 herhalingen; in totaal 108 incubatie potten

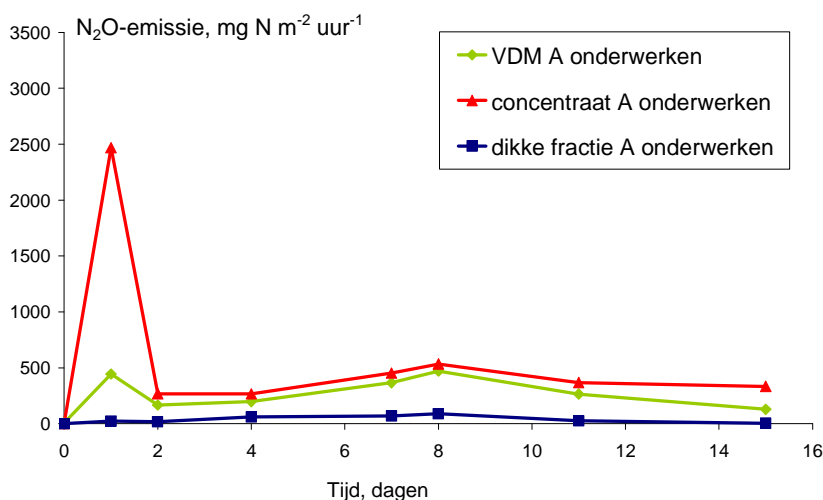
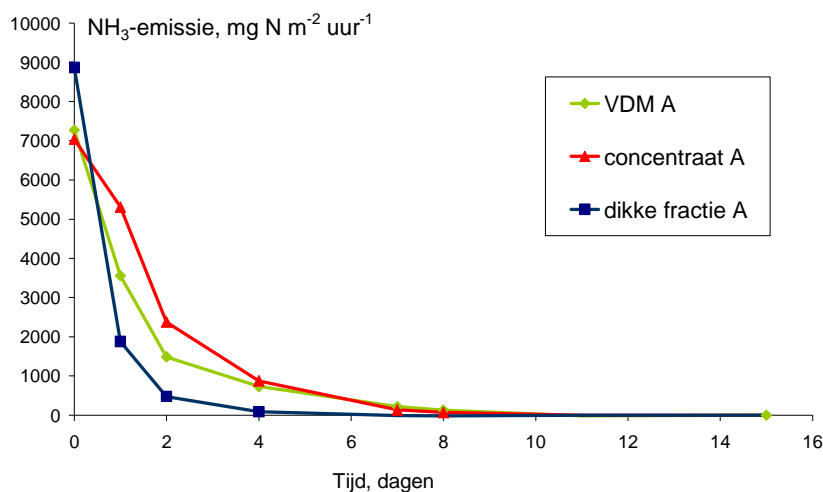
Het doel en opzet van de derde incubatieproef was hetzelfde als die van de eerste proef. De mesten en concentraten die in deze proef zijn getest, waren afkomstig van drie andere installaties dan in de eerste proef. Deze proef is half november gestart en de resultaten waren nog niet beschikbaar voor deze rapportage.

In een aanvullende proef is de potentiële stikstofmineralisatie van zeven dikke fracties en onbehandelde mesten bepaald door middel van anaerobe incubatie. Deze proef is begin november gestart en er zijn nog geen resultaten beschikbaar bij deze rapportage.

De ammoniak- en lachgasemissies zijn op verschillende tijdstippen na bemesting met een gasmonitor bepaald. Gelijktijdig is ook de CO₂-emissies gemeten. De CO₂-gegevens zijn nog niet opgenomen in deze rapportage.

Resultaten

Als voorbeeld voor het verloop van de emissie in de tijd worden in Figuur 17 de patronen van ammoniakemissie bij oppervlakkige toediening en de lachgasemissie bij onderwerken weergegeven voor mest A, concentraat A en dikke fractie A. De ammoniakemissie is het hoogst vlak na toediening en neemt daarna sterk af, hetgeen ook bekend is van veldmetingen. De lachgasemissie van concentraat A heeft een korte piek direct na toediening en is daarna vergelijkbaar met onbehandelde mest. De resultaten van de emissiemetingen worden geëxtrapoleerd naar een totale emissie vertaald (Tabel 32 en Tabel 33). De gegevens zijn nog niet statistisch geanalyseerd.



Figuur 17. *Patroon van ammoniakemissie bij oppervlakkige toediening en lachgasemissie bij onderwerken voor mest (VDM), concentraat en dikke fractie van installatie A (resultaten eerste incubatieproef).*

In Tabel 32 staan de resultaten van de totale ammoniak- en lachgasemissie van de producten, toegediend aan grondmonsters van bouwland (incubatieproef 1). De belangrijkste resultaten van ammoniakemissie zijn (Tabel 32):

- Inwerken van de producten leidt tot een forse reductie van ammoniakemissie ten opzichte van oppervlakkige toediening.
 - De ammoniakemissie van ingewerkte concentraten is iets lager dan die van ingewerkte mest.
- De resultaten van oppervlakkig toegediende meststoffen geeft een indicatie van het risico op ammoniakemissie.
 - De ammoniakemissie bij installaties A, B en C is het hoogst bij oppervlakkig toegediende concentraten, gevolgd door mest en dikke fracties. Bij installatie B was de ammoniakemissie van oppervlakkig toegediende mest hoger dan die van het concentraat.

- De ammoniakemissie van oppervlakkig toegediende concentraat B is lager dan die van de concentraten A, C en D.
- De ammoniakemissie van oppervlakkig toegediende concentraat A, C en D is hoger dan die van de kunstmesten KAS, ureum en urean.

De belangrijkste resultaten van lachgasemissie in incubatieproef 1 zijn (Tabel 32):

- Inwerken van de producten leidt tot een toename van lachgasemissie ten opzichte van oppervlakkige toediening. Dit is ook in veldonderzoek met mest gevonden.
 - De lachgasemissie van concentraat A en C is hoger dan die van mesten A en C, die van concentraat D is lager dan die van mest D en die van concentraat B is vergelijkbaar met die van mest B.
 - De lachgasemissie van dikke fractie D is hoog en veel hoger dan die van de overige vaste mesten en andere producten.
- De lachgasemissie van oppervlakkig toegediende producten is lager dan die van ondergewerkte producten. Dit geldt ook voor de concentraten.

In Tabel 33 staan de resultaten van de totale ammoniak- en lachgasemissie van de producten toegediend aan grondmonsters van grasland (incubatieproef 2). De belangrijkste resultaten van de ammoniakemissie zijn (Tabel 33):

- De ammoniakemissie is lager bij emissiearm toegediende mineralenconcentraten dan bij oppervlakkig toegediende ureum en urean.
- De verschillen in ammoniakemissie tussen concentraten en mesten zijn klein.
- Er zijn geen verschillen in ammoniakemissie tussen de drie grondsoorten.

De belangrijkste resultaten van lachgasemissie in incubatieproef 2 zijn (Tabel 33):

- De lachgasemissie na toediening van concentraten is meestal hoger dan bij toediening van mest.
- De lachgasemissie na toediening concentraten is vergelijkbaar of hoger dan bij toediening van KAS
- De lachgasemissie neemt toe in de volgorde klei < zand < veen. Deze volgorde is waarschijnlijk gerelateerd is aan het organische stofgehalte (denitrificatiecapaciteit) van de gronden.

De resultaten zijn nog niet gerelateerd aan de samenstelling van de producten, zoals beschreven in paragraaf 3.2. Mogelijk dat hiermee verschillen in gasvormige emissies tussen de concentraten kunnen worden verklaard.

Voorlopige conclusies

- Oppervlakkige toediening van mineralenconcentraten leidt tot een vergelijkbare of hogere ammoniakemissie dan oppervlakkige toediening van mest. Emissiearm toediening leidt tot een forse reductie van de ammoniakemissie van mineralenconcentraten, net zoals bij mest.
- De ammoniakemissie van emissiearm toegediende mineralenconcentraten is vergelijkbaar met die van oppervlakkig toegediende KAS en lager dan die van oppervlakkig toegediende ureum. Oppervlakkige toediening is de gangbare

toedieningstechniek voor kunstmest en emissiearme toediening is voorgeschreven toedieningstechniek voor mineralenconcentraten.

- Mineralenconcentraten die emissiearm zijn toegediend leiden meestal tot een hoger lachgasemissie dan emissiearm toegediende mest en een vergelijkbaar of hogere lachgasemissie dan oppervlakkig toegediende KAS.
- Bij zowel ammoniak- als lachgasemissie zijn verschillen tussen mineralenconcentraten zichtbaar. De resultaten zijn nog niet gerelateerd aan de samenstelling van de producten.
- In deze incubatieproef had grondsoort geen duidelijk effect op de ammoniakemissie, maar wel op de lachgasemissie van emissiearm toegediende mineralenconcentraten. De lachgasemissie neemt toe in de volgorde klei < zand < veen. Deze volgorde is waarschijnlijk gerelateerd aan de denitrificatiecapaciteit van de gronden.

Tabel 32. Totale ammoniak- en lachgasemissie in incubatieproef 1 (grondmonsters bouwland op zandgrond).

Behandeling	Ammoniakemissie, mg N/m ²		Lachgasemissie, mg N/m ²	
	Oppervlakkig	Inwerken	Oppervlakkig	Inwerken
Controle	0	0	0	0
KAS	12	4	5	30
Ureum	229	8	156	248
Urean	15	2	76	47
Mest A	285	12	53	97
Concentraat A	360	0	18	179
Dikke fractie A	173	0	12	15
Mest B	316	13	78	124
Concentraat B	125	0	11	129
Dikke fractie B	84	0	0	86
Mest C	284	9	31	82
Concentraat C	493	6	27	167
Dikke fractie C	45	6	8	43
Mest D	155	10	193	297
Concentraat D	470	0	63	111
Dikke fractie D	32	0	431	646

Tabel 33. Totale ammonia- en lachgasemissie in incubatieproef 2 (grondmonsters grasland).

	Ammoniakemissie, mg N/m ²			Lachgasemissie, mg N/m ²		
	Klei	Zand	Veen	Klei	Zand	Veen
Controle	0	1	0	0	88	716
KAS	0	0	1	114	386	1117
Ureum	76	99	43	147	105	890
Urean	23	32	1	217	204	703
Mest A	8	8	8	148	348	998
Concentraat A	0	3	1	290	585	1384
Mest B	1	3	1	146	151	701
Concentraat B	0	0	0	329	384	1154
Mest C	7	4	8	200	326	604
Concentraat C	10	13	3	254	344	1296
Mest D	6	5	4	101	321	656
Concentraat D	0	7	1	292	439	1166

3.7 Praktijkervaringen met kunstmestvervanging in het melkveebedrijf en het akkerbouwbedrijf

K. Verloop (PRI, Wageningen UR) en H. van den Akker (DLV-Plant)

Inleiding

In het deelonderzoek 'Bedrijfsdemo Mineralenconcentraten' werden de mogelijkheden en knelpunten verkend van gebruik van mineralenconcentraten in de melkveehouderij en de akkerbouw. De eerste verkenningen vonden plaats op bijeenkomsten met melkveehouders van 'Koeien en Kansen' en met telers van 'Telen Met Toekomst'. Daarna werd de stap naar de praktijk gemaakt op melkveebedrijf Van Wijk, te Waardenburg en Pijnenborg-Van Kempen, te IJsselsteyn en op akkerbouwbedrijf Van den Berg, te Luyksgestel.

Ervaringen op het melkveebedrijf

Perspectieven

Concentraat kan in de melkveehouderij vooral ingezet worden om te voorzien in de hoge stikstof behoefte van grasland. Volledige vervanging van het stikstof kunstmest gebruik in gras biedt ruimte voor een concentraatgebruik (uitgedrukt in kg stikstof) van ongeveer 6,5 duizend kg per bedrijf. De mate waarin stikstof kunstmest wordt vervangen, zal afhangen van de N-werking, de prijs van het concentraat ten opzichte van kunstmest en de meevoer van fosfaat en kali.

Meer dan de helft van de melkveebedrijven in Nederland zullen door aanscherping van de gebruiksnormen dierlijke mest moeten afvoeren vanwege fosfaat. Bij vervanging van stikstof kunstmest door concentraat komt nog een substantiële hoeveelheid extra fosfaat naar de bedrijven toe (afhankelijk van de stikstof/fosfaatverhouding in het concentraat). Dit leidt op de bedrijven met een fosfaatoverschot tot extra afvoer van dierlijke mest. Voor afzet van concentraat in de melkveehouderij in overschotgebieden is het daarom van groot belang dat de stikstof/fosfaatverhouding zo hoog mogelijk is, zodat de aanvoer van fosfaat met concentraat verwaarloosbaar is.

Als het concentraat voorziet in een deel van de kali behoefte op het bedrijf, draagt dit sterk bij aan de bemestende waarde per ton concentraat. Gebruik van mineralenconcentraten kan dan financieel zeer aantrekkelijk zijn. Op intensieve melkveebedrijven is er echter geen behoefte aan kali in aanvulling op de kali aanvoer met dierlijke mest en kan gebruik van concentraat leiden tot overschrijding van de bemestingsadviezen voor kali. Bij normale kali/stikstof verhouding en een K-toestand in de bodem 'voldoende', geeft de kali aanvoer bij een kunstmest N vervanging van ongeveer 50% aanleiding om bedacht te zijn op kali overmaat. Soms is overschrijding niet bezwaarlijk, bijvoorbeeld bij aankoop van veel kali arm voer. Er is dus een 'kali ruimte' voor concentraat waarbinnen gebruik gunstig is en waarboven gelet moet worden op overmaat, maar die ruimte hoeft niet gelijk te zijn aan het bemestingsadvies.

Gebruik

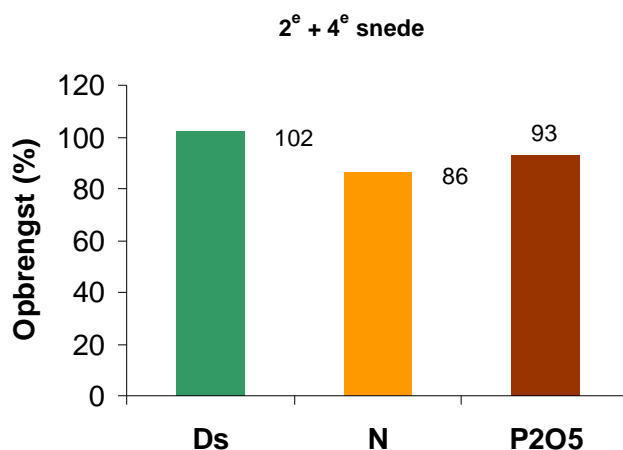
In 2009 werd concentraat toegepast op het bedrijf Van Wijk, te Waardenburg en bedrijf Pijnenborg-Van Kempen, te IJsselsteyn. Melkveehouder Van Wijk verving op 34 ha grasland 80 kg kunstmest N (40% van het kunstmestgebruik) door concentraat. De benodigde hoeveelheid concentraat (365 ton) werd in twee ongeveer even grote partijen aangeleverd, één voor de eerste en één voor de 2^e snede. Pijnenborg-Van Kempen vergeleek op 8,5 ha gras de werking van concentraat in een concentraat /drijfmest mengsel met een behandeling met drijfmest en KAS. De behandelingen werden uitgevoerd in de 2^e en 4^e snede. Het N niveau in KAS en concentraat was 50 kg per hectare in elke snede.

Opbrengst en N-werking

De eerste indrukken over de N-werking van concentraat zijn op de twee melkveebedrijven op basis van de ervaringen in het eerste jaar gematigd positief tot positief.

Op bedrijf Pijnenborg was de N-opbrengst van gras behandeld met drijfmest/concentraat mengsel 14% lager dan de N-opbrengst in de drijfmest/KAS behandeling. De N-werking kan niet exact worden berekend, maar met een enkele aanname is een schatting mogelijk. De geschatte N-werking van mineralenconcentraat bedraagt tussen de 60 en 70%. De opbrengst van droge stof en fosfaat week niet af, maar de stikstof opbrengst (dus ook het gehalte) was lager bij toepassing van concentraat vergeleken met die bij KAS (Figuur 18). Op bedrijf Van Wijk werd de grasopbrengst als 'prima' beoordeeld. Het stikstof gehalte in de voorjaarskuilen was iets lager dan in de voorjaarskuilen van andere jaren, maar daarbij moet aangetekend worden dat de gehalten in gras dit jaar op alle bedrijven lager zijn dan in andere jaren.

Voor Pijnenborg-Van Kempen is een N-werking in concentraat die lager is dan van stikstof kunstmest bezwaarlijk. Een verschil in opbrengst kan namelijk niet gecompenseerd worden door aankoop van extra kunstmest stikstof omdat de volledige kunstmestruimte wordt gebruikt. Door de hoge intensiteit is al het zelf geproduceerde voer nodig en moet alle ruimte voor bemesting zo goed mogelijk worden gebruikt.



Figuur 18. Opbrengsten in grasland behandeld met concentraat ten opzichte van de opbrengst in grasland behandeld met KAS (100%), beide in aanvulling op een gelijke drijfmestgift.

Aanvoer van kali en fosfaat

Op beide bedrijven werd met concentraat meer kali aangevoerd dan de adviesgift. Hiervan worden geen problemen verwacht. Wel lijkt het verstandig om de ontwikkeling van het K-getal in de bodem en het kali gehalte in het gewas te volgen. De fosfaataanvoer met concentraat wordt bij Pijnenborg Van Kempen niet positief gewaardeerd (in de zin dat het bijdraagt aan de gewasbehoefte), maar leidt ook niet tot mestafvoer. Op bedrijf Van Wijk draagt fosfaat mogelijk wel iets bij, omdat de fosfaattoestand in de bodem laag is.

Opslag en aanwending

Op beide bedrijven werd concentraat gemengd met drijfmest aangewend, bij Van Wijk na opslag op het bedrijf. De ervaring met opslag en mengen is goed. Er werden geen problemen ondervonden bij overpompen. Het vergt niet veel tijd en de opslagvoorziening was op het bedrijf Van Wijk al beschikbaar. Beide ondernemers beschouwen gemengd met drijfmest aanwenden nog als de enige aantrekkelijke werkwijze omdat er nog geen geschikte technieken zijn om concentraat apart aan te wenden.

Bij Van Wijk zijn bij aanwending in de eerste snede waarschijnlijk mineralen afgespoeld door hevige regenval na aanwending. Dit risico is op zware kleigrond in het vroege voorjaar wanneer de bodem nog nat is groter dan later in het groeiseizoen als de grond droger is. Daarom kan aanwending in latere snedes gunstiger zijn.

Rendement

Op beide bedrijven is het gebruik van concentraat rendabel, uitgaande van de kunstmestprijzen van januari 2009.

Aandachtspunten

- Voor afzet van concentraat in de melkveehouderij in overschotgebieden is het van belang dat de aanvoer van fosfaat met concentraat verwaarloosbaar is.
- Het is onduidelijk of de N-werking van concentraat verschilt bij gemengd en apart aanwenden. Dit zou moeten worden uitgezocht in aanvullende experimenten.
- Apart emissie-arm aanwenden van concentraat is nog een probleem (slechte verdeling van kleine volumes en tweemaal doorsnijden van de zode). Een te onderzoeken mogelijkheid is aanzuren van concentraat.
- De ruimte voor kali en daarmee voor concentraatgebruik hangt af van het K-getal in de bodem, maar ook moet rekening gehouden worden met de beweidingintensiteit en de aankoop voer. Een verder uitgewerkte handleiding kan helpen om de kali ruimte te bepalen en de kali aanvoer te beoordelen.
- Het zou verhelderend zijn om voor verschillende bedrijventypes een toepassingswaarde (de bemestingswaarde voor het bedrijf waar de concentraat wordt toegepast) te berekenen van concentraat afhankelijk van de kali en fosfaat behoefte.

Ervaringen op het akkerbouwbedrijf

Perspectieven

De inzetbaarheid van concentraat in akkerbouwgewassen is afhankelijk van de behoefte van gewassen aan stikstof, fosfaat en kali gedurende het groeiseizoen. Concentraten bevatten veel stikstof (voornamelijk ammoniak) en kali en weinig fosfaat. Akkerbouwgewassen vragen vooral veel kali en afhankelijk van het gewas ook stikstof. De perspectieven voor toepassing van concentraat zijn weergegeven in Tabel 34.

Tabel 34. *Perspectieven van toepassing van concentraat in akkerbouwgewassen.*

Gewas	Toepassing ter vervanging van		
	Stikstof Kunstmest	Kali Kunstmest	Dierlijke mest*
Waspeen	+	++	+
Snijmaïs	+	+	+
Aardappel	++	++	0
Zomergerst	0	+	+
Suikerbiet	+	+	+
Erwten	+	++	0
Wintertarwe	++	+	+

* Dit houdt in dat een gewas alleen met concentraat wordt bemest (verder aangeduid als “alleen concentraat”).

Toelichting bij Tabel 34.

Waspeen	Toepassing van alleen concentraat of samen met organische mest is mogelijk. Het belangrijkste voordeel is een besparing op kunstmest
Snijmaïs	Toepassing van alleen concentraat of samen met organische mest is mogelijk. De snelle beschikbaarheid van stikstof uit concentraat sluit goed aan bij de stikstofopname door maïs. Doordat geen fosfaat meekomt, kan de fosfaattoestand relatief snel worden afgebouwd. Na de oogst komt geen stikstof uit concentraat vrij door mineralisatie zodat de nitraatuitspoeling bij inzet van alleen concentraat mogelijk lager is dan bij gebruik van organische mest.
Aardappelen	Toepassing van concentraat samen met organische mest biedt het meeste voordeel: besparing op gebruik van stikstof en kali kunstmest. Alleen concentraat geeft te weinig nawerking. Toepassing van concentraat als bijbemesting na opkomst van het gewas kan nog extra kunstmest besparen.
Zomergerst	Alleen concentraat is uitstekend toepasbaar. Omdat gehalten nauwkeuriger bekend zijn en constanter zijn dan bij organische mest is het risico op overmatige stikstofdosering kleiner dan bij gebruik van organische mest. Na de oogst komt geen stikstof uit concentraat vrij door mineralisatie wat de nitraat uitspoeling beperkt. Daardoor is er wel onvoldoende stikstof beschikbaar voor een groenbemester.
Suikerbieten	Concentraat is uitstekend toepasbaar samen met organische mest. Het voordeel is dat bespaard kan worden op kali kunstmest, de snelle beschikbaarheid van stikstof sluit goed aan bij de behoefte.
Erwten	Er kan beperkt worden op kali kunstmest; de stikstofbehoefte is laag.
Wintertarwe	Concentraat levert besparing op van kali en stikstof kunstmest; de snelle werking is een voordeel.

Gebruik

Afgelopen jaar is concentraat toegepast op het akkerbouwbedrijf van P. van den Berg te Luyksgestel in aardappelen, suikerbieten, waspeen, maïs en zomergerst. Concentraat is gebruikt als vervanger van kunstmest, als aanvulling op de basisbemesting met organische mest en in enkele gewassen ook als volledige bemesting (zie Tabel 35). Bij gebruik van concentraat als volledige bemesting in een gewas zal de ruimte voor organische mest meestal verschoven worden naar andere gewassen die over een langere periode groeien en N nodig hebben, zoals aardappelen.

Tabel 35. Gebruik van concentraat per gewas op het bedrijf Van den Berg (DM = drijfmest, KM = kunstmest).

