



**Groene
Cirkels**

Toepasbaarheid en effecten van bemesting met digestaat

Sluiten van mineralenkringloop in Groene Cirkels

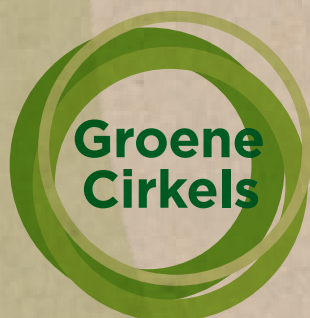
R.P.J.J. Rietra
Alterra Wageningen UR

T.J.A. Gies
Alterra Wageningen UR

m.m.v. G.L. Velthof
Alterra Wageningen UR

K.B. Zwart
Alterra Wageningen UR





Een klimaatneutrale HEINEKEN brouwerij, een duurzame economie én een aangename leefomgeving in Zoeterwoude. Dat zijn de ambities waarvoor Groene Cirkels zich inzet. Dat doet zij door de natuur als uitgangspunt te nemen en programma's te realiseren rond de onderwerpen energie, water, grondstoffen, mobiliteit en leefomgeving. Het initiatief Groene Cirkels, gevormd door multinational HEINEKEN, provincie Zuid-Holland en kennispartner Alterra Wageningen UR, wil graag de voor deze ambities benodigde partijen aan zich binden en een voorbeeld van wereldklasse zijn.



Toepasbaarheid en effecten van bemesting met digestaat

Sluiten van mineralenkringloop in Groene Cirkels

R.P.J.J. Rietra en T.J.A. Gies, m.m.v. G.L. Velthof en K.B. Zwart

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door Provincie Zuid-Holland, Heineken bv en ministerie van Economische Zaken (KB-14-003-038-ALT-2).

Alterra Wageningen UR
Wageningen, november 2015

Alterra-rapport 2664
ISSN 1566-7197

Rietra, R.P.J.J. en T.J.A. Gies, 2015. *Toepasbaarheid en effecten van bemesting met digestaat; Sluiten van mineralenkringloop in Groene Cirkels*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2664. 34 blz.; 4 fig.; 8 tab.; 70 ref.

De HEINEKEN brouwerij in Zoeterwoude wil in de toekomst klimaatneutraal produceren. Dierlijke mest en berm- en natuurgras zijn potentiële energiebronnen voor de biogasproductie via vergisting in de regio Zoeterwoude en bieden daarmee een duurzaam klimaatneutraal alternatief. Digestaat (het restproduct bij vergisten) kan een sleutelrol spelen om naast biogasproductie ook de mineralenkringloop voor de landbouw in de omgeving van de brouwerij te verbeteren. Digestaat heeft nagenoeg dezelfde werking als dierlijke mest en kan (na verdere bewerking) in de toekomst (na goedkeuring van de EU) als vervanger voor stikstofkunstmest dienen.

Trefwoorden: digestaat, mineralenkringloop, kunstmest, mineralenconcentraten, Groene Cirkels

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2015 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Achtergrond	7
	1.2 Probleem- en doelstelling	7
	1.3 Leeswijzer	9
2	Digestaat in de brede context	10
	2.1 Mest en mestverwaarding	10
	2.2 Vormen van digestaat	11
	2.3 Rol van digestaat binnen Groene Cirkels	12
	2.4 Beleidsontwikkelingen	14
	2.4.1 Digestaat volgens de wettelijke regelingen	14
	2.4.2 Toedieningstechniek	14
	2.4.3 Digestaat en Mineralenconcentraten als kunstmest	15
3	Digestaat als meststof	16
	3.1 Eigenschappen van digestaat ten opzichte van dierlijke mest	16
	3.1.1 Samenstelling	16
	3.1.2 Effecten van ingangsmaterialen op samenstelling digestaat	21
	3.2 Bemestende waarde van digestaat ten opzichte van dierlijke mest	22
4	Conclusies en aanbevelingen	25
	4.1 Conclusies	25
	4.2 Discussie en aanbevelingen	26
	Literatuur	28
	Bijlage 1 Rekenvoorbeeld	32

Samenvatting

Een klimaatneutrale HEINEKEN brouwerij, een duurzame economie én een aangename leefomgeving in de regio Zoeterwoude, dat zijn de ambities van het initiatief Groene Cirkels, gevormd door HEINEKEN, provincie Zuid-Holland en Alterra Wageningen UR.

De HEINEKEN brouwerij gebruikt aardgas om o.a. stoom op te wekken voor het brouwproces en wil in de toekomst klimaatneutraal produceren. Productie van biogas op basis van reststoffen uit de omgeving is een klimaatneutraal alternatief voor het huidige aardgasgebruik. Dierlijke mest en berm- en natuurgras zijn potentiële bronnen door de biogasproductie via vergisting in regio Zoeterwoude.

Naast biogas komt er bij vergisting digestaat vrij, dat direct toegepast kan worden als (dierlijke) meststof. Het wijkt enigszins af van dierlijke mest doordat door vergisting de gemakkelijk afbreekbare organische stof wordt afgebroken en een deel van de organische stikstof wordt omgezet in direct voor het gewas beschikbare ammoniumstikstof. Indien er naast mestvergisting (monovergisting) ook andere substraten worden toegevoegd om met name de energieproductie te verhogen is de samenstelling van digestaat ook afhankelijk van de samenstelling van deze substraten. Desondanks is digestaat sterk vergelijkbaar met dierlijke mest. Digestaat moet, net als mest, emissiearm worden toegediend. De werking van digestaat als meststof¹ is sterk vergelijkbaar met onbehandelde dierlijke mest:

- Op een termijn van meer dan vier jaar is de bemestende waarde van digestaat nagenoeg hetzelfde als dierlijke mest.
- De aanvoer van effectieve organische stof door digestaat of dierlijke mest is vergelijkbaar.
- Digestaat geeft minder overlast van geur, onkruiden en pathogenen.
- De risico's op emissies van stikstof naar de atmosfeer en uitspoeling van stikstof naar grond- en oppervlaktewater zijn vergelijkbaar voor digestaat en dierlijke mest.