Behandeling Gewas	concentraat	concentraat + DM	KM + DM	DM	KM
Waspeen	X			X	
Snijmaïs	X	X	X		
Cons aardappel		X	X		
Zomergerst	X			X	X
Suikerbiet	X	X	X		

Ervaringen

De ervaringen met concentraat zijn positief. Met een stikstof gehalte van ca 7 kg per ton, een fosfaatgehalte van 0,1 kg per ton en een kali gehalte van 10 kg per ton past de meststof prima als kunstmestvervanger. Zowel bij gebruik als kunstmestvervanger als bij een volledige bemesting met concentraat waren weinig tot geen verschillen in groei of opbrengst te zien. Bij toepassing van alleen concentraat is de uitspoeling van nitraat naar het grondwater naar verwachting lager doordat alle stikstof direct beschikbaar is en er vanuit deze meststof geen (najaars)mineralisatie meer plaatsvindt. Financieel bestaat het voordeel uit minder aankoop van kali en stikstof kunstmest.

Om goed uit te komen met het verdelen van de gebruikruimte voor stikstof en fosfaat is het van groot belang dat de gehalten constant zijn. Dit was op het bedrijf Van den Berg met uitzondering van één vracht, het geval. Deze betrekkelijk constante samenstelling van concentraat is een voordeel ten opzichte van dierlijke mest. De samenstelling van dierlijk mest varieert vaak sterk per vracht, wat voor veel akkerbouwers een belangrijk knelpunt is (vooral bij varkensmest).

Aandachtspunten

• **Mengen met organische mest**

Het is nog onvoldoende duidelijk hoe drijfmest en concentraat het eenvoudigst naast elkaar kunnen worden toegepast. Wanneer een silo aanwezig is, kan gemakkelijk een gewenste mix gemaakt worden en in één werkgang uitgereden worden. Nadelen van apart uitrijden zijn de extra kosten, extra berijden van het land (met kans op structuurschade) en een slechte verdeling bij gepaste dosering (veelal minder dan 15m³ per ha). Een mogelijkheid is mixen in een extra container, maar dit kost extra materiaal en tijd.

- **Oog hebben voor een bijdrage aan verlagen van nitraatuitspoeling**
Mestconcentraten bevatten vrijwel uitsluitend ammonium-stikstof en weinig organische stikstof. Ammonium-stikstof is snel beschikbaar voor de gewassen en de kans op nitraatuitspoeling is kleiner doordat er na de oogst geen stikstof meer vrijkomt door mineralisatie uit concentraat die uit kan spoelen. Het zou goed zijn om dit voordeel, bijvoorbeeld in maïs nader te onderzoeken.

4 Gebruikerservaringen en economische analyses

J.G. de Hoop, C.H.G. Daatselaar, G.J. Doornewaard & N.C. Tomson (LEI Wageningen UR)

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk komen de volgende onderwerpen aan bod:

1. Inzicht in de diversiteit van eindgebruikers van mineralenconcentraat uit omgekeerde osmose.
2. Gebruikerservaringen van eindgebruikers van mineralenconcentraat uit omgekeerde osmose, dat is ingezet boven de gebruiksruimte voor dierlijke mest.
3. Inschattingen van de afzetmogelijkheden van eindproducten van de verwerking met omgekeerde osmose:
 - a. het mineralenconcentraat;
 - b. de dikke fractie;
 - c. waterige fractie en overige eindproducten.
4. Eerste indicatie van economische haalbaarheid van de installaties voor mestverwerking met omgekeerde osmose.

Het onderzoek naar het gebruik en de gebruikers van de eindproducten van de deelnemende installaties is vooral gericht op de toepasbaarheid van het mineralenconcentraat uit omgekeerde osmose, waarvoor binnen de pilot experimenteerruimte is geboden voor afzet bovenop de gebruiksnorm dierlijke mest. Daarnaast wordt ingegaan op afzetmogelijkheden van de dikke fractie en het permeaat, zoals deze ingeschat worden door de producenten en betrokken intermediairs. Daarnaast is een studie gedaan naar de kosten en baten van het verwerkingsproces van de ondernemingen die de mineralenconcentraten produceren.

4.2 Materialen en methoden

Voor het verkrijgen van de resultaten is een enquête uitgezet onder eindgebruikers van de concentraten die op 7 september 2009 bij Dienst Regelingen van LNV als zodanig bekend waren. De bruikbare respons op deze enquête was 62% (103 van 166). In totaal waren er 172 afleveradressen bekend, hiervan waren twee opslaglocaties van producenten zelf. Daarnaast twee locaties van proefbedrijven van PPO en twee K&K bedrijven, waarvan de resultaten in paragraaf 3.7 terug komen (dus 166 eindgebruikers). Van de 107 reacties op de enquête waren er 103 bruikbaar, in vier reacties stond nauwelijks informatie. Van zes van de acht producenten waren begin september afnemers bekend bij Dienst Regelingen. Dat betekent dat de resultaten van de enquête gebaseerd zijn op afnemers van de installaties: A, B, C, D, E en F.

De enquête bestond uit drie onderdelen:

- Aanlevering en toediening van het mineralenconcentraat
- Bemesting en resultaten per gewas
- Waardering van het mineralenconcentraat

Tijdens interviews met de producenten van het mineralenconcentraat zijn gegevens over de kosten en baten van de installatie beschikbaar gesteld. De vier producenten die vanaf het begin al meedoen met de pilot zijn in mei 2009 op het bedrijf bezocht. Producenten die pas vanaf mei met het systeem draaien, zijn in september telefonisch geïnterviewd over de eerste ervaringen. Intermediairs die door producenten zijn opgegeven als belangrijkste afnemer van hun dikke fractie, zijn in september door middel van telefonische interviews geraadpleegd over hun inschatting van de ontwikkeling van de afzetmarkt. Verder is gebruik gemaakt van gegevens uit de landbouwtelling.

4.3 Resultaten en discussies

4.3.1 Eindgebruikers mineralenconcentraat

Om de gebruikerservaringen goed te kunnen plaatsen, is het van belang om te weten of de kenmerken van gebruikers van mineralenconcentraat sterk afwijken van andere bedrijven in de Nederlandse landbouw. Daartoe heeft het LEI gegevens uit de Landbouwtelling 2008 van de gebruikers van mineralenconcentraat vergeleken met gegevens van andere bedrijven in de Landbouwtelling 2008.

Van de 172 afnemers van mineralenconcentraat blijken (na weglating van PPO proefbedrijven en eigen opslag behorende bij de pilot installaties) nog 153 terug te vinden in de Landbouwtelling van 2008. Het LEI hanteert in deze analyse een ondergrens van 12 nge (nge = nederlandse grootte eenheid): beneden deze grens is sprake van een veelal kleine nevenactiviteit. Bij hantering van deze ondergrens daalt het aantal gebruikers van mineralenconcentraat naar 148 en het aantal bedrijven in de Landbouwtelling 2008 in de genoemde zes provincies van ongeveer 46.500 naar ruim 35.000. Deze ondergrens van 12 nge wordt gehanteerd, omdat binnen de gebruikers van mineralenconcentraat nauwelijks zeer kleine bedrijven aanwezig zijn, terwijl dat in de Landbouwtelling voor de zes provincies om bijna een kwart van de bedrijven gaat.

Alle gebruikers van mineralenconcentraat hebben hun bedrijf in de Oostelijke helft van Nederland, namelijk in de provincies Groningen, Drenthe, Overijssel, Gelderland, Noord-Brabant en Limburg. De vergelijking beperkt zich daarom tot deze zes provincies. Vanwege de geringe aantallen gebruikers van mineralenconcentraat in Groningen en Gelderland zijn deze provincies samengevoegd.

Naast ligging speelt ook het type bedrijf een rol in hoeverre de gebruikers van mineralenconcentraat wel of niet afwijken van niet-gebruikers. De Landbouwtelling typeert bedrijven met de NEG-typering. Het totaal aantal nge per gewas(groep) of diercategorie ten opzichte van het totaal aantal nge van het gehele bedrijf bepaalt onder welk NEG-type een bedrijf valt. De 148 gebruikers van mineralenconcentraat zijn in 6 groepen van bedrijfstypen ingedeeld: akkerbouw, melkvee, overige graasdieren (vleesvee-, schapen-, geiten- en graslandbedrijven), hokdieren (varkens, pluimvee, vleeskalveren, konijnen, pelsdieren), gemengde bedrijven (akkerbouw en veehouderij) en overige bedrijven (tuinbouw, fruit, boomkwekerij, gewascombinaties en veecombinaties).

Zowel binnen provincies als binnen bedrijfstypen komt variatie voor. Zo ligt in Groningen een deel van de akkerbouwbedrijven op kleigrond met een duidelijk ander bouwplan (wintertarwe, pootaardappelen) dan de akkerbouwbedrijven op zandgrond/dalgrond (zetmeelaardappelen). Verder heeft bijvoorbeeld Noord-Brabant relatief veel hokdierbedrijven, maar komt dit type weinig voor onder de gebruikers van mineralenconcentraat zoals Tabel 37 laat zien. Daarom zijn bij elke gebruiker van mineralenconcentraat ook de bedrijven in de Landbouwtelling gezocht die van hetzelfde NEG-type zijn en in dezelfde gemeente liggen. Tabel 36 geeft de aantallen gebruikers per provincie. 62% van de gebruikers van mineralenconcentraat heeft het bedrijf in Noord-Brabant, waar ook de meeste producenten zitten. De grote afzet naar de melkveehouderij is vooral te verklaren door de soort bedrijven in de omgeving van de locatie van de installaties. Het mineralenconcentraat wordt gemiddeld over ruim 25 km hemelsbreed getransporteerd. 52% van het mineralenconcentraat is binnen 10 km van de producent afgezet en 71% binnen 30 km. De transporten naar de akkerbouw gaan gemiddeld over 43 km maar ook bij dit bedrijfstype wordt meer dan 40% binnen 30 km afgezet.

Tabel 36. Aantallen bedrijven per provincie in 2008 met omvang groter of gelijk aan 12 nge.

Provincie	Aantal gebruikers mineralenconcentraat	Aantal bedrijven in Landbouwtelling met hetzelfde bedrijfstype/gelegen in dezelfde gemeente	Aantal bedrijven in Landbouwtelling
Noord-Brabant	91 (62%)	1052 (37%)	10057 (28%)
Overijssel	23 (16%)	713 (25%)	6575 (16%)
Limburg	17 (11%)	296 (10%)	3891 (11%)
Drenthe	8 (5%)	500 (18%)	2969 (8%)
Groningen/Gelderland	9 (6%)	259 (9%)	11910 (34%)
Totaal	148 (100%)	2820 (100%)	35402 (100%)

Bron: CBS-Landbouwtelling 2008, bewerking LEI

Tabel 37 geeft de aantallen gebruikers ingedeeld naar bedrijfstypen. Melkvee- en daarna akkerbouwbedrijven vormen de grootste groep gebruikers van het mineralenconcentraat.

De groepen bedrijven in Tabel 37 zijn per bedrijfstype onderling vergeleken.

Melkveebedrijven die mineralenconcentraat hebben gebruikt, zijn wat groter (gemeten in aantal nge), hebben meer snijmaïs en minder grasland dan de totale groep in de landbouwtelling. Akkerbouwbedrijven die mineralenconcentraat gebruikt hebben, zijn net als de bedrijven in hun omgeving, in oppervlak iets groter dan de totale groep in de landbouwtelling. Verder zijn er relatief meer zetmeelaardappelen en zomergeerst op deze bedrijven en in hun directe omgeving.

Bij de bedrijfstypen met een kleine groep gebruikers zijn de verschillen tussen gebruikers en de totale groep in de landbouwtelling vaak niet significant. Bij de gemengde bedrijven hebben de gebruikers van mineralenconcentraat relatief meer melkvee en minder overige graasdieren. Bij de hokdierbedrijven zetten de gebruikers van mineralenconcentraat meer in op maïsvormen: korrelmaïs, Corn Cob Mix en snijmaïs. Dat leidt ook tot een hoger aandeel

akkerbouw in de bedrijfsomvang, uitgedrukt in nge's en de oppervlakte cultuurgrond is groter. Overige graasdierbedrijven die mineralenconcentraat gebruiken, zijn groter dan andere bedrijven van hetzelfde type.

Tabel 37. Aantallen bedrijven per groep van bedrijfstypen in 2008 met omvang groter of gelijk aan 12 nge.

Provincie	Aantal gebruikers mineralenconcentraat	Aantal bedrijven in Landbouwtelling met hetzelfde bedrijfstype/gelegen in dezelfde gemeente	Aantal bedrijven in Landbouwtelling
Melkvee	87 (59%)	1790 (63%)	11513 (33%)
Akkerbouw	24 (16%)	555 (20%)	3557 (10%)
Akkerbouw/veehouderij	12 (8%)	92 (3%)	1910 (5%)
Hokdieren a)	9 (6%)	214 (8%)	5339 (15%)
Overige graasdieren b)	7 (5%)	92 (3%)	5448 (15%)
Overig c)	9 (6%)	77 (3%)	7635 (22%)
Totaal	148 (100%)	2820 (100%)	35402 (100%)

Bron: CBS-Landbouwtelling 2008, bewerking LEI

a) varkens, pluimvee, vleeskalveren, konijnen, pelsdieren

b) vleesvee-, schapen-, geiten- en graslandbedrijven

c) tuinbouw, fruit, boomkwekerij, gewascombinaties en veecombinaties

Over alle bedrijfstypen heen valt op dat de gebruikers van mineralenconcentraat:

- meestal wat groter zijn dan overeenkomstige bedrijven in dezelfde gemeenten en ook groter dan bedrijven van hetzelfde type in de Landbouwtelling;
- veelal meer aardappelen (consumptie en zetmeel) en meer maïs (korrelmaïs, Corn Cob Mix en snijmaïs) telen en minder grasland hebben.

De verschillen van gebruikers van het mineralenconcentraat met de landbouw in de betreffende regio's zijn echter klein. De gebruikers van het mineralenconcentraat behoren niet tot een hele specifieke groep bedrijven.

4.3.2 Gebruikerservaringen mineralenconcentraat

Aanlevering en toediening

Bij de aanlevering van het product zijn geen problemen opgetreden. Het transport kon plaats vinden met bestaande apparatuur, dat ook gebruikt wordt voor drijfmest. Bij ruim tweederde van de afnemers is het product geleverd in eigen opslag. In de overige gevallen is het direct uitgereden door de leverancier, of geleverd op de kopakker waarna de afnemer zelf zorg heeft gedragen voor het uitrijden. Bij levering in eigen opslag is het in ruim driekwart van de gevallen korter dan een maand opgeslagen. Bij 91% van de gebruikers die het mineralenconcentraat in opslag hebben gehad, is het gemengd met drijfmest opgeslagen.

Een derde van de eindgebruikers heeft het mineralenconcentraat puur toegediend. De meeste gebruikers, meer dan de helft, hebben het mineralenconcentraat gemengd met runderdrijfmest uitgereden. Een kleine groep heeft het mineralenconcentraat gemengd met varkensdrijfmest of een combinatie van varkens- en runderdrijfmest. In vrijwel alle gevallen is het volgens de gebruikers gelukt om bij menging van het mineralenconcentraat met een andere meststof een homogeen product te verkrijgen.

92% van de gebruikers heeft het mineralenconcentraat toegediend met een zodebemester (grasland) of mestinjecteur (bouwland). In enkele gevallen werd gebruikt gemaakt van andere technieken zoals de sleufkouterbemester, de sleepvoetbemester, de spuitboom of bovengronds uitrijden direct gevolgd door cultiveren. Ruim 90% van de gebruikers is van mening dat de gebruikte toedieningapparatuur geschikt was voor het toedienen van het mineralenconcentraat. Gebruikers die van mening zijn dat de apparatuur niet geschikt was, geven vrijwel allemaal als reden dat de apparatuur niet geschikt is om kleine hoeveelheden (bijv. 10 ton per ha) uit te rijden zonder te mengen met een andere mestsoort. Zonder menging met drijfmest moet te snel worden gereden met soms nadelige gevolgen voor gewas (bijvoorbeeld tarwe die wordt losgetrokken). 6 van de 10 gebruikers die aangeven dat de toedieningapparatuur niet geschikt was, blijkt het mineralenconcentraat puur te hebben toegediend. Het knelpunt wordt niet ervaren bij de techniek waarmee het mineralenconcentraat in of op de grond wordt gebracht op zich, maar bij de doseringsmogelijkheden van de apparatuur.

Het overgrote deel van de bedrijven dat mineralenconcentraat heeft gebruikt, is gelegen op zandgrond.

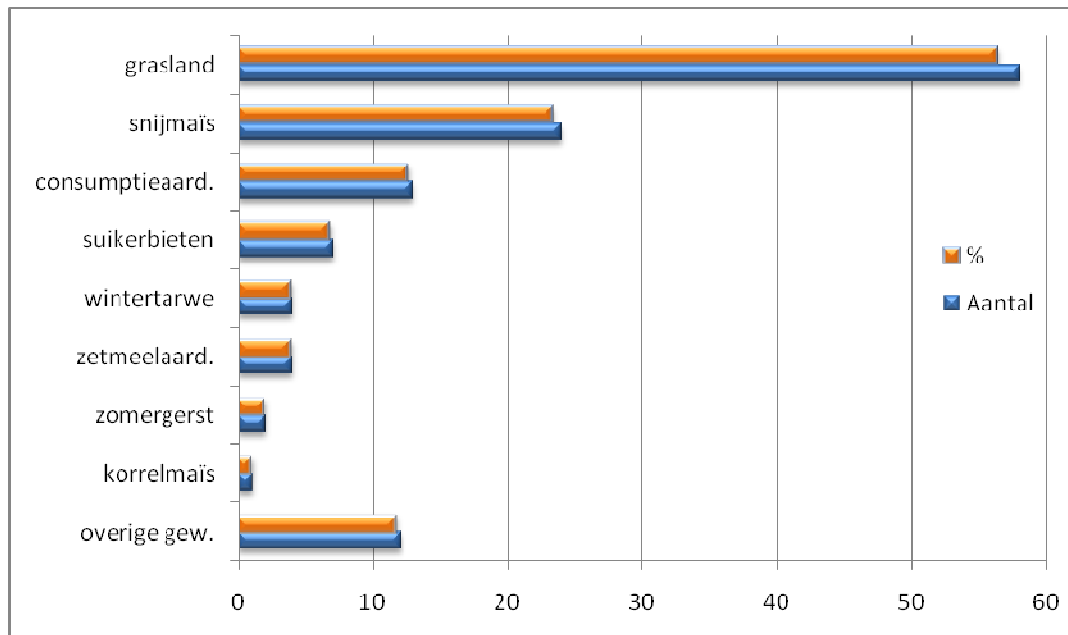
Resultaten van bemesting

De resultaten van bemesting zijn per gewas in kaart gebracht. De met mineralenconcentraat bemeste gewassen staan in Figuur 19. Op grasland is het vaakst mineralenconcentraat gebruikt (58 keer), gevolgd door snijmaïs (24 keer) en consumptieaardappelen (13 keer). Van deze drie gewassen volgt in Tabel 38 informatie over de resultaten van de bemesting. Verder zijn de volgende gewassen met mineralenconcentraat bemest: suikerbieten (7 keer), zetmeelaardappelen (4 keer), wintertarwe (4 keer), zomergerst (2 keer), korrelmaïs, bloembollen, groenbemester, graszoden, rabarber, waspeen, schorseneren en erwten (allen 1 keer).

In Tabel 38 is voor de drie gewassen waar door de meeste gebruikers het mineralenconcentraat op is toegepast, weergegeven in welke mate dit gebeurd is, wat de door de gebruikers verwachte stikstofwerking van het mineralenconcentraat was en hoe de resultaten zijn gewaardeerd.

Bij zowel grasland, snijmaïs als consumptieaardappelen heeft ongeveer een derde van de gebruikers op een deel van het areaal van dat gewas het mineralenconcentraat gebruikt. Deze groep gebruikers is ook gevraagd naar de waargenomen verschillen tussen het met mineralenconcentraat bemeste en het niet met mineralenconcentraat bemeste deel van het gewas. Waargenomen werd ofwel een beter resultaat voor bemesting met het mineralenconcentraat in kwaliteit en/of in opbrengst van het gewas, of er werd geen verschil geconstateerd.

Per gewas volgt hier een toelichting op aspecten rond gebruik en waardering.



Figuur 19. Gewassen die met mineralenconcentraat zijn bemest.

Tabel 38. Het gebruik van mineralenconcentraat op diverse gewassen met het oordeel van de gebruikers

		<i>grasland</i>	<i>snijmaïs</i>	<i>consumptie- aardappelen</i>
Gebruikers	aantal	58	24	13
Gebruikers	%	56	23	13
Gift mineralenconcentraat: gemiddelde	ton/ha	8.4	8.3	10.4
Gift mineralenconcentraat: standaarddeviatie	ton/ha	3.6	4.1	5.9
Door gebruikers verwachte werkingscoëfficiënt: gemiddelde	%	0.88	0.93	0.98
<i>Beoordeling effect van bemesting (aandeel van gebruikers per gewas)</i>				
Kwaliteit gewas goed	%	67	88	85
Kwaliteit gewas gemiddeld	%	17	0	15
Kwaliteit gewas slecht	%	5	0	0
Opbrengst gewas goed	%	53	67	77
Opbrengst gewas gemiddeld	%	22	4	8
Opbrengst gewas slecht	%	5	0	0
Mineralenconcentraat werkte snel	%	60	25	23
Mineralenconcentraat werkte langzaam	%	5	25	38
Niet kunnen beoordelen	%	7	13	0

Grasland

Van de gebruikers van mineralenconcentraat op grasland heeft bijna 15% dit toegediend voor de eerste snede en ruim 90% voor vervolgsnedes. Ongeveer 55% van de bedrijven die mineralenconcentraat op grasland hebben gebruikt, heeft gerekend met een werkingscoëfficiënt van 100% (overeenkomend met kunstmest). Alle gebruikers van mineralenconcentraat op grasland vinden stikstof een belangrijk bestanddeel van het mineralenconcentraat, terwijl 36% ook kali belangrijk vindt. Bijna 35% heeft last gehad van extreem weinig neerslag na de bemesting met mineralenconcentraat, wat de resultaten van bemesting beïnvloed heeft. Naast het mineralenconcentraat is grasland vooral bemest met runderdrijfmest en kunstmeststikstof.

Resultaten bemesting op grasland

De effecten van het bemesten van grasland met mineralenconcentraat blijken goed te zijn. Zo vindt bijna 70% van de gebruikers dat de gewaskwaliteit goed is en bijna 55% dat de gewasopbrengst goed is, terwijl slechts 5% van de gebruikers een slecht effect op gewaskwaliteit of gewasopbrengst ervaart. Daarnaast geeft 60% aan dat het mineralenconcentraat snel werkte. De waarneming van de effecten van bemesting is vooral 'op het oog' gedaan. Slechts 15% heeft hierbij gebruik gemaakt van opbrengstbepalingen.