Monovergisting van mest heeft vrijwel geen invloed op de mineralenkringloop, omdat de beschikbaarheid van de mineralen, gezien op een termijn van vier of meer jaren, niet verandert en heeft daarom binnen de huidige mestwetgeving geen andere consequenties dan die voor dierlijke mest. Covergisting leidt binnen de regels van de mestwetgeving tot een verhoogde vracht aan stikstof en fosfaat als dierlijke mest. Deze extra aanvoer van stikstof en fosfaat kan mogelijk niet worden geplaatst binnen de ruimte die de mestnormen in de regio Zoeterwoude biedt en zal naar andere gebieden moeten worden afgevoerd.

Door vergisting van dierlijke mest kan de emissie van ammoniak en broeikasgassen sterk verminderd worden ten opzichte van de reguliere mestverwerking doordat de dierlijke mest afgesloten wordt in de vergistingsinstallatie.

Digestaat bevat nog organische stikstof en heeft daardoor een lagere stikstofwerking dan kunstmest; digestaat is daarom geen kunstmestvervanger. Het verwerken van digestaat of de mest tot een dikke, fosfaatrijke fractie en een stikstofrijk mineralenconcentraat via scheiding en omgekeerde osmose, is een mogelijke vervolgstap die kan leiden tot een vermindering van het kunstmestgebruik. De stikstof in het mineralenconcentraat bestaat namelijk voor het grootste deel uit ammoniumstikstof en bevat weinig organische stikstof. Het vervangen van kunstmest door stikstof uit tot mineralenconcentraat verwerkt digestaat kan een belangrijke bijdrage leveren aan het sluiten van de stikstofkringloop bij de boeren in Zoeterwoude en omgeving. Het overschot aan fosfor dient echter nog steeds afgevoerd te worden. Het verwerken van digestaat naar mineralenconcentraat via omgekeerde osmose vergt echter veel kennis en vakmanschap. Het gebruik van mineralenconcentraten als alternatief voor

¹ Over de bemestende waarde van digestaat dat is ontstaan uit covergisting van gras met mest zijn geen studies beschikbaar.

stikstofkunstmest is op dit moment alleen toegestaan in het kader van een pilot van de Nederlandse overheid. Nederland is in discussie met Brussel over de erkenning van mineralenconcentraat als kunstmest; dit traject loopt al enkele jaren en er is nog geen perspectief dat mineralenconcentraat op korte termijn zal worden erkend als kunstmest.

Samenvattend kan gesteld worden dat vergisting van mest en een verdere verwerking van digestaat naar mineralenconcentraten een sleutelrol kunnen spelen in het verwezenlijken van een aantal ambities van Groene Cirkels. Het levert biogas voor de brouwerij van HEINEKEN en het draagt bij aan het verminderen van kunstmestgebruik. Ook al oogt het veelbelovend, momenteel wordt vergisting en toepassing van digestaat in Zoeterwoude en omgeving nog weinig toegepast. Daar zijn nog wel wat hobbels te nemen wil deze sleutelrol in deze regio echt verzilverd worden. Ten aanzien van digestaat en mineralenconcentraten is het advies om daar meer ervaring mee te gaan opdoen via praktijkproeven in de regio waarin de diverse aspecten van digestaat gedemonstreerd en onderzocht kunnen worden. Hiermee kan meer kennis vergaard worden ten aanzien van gebruik van digestaat en/of mineralenconcentraat. Bijkomend voordeel is om op deze manier boeren in de omgeving te interesseren voor mestvergisting en gebruik van digestaat als meststof.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

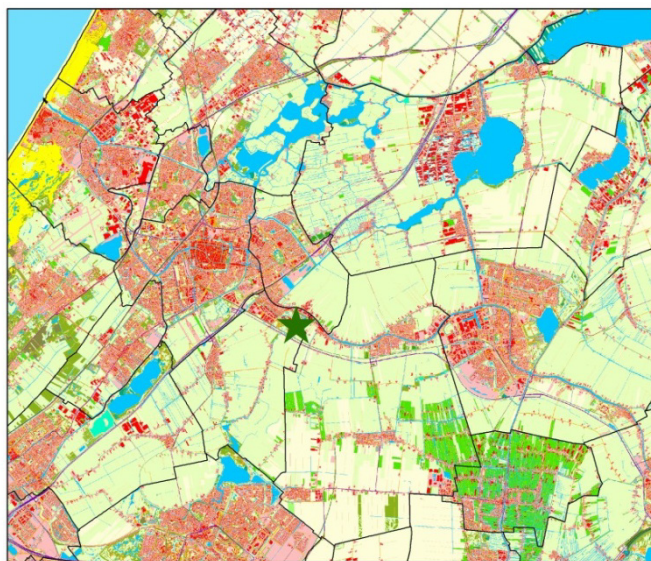
Een klimaatneutrale HEINEKEN brouwerij, een duurzame economie én een aangename leefomgeving in de regio Zoeterwoude. Dat zijn de ambities van het initiatief Groene Cirkels, gevormd door multinational HEINEKEN, provincie Zuid-Holland en kennispartner Alterra Wageningen UR. Om een duurzame regio te creëren, moet er op meerdere terreinen tegelijk gewerkt worden. Groene Cirkels kiest voor de strategie: klein beginnen, groot eindigen. De natuur wordt steeds als uitgangspunt genomen. Het partnerschap concentreert zich op vijf thema's:

1. Stimuleren van duurzame energie en reductie van broeikasgasemissies
2. Verzekeren van voldoende en goed water
3. Sluiten van grondstofkringlopen
4. Verduurzamen mobiliteit en logistiek
5. Verbeteren van de leefomgeving en versterken van biodiversiteit

Dit rapport sluit aan bij thema's 1 en 3. De HEINEKEN Brouwerij in Zoeterwoude wil klimaatneutraal worden door gebruik te maken van duurzame energie. Momenteel verbruikt de brouwerij aardgas en elektriciteit. Hiervoor zoekt men hernieuwbare vervangers. Windturbines op het brouwerijterrein gaan in 2015 ruim 40% van de huidige behoefte aan elektriciteit leveren. Voor de warmtevoorziening wordt een klimaatneutraal alternatief voor aardgas gezocht. Binnen het Partnership Groene Cirkels wordt onderzocht of het mogelijk is om de HEINEKEN brouwerij in Zoeterwoude te voorzien van lokaal geproduceerd biogas. Naast het voordeel van groene energie zou dit ook kunnen leiden tot het beter sluiten van de kringlopen van koolstof en nutriënten in het gebied waardoor er bespaard kan worden op het gebruik van kunstmest in de landbouw.

1.2 Probleem- en doelstelling

De HEINEKEN Brouwerij Zoeterwoude ligt aan de rand van het Groene Hart. Daar bevinden zich vooral landbouwbedrijven met melkvee. In de directe omgeving van de brouwerij liggen ruim 200 bedrijven met ruim 15.000 melkkoeien en 12.000 ha grasland en voedergewassen (CBS, 2015), zie Figuur 1.



Figuur 1 Ligging HEINEKEN Brouwerij Zoeterwoude (groene ster).

In de toekomst zal het aantal bedrijven met koeien blijven dalen (veel bedrijven hebben geen opvolger), maar door groei van de blijvers blijft het aantal melkkoeien zeer waarschijnlijk wel op peil of groeit, nu het melkquotum per 1 april 2015 is afgeschaft. Rundermest is en blijft in het gebied dus voorhanden. Momenteel is er (theoretisch) nog een kleine plaatsingsruimte voor stikstof en fosfaat uit dierlijke mest in het gebied aanwezig (zie resterende plaatsingsruimte, Tabel 1), maar veel bedrijven in het gebied voeren mest af naar andere gebieden (zie transportsaldo, Tabel 1). Deze mest kunnen ze niet op het eigen bedrijf toepassen, omdat ze anders de normen voor gebruik dierlijke mest volgens de mestwetgeving overschrijden.

Tabel 1

Saldo nutriënten aan- en afvoer en resterende plaatsingsruimte stikstof en fosfaat voor COROP-regio Oost-Zuid-Holland (CBS, 2015).

Oost-Zuid-Holland (CR)	Transportsaldo*		Resterende plaatsingsruimte	
	Stikstof	Fosfaat	Stikstof	Fosfaat
Perioden	x 1000 kg	x 1000 kg	x 1000 kg	x 1000 kg
2003	-70	-40	6590	430
2013	-450	-210	280	120

(*) negatieve waarde betekent dat de afvoer groter is dan aanvoer.

Verdere schaalvergroting en technologische ontwikkelingen in de landbouw, aanscherping van het mestbeleid en het duurder worden van kunstmest kan ertoe leiden dat de melkveesector in de regio meer behoefte krijgt aan mestbe- of verwerking². Bewerking van mest naar biogas door vergisting en een bemestingsproduct kan daarbij een optie zijn. Die optie sluit naadloos aan bij de ambities van Groene Cirkels. Er is namelijk sprake van een duurzame energieproductie: vergisting reduceert de emissie van broeikasgassen en vergisting draagt bij aan het sluiten van kringlopen als digestaat (vergiste mest) als dierlijke meststof en/of als kunstmestvervanger gebruikt kan worden. Wanneer er sprake is van covergisting (naast mest ook andere organische stof toevoegen aan vergistingsproces), kan biomassa uit het landschap als cosubstraat dienen. De energetische opbrengst van vergisting kan met cosubstraat flink verhoogd worden.

Er zijn nog veel bedenkingen t.a.v. vergisting als gewenste en toekomstige ontwikkeling. Haalbaarheid van biogasproductie staat op voorhand al sterk ter discussie, maar dat wil niet zeggen dat het daarmee afgeschreven is. ECN (2013) schrijft in een policybrief over het langetermijnperspectief voor groen gas dat, ondanks de huidige knelpunten, er op langere termijn (in de periode 2020-2030) geen reden is om te veronderstellen dat vergisting op zijn retour is. Integendeel, ECN geeft aan dat de huidige problemen zullen leiden tot een herstructurering van de sector waarbij vooral de grote (co)vergistingsprojecten overblijven, naast kleinschalige monovergistingsprojecten. Vergisting lijkt om die reden op dit moment een nader te onderzoeken ontwikkelingsrichting te zijn. Daar gaan we in dit rapport niet nader op in. De haalbaarheid van co- of monovergisting wordt in een ander traject binnen Groene Cirkels nader uitgewerkt.

In dit rapport richten we ons op de schakel in de kringloopgedachte: digestaat toepassen als meststof en in hoeverre daarmee kunstmestgebruik verminderd kan worden. Over de werking en bruikbaarheid van digestaat is nog relatief weinig bekend en digestaat uit vergisting wordt nog niet veel toegepast als meststof in de landbouwsector. Momenteel mag digestaat volgens de wetgeving van de EU en Nederland nog niet gebruikt worden als kunstmestvervanger en moet digestaat gewoon gezien worden als dierlijke mest. Op korte termijn is het niet de verwachting dat nieuw mestbeleid dat zal

² Onder mestbewerking verstaan we: technische handelingen met mest, waaruit mestproducten voortkomen die in de Nederlandse landbouw worden afgezet met een hogere acceptatiegraad dan normale drijfmest (voorbeelden: mestscheiding en mestvergisting). Onder mestverwerking verstaan we: technische handelingen met mest, waaruit producten voortkomen die buiten de Nederlandse landbouw worden afgezet (bijvoorbeeld mestverbranding, productie van mestkorrels ten behoeve van export of afzet via tuincentra).

veranderen. Nederland moet aan de EU laten zien dat mestoverschotten weggewerkt worden. In geval van covergisten wordt de digestaat volledig als dierlijke mest gezien wordt. Het volume aan dierlijke meststoffen wordt daarmee vergroot en daardoor ook het mestoverschot. Daarnaast wordt er nog maar een gering percentage dierlijke mest vergist (<2%), omdat het momenteel financieel nog onaantrekkelijk is.

Doel van het project is een literatuurstudie te doen naar de kennis over:

- de (landbouwkundige) werking van digestaat als meststof,
- het reguliere beleidskader en de toekomstige ontwikkelingen ten aanzien van toepassing van digestaat.

1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op wat digestaat is, hoe het tot stand komt en op welke manier het binnen Groene Cirkels kan bijdragen aan het sluiten van kringlopen. Verder gaan we in dit hoofdstuk ook in op de beleidsontwikkelingen. In hoofdstuk 3 gaan we in op de werking van digestaat als meststof. Ten slotte sluiten we in hoofdstuk 4 af met conclusies en aanbevelingen binnen de context van Groene Cirkels.

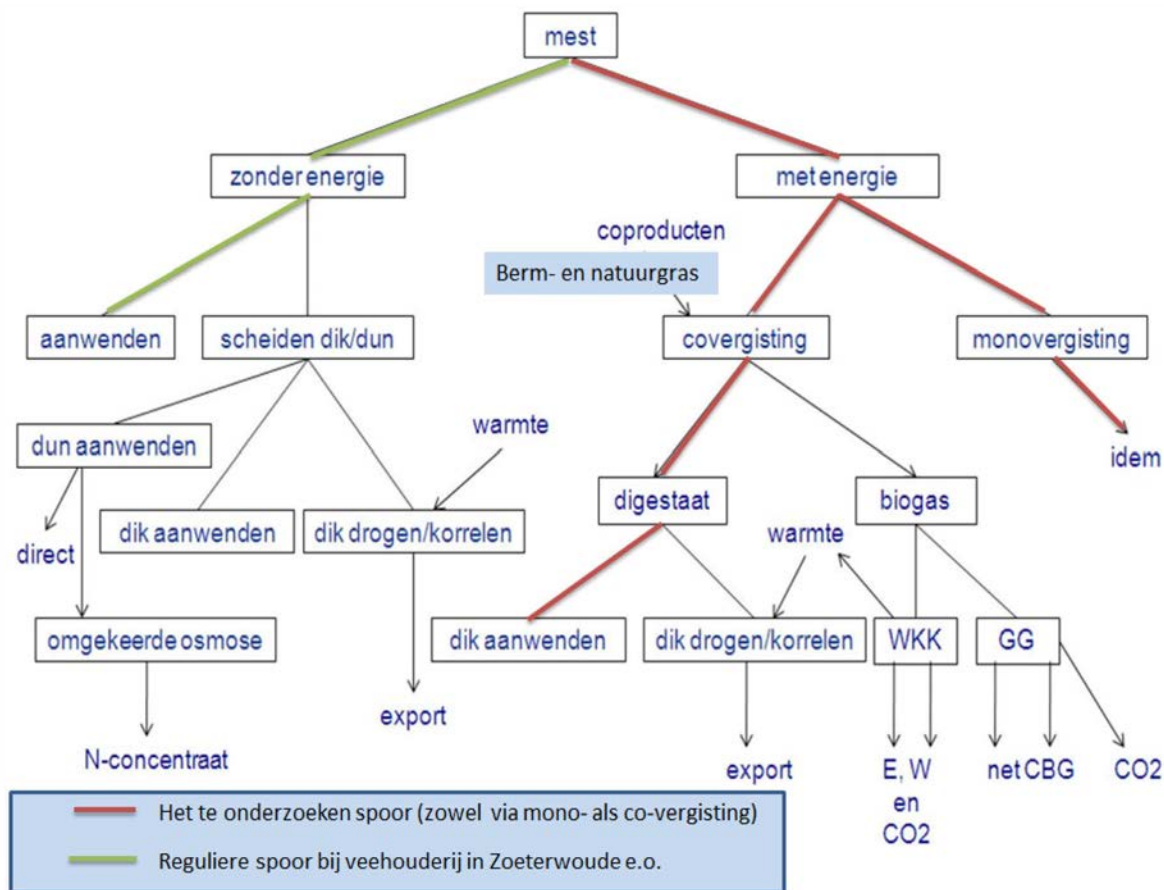
2 Digestaat in de brede context

2.1 Mest en mestverwaarding

In Nederland worden veel dieren gehouden en daardoor wordt er veel mest geproduceerd. Deze dierlijke mest wordt gebruikt om de bodems van akkers en weilanden te bemesten. De mest is nuttig, omdat het nutriënten voor de planten bevat (bijvoorbeeld N en P) en organische stof. Aanvoer van organische stof is belangrijk voor de instandhouding van het gehalte aan bodemorganische stof en het bodemleven. Omdat te veel mest slecht is voor de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater, en via stikstofdepositie ook voor de natuur, is de hoeveelheid dierlijke mest die gebruikt mag worden beperkt tot 170 kg N per ha (inclusief mest van weidende dieren). Voor de graasdierhouderij (zoals de melkveebedrijven) met minimaal 80% grasland, is t/m 2017 een ontheffing ('derogatie') mogelijk, waarbij de maximale gift aan mest van graasdieren 230 kg N per hectare per jaar bedraagt op de zuidelijke en centrale zandbodems en lössbodems, en 250 kg N per hectare op de overige bodems, zoals veen. In 2013 hadden 21.135 melkveebedrijven in Nederland (RVO, 2014) een derogatie. Het teveel aan dierlijke mest moet naar elders in binnen- of buitenland geëxporteerd worden. Door de mest te verwerken, bijvoorbeeld te scheiden in een dikke en een dunne fractie, kan export aantrekkelijker worden.