De waargenomen effecten van de bemesting blijken samen te hangen met extreme omstandigheden. Van de bedrijven die aangeven dat de kwaliteit of de opbrengst goed is, heeft het grootste deel (85 % bij kwaliteit en 87 % bij opbrengst) géén last gehad van extreme omstandigheden. Van de bedrijven die aangeven dat de kwaliteit gemiddeld of slecht of de opbrengst gemiddeld of slecht was, heeft het grootste deel wél last gehad van extreme omstandigheden (kwaliteit gemiddeld 70%, kwaliteit slecht 67%, opbrengst gemiddeld 62%, opbrengst slecht 100%). Hetzelfde beeld is zichtbaar bij de snelheid waarmee het mineralenconcentraat werkt. De bedrijven die aangeven dat het mineralenconcentraat langzaam werkt, hebben te maken gehad met extreem weinig neerslag. Van de bedrijven die aangeven dat het snel werkt, heeft 74% geen last gehad van extreme omstandigheden.

Juist die gebruikers die uitgegaan zijn van een werkingscoëfficiënt van 100% geven vaker aan dat zij de gewaskwaliteit en -opbrengst goed vonden in vergelijking met bedrijven die zijn uitgegaan van een werkingscoëfficiënt van minder dan 100%. Ook geven gebruikers die uitgegaan zijn van een werkingscoëfficiënt van 100% vaker aan dat het mineralenconcentraat snel werkte. Verwacht zou worden dat gebruikers die een lage werking hebben ingeschat naar verhouding meer hebben toegediend (om de gewenste hoeveelheid werkzame stikstof te geven) en daardoor een beter resultaat krijgen dan verwacht. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat zou kunnen zijn dat de enquête achteraf is ingevuld en dat de aanvankelijk ingeschatte werkingscoëfficiënt op basis van de resultaten is aangepast bij het invullen van de enquête.

Snijmaïs

Concentraat op snijmaïs is op één geval na allemaal toegediend als basisgift voor het zaaien. 58% van de gebruikers heeft gerekend met een werking van 100%. Van de gebruikers van mineralenconcentraat op snijmaïs vindt 88% kali een belangrijk bestanddeel van het mineralenconcentraat, 83% vindt stikstof belangrijk. Bij bemesting op snijmaïs was

nauwelijks sprake van extreme omstandigheden die de resultaten hebben beïnvloed. Naast het mineralenconcentraat is snijmaïs verder vooral bemest met runderdrijfmest, kunstmeststikstof en kunstmestfosfaat.

Resultaten bemesting op snijmaïs

De effecten van het bemesten van snijmaïs met mineralenconcentraat blijken goed te zijn. Zo vindt bijna 90% van de gebruikers dat de gewaskwaliteit goed is en ruim 65% dat de gewasopbrengst goed is, terwijl geen van de gebruikers een slecht effect op gewaskwaliteit of gewasopbrengst ervaart. Over de snelheid waarmee het mineralenconcentraat werkte zijn de meningen verdeeld. Een kwart van de gebruikers van mineralenconcentraat op snijmaïs vindt op basis van eigen waarneming dat het mineralenconcentraat snel werkte, maar ook een kwart geeft aan dat het mineralenconcentraat juist langzaam werkte.

Consumptieaardappelen

Concentraatbemesting op consumptieaardappelen is op één na in alle gevallen toegediend als basisgift voor het poten. Bij bemesting op consumptieaardappelen zijn 11 van de 13 gebruikers uitgegaan van een werking van 100%. Alle gebruikers van mineralenconcentraat op consumptieaardappelen vinden kali een belangrijk bestanddeel van het mineralenconcentraat en op één gebruiker na geldt hetzelfde voor stikstof. Er was bij consumptieaardappelen geen sprake van extreme omstandigheden die de resultaten beïnvloedden. De gebruikers van mineralenconcentraat op consumptieaardappelen hebben naast het mineralenconcentraat vooral bemest met runderdrijfmest, kunstmeststikstof, kunstmestkali en met varkensdrijfmest.

Resultaten bemesting op consumptieaardappelen

De effecten van het bemesten van consumptieaardappelen met mineralenconcentraat blijken goed te zijn. Zo vindt bijna 85% van de gebruikers dat de gewaskwaliteit goed is en 77% dat de gewasopbrengst goed is, terwijl geen van de gebruikers een slecht effect op gewaskwaliteit of gewasopbrengst ervaart. Over de snelheid waarmee het mineralenconcentraat werkte zijn de meningen verdeeld. Van de gebruikers van mineralenconcentraat op consumptieaardappelen vindt 23% dat het mineralenconcentraat snel werkte, maar 38% geeft aan dat het mineralenconcentraat in de beleving juist langzaam werkte.

Waardering van het mineralenconcentraat

Voor in de opslag geleverd mineralenconcentraat is gemiddeld €1,25 per ton betaald. Over alle afnemers varieerde de betaalde prijs van €0,00 inclusief uitrijden tot €6,00 exclusief uitrijden.

Ruim 70% van de gebruikers van mineralenconcentraat kende de samenstelling voor het moment van toediening. Twee op de drie gebruikers had geen behoefte aan een analyse per vracht. Bijna één op de drie wel. Van de 103 bedrijven die de enquête hebben ingevuld, hebben 67 bedrijven aangegeven wat de gehalten van het mineralenconcentraat waren. Gemiddeld bevatte het mineralenconcentraat bij deze groep 7,12 kg stikstof (N), 0,47 kg fosfaat (P₂O₅) en 9,07 kg kali (K₂O) per ton. De gemiddelden tussen de producenten verschillen, zie Tabel 39.

Tabel 39. Mineralengehalten concentraat: gemiddelden per producent, zoals opgegeven door eindgebruikers

	Bedrijven		Stikstof	Fosfaat	Kali
A	21	Gemiddeld	6,33	0,55	9,27
B	23	Gemiddeld	7,08	0,17	8,57
C	9	Gemiddeld	8,40	0,69	9,33
E	1	Gemiddeld	4,00	0,30	6,00
F	13	Gemiddeld	7,81	0,71	9,70
Alle 5 samen	67	Gemiddeld	7,12	0,47	9,07
		10% percentiel	5,78	0,09	7,80
		90% percentiel	8,46	0,80	10,24

Van de gebruikers van mineralenconcentraat heeft 44% aangegeven behoefte te hebben aan andere gehalten in het mineralenconcentraat. Lang niet iedereen die behoefte heeft aan andere gehalten heeft (volledig) aangegeven welke andere gehalten dit dan zijn. Uit de informatie die wel beschikbaar is kan het volgende worden geconcludeerd:

- Er is behoefte aan een hoger stikstofgehalte van het mineralenconcentraat;
- De meeste gebruikers hebben behoefte aan minder of zelfs geen fosfaat in het mineralenconcentraat;
- Bij het kaligehalte zijn de meningen verdeeld. De meeste gebruikers op grasland geven aan dat het kaligehalte lager moet zijn. Gebruikers met akkerbouwgewassen (vooral consumptieaardappelen en suikerbieten) wensen juist een hoger kaligehalte;

37% van de bedrijven geeft aan dat de prijs die zij willen betalen voor mineralenconcentraat met de gewenste verhoudingen afhangt van de prijs van kunstmest, waarbij vooral de prijs van KAS (de meest gebruikte stikstofkunstmest) genoemd wordt. Het mineralenconcentraat mag niet duurder of moet juist goedkoper zijn dan wanneer je dezelfde hoeveelheid stikstof via KAS zou aankopen. De extra bewerkingskosten (uitrijden) bij mineralenconcentraat worden hierbij door enkelen meegerekend. Opvallend is dat vooral wordt gerefereerd aan de stikstofkunstmestprijs en de prijs van kunstmestkali nauwelijks wordt benoemd, terwijl uit eerdere vragen bleek dat veel van de gebruikers daar wel waarde aan hechten. Bijna 15% wil niets betalen voor het mineralenconcentraat, terwijl 17% tussen de 0 en 6 euro per ton wil betalen.

Meer dan de helft van de gebruikers van mineralenconcentraat geeft aan volgend jaar weer evenveel mineralenconcentraat te willen gebruiken, terwijl 36% zelfs meer mineralenconcentraat wil gaan gebruiken. Slecht 5% wil volgend jaar geen mineralenconcentraat meer gebruiken. Redenen daarvoor zijn o.a. tegenvallende resultaten, verwachte problemen met kalioverschotten en prijstechnisch onaantrekkelijk.

Overige negatieve effecten die niet in andere vragen aan bod zijn gekomen:

- een overschot aan kali (8 keer);
- het gebruik van mineralenconcentraat vraagt meer tijd, o.a. doordat het een extra bewerking is (7 keer);
- verbranding van het gras (4 keer);

- beperkingen bij toedienen na opkomst van het gewas (3 keer) (1 geeft aan dat bemesting na opkomst niet mogelijk is, 2 anderen die dit wel hebben gedaan noemen beschadiging van het gewas bij toediening als negatief effect);
- gebruik van mineralenconcentraat brengt het risico van overbrenging van dierziekten met zich mee (1 keer);
- aanvoer van zware metalen (1 keer).

Positieve effecten die niet in andere vragen aan bod zijn gekomen:

- drijfmest wordt door menging met mineralenconcentraat dunner en daardoor veel makkelijker verwerkbaar (mixen, uitrijden) (16 keer);
- schuim in de kelder verdwijnt na mixen met mineralenconcentraat (1 keer);
- constantere groei van het gewas in vergelijking met kunstmest (1 keer);
- naast de stikstof en kali worden ook allerlei sporenelementen aangevoerd (1 keer).

4.3.3 Afzetmogelijkheden eindproducten

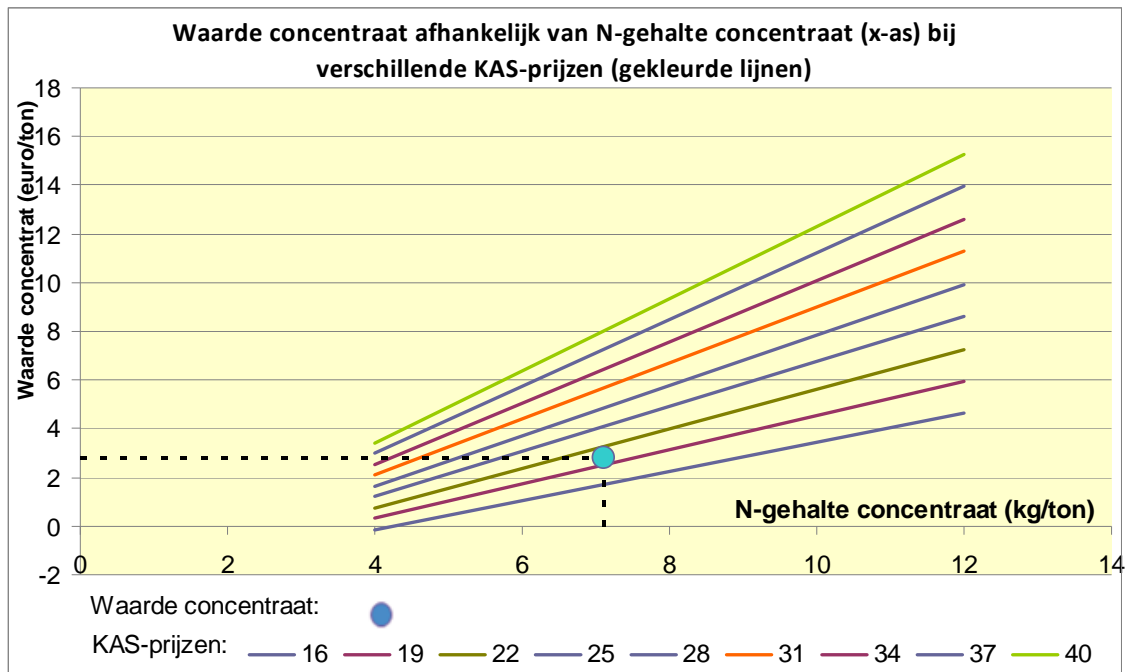
Naast vloeibaar mineralenconcentraat komen er meerdere eindproducten uit de installaties. Hier wordt ingegaan op de afzetmogelijkheden van de verschillende producten, gebaseerd op informatie die gegeven is door producenten en intermediairs.

Mineralenconcentraat

Uit de enquête bleek dat de prijs die afnemers willen betalen voor een mineralenconcentraat vaak gerelateerd wordt aan de prijs van KAS, een veel gebruikte stikstofkunstmest. In Tabel 40 en Figuur 20 is na te gaan wat de link met KAS prijzen betekent voor de waarde van het mineralenconcentraat. De uitrijkosten voor mineralenconcentraat zijn hoger dan die voor kunstmest, in de Figuur is voor deze meerkosten een stelpost van €2,50 per ton opgenomen, die in mindering is gebracht op de waarde. Bij lagere uitrijkosten is de waarde dus hoger. In Figuur 20 zijn de prijzen bij verschillende stikstofgehalten van het mineralenconcentraat en verschillende KAS prijzen af te lezen. Hierbij wordt uitgegaan van een N werking gelijk aan KAS, bij een lagere werking zou er in plaats van met N gehalte mineralenconcentraat, gerekend moeten worden met het werkzame N gehalte.

Tabel 40. Rekenvoorbeeld voor waardebepaling van mineralenconcentraat op basis van prijs KAS

INVOER		
Prijs KAS	20	euro/100 kg
Stikstofgehalte mineralenconcentraat	7,12	kg/ton
Uitrijkosten mineralenconcentraat	2,5	euro/ton
UITVOER		
KAS bestaat voor 27 % uit stikstof, dus stikstofprijs	0,74	euro/kg N
Mineralenconcentraat (alleen N gewaardeerd) mag kosten (incl. uitrijden)	5,27	euro/ton
Mineralenconcentraat (alleen N gewaardeerd) mag kosten (excl. uitrijden)	2,77	euro/ton



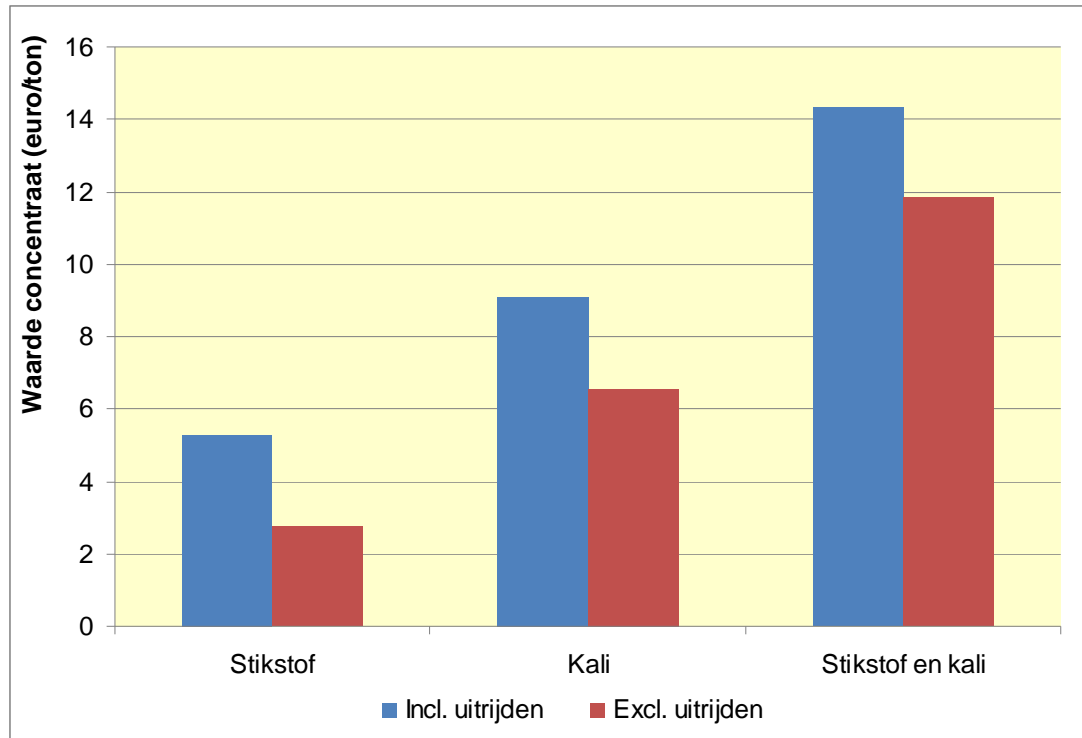
Figuur 20. Waarde van het mineralenconcentraat bij verschillende prijzen voor KAS en bij verschillende N-gehaltes van het mineralenconcentraat (exclusief uitrijden)

Bij afnemers die naast het stikstofgehalte ook de kali in het mineralenconcentraat waarderen, kan dit meegerekend worden in de waarde. Een veel gebruikte kalimeststof is kaliumchloride. In Figuur 21 zijn de prijzen gebaseerd op stikstof- en kali-kunstmestprijzen. Bij andere kunstmestprijzen en/of gehalten in het mineralenconcentraat, worden de uitkomsten anders.

Door het mineralenconcentraat bovenop de gebruiksnorm dierlijke mest te gebruiken, zijn er meer afzetmogelijkheden in veehouderijgebieden, dus dichterbij de installaties. Veehouders die de gebruiksnorm dierlijke mest opvullen met eigen (drijf)mest, kunnen in plaats van kunstmest mineralenconcentraat gebruiken voor de aanvullende bemesting van hun gewassen.

Voor kleine installaties lukt het over het algemeen goed om via bestaande contacten afnemers te vinden. Hierbij durft men nu echter geen of weinig geld te vragen voor het mineralenconcentraat, omdat afnemers eerst vertrouwd moeten raken met het product en de waarde ervan moeten gaan inzien. De producenten van mineralenconcentraat hopen dat bij goede gebruikerservaringen de prijs langzaam wat omhoog kan en dat er een zekere afzetmarkt kan worden gecreëerd door de seizoenen heen. De grotere producenten hebben meer moeite om afnemers te vinden. Zij hebben meer mineralenconcentraat en moeten verder weg en buiten de eigen kring afnemers zien te vinden. Doordat het voor velen nog een onbekend product is, gaat dat soms moeilijk, waardoor de afstanden toenemen. Vanuit, over het algemeen iets verder weg liggende, akkerbouwgebieden is meer vraag. Hierbij nemen echter ook de transportkosten toe. Bij gelijke prijzen, waarbij de transportkosten voor

rekening komen van de producent, is het voor de producenten het meest gunstig om het mineralenconcentraat zo dicht mogelijk in de buurt af te zetten.



Figuur 21. Waarde van het mineralenconcentraat bij waardering van stikstof, kali of beide, bij gegeven prijs voor KAS (20 euro/ 100 kg KAS) en kaliumchloride (60 euro/ 100 kg kaliumchloride met 60% K₂O) en stikstof- (7.12 kg/ ton) en kaligehaltes (9.07 kg K₂O/ ton) van het mineralenconcentraat. In- en exclusief gestelde uitrijkosten van 2,5 euro.

Voor pure aanwending wordt door een producent gewerkt met een reguliere mestinjecteur die is aangepast om goed te kunnen doseren, door er een schijf met kleinere gaatjes in te plaatsen. Voor een afnemer die het als aanvulling op drijfmest gebruikt is dat niet handig om op eigen materiaal aan te passen. Een producent en/ of loonwerker kan het dan voor de eindgebruiker in de grond brengen met geschikt materiaal. Bij opmengen met drijfmest kan standaard toedieningsmateriaal worden gebruikt. Het opmengen met drijfmest maakt aanpassing van materiaal dus overbodig wat het product aantrekkelijker maakt voor veehouders.

Dikke fractie

Voor de dikke fractie zijn meerdere afzetmogelijkheden benut door de pilotbedrijven. De dikke fractie heeft op het moment van afzet verschillende vormen bij de verschillende installaties. Naast verschil in het scheidingsproces zelf en de verschillen in ingaande mest, die al gevolgen hebben voor de samenstelling van de dikke fractie, zijn er ook verdergaande bewerkingen van dikke fractie mogelijk, zoals hygiëniseren, indrogen en composteren.

De kosten voor directe afzet van verder onbewerkte dikke fractie naar akkerbouw in Nederland tijdens het bemestingsseizoen, worden door verschillende partijen op €10,00 tot €20,00 geschat. Hierin zijn opgenomen de kosten voor transport, wegen, bemonsteren en vergoeding voor de inzet van de intermediair. Dit is gebaseerd op gemiddelde afstanden die afgelegd moeten worden naar afnemers. Kosten voor afname variëren van € 0,00 tot € 2,50. In periodes dat er geen directe uitrijmogelijkheden zijn, zijn de afzetprijzen naar verwachting wat hoger, omdat er dan opslagkosten bij komen.

Bij de afzet van niet verder bewerkte dikke fractie naar de akkerbouw wordt de prijs voornamelijk bepaald door de kosten voor transport en bemiddeling. Er zit nauwelijks verschil in de afzetprijs tussen dikke fractie en drijfmest. Niet de samenstelling, maar het gewicht bepaalt de prijs. De meerwaarde van het product in de vorm van stabiele samenstelling, makkelijke stapelbare opslag en een hoge concentratie van mineralen, komt meestal (nog) niet tot uiting in de prijs die men er voor wil betalen. Het is inmiddels gewoon geworden om niet voor nutriënten uit dierlijke mest te hoeven betalen. Wel zorgt de tevredenheid over het product voor het verzekeren van afzetmogelijkheden. De aanscherping van gebruiksnormen zorgt er voor dat de toediening van nutriënten steeds beter aan moet sluiten op de behoeften van de plant. De aanvoer van een aparte dikke fractie kan hieraan bijdragen.

Naast afzet naar de Nederlandse akkerbouw wordt het product ook geleverd aan bedrijven voor compostering en biogasproductie, wat nog op experimentele basis plaatsvindt. De afzetkosten hierbij zijn nu nog gelijk aan afzetkosten bij levering aan de Nederlandse landbouw.

De kosten voor afzet van dikke fractie worden bij enkele bedrijven lager of omgezet in opbrengsten door het product verder te bewerken in de vorm van drogen of composteren. Hierbij wordt het geschikt voor afzet naar het buitenland en/of buiten de landbouw, waar men wel bereid is te betalen voor het product. Dit kan een grote impact hebben op de totale opbrengsten van de bewerking. Of verdere bewerking uit kan, hangt af van de afzetmogelijkheden van het product en de kosten van verdere bewerking.

Afzet van dikke fractie naar Nederlandse akkerbouw gaat vooral naar Flevoland en Zeeland en in mindere mate ook naar Drenthe. Het product is vooral in trek op kleigronden.

Afzet van dikke fractie naar buitenlandse landbouw kan alleen na hygiënisatie. Tijdens een composteringproces wordt het exportwaardig gemaakt. Het vindt dan vooral aftrek bij akkerbouwers in Noord Frankrijk. Door de mate van concentratie van mineralen in compost kan dit uit wat betreft transportkosten. Een andere methode is het indrogen van de dikke fractie. Dit kost veel energie en kan dus alleen uit als de warmte al beschikbaar is (vanuit bijvoorbeeld een mestvergister) en anders verloren zou gaan.

Ook voor de afzet van compost is men erg afhankelijk van de kunstmestprijzen. Als deze lager zijn dan de kosten voor het bewerken en transporteren van de producten uit mest is het voor akkerbouwers minder interessant om producten uit mest af te nemen. Als kunstmest continu duur zou zijn, is de afzetmarkt voor mestproducten groter en kan het uit om meer mest te gaan bewerken. Bij lage kunstmestprijzen hebben huidige be-/ verwerkers al snel moeite om producten tegen een redelijke prijs kwijt te raken.