Dierlijke mest wordt in Nederland meestal onbewerkt gebruikt als meststof. Vanwege de verhouding stikstof en fosfor in dierlijke mest wordt de bemesting met dierlijke mest meestal aangevuld met stikstof uit kunstmest. Ook hiervan is het gebruik gelimiteerd door de overheid via de zogenaamde stikstof- en fosforgebruiksnormen. Dit alles leidt ertoe dat het nutriëntengebruik in de melkveehouderij in Nederland grofweg bestaat uit dierlijke mest, aangevuld met voornamelijk stikstofkunstmest. In principe bevat dierlijke mest voldoende fosfor om de behoefte te dekken. De 'derogatie-bedrijven' mogen geen fosfaat in de vorm van kunstmest aanwenden.

Er bestaat in Nederland een mestoverschot. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van diverse technieken om mest te be- en verwerken. Dit biedt in potentie kansen tot energieproductie en de productie van mestproducten die geëxporteerd kunnen worden. Momenteel wordt er onderzoek gedaan in hoeverre een deel van de dierlijke mest, dat nu geëxporteerd wordt, verwerkt kan worden tot stikstofrijke kunstmest (zogenaamd mineralenconcentraat) – die het huidige kunstmestgebruik vervangt – en een ingedikte fosforrijke mest die beter geëxporteerd kunnen worden.



Figuur 2 Mest- en digestaatvervaardingsroutes. Eigen bewerking (Energymatters, 2011).

Er bestaan diverse technieken om mest te verwerken tot diverse producten. In Figuur 2 staat een aantal van die technieken en producten. Inzet van mestverwerking begint bij de vraag of er bij de verwerking energie vrij moet komen of niet. Zolang er geen energie geproduceerd hoeft te worden, kan de mest direct aangewend worden of volstaat een directe verdere verwerking tot mineralenconcentraten. In dat proces wordt dierlijke mest gescheiden in een stikstofrijke vloeibare fractie, die kunstmest zou kunnen vervangen, en een fosforrijke vaste fractie die geëxporteerd kan worden. Bij de productie van mineralenconcentraten wordt de vloeibare fractie gefiltreerd (ultrafiltratie/omgekeerde osmose), waardoor de nutriënten geconcentreerd worden. Overigens bevat de vloeibare fase niet alleen stikstof, maar ook alle andere elementen uit de mest (met name kalium), inclusief nog een klein beetje organische stof. Ook bevat de vaste fractie niet alleen fosfor, maar eveneens alle andere elementen en een groot deel van de organische stof.

In geval er wel energie geproduceerd moet worden, wordt de mest eerst vergist. Vergisting is een zuurstofloos biologisch proces waar micro-organismen organisch materiaal ten dele afbreken. Hierbij worden biogas en digestaat gevormd. Dit biogas kan gebruikt worden als energiebron. Digestaat kan, evenals ruwe mest, verder worden verwerkt tot een vaste en een vloeibare fractie die min of meer dezelfde eigenschappen hebben als bij ruwe mest. Het merendeel van de stikstof, maar niet alle, komt in de vloeibare fase; het merendeel van de fosfor, maar niet alle, in de vaste. Deze vloeibare fase kan net zoals bij directe scheiding van de dierlijke mest, gebruikt worden voor de productie van mineralenconcentraat.

2.2 Vormen van digestaat

Voor vergisting kunnen verschillende organische materialen gebruikt worden. Hierdoor ontstaan ook verschillende typen digestaat waarbij de samenstelling afhangt van de ingangsmaterialen en het type proces in een vergister.

Door het verschil in ingangsmaterialen kunnen er grofweg drie typen digestaat worden onderscheiden die in de landbouw als meststof gebruikt kunnen worden:

1. Digestaat uit monovergisting. Hierbij is uitsluitend dierlijke mest het ingangsmateriaal.
2. Digestaat uit covergisting. Hierbij is minimaal 50% van het ingangsmateriaal dierlijke mest³.
3. Digestaat zonder dierlijke mest, plantaardige reststoffen zoals suikerbietenstaartjes.

Digestaat kan ook verder worden bewerkt (drogen of hygiëniseren) zodat er nog meer verschillende vormen van digestaat ontstaat (Energymatters, 2011). Een gedroogd materiaal kan geschikter zijn voor transport en verkoop. Hygiëniseren is van belang om digestaat te exporteren.