Permeaat

Het permeaat, dat is het water dat door de omgekeerde osmose van het mineralenconcentraat gescheiden wordt, wordt geloosd op het riool, verspreid op eigen land of (eventueel na een helofytenfilter) geloosd op het oppervlaktewater. Voor lozing gelden vaak kosten per kuub, deze variëren van €0.00 tot €2.00. De plaats waar het permeaat terecht komt en de kosten die hiermee verbonden zijn, zijn afhankelijk van hoe schoon het water is en de eisen van het betreffende waterschap. Voor lozing moet apparatuur voor monsterneming geïnstalleerd zijn, wat extra kosten met zich meebrengt. In het geval er alleen gewerkt wordt met eigen mest, in installaties op kleine schaal, is het vaak voordeliger om het permeaat over eigen land te verspreiden of te hergebruiken voor stallenreiniging.

4.3.4 Economische haalbaarheid installaties

Aan de acht producenten van mineralenconcentraat is gevraagd wat de kosten van hun installatie zijn. Ook is gevraagd hoeveel product van welke soort hun installatie ingaat en hoeveel product van welke soort er uit komt. Zowel de kosten van de installatie als de kosten en baten van zowel de 'inputmix' als de 'outputmix' bepalen de rentabiliteit van de installatie.

De installaties van de pilotbedrijven verschillen nogal tussen de acht producenten (paragraaf 2.3), waarbij ook nog eens de schaal flink uiteenloopt (van minder dan 10.000 ton input tot meer dan 50.000 ton input). Verder verwerken drie producenten momenteel alleen mest van het eigen bedrijf. Deze kleinere producenten sparen daarmee kosten voor transport, wegen en bemonsteren bij de aanvoer van mest uit en kosten voor opslag van aan te voeren product: over mestopslag zouden ze anders ook moeten beschikken. Anderzijds hebben zij wel schaalnadelen. Ook de afzet van het mineralenconcentraat verloopt verschillend: enkele producenten gebruiken het (geheel of gedeeltelijk) op eigen land, anderen slaan het zelf voor kortere of langere tijd op en weer anderen proberen het mineralenconcentraat meteen bij de afnemers onder te brengen. De verschillen in opzet leveren ook variatie op in de kosten van de installatie en in de afzetprijzen van het mineralenconcentraat. Vanwege het lage aantal bedrijven waarover gemiddeld wordt en de grote diversiteit in deze bedrijven moeten de uitkomsten van de gemiddelden in deze kosten-batenanalyse dan ook gezien worden als een eerste *Best Professional Judgement*.

Berekening kosten installaties en kosten-batenanalyse

De producenten hebben de investeringsbedragen, de levensduur, de aanvullende kosten (bijvoorbeeld onderhoud, elektriciteit) en de arbeidsuren, zo goed mogelijk verdeeld per onderdeel, doorgegeven. Gerekend is met een arbeidsloon van €25 per uur en een rente van 3% ((bijna) 6% aan het begin en (bijna) 0% aan het eind) over het investeringsbedrag. Omdat de producenten ook de hoeveelheden en prijzen (in de eerste 9 maanden van 2009) van de af te voeren producten (naar derden, voor eigen gebruik, naar riool, etc.) hebben opgegeven kon zowel de gemiddelde samenstelling van de output als de gemiddelde prijs per ton voor elk af te zetten product berekend worden.

Tabel 41 geeft de gemiddelde kosten per ton ingaande mest weer voor de acht in het onderzoek betrokken bedrijven, per onderdeel van de installatie. De onderdelen zijn beperkt tot de 'gezamenlijke' elementen: stappen van mestscheiding en omgekeerde osmose. Tevens

vermeldt Tabel 41 de gemiddelde prijzen voor afzet van de eindproducten en de aandelen van de eindproducten in de totale afzet zodat de kosten van afzet per ton ingaande mest ook weer te geven zijn. Bijvoorbeeld het verder verwerken van dikke fractie, waardoor afzet wat oplevert in plaats van kost, is hierin niet meegenomen. Door in Tabel 41 posten anders in te vullen kan het effect op de totaalkosten per ton worden ingeschat.

Tabel 41. Gemiddelde kosten in euro per ton ingaande mest voor acht installaties voor de productie van mineralenconcentraat en de gemiddelde kosten van de af te zetten producten met hun aandeel in de totale afzet van producten

Onderdeel	Euro per ton ingaande mest (exclusief co-vergistingsproducten)
Mestscheider	
waarvan toevoegmiddel	
Flotatie	
Ultrafiltratie	
Omgekeerde Osmose	
Totaal Installatie	7,50
Afzet mineralenconcentraat	
Afzet dikke fractie	
Afzet permeaat	
Totaal af te zetten producten	3,75
Totaal kosten installatie + afzet	11,25

Bron: berekeningen LEI op basis gegevens verstrekt door OO-producenten

In Tabel 41 is te lezen dat de omzetting van drijfmest tot mineralenconcentraat, dikke fractie, permeaat en eventueel overige dunne fractie gemiddeld ongeveer 7,25 Euro kost per ton ingaande dierlijke mest (dus exclusief co-vergistingsproducten en verdere bewerking van eindproducten). De spreiding om dit gemiddelde is aanzienlijk. Op basis van een 95% betrouwbaarheidsinterval zal het totaal aan kosten voor de verwerking tussen 5 en 10 Euro per ton ingaande dierlijke mest liggen. Uit Tabel 41 valt ook af te lezen dat de afvoer van de verschillende producten uit de OO-installaties gemiddeld ongeveer 3,75 Euro per ton kost. Samen met de kosten van 7,50 Euro per ton voor de OO-installatie zelf is dat 11,25 Euro per ton ingaande dierlijke mest. De producenten moeten dan dus gemiddeld ongeveer 11,25 Euro per ton aangeleverde mest ontvangen van de leverancier. Daarbij zij nogmaals gewezen op de aanname dat de kosten voor transport naar en van de OO-installatie plus de kosten van wegen en bemonsteren van deze transporten voor rekening komen van respectievelijk de leveranciers van de mest en de afnemers van de eindproducten (dikke fractie, mineralenconcentraat en eventuele dunne fractie).

Gemiddeld zullen de eindgebruikers van mineralenconcentraat iets moeten bijbetalen, om de kosten van transport, wegen en bemonsteren van het mineralenconcentraat te dekken. Daar komen de kosten van toediening op het land nog bij; deze liggen in de orde van 2,50 tot 3,50 Euro per ton, afhankelijk van onder andere de toegediende hoeveelheid per hectare. Voor de leveranciers van mest geldt iets soortgelijks. Ook zij moeten nog de kosten van transport

naar de OO-installatie, wegen en bemonsteren optellen bij de 11,25 Euro per ton, zodat hun afzetkosten per ton mest in de buurt van 14 of 15 Euro per ton zullen komen te liggen.

Er zijn nogal wat factoren die de uitkomsten kunnen beïnvloeden. Om er enkele te noemen zonder uitputtend te zijn:

- gebruik van eigen mest of gebruik van mest van derden: in het eerste geval zijn er geen kosten voor transport, wegen en bemonsteren om de mest bij de installatie te krijgen en kan het permeaat vaak op het eigen land worden verspreid zonder extra kosten aan het waterschap;
- de soort en samenstelling van de ingaande mest: varkensmest kan een ander scheidingsresultaat geven dan rundveemest en ook andere resultaten in de omgekeerde osmose. Binnen bijvoorbeeld vleesvarkensmest kan het drogestofgehalte verschillen en ook de gehalten aan stikstof en fosfaat waardoor het mineralenconcentraat en de dikke fractie kunnen verschillen en deze eindproducten daardoor een andere prijs kunnen krijgen;
- eventuele voorbewerking van de ingaande mest: het product uit een vergistingsinstallatie (digestaat) is van een andere samenstelling dan de mest die de vergister is ingegaan, mede doordat vaak andere producten (co-vergistingsproducten) zoals energiemais worden toegevoegd;
- de afstelling van de installatie:
 - vaker de scheiding/flotatie doorlopen en/of meer en/of andere toevoegmiddelen gebruiken kan tot ander scheidingsresultaat leiden: afhankelijk van onder andere prijsverhoudingen kan de producent hierin keuzes maken;
 - het OO-gedeelte kan onder meer of minder druk gezet worden waardoor meer of minder stikstof (geldt mogelijk ook voor andere mineralen zoals kali(um)) in het mineralenconcentraat komt en dit mineralenconcentraat daardoor een andere waarde krijgt. Ook kan het permeaat hierdoor van samenstelling veranderen zodat dit goedkoper of juist duurder geloosd kan worden. Meer druk kost meer energie zodat ook hier de producent voor een keuze staat, gegeven onder andere weer de prijsverhoudingen maar ook eventueel meer of minder onderhoud;
- hoeveelheden ingaande en uitgaande producten die opgeslagen moeten worden;
- bij gebruik van eindproducten ((deel) mineralenconcentraat, (deel) dikke fractie) op eigen land vallen kosten voor transport, wegen en bemonsteren aan de afzetkant (gedeeltelijk) weg.
- De berekeningen hebben plaatsgevonden op basis van schattingen van kosten en afschrijvingstermijnen door de producenten. Bij degenen die al langer met het proces werken, zijn de schattingen deels gebaseerd op ervaringen, deels een raming van de kosten als het nieuw zou moeten worden aangeschaft. Enkele deelnemers waren op het moment dat de cijfers werden gegeven echter nog maar nauwelijks gestart, waardoor nog weinig inzicht bestond in de kosten van het draaien van de installatie en de levensduur. Als er langer met de installaties is gewerkt, zullen kosten beter kunnen worden ingeschat.

4.4 Conclusies

Het mineralenconcentraat is bij het merendeel van de eindgebruikers positief ontvangen. Zij hebben de resultaten van bemesting over het algemeen als goed beoordeeld. En geven aan het product volgend jaar weer te willen gebruiken. Bij degenen die behoeften hebben aan andere gehalten wordt vooral de hoeveelheid fosfaat lager of zelfs in het geheel niet gewenst en het stikstof gehalte hoger. Kali wordt op grasland liefst minder gezien en op aardappelen en suikerbieten juist meer.

Het werd in 2009 vooral gebruikt voor grasland en, in iets mindere mate, op snijmaïs en aardappelen.

Het mineralenconcentraat werd vooral gemengd met drijfmest toegepast.

Vooraf bij pure toediening zijn er enkele problemen gemeld met de gewenste dosering van het mineralenconcentraat bij gebruik van standaard materiaal.

Er heerst bij een deel van de afnemers (nog) een overtuiging dat je op producten uit dierlijke mest niet hoeft te betalen, ongeacht de eigenschappen. Dit speelt zowel bij het mineralenconcentraat als bij dikke fractie. Hier zou nog een omslag in bereikt moeten worden voor afzet tegen de waarde van kunstmest.

Een eerste schatting van de gemiddelde kosten van de 8 bedrijven voor mestscheiding en omgekeerde osmose (dus zonder voor- en/ of nabewerking van (een deel van) de producten) ligt op ongeveer 7,50 Euro per ton, waarbij een grote spreiding bestaat tussen de installaties. Gemiddelde afzetkosten voor de eindproducten lagen op ongeveer 3,75 Euro per ton ingaande mest. Dit maakt dat, om de installatie rendabel te laten zijn bij de huidige kosten voor afzet, voor de ingaande mest ongeveer 11,25 Euro per ton moet worden ontvangen (kosten voor levering bij de installatie, waar de kosten voor transport en bemonstering dus nog bovenop komen, waardoor dit al snel op 14 tot 15 Euro per ton komt). Bij lagere kosten voor afzet van drijfmest bij rechtstreeks aanbod op de markt zal de bewerking dus geen voordeel bieden. Dit onder voorbehoud dat de inschatting van de kosten en levensduur door de producenten in de praktijk ook zo blijkt uit te pakken. Verder brengt het kunnen afzetten van de eindproducten tegen (een hogere) positieve prijs de kosten van het proces naar beneden.

Bij gebruik van het concentraat op gras en maïs wordt vooral de stikstof gewaardeerd ter vervanging van stikstofkunstmest en hangt de betalingsbereidheid samen met de heersende prijs van KAS. Op onder andere aardappelen wordt naast stikstof ook kali gewaardeerd.

Om de totale waarde van het mineralenconcentraat te benutten en tot uiting te laten komen in de prijs, zal het afgezet moeten worden naar gewassen die zowel de stikstof als de kali nodig hebben. Over het algemeen liggen deze in akkerbouwgebieden verder van de installaties af dan de graslanden, waardoor de extra transportkosten op zouden moeten wegen tegen de extra waarde die het mineralenconcentraat daar heeft (binnen het gebruikte voorbeeld in figuur 4.3 is dat een verschil tussen 11.84 en 2.77 euro). Een verdere concentratie zou deze afzetmarkt vanwege de beperking van transportkosten aantrekkelijker maken.

Dikke fractie kan vooral tot waarde worden gebracht bij verdere verwerking, waardoor het of leverbaar is in een nichemarkt buiten de landbouw, of geschikt is voor export waar men wel bereid is voor het product te betalen. Bij afzet binnen de Nederlandse landbouw, komt het terecht in akkerbouwgebieden voornamelijk op klei, waarbij de afzetkosten per ton (vooral bepaald door transport en bemonsteringskosten) vrijwel gelijk liggen aan drijfmest.

5 Levenscyclusanalyse (LCA) mineralenconcentraten

J.W. de Vries, S. Radersma, G.J. Kasper (Wageningen UR Livestock Research) en I.J.M. de Boer (WU Dierlijke Productie Systemen)

5.1 Inleiding

5.1.1 Achtergrond en aanleiding

Binnen het project ‘Pilots Mineralenconcentraten’ wordt een levenscyclusanalyse uitgevoerd. De analyse zal inzicht geven in de ecologische duurzaamheid van mestwerken tot een kunstmestvervanger ten opzichte van het gebruik van ruwe drijfmest en kunstmest. Hierin wordt de gehele keten bestudeerd en worden verschillende indicatoren gekwantificeerd onder verschillende milieueffecten. De resultaten zullen laten zien hoe de veranderende mestketen presteert voor de gekozen milieueffecten ten opzichte van de huidige mestketen.

Deze tussenrapportage voor 2009 beschrijft in het kort de probleemstelling voor deze studie, de onderzoeksopzet en aanpak, de voorlopige resultaten en conclusies voor de referentiescenario's en een het uitzicht van het vervolg voor 2010/11. In het voorjaar 2010 wordt een workshop georganiseerd waarin de uitgangspunten voor de verschillende scenario's worden besproken met onderzoek, beleid en sector. Daarna zullen de berekeningen worden uitgevoerd, geanalyseerd en gerapporteerd.

5.1.2 Probleemstelling en onderzoeksvraag

Het inzicht in de milieubelasting en het energieverbruik, als gevolg van het verwerken van drijfmest, en het gebruik van de eindproducten is niet compleet. Tijdens het gehele mestverwerkingsproces vinden emissies plaats. Elektriciteitsverbruik van de installatie bijvoorbeeld, draagt bij aan de klimaatverandering en uitputting van fossiele energiebronnen. Daarnaast is het onduidelijk in hoeverre de concentraten die vrijkomen bij ultrafiltratie en omgekeerde osmose een milieuvoordeel opleveren als kunstmestvervanger.

Bij bovenstaande kan het volgende probleem geformuleerd worden:

Het is momenteel niet bekend hoe de milieubelasting verandert wat betreft de uitstoot van broeikasgassen, ammoniak, stikstofoxiden, uitspoelen van stikstof en fosfaat naar grond- en oppervlaktewater, de emissie van fijn stof en geur, wanneer mest verwerkt wordt tot een kunstmestvervanger in vergelijking tot de huidige landbouwpraktijk.

De volgende onderzoeksvraag volgt uit de probleemdefinitie: ‘Wat is de verandering in de milieubelasting van de productie en het gebruik van de producten uit de pilotbedrijven Mineralenconcentraat, ten opzichte van het gebruik van ruwe mest en de productie/ gebruik van kunstmest conform de huidige landbouwpraktijk?’

Deze vraag wordt beantwoord met behulp van de levenscyclusanalyse (LCA) methodiek. De LCA methodologie is een internationaal erkende methode om de milieubelasting van een product, keten of activiteit in kaart te brengen. Dit onderzoek zal gedaan worden aan de hand van deze methodologie waarin de volgende fases onderscheiden worden:

1. Definitie van het doel en de reikwijdte van de studie
2. Inventarisatie van de benodigde data
3. Impact analyse van de data
4. Interpretatie van de uitkomsten

5.2 Fase 1: Definitie doel en reikwijdte

5.2.1 Doel

Het doel van de studie is om inzicht te verschaffen in het verschil in de milieubelasting van de keten waarin mest verwerkt wordt op acht verschillende manieren (met als eindproduct o.a. mineralenconcentraat), en de keten waarin bemest wordt met ruwe drijfmest en kunstmest. Hierbij is het toegestaan om het mineralenconcentraat bovenop de wettelijke norm van 170 kg N ha^{-1} toe te dienen (of 250 kg N ha^{-1} in geval derogatie). De geformuleerde hypothese is dat door het verwerken van drijfmest en het gebruik van de eindproducten, in plaats van alleen drijfmest en kunstmest, de milieubelasting van de mestketen omlaag gaat ten opzichte van de keten waarin geen drijfmest wordt verwerkt, omdat er minder transport van producten plaatsvindt en minder kunstmest nodig is.

5.2.2 Geografische reikwijdte

West-Europa en Nederland vormen de geografische focus van de studie.

5.2.3 Onderzoeksopzet en reikwijdte

Scenario's

Binnen het onderzoek worden twee scenario's beschouwd waarvan de verdere uitwerking volgt in paragraaf 5.3 en in 2010/11:

- Referentiescenario's. Hierin worden de huidige mestketens van rundvee- en vleesvarkensdrijfmest geschetst, welke de basis geven om te vergelijken (paragraaf 5.3).
- De scenario's waarin mest op acht verschillende manieren verwerkt wordt tot een mineralenconcentraat. De eindstap betreft altijd omgekeerde osmose (uitwerking 2010).
-

Geselecteerde indicatoren en milieueffecten

De volgende relevante indicatoren en milieueffecten worden in de studie gekwantificeerd:

- Klimaatverandering: Klimaatverandering is de eerste relevante impactcategorie. De verandering in het klimaat is het resultaat van de uitstoot van broeikasgassen door humane activiteiten wat zorgt voor de opwarming van de aarde. Voor landbouwkundige activiteiten zijn dit voornamelijk 1. CO_2 , 2. N_2O en 3. CH_4 . Deze

- worden verrekend met respectievelijk 1, 298 en 25 kg CO₂-equivalenten en geschaard onder dit effect.
- **Verzuring:** Verzuring wordt veroorzaakt door de depositie van verzurende stoffen, zoals zwaveldioxide (SO₂), ammoniak (NH₃) en stikstofoxiden (NO_x). Dit effect resulteert voornamelijk van industriële en verbrandingsprocessen, maar ook van landbouwkundige processen die in de keten plaatsvinden. Stoffen worden toegerekend naar kg SO₂-equivalenten met behulp van omrekenfactoren: NH₃, 2,45; NO_x, 0,56 en SO₂, 1 (Goedkoop *et al.*, 2009).
 - **Zoetwater en aquatische eutrofiëring:** Eutrofiëring, of vermessing, wordt veroorzaakt door het uitspoelen van stikstof en fosfaat naar het grond- en oppervlaktewater. Deze stoffen zorgen voor een overvoeding van deze omgeving waardoor onder andere algenbloei ontstaat en verschillende diersoorten verdwijnen. Zoetwatereutrofiëring wordt uitgedrukt in kg P-equivalenten, hier is P limiterend in het systeem, en aquatische (of mariene) eutrofiëring in kgN-equivalenten, in dit geval is N limiterend in het systeem. Stoffen en hun omrekenfactoren die hier voornamelijk aan bijdragen zijn: P, 1; voor zoetwatereutrofiëring en voor aquatische eutrofiëring: NH₃, 0,112; NH₄⁺, 1; NO₃⁻, 1,02 en NO_x, 0,128 (Goedkoop *et al.*, 2009).
 - **Fijnstofemissie:** Fijnstofemissie resulteert van verbrandingsprocessen en industriële verwerkingsprocessen. De uitstoot van fijn stof heeft een negatief effect op de humane gezondheid. De resultaten worden uitgedrukt in kg PM₁₀-equivalenten wat betekent dat fijn stof deeltjes tot kleiner dan 10 μm in de analyse worden betrokken. Daarnaast dragen ook andere stoffen bij aan de uitstoot van fijn stof door middel van omzettingsprocessen: NH₃, 0,32; NO_x, 0,22 en SO₂, 0,2 (Goedkoop *et al.*, 2009).
 - **Fossiel energieverbruik:** Energie wordt voor veel verschillende processen gebruikt. De bron van energie is voor het overgrote deel nog fossiel. Het energieverbruik uit fossiele bronnen hangt sterk samen met de uitstoot van broeikasgassen. De resultaten worden uitgedrukt in kg olie-equivalenten. Er wordt gerekend met 42 MJ per kg olie-eq (Goedkoop *et al.*, 2009).

Functionele eenheid

De functionele eenheid wordt gebruikt om de verschillende ketens te vergelijken ten opzichte van de referentie situaties. Deze eenheid geeft uitdrukking aan de geleverde diensten van het product of de activiteit die bestudeerd wordt.

De functie van dierlijke drijfmest en kunstmest is het bemesten van gewassen met voornamelijk stikstof, fosfaat en kalium. Dit gebeurt op zowel rundvee als akkerbouwbedrijven waarbij gewassen verschillende behoeften hebben. Stikstof wordt in de vorm van NH₄⁺-N en NO₃⁻-N opgenomen door de gewassen. Drijfmest bevat een deel van deze minerale stikstof, maar ook een deel organische stikstof. Afhankelijk van het type drijfmest en bodemsoort wordt een deel van de organische stikstof gemineraliseerd waardoor dit deel beschikbaar wordt voor de plant (Schachtman *et al.*, 1998; Nordin *et al.*, 2001). Daarnaast kan er ammoniakemissie optreden; deze stikstof is niet beschikbaar voor de plant. De werkzame stikstof in een product is de stikstof die dezelfde bemestende waarde heeft als de stikstof in kunstmest. Daarnaast bevat drijfmest fosfaat (P₂O₅) en kali (K₂O). Voor deze producten geldt ook een werking van 100%. Voor verwerkte mest en andere

bemestingsproducten gelden weer andere werkingscoëfficiënten voor onder andere stikstof (DR, 2009a).

Om de bemestingsfunctie van deze bemestingsproducten uit te drukken, onafhankelijk van gewas en areaal, worden twee Nederlandse standaardbedrijven gedefinieerd. Eén voor de toediening van rundveedrijfmest en één voor de toediening van vleesvarkensdrijfmest. De milieubelasting wordt dan uitgedrukt 'per hectare bemest op het standaard bedrijf'. De standaard bedrijven worden verder beschreven in paragraaf 5.3.

Materialen

De studie wordt uitgevoerd aan de hand van de ISO-14040 normen. Het programma 'SimaPro 7.1 (PréConsultants B.V., Nederland)' zal worden gebruikt in combinatie met de 'Ecoinvent v.2.0' database voor het modelleren van de processen (EcoinventCentre, 2007). De 'ReCiPe LCIA hiërarchische methode' wordt gebruikt voor het karakteriseren en normaliseren (Europese norm) van de resultaten (Goedkoop *et al.*, 2009).

5.2.4 Afbakening van het systeem

Stromingen in LCA

Binnen de levenscyclusanalyse methodologie zijn twee stromingen te onderscheiden, de attributional en consequential benadering. Deze benaderingen verschillen in de basis uitgangspunten en benaderen een probleem op een andere manier. Hier volgt een korte omschrijving van de verschillen.

Attributional LCA (ALCA) maakt gebruik van gemiddelde data om het systeem te beschrijven. Dit kan bijvoorbeeld een gemiddelde elektriciteitsmix zijn van een specifiek land of regio. De resultaten weerspiegelen de huidige of vroegere situatie zoals deze beschreven wordt. Daarentegen beschrijft consequential LCA (CLCA) meer de verandering in het systeem door het definiëren van de marginale processen welke beïnvloedt worden als gevolg van de verandering in het gehele systeem en daarmee een toekomstig scenario te schetsen. Voor deze benadering zijn dan ook andere data benodigd (marginale data) (Weidema *et al.*, 1999; Weidema, 2003; Schmidt *et al.*, 2008). Deze data beschrijven de veranderingen in het systeem en de mogelijke toekomstige verandering.

Afbakening in LCA

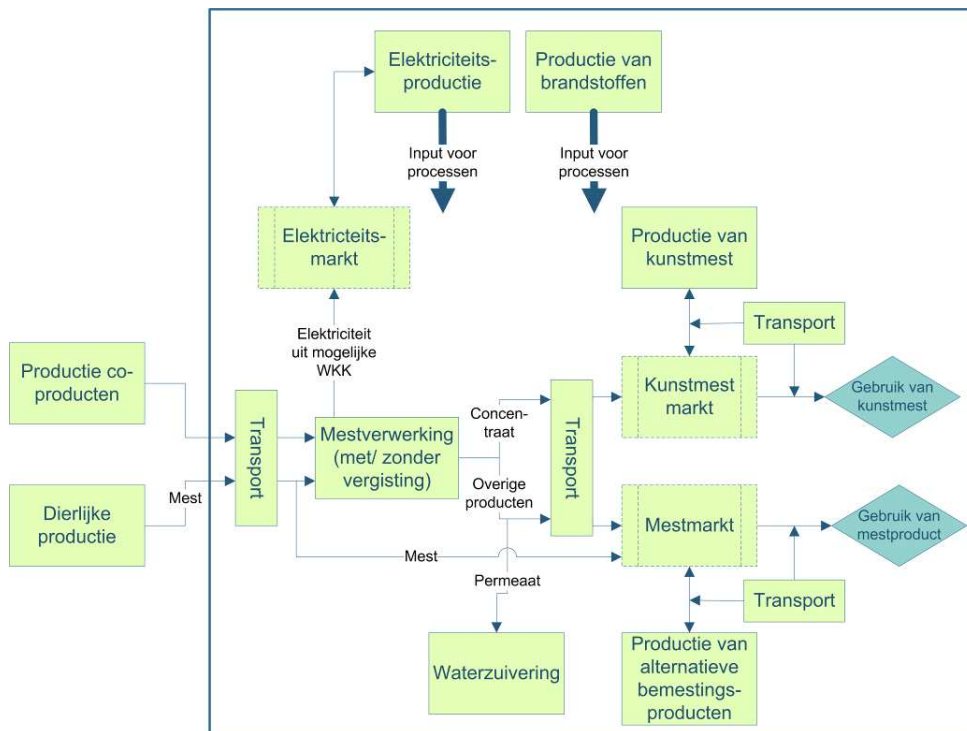
De omgang met multifunctionele processen (dit zijn processen met meerdere in- en output stromen) is ook anders voor de twee benaderingen zoals hierboven beschreven (methode van allocatie). Binnen de attributional benadering wordt de milieubelasting verdeeld over een aantal producten of stromen door deze toe te wijzen op basis van bijvoorbeeld de economische waarde of het gewicht van de producten. In veel gevallen heeft de keuze van de allocatiemethode een sterke invloed op de uitkomsten van de studie door bijvoorbeeld veranderende economische waarde. CLCA benadert dit probleem door het beïnvloede proces binnen de systeemsgrens te betrekken en in de analyse te integreren (system expansion of systeemuitbreiding) (Dalgaard, 2007; Schmidt *et al.*, 2008; Thomassen *et al.*, 2008). Processen welke niet beïnvloed worden door de verandering in het systeem worden buiten de grens gelaten. Het bepalen van de marginale processen wordt daarentegen ook beïnvloed door marktwerking en dus economische veranderingen. Voor verdere details wordt verwezen naar de geciteerde referenties.

In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van de consequential benadering van LCA, omdat de onderzoeksvraag een verandering in het systeem impliceert en deze benadering een verandering inzichtelijker in kaart brengt (Thomassen *et al.*, 2008; JRC, 2009).

Systemsgrenzen en eerste overwegingen

Figuur 22 toont het systeem dat bestudeerd wordt. Hierin worden de algemene processen weergegeven die in de mestketen plaatsvinden.

Door het gebruik van mineralenconcentraat als kunstmestvervanger is de verwachting dat de vraag naar kunstmest daalt. Dit zal naar verwachting direct de productie van kunstmest beïnvloeden. Wanneer dit in acht wordt genomen is de vraag welke soort(en) kunstmest beïnvloed zullen worden door deze verandering. Hier wordt in paragraaf 5.3 verder op in gegaan.



Figuur 22. Schematische weergave van de mestketen en de betrokken (marginale) processen welke onderhevig zijn aan de verandering in de keten.

Daarnaast wordt een dikke fractie geproduceerd uit de mestverwerkingsinstallaties die in een aantal gevallen opgewerkt wordt tot een droge korrel. De productie van een dergelijk bemestingsproduct zal dan ook mogelijk de vraag naar andere producten, zoals mestkorrels en compost, doen veranderen. Hoe dit verandert, wordt in het eindrapport van 2010 verder besproken en verwerkt. Het permeaat dat ontstaat na omgekeerde osmose wordt in sommige gevallen op het riool geloosd en in andere gevallen op het oppervlaktewater. De extra milieubelasting van het zuiveren van dit permeaat wordt in de analyse meegenomen. In het

geval van lozing op het oppervlaktewater wordt de grens bij het erf van de producent getrokken.

Wanneer gebruik wordt gemaakt van mestvergisting worden alleen de beïnvloede co-producten in de analyse betrokken volgens de consequential methode. Dit wordt verder uitgewerkt in 2010. Kapitale goederen (bijvoorbeeld emissies ten laste van de productie van de installaties en vrachtwagens) worden niet in de analyse meegenomen, omdat uit eerder onderzoek blijkt dat dit niet substantieel bijdraagt aan de milieubelasting in de keten (Audsley *et al.*, 1997; Wesnæs *et al.*, 2009).

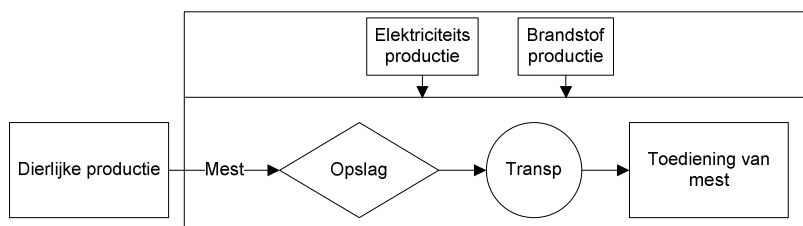
Aangenomen wordt dat de productie van drijfmest niet zal veranderen ten gevolge van het verwerken van mest en het dierlijke productiesysteem niet direct zal worden beïnvloed. Emissies vanuit de mestkelder worden wel in de analyse betrokken, omdat verwacht wordt dat deze veranderen door mestverwerking. De grens ligt hiermee op de plek waar de mest in de opslag terecht komt. Hiermee komt de gehele systeemgrens vanaf de mestopslag tot en met de toediening van de meststoffen te liggen.

5.3 Fase 2: Data inventarisatie

5.3.1 Referentie scenario's

Primair is een tweetal referentie scenario's voor de rundvee- en varkensdrijfmestketen gedefinieerd. Er is een onderscheid gemaakt tussen rundveedrijfmest en vleesvarkensdrijfmest, omdat de mestketens teveel van elkaar verschillen om een vergelijking op basis van één keten mogelijk te maken. Er wordt uitgegaan van een typisch bedrijf en niet van een gemiddeld bedrijf om een goed overzicht van de verandering te kunnen waarborgen. Toediening van mest en kunstmest gebeurt op basis van de gedefinieerde standaardbedrijven. Deze bedrijven worden verder besproken in de volgende paragrafen.

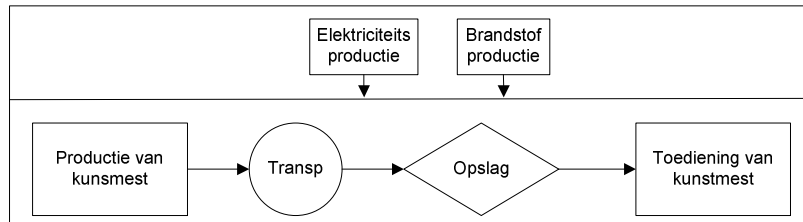
Figuur 23 en Figuur 24 geven een overzicht van de algemene processen die plaatsvinden in beide scenario's.



Figuur 23. Stroomschema voor de referentiesituatie waarin mest wordt opgeslagen en vervolgens na transport wordt toegediend.

In de huidige situatie wordt mest opgeslagen, onder de stal of in een eventuele buitenopslag, waarna de mest wordt vervoerd en toegediend (Figuur 23). Hierbij wordt elektriciteit en

brandstof verbruikt. Om tot een volledige bemesting te komen wordt naast drijfmest nog kunstmest toegediend. De productie van kunstmest vindt plaats waarna het product naar het bedrijf wordt getransporteerd. Vervolgens wordt het product toegediend op het land (Figuur 24). Bij deze processen wordt ook elektriciteit en brandstof verbruikt met als basis fossiele energiebronnen. Al deze processen worden in de analyse betrokken.



Figuur 24. Stroomschema van de productie en het gebruik van kunstmest en de betreffende achtergrondprocessen.

Referentiescenario voor vleesvarkensdrijfmest

Voor de referentie van vleesvarkensdrijfmest wordt een aantal uitgangspunten gehanteerd:

- Voor varkensmest wordt uitgegaan van vleesvarkensdrijfmest. Ongeveer 75% van de varkenspopulatie in Nederland bestaat uit vleesvarkens en vormt hiermee het grootste deel (CBS, 2009a).
- Het overgrote deel van de vleesvarkensdrijfmest wordt in een gangbaar systeem geproduceerd. Hierbij wordt uitgegaan van een typisch systeem dat gebaseerd is op eerder onderzoek in 2009 (Kool *et al.*, 2009). Hierbij wordt voor de Nederlandse situatie uitgegaan van een gedeeltelijke roostervloer, 60% geroosterd en 40% dicht, waarbij alle drijfmest binnen wordt geproduceerd. Deze drijfmest wordt een maand binnen opgeslagen waarna deze wordt overgepompt naar een afgedekte buitenopslag (silo). De mest wordt gedurende de winterperiode, van september–februari, in opslag gehouden. In de zomerperiode wordt de mest uit de mestkelder en mestopslag gehaald waarna deze wordt afgevoerd en/ of direct toegediend.
- Aangenomen is dat alle vleesvarkensdrijfmest wordt afgevoerd naar een akkerbouwgebied buiten de regio en daar wordt toegediend. Een deel van de mest zal ook worden geëxporteerd. Dit wordt beschreven in de volgende sectie. De binnenlandse transportafstand wordt op 150 km geschat. Dit is gedaan op basis van expertkennis van Dienst Regelingen en een Belgische rapportage rondom het vervoer van drijfmest (VLM, 2005; DR, 2009b). Hierbij is aangenomen dat de mest uit de regio met een overschot naar het noorden of het westen is vervoerd. De transportafstand naar het buitenland wordt geschat op 200 km (heenweg) op basis van economische inschatting en transportafstanden naar Duitsland en Frankrijk (Melse *et al.*, 2004; Kipon, 2009; Luesink, 2009). Bij het transport van drijfmest wordt een vrachtwagen met een inhoud van ongeveer 35 m³ gebruikt.
- De drijfmest wordt toegediend in de akkerbouw (bouwland) met behulp van een mestinjecteur. Daarbij wordt rekening gehouden met de toediening op de bodemsoort zand en klei aangezien deze voor akkerbouw het overgrote spectrum weergeven voor de Nederlandse situatie. Om de verschillen te simuleren zijn

standaardbedrijven gedefinieerd met verschillende bemestingsplannen. In de sectie ‘standaardbedrijven’ wordt hier verder op ingegaan.

Export van vleesvarkensdrijfmest

Binnen de mestketen voor vleesvarkens wordt ook een deel van de mest geëxporteerd. Op basis van mestexportgegevens is geschat hoeveel mest per hectare op een standaardbedrijf geëxporteerd wordt. Dit wordt betrokken in de analyse. Emissies uit de opslag en transport van dit deel geëxporteerde mest worden meegenomen in de analyse.

In 2008 werd 7,01 miljoen ton vleesvarkensdrijfmest geproduceerd (CBS, 2009b). Van dit deel werd 353.665 ton geëxporteerd (DR, 2009b). Het overige deel werd binnen Nederland voor het overgrote deel afgezet naar akkerbouw- en veehouderijbedrijven en een verwaarloosbaar klein deel werd afgezet naar mestverwerkers (CBS, 2009c). Om tot een hoeveelheid geëxporteerde drijfmest per ha voor het standaardakkerbouwbedrijf te komen is het gewogen gemiddelde voor de toediening per hectare van het standaardakkerbouwbedrijf voor beide grondsoorten gebruikt (zie paragraaf Standaardbedrijven). Van de geproduceerde drijfmest kan in totaal 341.185 ha bemest worden ervan uitgaande dat het merendeel van de netto aanwezige mest wordt toegediend ($(7,01 \text{ miljoen ton} - 353.665 \text{ ton}) / 19,5 \text{ ton ha}^{-1}$). Dit betekent dat per hectare, bemest met vleesvarkensdrijfmest, 1,04 ton drijfmest wordt geëxporteerd (353.665 ton / 341.185 ha). Dit wordt in de analyse meegenomen en berekend over 200 km transport zoals beschreven in de referentie voor vleesvarkensdrijfmest.

Referentiescenario voor rundveedrijfmest

Voor de rundveedrijfmestketen is een aparte referentie gedefinieerd. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten voor een typisch bedrijf gehanteerd:

- De huisvesting bestaat uit een gangbare ligboxenstal met een volledige roostervloer en een mestkelder voor drijfmestopslag. Van het rundvee in Nederland wordt 95% in een dergelijke stal gehouden (CBS, 2008).
- De drijfmestopslag bestaat uit een kelder onder de stal waarin de mest gedurende de gehele winterperiode zit opgeslagen (september–februari). In het voorjaar en gedurende het groeiseizoen wordt de mest op verschillende perioden uitgereden op bouwland en grasland. Hierbij wordt uitgegaan van verschillende bodemsoorten, klei, zand en veen. Dit wordt verder beschreven aan de hand van de standaardbedrijven (zie paragraaf Standaardbedrijven). Verder wordt het vee geweid gedurende de zomer waardoor een deel van de mest niet in de kelder terecht komt.
- Aangenomen wordt dat alle drijfmest in een straal van 1 km rond het bedrijf wordt toegediend. Toediening vindt plaats met een mestinjecteur voor grasland en bouwland. Het deel mest, $5,6 \text{ ton ha}^{-1}$ bemest op het standaardbedrijf, dat afgevoerd moet worden, wordt in een straal van 10 km om het bedrijf toegediend. Extra transport en emissies worden hierbij meegerekend.
- Het rundvee wordt beperkt geweid gedurende de zomerperiode. Hierbij wordt ervan uit gegaan dat 50% van de mest in de kelder terecht komt gedurende deze periode (van der Hoek, 2002). Emissies tijdens het weiden worden niet in de analyse betrokken. Aangenomen wordt dat de beweiding niet verandert door het verwerken van mest, en het bemesten met andere producten, in de nieuwe situatie.

Standaardbedrijven

In deze sectie worden de standaardbedrijven gedefinieerd en beschreven met de bemestingsplannen uitgesplitst per grondsoort. Zoals beschreven in de referenties wordt vleesvarkensdrijfmest in de akkerbouw toegediend en rundveedrijfmest op eigen bedrijf. Hierbij worden de volgende grondsoorten onderscheiden: zand, klei en veen, omdat deze de meest relevante grondsoorten in Nederland betreffen (LNV, 2009a). De vergelijking van de milieubelasting gebeurt op basis van de functionele eenheid: per ha bemest op het standaardbedrijf.

De functie van de producten, zoals beschreven in paragraaf 5.2, is het bemesten van gewassen met voornamelijk stikstof (N), fosfaat (P) en kali (K) in de vormen van respectievelijk werkzame N (NO_3^- en NH_4^+ inclusief het deel wat mineraliseert na toediening), P_2O_5 en K_2O . De stikstoftoediening voor het rundveebedrijf en akkerbouwbedrijf is gecorrigeerd voor de verliezen uit de mestkelder tijdens opslag (zie ook Tabel 45 voor de emissies en Tabel 46 voor de aangepaste drijfmestsamenstelling). Dit resulteert in een andere N:P verhouding in de mest hetgeen doorwerkt tot in het bemestingsplan.

Tabel 42 toont de bemesting van werkzame N, P_2O_5 en K_2O per hectare voor de standaardbedrijven met verschillende gewasrotaties. De giften voldoen aan de wettelijke normen. De gewogen gemiddelden zijn berekend op basis van de implementatiegraden voor de verschillende grondsoorten, die zijn berekend aan de hand van nationale gegevens (de data zijn uitgebreid beschikbaar in de eindrapportage van 2011).

Tabel 42. Bemesting van totale werkzame N, P_2O_5 en K_2O per hectare uit dierlijke mest en kunstmest voor de standaardbedrijven voor rundvee bij weiden en voor het akkerbouwbedrijf.

		Gewogen				Verhouding N/P/K bemest			
		Zand	Klei	Veen	gem	Zand	Klei	Veen	Gewogen
Rundvee weiden	Implementatiegraad	0.59	0.27	0.14	1				
	kg werkzame N/ ha	233	273	259	247	1	1	1	1
	kg P_2O_5 / ha	96	96	99	97	0.41	0.35	0.38	0.39
	kg K_2O / ha	382	400	317	378	1.64	1.47	1.22	1.54
Akkerbouw	Implementatiegraad	0.43	0.57	-	1				
	kg werkzame N/ ha	149	201	-	179	1	1	-	1
	kg P_2O_5 / ha	85	85	-	85	0.57	0.42	-	0.49
	kg K_2O / ha	200	150	-	171	1.34	0.75	-	1.00

Op het rundveebedrijf op zand- en kleigrond wordt 25% maïs geteeld en 75% gras. Op veen is dit 5% en 95% respectievelijk. Het akkerbouwbedrijf is gebaseerd op een bouwplan met een aantal verschillende graan- en knolgewassen. Voor het standaardakkerbouwbedrijf is alleen gerekend met zand en klei als bodemsoorten, omdat akkerbouw weinig voorkomt op veen in verband met het lage draagvermogen van de bodem gedurende periodes in het groeiseizoen (Olsthoorn, 2003). Er is een N-werkingscoëfficiënt van 60% voor klei en 70% voor zand gehanteerd (LNV, 2009b).

Voor zowel het rundvee- als het akkerbouwbedrijf geldt dat er meer stikstof wordt bemest per ha op kleigrond, respectievelijk 40 kg ha⁻¹ en 52 kg ha⁻¹ meer (Tabel 42). Fosfaatgiften

zijn hoger voor het rundveebedrijf ten opzichte van het akkerbouwbedrijf dat voortvloeit uit de hogere toegestane gebruiksnorm op grasland (DR, 2009a). Voor veengrond geldt een ander plaatje gezien het rundveebedrijf. Dit hangt samen met een verschillende verhouding van maïs (5%) en gras (95%) wat geteeld wordt ten opzichte van de bedrijven op zand en klei. Over het algemeen wordt er voldoende Kali bemest via de drijfmest op rundveebedrijven. Dit komt sterk naar voren wanneer de verhoudingen tussen de werkzame N, P₂O₅ en K₂O worden berekend.

Tabel 43 laat de bemesting van de standaardbedrijven zien gefractioneerd naar drijfmest en kunstmest. Hieruit wordt duidelijk dat de fosfaatnorm limiterend is voor rundveebedrijven op zand en klei, omdat er geen aanvullende kunstmestgift nodig is. Op het rundveebedrijf op veengrond wordt meer kunstmest toegediend door de hogere behoefte en lagere productie. Voldoende kali wordt bemest vanuit de drijfmestfractie.

Tabel 43. Bemesting van werkzame N, P₂O₅ en K₂O per hectare op de standaardbedrijven gefractioneerd naar dierlijke mest en kunstmest van de totale bemesting op bedrijfsniveau.

		Zand				Klei				Veen				Gewogen gemiddelde			
		Dierlijk kg/ha	%	Kunstmest kg/ha	%	Dierlijk kg/ha	%	Kunstmest kg/ha	%	Dierlijk kg/ha	%	Kunstmest kg/ha	%	Dierlijk kg/ha	%	Kunstmest kg/ha	%
Rundvee weiden	Werkz N	107	46%	126	54%	107	39%	166	61%	89	34%	171	66%	104	42%	143	58%
	P ₂ O ₅	96	100%	0	0%	96	100%	0	0%	80	80%	19	20%	94	97%	3	3%
	K ₂ O	382	100%	0	0%	383	96%	17	4%	317	100%	0	0%	374	99%	5	1%
Akkerbouw	Werkz N	75	50%	74	50%	60	30%	141	70%	-	-	-	-	66	39%	112	61%
	P ₂ O ₅	85	100%	0	0%	80	94%	5	6%	-	-	-	-	82	96%	3	4%
	K ₂ O	146	73%	54	27%	136	91%	14	9%	-	-	-	-	140	83%	31	17%

Op het akkerbouwbedrijf met zandgrond wordt geen fosfaatkunstmest toegediend en kan de volledige gift uit vleesvarkensmest gehaald worden. Absoluut wordt er minder werkzame stikstof toegediend vergeleken met het rundveebedrijf. Op kleigrond wordt een grotere aanvullende kunstmestgift voor stikstof en fosfaat gevraagd dan op zand in verband met de bemestingsvraag van het gewas. Dit komt door de verschillende bouwplannen afhankelijk van de grondsoort. Een aanvullende kaligift wordt voor beide grondsoorten gevraagd. De gewogen gemiddelden worden voor de analyse in paragraaf 5.4 gebruikt.

5.3.2 Data voor referentiescenario's

Drijfmestsamenstelling

Bemesting op de standaardbedrijven vindt plaats door het toedienen van drijfmest en kunstmest. Om de basis vast te stellen voor het toedienen van rundvee- en vleesvarkensdrijfmest dient een standaardsamenstelling gedefinieerd te worden voor verdere berekening. Tabel 44 presenteert de samenstelling van rundvee- en vleesvarkensdrijfmest (KWIN, 2009-2010).

Vleesvarkensdrijfmest onderscheidt zich van rundveedrijfmest door een hoger drogestofgehalte (DS) en hogere nutriëntengehalten. Daarnaast heeft deze mestsoort een hogere dichtheid.

Tabel 44. Samenstelling van rundvee- en vleesvarkensdrijfmest.