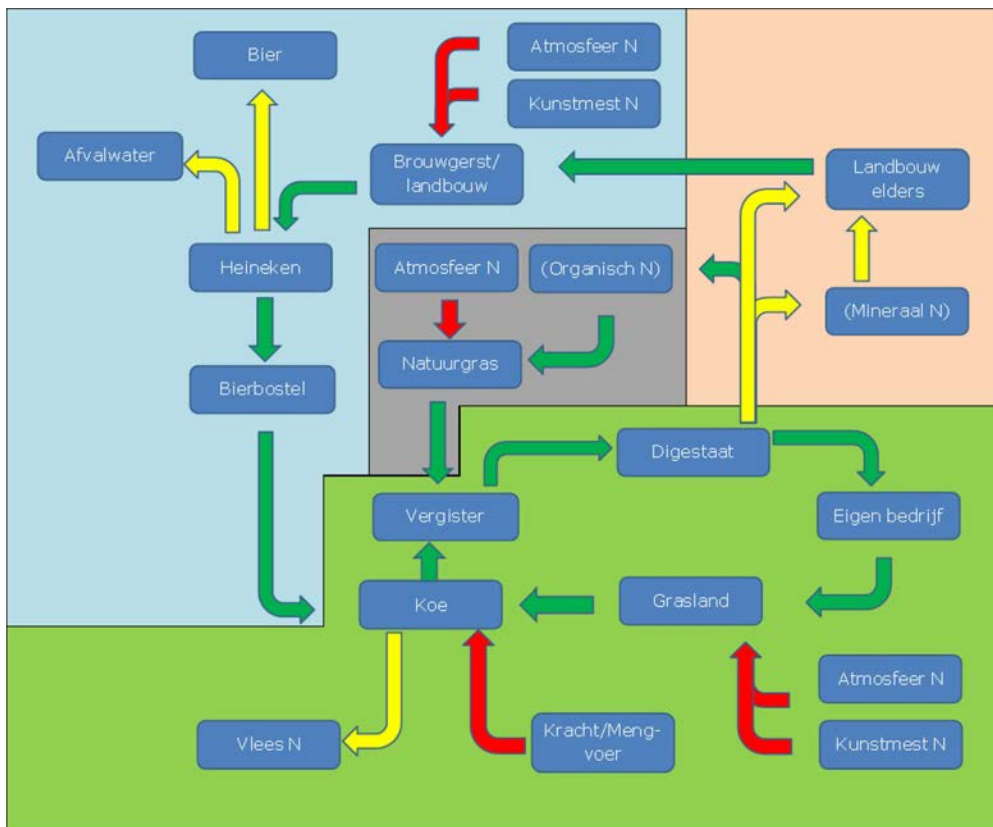
Mestvergisting en covergisting vinden (bijna) altijd plaats in een volledig geroerd systeem. De temperatuur daarbij kan verschillen. Bij mesofiele vergisting gaat het om een vergisting tussen de 32 °C en 42 °C en bij de thermofiele vergisting om temperaturen tussen 50 °C tot 55 °C. Thermofiele vergisting heeft als voordeel dat het afbraakproces sneller verloopt, er meer gas wordt geproduceerd en er een hygiëniserings-effect wordt bereikt. Mesofiele processen zijn robuuster en vergen minder warmte. Naast de veelgebruikte natte vergisting is er ook de mogelijkheid voor droogvergisting (Brinkmann, 2014). Door de verschillende processen kunnen verschillende producten ontstaan, en mogelijk ook verschillende soorten digestaat. In het geval van droogvergisting van gras kan hoogwaardig eiwit uit gras worden geperst waarna de perskoek wordt vergist, waarbij gas en digestaat ontstaat (Rijksoverheid, 2011).

2.3 Rol van digestaat binnen Groene Cirkels

Binnen het Partnership Groen Cirkels staat het wegwerken van het mestoverschot niet centraal. De insteek is om de HEINEKEN brouwerij in Zoeterwoude te voorzien van lokaal geproduceerd biogas. Naast het voordeel van groene energie zou dit ook kunnen leiden tot het beter sluiten van de kringlopen van koolstof en nutriënten in het gebied waardoor er bespaard kan worden op het gebruik van kunstmest (stikstof). Digestaat speelt daarin een sleutelrol; het product uit de vergiste mest kan een besparing opleveren voor gebruik van kunstmest. Het is de verwachting dat met name de toepassing van digestaat uit monovergisting van rundermest en digestaat uit covergisting met gras relevant zou kunnen zijn voor de regio rond Zoeterwoude.

De belangrijkste kringlopen zijn die van de landbouw, van de brouwerij en eventueel van natuurterreinen, als die als leverancier van de cosubstraten gaan dienen. Deze drie kringlopen staan weergegeven in Figuur 3.

³ De Nederlandse wet (Meststoffenwet) stelt dat digestaat gebruikt mag worden als meststof indien ingangsmateriaal van vergister minimaal uit 50% dierlijke mest bestaat.



Figuur 3 Nutriëntenstromen bij vergisting van mest en natuurgras en gebruik van bierbostel als veevoer. De verschillende vlakken vertegenwoordigen de afzonderlijke deelstromen (Groen: Melkveebedrijf; Lichtblauw: Brouwerij; Grijs: Natuurterrein; Roze: Landbouw elders).

Melkveehouderij (groen): de melkveehouderij produceert een deel van het eigen voer, waarbij voor de bemesting deels mest en deels kunstmest wordt gebruikt. Een klein deel van het voer bestaat uit bierbostel afkomstig van de brouwerij. Een ander deel van het voer wordt via kracht-/mengvoer aangevoerd van elders. Alleen op biologische bedrijven wordt geen kunstmest toegepast.

Brouwerij (lichtblauw): de brouwerij produceert bier uit brouwergerst. De brouwerij verwerkt zijn eigen afvalwater, terwijl het restproduct van de vergisting, bierbostel, wordt afgezet als veevoer. Op die manier komt een deel van de nutriënten uit graan in de melkveehouderij, en daarmee in de rundveemest terecht. Het is niet bekend welk deel van de nutriënten in de brouwergerst afkomstig zijn van dierlijke mest en welk deel van kunstmest.