	DS	OS	N _{tot}	N _m	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	ρ (kg/m ³)
Rundveedrijfmest	86	64	4.4	2.2	2.2	1.6	6.2	1.3	0.7	1005
Vleesvarkensdrijfmest	90	60	7.2	4.2	3	4.2	7.2	1.8	0.9	1040

Alle eenheden in kg/ton tenzij anders aangegeven

Bron: KWIN 2009-2010

Stikstofemissies uit drijfmestopslag

Tabel 45 toont de stikstof emissiefactoren uit de mestopslag in de stal en buitenopslag. Voor rundveedrijfmest worden alleen de emissies uit de mestkelder inbegrepen volgens de beschrijving van de referentiesituatie. Voor vleesvarkensdrijfmest worden de emissies uit beide opslagen meegerekend.

Tabel 45. Stikstof emissies uit de mestopslag in de stal en buitenopslag voor rundvee- en vleesvarkensdrijfmest als fractie van totaal stikstof.

Emissie		NH ₃ *	NH ₃ -N*	N ₂ -N**	N ₂ O-N*	NO-N**
Rundvee	Stal	0.14	0.11	0.01	0.001	0.001
Vleesvarkens		0.28	0.23	0.01	0.001	0.001
Emissie		NH ₃ **	NH ₃ -N**	N ₂ -N**	N ₂ O-N [#]	NO-N [#]
Vleesvarkens	Opslag	0.020	0.017	0.01	0.005	0.001

* Groenestein *et al* (2005) voor vleesvarkensmest

Oenema *et al* (2000) voor rundveedrijfmest

** Oenema *et al* (2000)

IPCC (2006)

Emissies van ammoniak uit de stal zijn gebaseerd op Groenestein *et al.* (2005) voor vleesvarkens en Oenema *et al.* (2000) voor rundvee. Bij rundvee is uitgegaan van een ligboxenstal met beperkt weiden. Hierbij gaat 11,4% van de stikstof in de mest verloren in de vorm van ammoniakale stikstof. Daarnaast emitteert 1, 0,1 en 0,1% van de stikstof in de vorm van respectievelijk N₂-N, N₂O-N en NO-N (Oenema *et al.*, 2000).

Naast de directe N₂O emissies zijn ook de indirecte emissies van lachgas meegenomen. Deze emissies ontstaan als gevolg van omzettingen van stikstofverbindingen afkomstig van NO_x, NH₃ en NO₃ (Oenema *et al.*, 2001; IPCC, 2006). Uitgaande van dichte opslagen treedt geen uitspoeling van nitraat op waardoor deze bron verwaarloosd kan worden. Voor de indirecte lachgasemissie afkomstig van ammoniak en stikstofoxiden geldt een emissie van 0,01 kgN₂O-N per kg(NH₃ + NO_x) (IPCC, 2006). Hierbij is aangenomen dat de stikstofoxiden alleen bestaan uit NO (Wesnæs *et al.*, 2009).

Methaanemissie uit drijfmestopslag

Om aansluitende data te verkrijgen, en onderscheid te kunnen maken tussen de referentiesituaties en aangepaste mestketen, is gebruik gemaakt van een bestaand model voor methaanemissieberekeningen uit mestopslagen aanwezig bij Wageningen Universiteit (de Mol *et al.*, 2003). Voor de invoer van het model zijn specifieke gegevens gebruikt zoals de duur van de opslag, de momenten van uitrijden, beweiding etc. Deze data zijn gebaseerd op

de Mol en Hilhorst (2004) en expertkennis (volledig beschikbaar in eindrapportage 2011). Voor rundvee met beperkt weiden is een methaanemissiefactor van 2,19 kgCH₄ ton⁻¹ mest uit de kelder verkregen. Dit komt overeen met de orde van grootte uit andere rapporten (de Mol *et al.*, 2004; Wesnæs *et al.*, 2009). Voor vleesvarkens is dit 1,81 kgCH₄ ton⁻¹ uit de mestkelder en 0,26 kgCH₄ ton⁻¹ uit de silo (2,07 kgCH₄ ton⁻¹ totaal).

Methaanemissie ten gevolge van fermentatie uit het verteringsstelsel is niet in de studie inbegrepen in samenhang met de systeemgrens zoals beschreven in paragraaf 5.2.

Aangepaste drijfmestsamenstelling

Door de emissies die optreden uit de kelder en de opslag verandert de samenstelling van de drijfmest. Tabel 46 toont de verandering in samenstelling.

Tabel 46. Drijfmestsamenstelling na opslag in de kelder en buitenopslag.

	DS	OS	N _{tot}	N _m	N _{org}	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	ρ (kg/m ³)
Na binnenopslag										
Rundveedrijfmest	77	58	3.85	nb	nb	1.6	6.2	1.3	0.7	1005
Vleesvarkensdrijfmest	81	54	5.45	nb	nb	4.2	7.2	1.8	0.9	1040
Na buitenopslag										
Vleesvarkensdrijfmest	77	51	5.28	nb	nb	4.2	7.2	1.8	0.9	1040

Alle eenheden in kg/ton tenzij anders aangegeven

nb = niet bekend

Omdat de stikstofemissies op basis van de totale stikstof inhoud worden berekend (Tabel 45) wordt de mineralisatie van organische stikstof niet meegenomen. Daarnaast zijn de onderzochte verschillen die hierdoor ontstaan niet van significante waarde (Reidy *et al.*, 2008).

Bij de verandering in samenstelling is aangenomen dat 10% van de organische stof (OS) wordt afgebroken door decompositie van organisch materiaal tijdens de opslag in de kelder. Daarnaast wordt 5% afgebroken in de buitenopslag. Er is verondersteld dat dit vergelijkbaar is voor de afbraak van drogestof (DS) (Wesnæs *et al.*, 2009).

Transport en elektriciteitsproductie

Voor het transport van de drijfmest is aangehouden dat binnen Nederland een vrachtwagen wordt gebruikt met 35 m³ inhoud. Voor dit proces zijn de data in de Ecoinvent database gebruikt, namelijk: 'Transport, lorry>32t, Euro4/RER U' (EcoinventCentre, 2007). Er is aangenomen dat tijdens alle transport geen verliezen optreden uit de meststoffen.

Voor internationaal transport gelden andere reglementen. In Duitsland mag een vrachtwagen met 3 assen maximaal 25 ton wegen (Kipon, 2009). Voor de export is dan ook een ander proces gebruikt: 'Transport, lorry 16 – 32t, Euro4/RER U' (EcoinventCentre, 2007). Dit proces wordt tevens gebruikt voor het transport van kunstmest.

Elektriciteit wordt op verschillende plaatsen in de keten gebruikt. Bijvoorbeeld voor het overpompen van mest naar verschillende opslagen. Dit bedraagt 0,5 kWh ton⁻¹ voor rundveedrijfmest en 2,9 kWh ton⁻¹ voor in de vleesvarkens drijfmestopslagen (Wesnæs *et al.*, 2009). Daarnaast zit elektriciteitsgebruik opgenomen in verschillende achtergrondprocessen.

Voor consequential LCA is het van belang dat de marginale technologie van de elektriciteitsproductie wordt gebruikt. Dit is de technologie die zal worden geïmplementeerd wanneer de vraag naar elektriciteit stijgt (Ekvall *et al.*, 2004). Op basis van eerder onderzoek is bepaald dat dit een gas gestookte centrale is voor de Nederlandse situatie (Thomassen *et al.*, 2008). Dit wordt dan ook gebruikt als marginale technologie in Ecoinvent: 'Electricity, natural gas, at power plant/NL U' (EcoinventCentre, 2007).

Kunstmestproductie

Volgens de consequential methode voor LCA dient de marginale kunstmest gedefinieerd te worden (Weidema, 2003). Door de complexiteit en het hectische karakter van de mestmarkt, waar vele samengestelde en losse bemestingsproducten worden verhandeld, is het zeer complex om de marginale kunstmeststoffen voor N, P en K te determineren. Momenteel wordt in de landbouw veelal ammoniumnitraat (KAS), tripelsuperfosfaat en kaliumchloride gebruikt voor N, P en K bemesting (LEI, 2009). Er is besloten om te rekenen met deze meest voorkomende kunstmestproducten.

Voor de productiegegevens van kunstmest wordt gebruik gemaakt van de Ecoinvent database: 'Ammonium nitrate, as N, at regional storehouse/RER U', 'Triple superphosphate, as P₂O₅, at regional storehouse/RER U' en 'Potassium chloride, as K₂O, at regional storehouse/RER U' (EcoinventCentre, 2007). Dit zijn relevante en eenduidige data die momenteel beschikbaar zijn en internationaal gebruikt worden. Europese regelgeving stuurt wel aan op het gebruik van 'Best Available Techniques' (BAT's), maar hierin is nog niet duidelijk en eenduidig wat de emissies zijn voor het toepassen van deze technieken (EC, 2007).

Emissies bij het toedienen van drijfmest en kunstmest

Tabel 47 presenteert de gebruikte data voor de emissies tijdens toediening van rundvee- en vleesvarkensdrijfmest en kunstmest met onderscheid naar bodemsoort en als gewogen gemiddelde (voor nitraatuitspoeling).

Ammoniak emissies tijdens de toediening zijn verschillend voor grasland en bouwland. Daarnaast hangt dit af van de toedieningstechniek die gebruikt wordt. Op basis van het gebruik van deze verschillende technieken is een gewogen ammoniakemissie, aan de hand van de implementatiegraden in Tabel 47, gebruikt naar toedieningstechniek op bouwland en grasland (Smits *et al.*, 2005).

Nitraatuitspoeling is berekend op basis van de uitspoelingsfractie van het stikstofoverschot met de bijbehorende grondwatertrap en grondsoort (data volledig beschikbaar in eindrapportage 2011) (Fraters *et al.*, 2007). Vervolgens zijn deze uitspoelingsfracties gewogen aan de hand van de implementatiegraden per grondsoort (Tabel 42).

De fosfaatuitspoeling is niet direct afhankelijk van de P-toediening uit meststoffen, maar hangt af van de fosfaattoestand van de bodem (onder andere Pw-getal). Dit wordt weer bepaald door bijvoorbeeld het bemestingsverleden, de bodemsoort en de klimaatfactoren (van Middelkoop *et al.*, 2007). Omdat het niet mogelijk is om een directe afleiding naar de meststoffen te geven wordt een standaarduitspoeling gebruikt voor alle meststoffen. Dit is 0,6% van de toegediende P volgens de EDIP 2003 methode (EPA, 2003). 10% van het fosfaat spoelt uit waarvan 6% uiteindelijk de aquatische omgeving bereikt.

Tabel 47. Emissies tijdens het toedienen van rundvee- en vleesvarkensdrijfmest en kunstmest voor de verschillende en gewogen bodemsoorten (Goebes et al., 2003; Smits et al., 2005; IPCC, 2006; Stehfest et al., 2006).

Eenheid	Grond soort	N ₂ O-N ¹ _{direct} % N	N ₂ O-N ¹ _{indirect}		NO ² % N	NH ₃ ³		NO ₃ ⁴		Gewogen NO ₃ ⁴		
			% NH ₃ -N & NOx-N	% NO ₃ leached		Gras	Bouwl	Gras	Bouwl	Gras	Bouwl	Varken
Drijfmest	Zand	1.325	1	0.75	0.55	7.95	15.46	4.4	18.4	3.5	15.0	16.7
	Klei							2.8	15.4			
	Veen							0.9	-			
KAS	Zand	1	1	0.75	0.55	2*	4.4	18.4	3.5	15.0	16.7	
	Klei						2.8	15.4				
	Veen						0.9	-				

¹ IPCC (2006)

⁴ Berekningen (komt in rapportage 2010/11)

² Stehfest & Bouwman (2006) * Goebes et al (2003)

³ Smits et al (2005)

De emissies die optreden tijdens het toedienen van vleesvarkensdrijfmest in het buitenland worden bij de analyse inbegrepen, omdat dit een mogelijke marginale verandering vertegenwoordigt wanneer de mestketen verandert. Aangenomen is dat de emissies bij de toediening van drijfmest en kunstmest gelijk zijn aan die van het binnenland en dat bemest wordt volgens het gedefinieerde standaard bedrijf. Emissies van stikstof en methaan uit opslag in het buitenland zijn niet in de analyse betrokken vanwege het kleine aandeel (< 1% van de totale opslagemissies).

Aangenomen is dat voor de bemesting voor alle kunstmestsoorten gemiddeld tweemaal over het veld wordt gereden (dus er wordt 2 ha ingevoerd in plaats van 1).

CO₂ emissies uit de carbon stock in de bodem ten gevolge van de toediening van mest en kunstmest zijn niet bij de analyse inbegrepen. Daarnaast worden processen zoals, ploegen en zaai- en bereiding niet meegenomen in samenhang met de definitie van de systeemgrenzen.

Emissie van fijn stof en geur

Om deze impact factor te kwantificeren is gebruikt gemaakt van de ReCiPe karakteriseringsmethode waarin fijn stof wordt gekwantificeerd (Goedkoop et al., 2009). Ammoniak, stikstofoxiden, zwaveldioxyden en fijn stof deeltjes direct afkomstig van processen worden hierbinnen meegenomen. Door het gebruik van achtergronddata wordt ook de fijnstofemissie in kaart gebracht van bijvoorbeeld elektriciteitsproductie en dieselvebranding.

Om een indruk van de geuremissie tijdens mestmanagement te krijgen is een korte verkenning van de literatuur gedaan. In 2010 volgt een verdere uitwerking van dit milieueffect.

Geuremissies uit mest omvatten voornamelijk vluchtige fenolen (*p*-cresol) > vetzuren > ammoniak en H₂S. De grootte van geuremissie, en daarmee de overlast, is afhankelijk van opslagduur, mestsamenstelling, contactoppervlak met lucht en tijdsduur daarvan,

luchtbeweging, temperatuur, relatieve luchtvochtigheid, aeratie en beweging van mest in opslag (door roeren/ bijvullen/ aftappen) (Spoelstra, 1978; Powers *et al.*, 1999; Edeogu *et al.*, 2001; Zhao *et al.*, 2007).

Geuremissies uit opslag kunnen verminderd worden door (semi)doorlatende of ondoorlatende afdekkingen, waarbij de (semi)doorlatende afdekkingen (natuurlijke mest korst, stro, opgeblazen klei ballen en geotextiel) leiden tot een reductie in geuremissie van 10–90%, en de ondoorlatende afdekkingen (beton, plastics, al of niet opgeblazen) tot een reductie van ca. 80–95% (Bicudo *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2008).

Geuremissies bij toediening kunnen verminderd worden door mestverspreiding dicht aan het oppervlak, onder het gewas (bv gras) of injectie in de bodem. Direct onderwerken van mest leidt tot reducties in geuremissies van 20–90%. Injectie van mest leidt tot geuremissie reducties van ca. 90 % (Zhao *et al.*, 2007).

Bij mestopslag in kelders en opslagen overheerst anaerobe afbraak van koolhydraten en eiwitten. Daardoor overheerst bij methaangisting de zure gisting wat leidt tot vorming van vluchtige vetzuren en fenolen (die een groot deel van stank veroorzaken) in plaats van methaan (Spoelstra, 1978). Bij mestvergisting wordt methaanvergisting bevorderd, en zijn vluchtige vetzuren een hoofdzakelijke C-bron voor methanogene micro-organismen, zodat a) minder zure gistingsproducten (fenolen, vluchtige vetzuren) ontstaan, en b) deze producten weer worden afgebroken (Brock *et al.*, 1988). Hansen *et al.* (2006) maten een afname in vluchtige vetzuren van 79-97% in vergiste mest ten opzichte van onvergiste mest (Hansen *et al.*, 2006). Geurreductie na toediening op het veld was 17% bij alleen vergisting en 50% bij vergisting en scheiding. Pain *et al.* (1990) maten een geurreductie van 60-70% na toediening van vergiste mest ten opzichte van onvergiste drijfmest (Pain *et al.*, 1990). Mestvergisting leidde ook tot een afname in droge stof, totaal N en vluchtige vetzuren. Immovilli *et al.* (2008) maten in een lab-proef een geur reductie van 64% in vergiste mest, terwijl de ammoniakemissie 73% toenam (vanwege de hogere NH_4^+ gehalten in het digestaat) ten opzichte van onvergiste drijfmest (Immovilli *et al.*, 2008).

5.3.3 Data beschikbaarheid

Op basis van de data inventarisatie zijn voor verschillende processen geen specifieke data beschikbaar om een kwantitatieve beoordeling te maken:

- De emissie van CO_2 tijdens de opslag van mest is niet bekend.
- Voor het verlies van koolstof uit de bodem in de vorm van CO_2 ten gevolge van de bemesting met verschillende producten zijn geen exacte data bekend voor deze studie. Dit is niet in de studie opgenomen.
- De uitspoeling van fosfaat is moeilijk te determineren door een sterke afhankelijkheid van bemestingsverleden, bodemtype, meststof en teelt. Daarnaast is fosfaat relatief immobiel in de bodem waardoor niet te traceren is welk deel van de uitspoeling van welke meststof afkomstig is.
- Er is weinig kwantitatieve informatie bekend over de uitstoot van componenten die geuroverlast veroorzaken en hoe deze componenten de geursterkte bepalen (Aarnink, 2009).

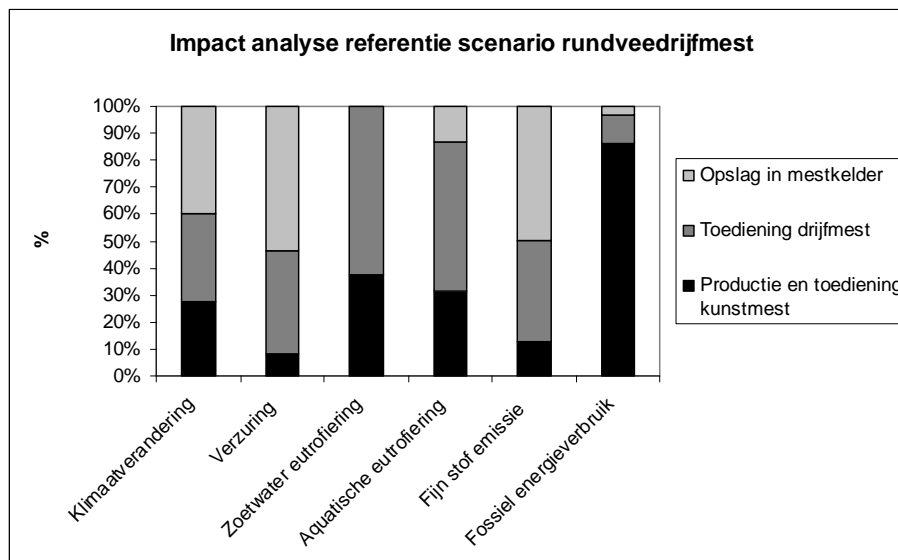
- Door de complexiteit van de mestmarkt is er weinig tot geen zicht op welke bemestingsproducten beïnvloed zullen worden door de verandering in vraag als gevolg van het gebruik van mineralenconcentraat en de eindproducten van mestverwerking.
- Kwantitatieve informatie van emissies tijdens het verwerken van mest op verschillende wijzen ontbreekt. . Aanbevolen wordt om hier ook verder onderzoek aan te wijden in 2010.
-

5.4 Fase 3: Impactanalyse (voorlopige resultaten)

Deze sectie beschrijft kort de eerste resultaten voor de referentiescenario's.

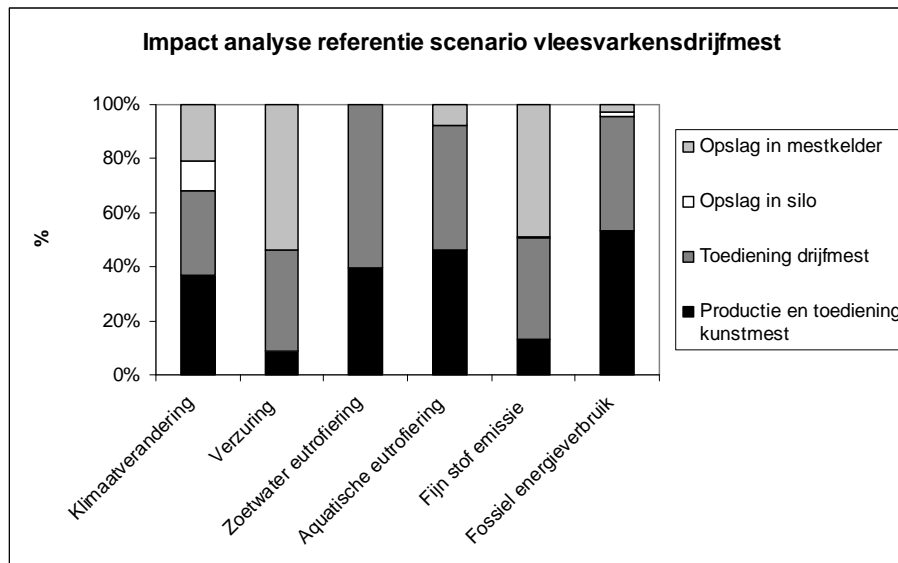
5.4.1 Algemeen overzicht

Figuur 25 presenteert de relatieve bijdrage van de verschillende processen die in de rundveedrijfmestketen zijn opgenomen. Hieronder vallen: mestopslag, toediening van drijfmest en kunstmest.



Figuur 25. Relatieve uitkomsten van de impact analyse voor de referentie van rundveedrijfmest voor alle milieueffecten.

De Figuur laat zien dat de opslag van drijfmest sterk bijdraagt aan verzuring en aan fijnstofemissie. Het toedienen van de mest heeft een sterke invloed op de eutrofiëring. De productie en toediening van kunstmest heeft een grote invloed op het fossiele energieverbruik.



Figuur 26. Relatieve uitkomsten van de impact analyse voor de referentie van vleesvarkensdrijfmest voor alle milieueffecten.

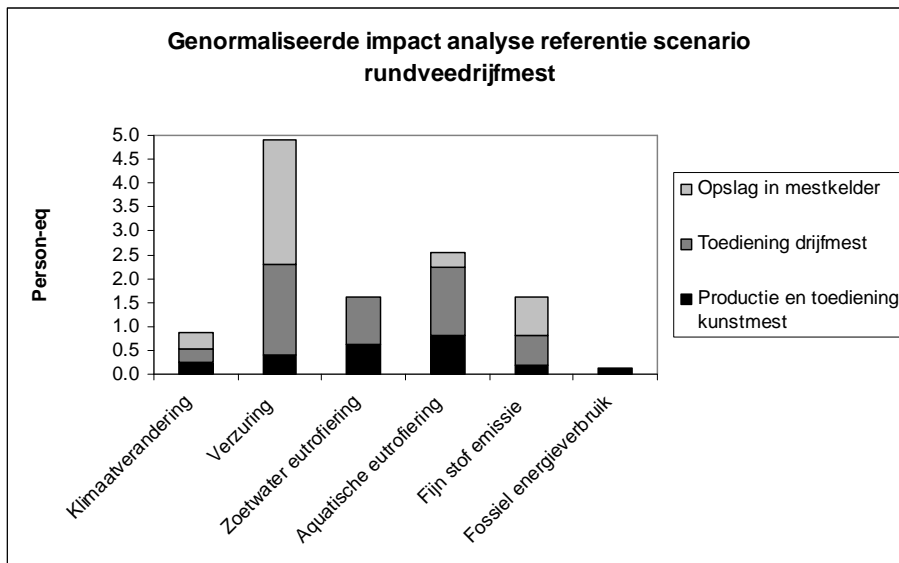
Figuur 26 toont dezelfde uitkomst, maar dan voor de vleesvarkensdrijfmestketen. De Figuur toont de bijdragen van ieder proces wat in de keten opgenomen is. Hieronder vallen onder andere transport (binnenland en buitenland), maar ook het uitrijden van de mest. Het fossiel energieverbruik is relatief hoog voor de toediening van mest door deze transportfactoren. Daarnaast draagt de productie en het gebruik van kunstmest voor een groot deel bij aan het fossiel energieverbruik. Opslag en toediening van drijfmest in de mestkelder draagt sterk bij aan onder andere de fijnstofemissie, beide eutrofiëringseffecten en verzuring.