Natuurterreinen (grijs): Natuurterreinen lijken een aantrekkelijke mogelijkheid te bieden voor het leveren van cosubstraat voor biogasproductie. Een deel van het maaisel van natuurterreinen wordt afgevoerd om het gebied meer te versralen. Een groot deel daarvan is niet geschikt als veevoer en wordt tegen een betrekkelijk hoog poorttarief afgenomen door composteerinrichtingen. Een bijkomend voordeel van vergisting boven compostering is dat stikstof uit het maaisel in digestaat achterblijft, terwijl het bij composteren voor een groot deel naar de atmosfeer ontwijkt. Natuurterreinen worden niet bemest, omdat in veel gevallen versraling wordt toegepast. Daardoor bestaat het risico dat ook het organische stofgehalte in de bodem zal dalen. Dat zou kunnen worden voorkomen door digestaat uit de vergister te scheiden in een vaste fractie, met relatief weinig nutriënten, die retour naar het natuurterrein kan en een vloeibare fractie, die als meststof elders kan worden gebruikt. Mocht de retourstroom naar natuur niet mogelijk zijn, kan de vaste fractie ook naar landbouwterreinen. In dat geval is er dus op de natuurterreinen geen sprake meer van een kringloop.

2.4 Beleidsontwikkelingen

2.4.1 Digestaat volgens de wettelijke regelingen

Digestaat wordt gezien als een afvalstof en kan onder bepaalde voorwaarden als een meststof worden afgezet. Digestaat uit (co)vergiste mest kan alleen in de landbouw toegepast worden als meststof als het verkregen is door vergisting van ten minste 50% dierlijke mest, met als cosubstraat uitsluitend een of meerdere producten van de zogenoemde positieve lijst. Het 50%-criterium is gebaseerd op gewicht.

Indien in een vergistingsinstallatie een van de gebruikte materialen dierlijke mest is, dan spreekt men over covergisting. Digestaat dat vrijkomt uit zo'n installatie wordt beschouwd als dierlijke mest in de Meststoffenwet. Bovendien stelt deze wet dat bij covergisting minimaal 50% van het ingangsmateriaal moet bestaan uit dierlijke mest. Indien er helemaal geen dierlijke mest wordt gebruikt kan digestaat ook gebruikt worden als meststof (categorie Overige Organische Meststoffen). In beide gevallen, covergisting of vergisting zonder dierlijke mest, moeten alle materialen die gebruikt worden toegestaan zijn volgens de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, wil je digestaat kunnen gebruiken als meststof. Digestaat kan bijvoorbeeld ook worden geproduceerd bij de vergisting in de afvalwaterbehandeling. Digestaat daaruit kan echter niet worden gebruikt als meststof, omdat de ingangsmaterialen niet toegestaan zijn volgens de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet en worden gezien als afvalstof.

In april 2015 zijn de resultaten van een evaluatie over het nut en risico's van covergisting bekendgemaakt en aan de Tweede Kamer gestuurd (CDM, 2015). Belangrijkste conclusies die volgen uit deze evaluatie is dat risico's van covergisting voor de gezondheid en veiligheid van mensen beperkt zijn als toegestane covergistingsmaterialen worden gebruikt en de regels worden opgevolgd. Echter, in bijna 30% van de gecontroleerde installaties zijn covergistingsmaterialen aangetroffen die niet voldeden aan de wettelijke eisen. Covergisting heeft niet geleid tot ernstige ongelukken, maar wel tot overlast voor omwonenden. De handhaving van vergunningen en wettelijke regels van covergisting in de praktijk is complex, vooral vanwege de vele spelers in de covergistingsketen, de grote verscheidenheid aan regels en de vele instanties die betrokken zijn bij toezicht en handhaving.

Weide- en natuurgras staan in Bijlage Aa van Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, de lijst van toegestane stoffen voor vergisting. Bermgras valt onder categorie G van Bijlage Aa, wat betekent dat het is toegestaan om het als meststof te gebruiken, maar dat de gebruiker moet nagaan of de normen voor contaminanten niet overschreden worden. De verwachting is dat de wetgeving rondom mest en covergisting van gras niet wijzigt.

In Groot-Brittannië en Duitsland kan digestaat, net als compost, gecertificeerd worden. In Groot-Brittannië verliest het dan de status afval. In Nederland heeft digestaat, indien geproduceerd op basis van toegestane materialen, de status meststof. In Europa wordt gewerkt aan het sluiten van kringlopen en 'End-of-waste'. Het idee is dat indien digestaat voldoet aan bepaalde regels, het niet meer de status afval heeft waardoor het beter verhandelbaar is (Saveyn & Eder, 2014).

2.4.2 Toedieningstechniek

Volgens het Besluit Gebruik Meststoffen moet dierlijke mest op emissiearme wijze worden toegediend. Het Besluit bepaalt ook in welke periode van het jaar dierlijke mest op het land mag worden gebracht. Deze voorschriften hebben tot doel om de emissies van stikstof en fosfaat naar het milieu te beperken. In veenweidegebied en op kleigronden vindt bemesting plaats met een sleepvoetbemester (de Haan *et al.*, 2009). Hierbij wordt de mest in smalle stroken op de bodem gelegd waarbij het gras opzij wordt geduwd. De overheid wil de sleepvoettechniek vervangen met een techniek die leidt tot een lagere stikstofemissie, waarbij wordt gedacht aan het gebruik van water bij de bemesting.

2.4.3 Digestaat en Mineralenconcentraten als kunstmest

Er wordt door de Europese Commissie gewerkt aan een herziening van de EU-meststoffenverordening 2003/2003, waarin ook voorwaarden zullen worden vastgelegd voor organische meststoffen (bijeenkomst VCM, Gent 31 jan 2015 Eric Liégeois, DG Enterprise). Hierbij wordt ook geëvalueerd of digestaat de status kunstmest zou kunnen krijgen. In Vlaanderen is voorgesteld om de fractie dierlijke mest in de input ook te beschouwen als de fractie dierlijke mest in digestaat ('pro-rato'). Dit in plaats van het huidige systeem, waarin alle digestaat waarin dierlijke mest is gebruikt als dierlijke mest wordt geclassificeerd, onafhankelijk van de fractie dierlijke mest in de input (VLM, 2015).