5.4.2 Genormaliseerde resultaten

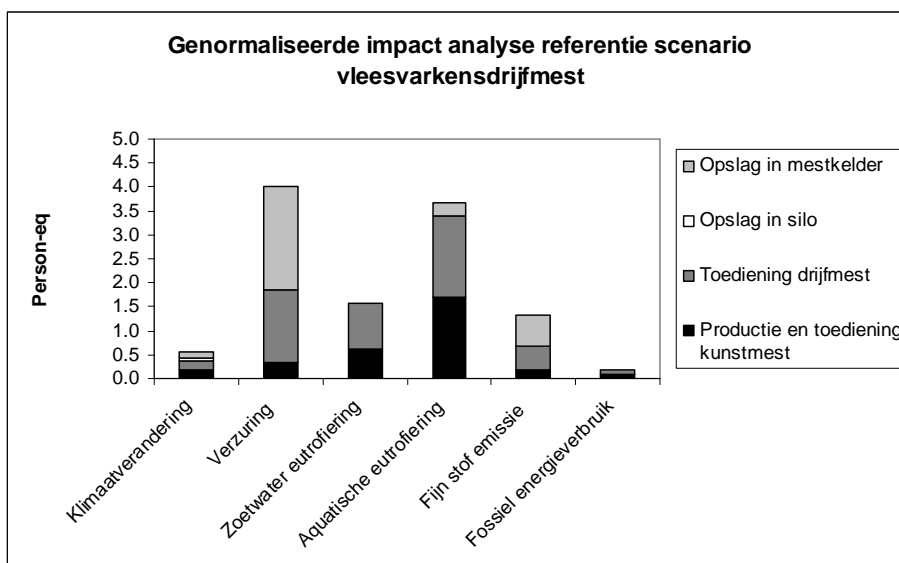
Normalisering betekent dat de resultaten van de impactanalyse gedeeld worden door de totale hoeveelheid die een gemiddeld persoon, in een gedefinieerde regio of omgeving, per jaar bijdraagt aan het betreffende milieueffect. De resultaten zijn uitgedrukt in personequivalenten en kunnen worden geïnterpreteerd als het percentage van de totale milieubelasting van het betreffende milieueffect. De normalisatie data uit ReCiPe zijn gebruikt voor de analyse (Sleeswijk *et al.*, 2008).

Figuur 27 en Figuur 28 tonen de genormaliseerde data voor beide drijfmestketens.

De resultaten van beide figuren laten zien dat drijfmestgebruik een groot effect heeft op verzuring en aquatische eutrofiëring. Voornamelijk door het verlies van stikstofhoudende componenten wat overeenkomst met andere studies (Thomassen *et al.*, 2008; Wesnæs *et al.*, 2009). Het fossiel energieverbruik van de genormaliseerde data is klein wat betekent dat dit een kleine bijdrage aan het geheel levert.



Figuur 27. Genormaliseerde impact analyse voor de referentie scenario van rundveedrijfmest voor alle milieueffecten.



Figuur 28. Genormaliseerde impact analyse voor de referentie scenario van vleesvarkensdrijfmest voor alle milieueffecten.

5.4.3 Klimaatverandering

In totaal draagt de rundveedrijfmestketen 9704 kgCO₂-eq en de vleesvarkensdrijfmestketen 6152 kgCO₂-eq bij per hectare bemest op het standaard bedrijf.

De grootste bron van broeikasgasemissie in de ketens is de directe emissie van lachgas tijdens de opslag en tijdens/ na de toediening van drijfmest en kunstmest en daarnaast de indirecte emissie van lachgas uit ammoniak en nitraat (Tabel 48). Voor het rundveescenario

is de N₂O emissie tijdens toediening hoger dan het vleesvarkensscenario, omdat per ha bemest veel meer mest drijfmest wordt gebruikt (ongeveer 60 ton in plaats van 19,5 ton bij akkerbouw). Voor vleesvarkens geldt een hogere emissie vanuit de mestopslagen.

Tabel 48. Bijdrage aan klimaatverandering voor de referentiescenario's voor rundvee- en vleesvarkensdrijfmest (links en rechts respectievelijk).

Component	kg CO ₂ -eq	% bijdrage	Component	kg CO ₂ -eq	% bijdrage
CO₂			CO₂		
Opslag mestkelder	17.3	3.1%	Opslag mestkelder	20.1	2.4%
Toediening drijfmest	69.4	12.4%	Opslag in silo	14.2	1.7%
Productie en toediening kunstmest	472.7	84.5%	Toediening drijfmest	374.3	44.7%
Sub totaal	559.5	6%	Productie en toediening kunstmest	429.4	51.2%
N₂O			Sub totaal		
Opslag mestkelder	533.5	9.2%		838.0	14%
Toediening drijfmest	3100.0	53.2%	N₂O		
Productie en toediening kunstmest	2194.2	37.7%	Opslag mestkelder	336.3	8.0%
Sub totaal	5827.7	60%	Opslag in silo	543.2	12.9%
CH₄			Toediening drijfmest	1534.9	36.4%
Opslag mestkelder	3288.6	99.2%	Productie en toediening kunstmest	1797.2	42.7%
Toediening drijfmest	2.7	0.1%	Sub totaal	4211.6	68%
Productie en toediening kunstmest	24.3	0.7%	CH₄		
Sub totaal	3315.6	34%	Opslag mestkelder	929.6	84.5%
Overige	1.5	0.0%	Opslag silo	133.7	12.1%
Totaal	9704.3	100.0%	Toediening drijfmest	14.7	1.3%
			Productie en toediening kunstmest	22.5	2.0%
			Sub totaal	1100.4	18%
			Overige	2.4	0.1%
			Totaal	6152.4	100.0%

Tabel 48 toont verder dat ongeveer 99% van de methaanproductie in de mestkelder plaatsvindt voor rundveedrijfmest (Nb. pensfermentatie van rundvee is een belangrijke methaanbron, maar deze wordt niet meegenomen in verband met de gesteld systeemgrenzen). Methaanemissie draagt 34% bij aan de totale broeikasgasemissie. Voor vleesvarkensdrijfmest komt 97% van de methaan uit mestopslagen. Een klein deel van de methaanproductie is het gevolg van het verbruik van fossiele brandstof. In totaal draagt methaan 18% bij aan het broeikaseffect in deze keten. CO₂ draagt daarentegen maar voor een klein deel bij aan klimaatverandering: 6% voor rundveedrijfmest en 14% voor vleesvarkensdrijfmest. Voor vleesvarkensdrijfmest is dit hoger, door het transport van mest over grotere afstand.

De overige milieueffecten worden uitgewerkt in de eindrapportage van 2011.

5.5 Voorlopige conclusies en vervolg 2010/11

5.5.1 Voorlopige conclusies

De beschrijving van de standaardbedrijven, data inventarisatie en de eerste resultaten leiden tot een aantal eerste en voorlopige conclusies:

- De verhouding van N, P en K in drijfmest sluit niet aan bij de bemestingsbehoeften en gebruiksnormen van de gewassen op de beschreven standaardbedrijven. Naar aanleiding van de normen moet op een standaardbedrijf op basis van P mest afgevoerd worden, waardoor een tekort aan N ontstaat. Dit dient weer aangevuld te worden met N uit kunstmest.
- Er zijn weinig data beschikbaar rondom emissies van CO₂ tijdens mestopslag. Daarnaast is niet bekend tot in welke mate dit bijdraagt aan de emissie van broeikasgas. Data voor de CO₂ emissie uit de bodem als gevolg van het bemesten met verschillende bemestingsproducten is niet beschikbaar. Verder is de uitspoeling van fosfaat aan grote onzekerheden gebonden. Er weinig kwantitatieve informatie rondom geuremissies en de betrokken componenten. Als laatste is er weinig informatie over de emissies die plaatsvinden tijdens mestverwerking. Aanbevolen wordt om hier in 2010 verder onderzoek naar te doen.
- De eerste resultaten laten zien dat het gebruik van drijfmest sterk bijdraagt aan eutrofiëring, verzuring en fijnstofemissie. Fossiel energieverbruik wordt voornamelijk bepaald door de productie van kunstmest.
- Na normalisering tonen verzuring, eutrofiëring en fijnstofemissie de grootste impact van de milieueffecten. Energieverbruik en broeikasgasemissies in de huidige mestketens zijn relatief laag ten opzichte van wat een persoon per jaar gemiddeld uitstoot.
- Voor klimaatverandering geldt dat de grootste bron van broeikasgas N₂O is, respectievelijk 60 en 68% bijdrage aan de totale uitstoot van broeikasgas voor de rundvee- en vleesvarkensdrijfmest ketens. Dit geldt voor hetgeen wat vrij komt tijdens de opslag en tijdens/ na de toediening van drijfmest en kunstmest. Door de hogere bemesting per ha op het standaardbedrijf voor rundvee is de N₂O-emissie hoger dan voor het standaardakkerbouwbedrijf. Methaanemissie vindt voor het overgrote deel plaats in de mestkelder (respectievelijk 99 en 97% voor rundvee- en vleesvarkensdrijfmest) en draagt voor 34% bij aan klimaatverandering in het rundveedrijfmestscenario en voor 18% bij in het vleesvarkensdrijfmest scenario.

5.5.2 Vervolg 2010/11

Voor het vervolg van het project zullen primair de milieueffecten van de referentiescenario's verder uitgewerkt worden. Daarnaast zullen de modellen voor de mestverwerkingscenario's gemaakt worden. De benodigde data zullen verder verzameld en geanalyseerd worden. Deze leiden tot de resultaten van de milieueffecten voor de mestverwerkingsketens. Hierop volgt een vergelijking met de referentiescenario's. Na het analyseren van de resultaten zal nog een gevoeligheidsanalyse gedaan worden op de meest gevoelige data welke significante invloed hebben op het eindresultaat. Deze analyse zal leiden tot een aantal eindconclusies welke gerapporteerd zullen worden met betreffende discussiepunten en aanbevelingen.

Referenties

- Aarnink, A.J.A., 2009. Personal Communication with André Aarnink. In: de Vries, J.W. (Ed.), Wageningen, The Netherlands.
- Audsley, E., Alber, S., Clift, R., Cowell, S., Crettaz, P., Gaillard, G., Hausheer, J., Jolliet, O., Kleijn, R., Mortensen, B., Pearce, D., Roger, E., Teulon, H., Weidema, B., Zeijts, H.v.,

1997. Harmonisation of Environmental Life Cycle Assessment for Agriculture. In: Concerted Action AIR3-CT94-2028. European Commission DG VI Agriculture, Silsoe, UK.
- Bicudo, J.R., Schmidt, D.R., Jacobson, L.D., 2004. Using covers to minimize odor gas emissions from manure storages. In: AEN-84. University of Kentucky, Lexington.
- Brock, T.D., Madigan, M.T., 1988. Methane producing bacteria. *Biology of Microorganisms*, 773-788.
- CBS, 2008. Huisvesting landbouwhuisdieren 2008. In: Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/ Heerlen.
- CBS, 2009a. Varkensstapel. In: Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/ Heerlen.
- CBS, 2009b. Dierlijke mest en mineralen. Productie naar diercategorie. In: Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/ Heerlen.
- CBS, 2009c. Getransporteerde mest naar herkomst en bestemming. In: Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/ Heerlen.
- Dalgaard, R., 2007. The environmental impact of pork production from a life cycle perspective. In: Department of Agroecology and Environment & Department of Development and Planning. University of Aarhus & Aalborg University, Tjele & Aalborg East, pp. 143.
- de Mol, R., Hilhorst, M.A., 2004. Emissiereductie voor methaan uit mestopslagen. In: *Agrotechnology & Food Innovations*, Wageningen.
- de Mol, R.M., Hilhorst, M.A., 2003. Methaan-, lachgas- en ammoniakemissie bij productie, opslag en transport van mest. In: IMAG, Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen.
- DR, 2009a. Mestbeleid 2008 - 2009 tabellen. In: Dienst Regelingen van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- DR, 2009b. Personal Communication with Bert Dollen. In: De Vries, J.W. (Ed.), Wageningen, the Netherlands.
- EC, 2007. Integrated Pollution Prevention and Control. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids and Fertilisers. In: European Commission, Brussels, Belgium.
- EcoinventCentre, 2007. Ecoinvent data v2.0 Final reports econinvent 2007. In: Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf, Switzerland.
- Edeogu, I., Feddes, J., Coleman, R., Leonard, J., 2001. Odour emission rates from manure treatment/storage systems. *Water Science and Technology* 44, 269-275.
- Ekvall, T., Weidema, B., 2004. System boundaries and input data in consequential life cycle inventory analysis. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 9, 161-171.
- EPA, 2003. Spatial differentiation in life cycle assessment: the EDIP 2003 methodology. . In: Hauschild, M., Potting, J. (Eds.), *Guidelines from the Danish Environmental Protection Agency*. Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, Denmark.
- Fraters, B., Bouwmans, L.J.M., van Leeuwen, T.C., Reijs, J.W., 2007. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. In: Rapport 680716002. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.
- Goebes, M.D., Strader, R., Davidson, C., 2003. An ammonia emission inventory for fertilizer application in the United States. *Atmospheric Environment* 37, 2539-2550.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M.A.J., de Schryver, A., Struijs, J., van Zelm, R., 2009. ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and endpoint level. First edition. In: Ministry of Spatial Planning and Environment (VROM), The Hague.

- Hansen, M.N., Kai, P., Møller, H.B., 2006. Effects of anaerobic digestion and separation of pig slurry on odor emission. *Applied Engineering in Agriculture* 22, 135-139.
- Immovilli, A., Fabbri, C., Valli, L., 2008. Odour and ammonia emissions from cattle slurry treated with anaerobic digestion. In: Centro Ricerche Produzioni Animali (CRPA), Reggio Emilia, Italy.
- IPCC, 2006. Emissions from livestock and manure management. In: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC, Geneva, Switzerland.
- JRC, 2009. General guidance document for Life Cycle Assessment (LCA). Draft for public consultation. In: Wolf, M.A., Chomkham Sri, K. (Eds.), International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. Brussels.
- Kipon, 2009. Overbelading: overschreiding van de aslast. Wetgeving in Duitsland. In: Kippervervoerders Organisatie Nederland.
- Kool, A., Blonk, H., Ponsioen, T., Sukkel, W., Vermeer, H., De Vries, J.W., Hoste, R., 2009. Carbon Footprint of Conventional and Organic Pork. Assessment of typical production systems in the Netherlands, Denmark, England and Germany. In: Blonk Milieu Advies B.V., Gouda.
- KWIN, 2009-2010. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2009-2010. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, The Netherlands.
- LEI, 2009. BINternet. Year Prices Fertilizers. In: Landbouw Economisch Instituut, Den Haag.
- LNV, 2009a. Grondsoortenkaart Nederland. In: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- LNV, 2009b. Vierde Nederlandse Actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2010 - 2013). In: Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Den Haag.
- Luesink, H., 2009. Personal communication regarding the manure market and evaluation of fertilizing products. In: De Vries, J.W. (Ed.), Den Haag.
- Melse, R.W., Buissonjé, F.E.d., Verdoes, N., Willers, H.C., 2004. Quick scan be- en verwerkingstechnieken voor dierlijke mest. In: Animal Sciences Group onderdeel van Wageningen Universiteit en Research Centre, Wageningen.
- Nordin, A., Högberg, P., Näsholm, T., 2001. Soil nitrogen form and plant nitrogen uptake along a boreal forest productivity gradient. *Oecologia* 129, 125-132.
- Oenema, O., Velthof, G.L., Kuikman, P.J., 2001. Beperking van emissie van methaan en lachgas uit de landbouw: identificatie van kennishiaten. In: Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Oenema, O., Velthof, G.L., Verdoes, N., Groot Koerkamp, P.W.G., Monteny, G.J., Bannink, A., van der Meer, H.G., van der Hoek, K.W., 2000. Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. In: Alterra, Wageningen, Nederland.
- Olsthoorn, A.F.M., 2003. Groeninvest Nederland Belooft Gouden Bergen bij beleggen in Robinia. In: Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen.
- Pain, B.F., Misselbrook, T.H., Clarkson, C.R., 1990. Odour and ammonia emissions following the spreading of anaerobically-digested pig slurry on grassland. *Biological Wastes* 34, 259-267.
- Powers, W.J., van Horn, H.H., Wilkie, A.C., Wilcox, C.J., Nordstedt, R.A., 1999. Effects of anaerobic digestion and additives to effluent or cattle feed on odor and odorant concentrations. *J. Anim Sci.* 77, 1412-1421.
- Reidy, B., Dämmgen, U., Döhler, H., Eurich-Menden, B., van Evert, F.K., Hutchings, N.J., Luesink, H.H., Menzi, H., Misselbrook, T.H., Monteny, G.J., Webb, J., 2008. Comparison

- of models used for national agricultural ammonia emission inventories in Europe: Liquid manure systems. *Atmospheric Environment* 42, 3452-3464.
- Schachtman, D.P., Reid, R.J., Ayling, S.M., 1998. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiology* 116, 447-453.
- Schmidt, J., Weidema, B., 2008. Shift in the marginal supply of vegetable oil. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 13, 235-239.
- Sleeswijk, A.W., van Oers, L.F.C.M., Guinée, J.B., Struijs, J., Huijbregts, M.A.J., 2008. Normalisation in product life cycle assessment: An LCA of the global and European economic systems in the year 2000. *Science of The Total Environment* 390, 227-240.
- Smits, M.C.J., Jaarsveld, J.A.v., Mokveld, L.J., Vellinga, O., Stolk, A., Hoek, K.W.v.d., Pul, W.A.J., 2005. Het 'Veld'-Project: een gedetailleerde inventarisatie van de ammoniak-emissies en -concentraties in een agrarisch gebied. In: *Agrotechnology & Food Innovation and Rijks Instituut voor Volksgezondheid en Milieu*, Wageningen, Nederland.
- Spoelstra, S.F., 1978. Microbial aspects of the formation of malodorous compounds in anaerobically stored piggery wastes. In: *Wageningen University*, Wageningen.
- Stehfest, E., Bouwman, L., 2006. N₂O and NO emission from agricultural fields and soils under natural vegetation: summarizing available measurement data and modeling of global annual emissions. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 74, 207-228.
- Thomassen, M., Dalgaard, R., Heijungs, R., de Boer, I., 2008. Attributional and consequential LCA of milk production. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 13, 339-349.
- van der Hoek, K.W., 2002. Uitgangspunten voor de mest- en ammoniakberekeningen 1999 tot en met 2001 zoals gebruikt in de Milieubalans 2001 en 2002, inclusief dataset landbouwemissies 1980-2001. In: *RIVM, Bilthoven, Nederland*.
- van Middelkoop, J.C., van der Salm, C., Ehlert, P.A.I., Andre, G., Oudendag, D., Pleijter, M., 2007. Effecten van fosfaat en stikstofoverschotten op grasland II. In: *Rapport 68. Animal Sciences Group part of Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands*.
- VLM, 2005. Administratief Onderzoek Mesttransporten. Definitief Rapport. In: *Vlaamse Landmaatschappij*.
- Weidema, B., 2003. Market information in life cycle assessment. In: *Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen*.
- Weidema, B., Frees, N., Nielsen, A.-M., 1999. Marginal production technologies for life cycle inventories. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 4, 48-56.
- Wesnæs, M., Wenzel, H., 2009. Life Cycle Assessment of Slurry Management Technologies. In: *Department of Agroecology and Environment, Faculty of Agricultural Sciences, Aarhus University, Aarhus, Denmark*.
- Zhao, L., Rausch, N.J., Combs, T.L., 2007. Odor control for land application of manure. Fact sheet Agricultural and Natural resources. In: *Ohio State University, Columbus*.
- Zhao, L., Rausch, J., N., Combs, T., L., 2008. Overview of Odor Control for Manure Storage Facilities. In: *University, T.O.S. (Ed.), Fact Sheet Agriculture and Natural Resources. Columbus*.

6 Synthese

G.L. Velthof (Alterra, Wageningen UR)

6.1 Inleiding

In de pilots worden zowel de landbouwkundige, economische als milieukundige aspecten onderzocht van productie en gebruik van het mineralenconcentraat. In de vorige hoofdstukken is de stand van zaken tot half november 2009 gegeven met betrekking tot de volgende deelprojecten:

- Monitoring van stromen aan stikstof-, fosfaat- en meststromen op de mestverwerkingsinstallaties (Hoofdstuk 2);
- Landbouwkundige en milieukundige effecten van toepassing van mineralenconcentraten en andere de producten uit deze installaties als meststof (Hoofdstuk 3);
- Gebruikerservaringen en een economische analyse van het gebruik van mineralenconcentraten in de pilot (Hoofdstuk 4);
- Levenscyclusanalyse (LCA); analyse van de verandering in milieu-impact van de productie en het gebruik van de eindproducten uit mestverwerking ten opzichte van de huidige mestketens Life Cycle Analysis (Hoofdstuk 5).

Uit de resultaten in dit rapport kunnen slechts voorlopige conclusies worden getrokken. De eindrapportages en synthese van het volledige onderzoek worden in 2011 opgeleverd.

Er zijn verschillende producten die kunnen ontstaan in de mestverwerkingsinstallaties. Deze synthese richt zich op het mineralenconcentraat (ontstaan bij omgekeerde osmose) en de dikke fractie. Het mineralenconcentraat is het product dat als kunstmestvervanger boven de norm van dierlijke mest zal worden toegepast.

6.2 Monitoring van de installaties

Op de acht deelnemende bedrijven wordt een monitoring uitgevoerd voor het vaststellen van de samenstelling van de eindproducten en voor het opstellen van massabalansen van nutriënten en zware metalen.

De meeste bedrijven die deelnemen aan de pilot verwerken varkensmest. Er zijn twee bedrijven die digestaat verwerken, waarvan één met rundermest. De installaties verschillen in de toegepaste mestverwerkingstechnieken, maar hebben allen omgekeerde osmose als eindstap. Centrifuge, zeefbandpers en vijzelpers worden gebruikt voor het scheiden van de mest. Bij sommige bedrijven wordt flotatie toegepast en op twee bedrijven ultrafiltratie.

De verschillen in samenstelling van mineralenconcentraten tussen de bedrijven is groot: variërend van gemiddeld 3,75 tot 11,0 g N per kg. De verschillen in samenstelling van mineralenconcentraten tussen de bedrijven is groot: variërend van gemiddeld 3,75 tot 11,0 g

N per kg. Het kaliumgehalte¹⁰ varieert tussen de bedrijven van gemiddeld 5,03 tot 9,80 g K per kg. Het fosforgehalte¹¹ is laag: gemiddeld 0,002-0,6 g totaal P per kg. De verschillen tussen de bedrijven worden veroorzaakt door verschillen in de samenstelling van de ingaande mest (en eventueel co-vergiftigingsmaterialen), verschillen in scheidingstechnieken, verschillen in toevoegmiddelen en verschillen in omgekeerde osmose. De resultaten van enkele installaties laten zien dat het voor een installatie mogelijk is om een product te maken met een stabiele samenstelling. Dit is een voordeel bij toepassing van mineralenconcentraat als kunstmest. De analyses laten zien dat het mineralenconcentraat zowel de functie van een stikstofmeststof als van een kalimeststof kan uitoefenen.

6.3 Stikstofwerking van mineralenconcentraten

De stikstof in het mineralenconcentraat bestaat hoofdzakelijk uit ammonium (~90% van totaal stikstof). Door de hoge pH (gemiddelde pH van 7,8) is het concentraat, net als dierlijke mest, een meststof met risico op ammoniakemissie. Het laboratoriumonderzoek laat zien dat emissiearme toediening van mineralenconcentraten tot een forse reductie van de ammoniakemissie leidt. De stikstofwerking van mineralenconcentraten wordt in sterke mate beïnvloed door de hoogte van de ammoniakemissie. Een andere factor die de stikstofwerking bepaalt is de mate waarin de organisch gebonden stikstof mineraliseert. Het gehalte aan organische stikstof is laag (meestal minder dan 10% van de totale hoeveelheid stikstof) en zal een relatief klein effect op de stikstofwerking hebben. Op basis van de samenstelling wordt geschat dat de stikstofwerking van mineralenconcentraten varieert van 70% (aanname: 30% ammoniakemissie) tot 94 % (aanname: 5% ammoniakemissie).

Op het proefveld met grasland op zandgrond varieert de stikstofwerking van de concentraten ten opzichte van KAS tussen de 61 en 81% (voorlopige schatting op basis van drogestofopbrengst). De stikstofwerking ten opzichte van vloeibaar ammonium nitraat is hoger en varieert tussen de 75 en 90%. Op grasland op kleigrond is de stikstofwerking lager; de stikstofwerking van de concentraten ten opzichte van KAS tussen 40 en 46% en ten opzichte van vloeibaar ammoniumnitraat tussen 57 en 65%. De stikstofwerking van mineralenconcentraten toegediend aan aardappelen is voorlopig geschat op ongeveer 70% in de proef op kleigrond en ongeveer 85% in de proef op zandgrond. Geconcludeerd wordt dat de werkingscoëfficiënten die in de veldproeven (voorlopig) zijn vastgesteld relatief laag zijn en soms lager dan op basis van de samenstelling werd verwacht.

De exacte reden voor de relatief lage stikstofwerking van de mineralenconcentraten is niet bekend, maar de volgende factoren kunnen een rol spelen:

- Ammoniakemissie. Een hoge ammoniakemissie kan leiden tot een lage stikstofwerking. De mineralenconcentraten werden in de veldproeven emissiearm toegediend onder regenachtige omstandigheden, waardoor wordt verwacht dat ammoniakemissie beperkt zal zijn geweest. De lagere stikstofwerking op klei dan op zand zou ook gerelateerd kunnen zijn aan de ammoniakemissie (de pH van de kleigrond is hoger).

¹⁰ In het rapport worden kalium (K) en kali (K₂O) door elkaar gebruikt. De eenheid wordt steeds in de tekst duidelijk aangegeven. Omrekeningsfactor: 1 g K is 1,205 g K₂O. In het eindrapport zal dit uniform worden gemaakt.

¹¹ In het rapport worden fosfor (P) en fosfaat (P₂O₅) door elkaar gebruikt. De eenheid wordt in de tekst steeds duidelijk aangegeven. Omrekeningsfactor: 1 g P is 2,291 g P₂O₅. In het eindrapport zal dit uniform worden gemaakt.

- Toedieningstechniek. De lagere stikstofwerking van vloeibare ammoniumnitraat dan met KAS (kunstmestkorrels) op grasland, suggereert dat de emissiearme toedieningstechniek een nadelig effect heeft gehad op de stikstofwerking van vloeibare meststoffen op grasland. Het insnijden van de zode had een nadelig effect op de grasopbrengst.
- Denitrificatie. In het laboratoriumonderzoek was de lachgasemissie uit emissiearm toegediende mineralenconcentraten vergelijkbaar of hoger dan de lachgasemissie uit oppervlakkig toegediende KAS. Lachgas wordt gevormd tijdens het proces denitrificatie, hetgeen er op zou kunnen duiden dat denitrificatieverliezen hoger zijn bij emissiearm toegediende mineralenconcentraten dan bij oppervlakkig toegediende KAS.

In de enquête hebben vier gebruikers verbrandingsverschijnselen bij grasland geconstateerd. Verbranding treedt op bij lokaal hoge concentraties aan mineralenconcentraten in de bodem (zoutschade). Verbranding is in de veldproeven niet waargenomen.

Aanbevolen wordt om in 2010 extra objecten in de veldproeven aan te leggen (oa. een ammoniummeststof) om een beter inzicht te krijgen in de stikstofwerking van mineralenconcentraten.

In het veldonderzoek is de stikstofwerking van toediening van alleen mineralenconcentraat onderzocht en is de stikstofwerking van mengsels van concentraat en drijfmest niet bepaald. In een demonstratieproef op een Koeien en Kansen bedrijf was de stikstofopbrengst van gras behandeld met een drijfmest/concentraat mengsel 14% lager dan de stikstof-opbrengst in de drijfmest/KAS behandeling. De stikstofwerking kan niet exact worden berekend, maar geschatte stikstofwerking van mineralenconcentraat bedraagt tussen de 60 en 70%. Dit resultaat moet voorzichtig worden geïnterpreteerd, omdat het niet in een veldproef met herhalingen is vastgesteld. Gezien het aantal bedrijven dat een mengsel van concentraat en drijfmest gebruikt, wordt aanbevolen om de stikstofwerking van een mengsel van concentraat en drijfmest in een veldproef vast te stellen.

6.4 Opslag en toediening van mineralenconcentraten in de praktijk

Uit de enquête blijkt dat bij levering van het mineralenconcentraat in eigen opslag, het concentraat meestal in dezelfde opslag als de drijfmest werd opgeslagen (opslag van een mengsel van concentraat en mest). In ruim driekwart van de gevallen is het korter dan een maand opgeslagen.

Het is nog onvoldoende duidelijk hoe drijfmest en concentraat het eenvoudigst naast elkaar kunnen worden toegepast. Wanneer een silo aanwezig is, kan gemakkelijk een gewenste mix gemaakt worden en in één werkgang uitgereden worden. Nadelen van apart uitrijden van concentraat en drijfmest zijn de extra kosten, extra berijden van het land (met kans op structuurschade) en lastig te verdelen bij lage dosering (veelal minder dan 15 m³ per ha). Een mogelijkheid is mixen in een extra container, maar dit kost extra materiaal en tijd.

Een derde van de eindgebruikers heeft het mineralenconcentraat puur toegediend. Tweederde van de gebruikers, hebben het mineralenconcentraat gemengd met drijfmest uitgereden, meer dan de helft met runderdrijfmest. Het grootste deel (92%) van de gebruikers heeft het mineralenconcentraat toegediend met een zodebemester (grasland) of mestinjecteur (bouwland). Enkele gebruikers geven aan dat de toedieningsapparatuur niet

geschikt is om kleine hoeveelheden (bijv. 10 ton per ha) uit te rijden zonder te mengen met een andere mestsoort. Doseringmogelijkheden van de apparatuur vormen een knelpunt bij toediening van alleen concentraten, en dus niet de techniek waarmee het mineralenconcentraat in of op de grond wordt gebracht. Een verdere ontwikkeling van apparatuur voor kleine emissiearme doseringen wordt aanbevolen. Een andere te onderzoeken mogelijkheid is aanzuren van concentraat, waarna deze oppervlakkig kan worden toegediend. In de veldproeven is een doseringsmachine ontwikkeld die het concentraat in proefvelden emissiearm kan toedienen (5 cm voor grasland en 7-8 cm diepte voor bouwland; zie Figuur 12).

6.5 Gebruik op grasland

Bij de 103 respondenten van de enquête is het mineralenconcentraat het vaakst gebruikt op grasland (58 keer), gevolgd door snijmaïs (24 keer) en consumptieaardappelen (13 keer). Alle gebruikers van mineralenconcentraat op grasland vinden stikstof een belangrijk bestanddeel van het mineralenconcentraat, terwijl 36% ook kali belangrijk vindt. Concentraat kan in de melkveehouderij vooral ingezet worden om te voorzien in de hoge stikstofbehoefte van grasland. De mate waarin stikstofkunstmest wordt vervangen, zal afhangen van de stikstofwerking, de prijs van het concentraat ten opzichte van kunstmest en de meevoer van fosfaat en kali.

De ervaring met toepassing van mineralenconcentraten op grasland op de twee Koeien en Kansen bedrijven was positief. Op beide bedrijven werd weliswaar met concentraat meer kali aangevoerd dan de adviesgift, maar hiervan werden geen problemen verwacht. In de enquête geven sommige gebruikers van concentraat op grasland aan dat het kali-gehalte bij voorkeur lager zou moeten zijn. Als het concentraat voorziet in een deel van de kali behoefte op het bedrijf, draagt dit sterk bij aan de bemestende waarde per ton concentraat. Gebruik van mineralenconcentraten kan dan financieel zeer aantrekkelijk zijn. Op intensieve melkveebedrijven is er echter geen behoefte aan kali in aanvulling op de kali aanvoer met dierlijke mest. Kali-gebruik van concentraat kan bij deze bedrijven leiden tot overschrijding van de geadviseerde kali-giften. Bij toepassing van mineralenconcentraten is het dus belangrijk om de ontwikkeling van de kaliumbalans van het bedrijf in de gaten te houden en bij een kali-overschot, het K-getal in de bodem en het kaliumgehalte in het gewas te volgen. Er moet daarnaast rekening worden gehouden met de beweidingintensiteit en de aankoop voer. Een handleiding kan de melkveehouder helpen om de kali ruimte te bepalen en de kali aanvoer te beoordelen.

De fosfaataanvoer met concentraat wordt bij de Koeien en Kansen bedrijven niet positief gewaardeerd. Het fosfaatgehalte in het mineralenconcentraat is aanzienlijk lager dan het stikstof- of kaligehalte, maar de fosfaatgiften kunnen bij een deel van de mineralenconcentraten niet worden verwaarloosd. Bij een gift van 100 kg totaal N per ha wordt, op basis van de huidige stand van zaken, 0,1 tot 20,9 kg fosfaat (P_2O_5) per ha toegediend. Voor afzet van concentraat in de melkveehouderij met weinig fosfaatruimte is het van groot belang dat het fosfaatgehalte in het concentraat zo laag mogelijk is.

6.6 Gebruik op bouwland

De akkerbouw vraagt om constante gehalten aan nutriënten. Een constante samenstelling van concentraat zou een voordeel zijn ten opzichte van dierlijke mest, waarvan de samenstelling sterk varieert. De samenstelling van de concentraten verschilt sterk tussen de installaties, maar de variatie in de tijd is beperkt. Dit suggereert dat akkerbouwers beter concentraat van één producent kunnen afnemen. De aanwezigheid van kali wordt positief gewaardeerd bij toepassing voor aardappelen en suikerbieten. De teelt op klei vraagt veel minder kalium dan die teelten op zand en daardoor om – aanzienlijk – hogere stikstof/kali-verhouding van het mineralenconcentraat.

Bij aardappelen, suikerbieten, wintertarwe en waspeen leidt gebruik van mineralenconcentraten tot een belangrijke besparing op kunstmest, zowel kali als stikstof. De snelle stikstofwerking van mineralenconcentraten ten opzichte van dierlijke mest is een voordeel. Ook bij zomergerst zijn mineralenconcentraten uitstekend toepasbaar, omdat gehalten nauwkeuriger bekend zijn en constanter zijn dan bij organische mest. Het risico op overmatige stikstofdosering is daardoor kleiner dan bij gebruik van organische mest. Bij erwten kan beperkt worden op kali-kunstmest. Bij snijmaïs sluit de directe beschikbaarheid van stikstof uit mineralenconcentraten (het ammoniumdeel is direct beschikbaar) goed aan bij de stikstofopname.

Net zoals bij grasland geldt voor bouwland dat de hoeveelheid fosfaat in het concentraat verwaarloosbaar moet zijn, om het aantrekkelijk te maken voor bedrijven met weinig fosfaatruimte.

Ruwweg heeft een mineralenconcentraat een 2 maal hoger chloridegehalte als de ingaande dierlijke mest. Hoge chloride-giften kunnen leiden tot chloorschade bij gewassen als aardappel en bepaalde vollegrondsgroenten (sperzieboon). Gewassen als suikerbiet en kool tolereren hoge chloridegiften. Op één bedrijf is inmiddels ijzerchloride (FeCl_3) vervangen door ijzersulfaat als vlokmiddel, waardoor het chloridegehalte in het concentraat RO met ongeveer een factor 5 gedaald. Er is daarnaast onderzoek gestart naar methoden om het chloride-gehalte van mineralenconcentraten te verlagen.

6.7 Dikke fractie

De dikke fractie kan vooral tot waarde worden gebracht bij verdere verwerking, waardoor het of leverbaar is in een nichemarkt buiten de landbouw, of geschikt is voor export waar men wel bereid is voor het product te betalen. Bij afzet binnen de Nederlandse landbouw, komt het terecht in akkerbouwgebieden voornamelijk op klei. Door het relatief hoge fosfaatgehalte van de dikke fractie, zal de dikke fractie dan vooral als fosfaatmeststof worden gebruikt. De dikke fractie is ook een waardevolle bron van organische stof.

De fosfaatwerking van dikke fracties was in een incubatiestudie, bij gebruik van milde fosfaat-extractiemethodes, vergelijkbaar met die van onbehandelde dierlijke mest, indien er geen ijzerbevattende toevoegmiddelen werden gebruikt bij de mestverwerking. Bij de installatie die ijzersulfaat gebruikte was de directe fosfaatwerking van de dikke fractie lager dan die van de onbehandelde mest. Het gebruik van toevoegmiddelen kan dus de directe beschikbaarheid van fosfaat in de dikke fractie verlagen.

Naast fosfaat bevat de dikke fractie ook stikstof. Deze stikstof is vooral in de vorm van organisch gebonden stikstof aanwezig (70~75% van totaal N). De stikstofwerking van de dikke fractie in het voorjaar toegediend aan aardappelen op kleigrond is voorlopig geschat op ongeveer 30%. De resultaten van het laboratoriumonderzoek geven aan dat de ammoniakemissie uit de dikke fractie lager is dan die uit drijfmest en mineralenconcentraten. Resultaten van de potentiële stikstofmineralisatie van de dikke fractie zijn nog niet beschikbaar.

6.8 Milieukundige aspecten

De gehalten organische stikstof zijn laag in mineralenconcentraten (minder dan 10%), zodat na de oogst van snijmaïs en akkerbouwgewassen geen stikstof uit mineralenconcentraten meer vrij komt door mineralisatie. Verwacht wordt dat dit kan leiden tot een vermindering van de nitraatuitspoeling ten opzichte van onbewerkte drijfmest. Resultaten van de hoeveelheid minerale stikstof in de bodem in de herfst laten in de bouwlandproeven een iets hogere hoeveelheid minerale N (5 tot 8 kg N per ha) bij mineralenconcentraten dan bij KAS zien. Dit kleine verschil in minerale N in de bodem in de herfst zal naar verwachting tot een beperkt verschil in de nitraatconcentratie in het grondwater leiden (het effect op grondwaterkwaliteit zal worden geschat met behulp van resultaten uit het project Sturen op Nitraat). De hoeveelheid minerale N in de herfst in de graslandproeven waren nog niet beschikbaar.

Mineralenconcentraten die amper fosfaat bevatten, zijn een geschikte meststof voor percelen met een hoge fosfaattoestand (en een hoog risico op fosfaatuitspoeling). Hierbij kan worden gedacht aan fosfaatrijke maïspancelen. De dikke fractie kan worden toegediend als fosfaatmeststof voor fosfaatbehoefte gewassen en percelen met een lage fosfaattoestand. Deze toepassingen passen goed bij de fosfaatgebruiksnormen in het Nederlandse mestbeleid, die worden gebaseerd op de fosfaattoestand van de bodem.

Het laboratoriumonderzoek laat zien dat risico op ammoniakemissie bij toediening mineralenconcentraten vergelijkbaar of hoger is dan bij toediening mest. Emissiearme toediening leidt tot een forse reductie van de ammoniakemissie. De ammoniakemissie van emissiearm toegediende mineralenconcentraten is vergelijkbaar met die van oppervlakkig toegediende KAS en lager dan die van oppervlakkig toegediende ureum. Indien mineralenconcentraten op grote schaal worden toegepast, moeten ammoniakemissiefactoren in veldproeven worden afgeleid. Ammoniak-emissiefactoren worden gebruikt voor de rapportage van ammoniakemissie in het kader van de NEC-richtlijn (National Emission Ceilings).

Emissiearm toegediende mineralenconcentraten resulteerden in de incubatiestudie tot een hogere lachgasemissie dan emissiearm toegediende mest en een vergelijkbaar of hogere lachgasemissie dan oppervlakkig toegediende KAS. Indien mineralenconcentraten op grote schaal worden toegepast, moeten lachgas-emissiefactoren in veldproeven worden afgeleid. Lachgas-emissiefactoren worden gebruikt voor de rapportage van ammoniakemissie in het kader van rapportage aan UNFCCC (Kyoto protocol).

De gehalten aan zware metalen en organisch micro-verontreiniging vormen geen aandachtspunt bij verantwoord landbouwkundig gebruik van mineralenconcentraten¹².

De gehalten aan stikstof en fosfaat in de permeaten vragen mogelijk aandacht. De gehalten in de permeaten zijn doorgaans hoger dan de criteria die gelden voor zoet stagnant oppervlaktewater. Het hangt van de kwaliteit van het ontvangend oppervlaktewater af, of lozing van permeaat leidt tot ongewenste vorm van belasting.

De levenscyclusanalyse (LCA), voor het analyseren van de milieu-impact, van de productie en de toepassing van mineralenconcentraten is in 2009 gestart. De geformuleerde hypothese is dat door het verwerken van drijfmest en het gebruik van de eindproducten, in plaats van alleen ruwe drijfmest en kunstmest, de milieubelasting van de mestketen omlaag gaat ten opzichte van de keten waarin geen drijfmest wordt verwerkt. Er vindt namelijk minder transport van producten plaats en er is minder kunstmest nodig. Voorlopige resultaten voor de huidige mestketens van rundvee- en vleesvarkensdrijfmest geven aan dat het gebruik van drijfmest sterk bijdraagt aan eutrofiëring, verzuring en fijnstofemissie. Fossiel energieverbruik wordt voornamelijk bepaald door de productie van kunstmest. Na normalisering tonen verzuring, eutrofiëring en fijnstofemissie de grootste impact van de milieueffecten. Energieverbruik en broeikasgasemissies in de huidige mestketens zijn relatief laag ten opzichte van wat een persoon in Europa per jaar gemiddeld uitstoot. Voor klimaatverandering geldt dat lachgas de grootste broeikasgasbron is, respectievelijk 60 en 68% van het totaal voor de rundvee- en vleesvarkensdrijfmest keten. In 2010 worden scenario's uitgewerkt en doorgerekend waarin mest op acht verschillende manieren verwerkt wordt tot een mineralenconcentraat (met eindstap omgekeerde osmose). Deze scenario's worden vergeleken met de huidige mestketens.

6.9 Kosten

Bij gebruik van het concentraat op gras wordt vooral de stikstof gewaardeerd ter vervanging van stikstofkunstmest en hangt de betalingsbereidheid samen met de heersende prijs van KAS. Op onder andere aardappelen wordt naast stikstof ook kali gewaardeerd. Over het algemeen liggen de akkerbouwgebieden verder van de installaties af dan de graslanden, waardoor de extra transportkosten op zouden moeten wegen tegen de extra waarde die het mineralenconcentraat daar heeft. Een verdere concentratie van het concentraat (dus hoger gehalten) zou deze afzetmarkt vanwege de beperking van transportkosten aantrekkelijker maken.

Om de totale waarde van het mineralenconcentraat te benutten en tot uiting te laten komen in de prijs, zal het afgezet moeten worden naar gewassen die zowel de stikstof als de kali nodig hebben. De waarde van mineralenconcentraten op basis van het stikstof- en kaligehalte is afhankelijk van de gehalten en de kunstmestprijzen. Een schatting op basis van de gemiddelde samenstelling uit de enquête laat zien dat de waarde van het mineralenconcentraat ongeveer 2,5 Euro per ton bedraagt als alleen stikstof wordt

¹² Ehlert, P.A.I., P. Hoeksma & G.L. Velthof, 2009. Anorganische en organische microverontreinigingen in mineralenconcentraten. Resultaten van de eerste verkenningen. ASG rapport 256, 17 blz.

gewaardeerd en ongeveer 6,2 Euro per ton als alleen kali wordt gewaardeerd. Als zowel stikstof als kali worden gewaardeerd bedraagt de waarde ongeveer 12 Euro per ton. De uitrijkosten voor mineralenconcentraat is ongeveer 2,50 Euro hoger dan die voor kunstmest. De waarde inclusief uitrijkosten is dan 2,50 Euro boven op de bovengenoemde bedragen.

Een eerste schatting van de gemiddelde kosten van de acht bedrijven voor mestscheiding en omgekeerde osmose (dus zonder voor- en/ of nabewerking van (een deel van) de producten) ligt op ongeveer 7,50 Euro, waarbij een grote spreiding bestaat tussen de installaties. De gemiddelde afzetkosten voor de eindproducten lagen op ongeveer 3,75 Euro per ton ingaande mest. Dit maakt dat, om de installatie rendabel te laten zijn bij de huidige kosten voor afzet, voor de ingaande mest ongeveer 11,25 Euro per ton ingaande mest moet worden ontvangen. De kosten voor transport en bemonstering komen daar nog bovenop, waardoor het totaal bedrag al snel op 15 Euro per ton ingaande mest komt. Bij lagere kosten voor afzet van drijfmest bij rechtstreeks aanbod op de markt zal de bewerking dus geen voordeel bieden. Deze schattingen zijn onder het voorbehoud dat de inschatting van de kosten en levensduur door de producenten in de praktijk ook zo blijkt uit te pakken. Verder brengt het kunnen afzetten van de verschillende eindproducten tegen (een hogere) positieve prijs de kosten van het proces naar beneden.

6.10 Vervolg

Dit tussenrapport omvat de resultaten van het onderzoek tot half november 2009. Een deel veel van de resultaten waren nog niet beschikbaar en de tijd was beperkt voor diepgaande analyses en synthese van de verschillende deelonderzoeken. Het onderzoek wordt in 2010 gecontinueerd en mogelijk uitgebreid (oa. meer veldproeven). Daarnaast worden de mogelijkheden verkend om de mestverwerking verder te optimaliseren op basis van de resultaten. Hierbij wordt gedacht aan het verlagen van de gehalten aan fosfaat en organische stikstof en het verder concentreren van de concentraten. De rapportage en synthese van het totale onderzoek in 2009 en 2010 vindt begin 2011 plaats. Dit syntheserapport zal samen met de rapporten van de deelonderzoeken gebruikt worden voor discussie met de Europese Commissie over het gebruik van mineralenconcentraten als kunstmestvervanger. Tevens zullen de onderzoeksgegevens gebruikt worden voor een technisch dossier over de landbouwkundige en milieukundige aspecten van gebruik van mineralenconcentraten.