Bij mineralenconcentraten wordt momenteel onderzocht of het de status van kunstmeststof zou kunnen krijgen in plaats van dierlijke mest. Dit betekent dat het in dat geval ook boven norm van dierlijke mest gebruikt zou kunnen worden. Dit is belangrijk, omdat de toepasbaarheid van dierlijke mest zonder derogatie gelimiteerd is tot 170 kg N ha⁻¹ in Europa, terwijl in veel teelten de behoefte aan stikstof groter is, en die aangevuld wordt met kunstmest stikstof. Door de derogatie is de toepasbaarheid van dierlijk mest in West-Nederland gelimiteerd tot 250 kg N ha⁻¹. De derogatie is aan Nederland verleend. Als het mogelijk wordt om mineralenconcentraten te kunnen inzetten als kunstmeststof kunnen er nieuwe markten voor be- en verwerkte dierlijke mest ontstaan en zou dit kunnen bijdragen aan minder kunstmestgebruik.

De Nitraatrichtlijn staat op dit moment niet toe dat mineralenconcentraten als kunstmestvervanger worden gebruikt, maar er is onderzoek in de vorm van 10 pilots uitgevoerd. Dit onderzoek wordt voortgezet en de overheid heeft de ambitie om het aantal bedrijven dat deelneemt uit te breiden (Dijksma, brief 24 februari 2015).

3 Digestaat als meststof

3.1 Eigenschappen van digestaat ten opzichte van dierlijke mest

3.1.1 Samenstelling

De voordelen van digestaat als meststof ten opzichte van dierlijke mest en kunstmest zijn relatief onbekend. Er zijn nog weinig veldproeven uitgevoerd waarin de werking van digestaat en dierlijke mest van dezelfde bron met elkaar zijn vergeleken. Daarom wordt in eerste instantie gekeken naar de samenstelling van digestaat ten opzichte van dierlijke mest. Er is een aantal aspecten dat als gevolg van vergisting verandert aan de dierlijke mest:

1. Beschikbaarheid van nutriënten
2. Stabiliteit van organische stof
3. De aanwezigheid van contaminanten, geur, pathogenen en onkruiden
4. Emissie van broeikasgassen

3.1.1.1 Nutriënten

In een wetenschappelijke review over nutriënten in digestaat (Möller & Müller, 2012) is aangegeven hoe dierlijke mest verandert onder invloed van vergisting. Dit betekent dat in digestaat een groter deel van het totaal stikstof bestaat uit ammonium (aandeel NH_4 van N). Het gehalte organische stof neemt af en de pH neemt toe (zie Tabel 2). Daarnaast is geconstateerd dat de viscositeit afneemt en het biologisch zuurstofverbruik sterk afneemt (BOD). De afname van de viscositeit door vergisting maakt digestaat beter transporteerbaar door buizen en slangen dan onvergiste mest. De afname van het BOD is een procesparameter die bevestigt dat er minder afbreekbaar organisch materiaal in vergiste mest zit dan in onvergiste mest.

Tabel 1

Samenstelling digestaat en verandering ten opzichte van onvergiste dierlijke mest op basis van diverse onderzoeken (Möller & Müller, 2012).

Parameter	Gehalten	Verandering (absoluut)
Drogestofgehalte (%)	1,5-13,2	-1,5 tot -5,5
Organische stofgehalte (%dm)	63,8-75,0	-5 tot -15
Stikstofgehalte (% dm)	3,1 - 14,0	0
Stikstofgehalte (g N kg ⁻¹ fw)	1,20-9,10	
Aandeel NH_4 van N (%)	44-81	+10 tot +33
Koolstofgehalte (% dm)	36,0 - 45,0	-2 tot -3
C/N quotiënt	3,0-8,5	-3 tot -5
Fosforgehalte (% dm)	0,6-1,7	
Fosforgehalte (g kg ⁻¹ fw)	0,4-2,6	0
Aandeel water oplosbaar van totaal fosfor (%)	25-45	-20 tot 47
Kaliumgehalte (g kg ⁻¹ fw)	1,9-4,3	
Kaliumgehalte (g kg ⁻¹ fw)	1,2-11,5	0
Magnesiumgehalte (g kg ⁻¹ fw)	0,3-0,7	0
Calciumgehalte (g kg ⁻¹ fw)	1,0-2,3	0
Zwavelgehalte (g kg ⁻¹ fw)	0,2-0,4	
pH	7,3-9,0	+0,5 tot +2 eenheden

dm: dry matter, fw: fresh weight

De relatief gemakkelijk afbreekbare organische stoffen worden tijdens de vergisting afgebroken. Hierdoor daalt het organische stofgehalte. Complexe organische stikstofverbindingen worden daarbij afgebroken, waarbij de stikstof daaruit als ammonium vrijkomt en het aandeel NH_4 van het totaal N toeneemt.

De toename van de pH als gevolg van vergisting is mogelijk relevant voor de beschikbaarheid van fosfor voor planten, en voor verlies van stikstof als ammoniak, welke toeneemt bij een hogere pH. Tijdens de vergisting kan een deel van het fosfor, magnesium en ammonium precipiteren (neerslaan). Nutriënten uit dergelijke precipitaten zijn waarschijnlijk ook goed opneembaar voor planten. Ook ontstaat tijdens de vergisting waterstofsulfide, waardoor zwavel uit het proces ontsnapt. Om emissie van waterstofsulfide te voorkomen, wordt o.a. ijzer in de vorm van Fe-III toegevoegd tijdens de vergisting. Daardoor kan overigens ook mogelijk fosfor meer gebonden raken en minder beschikbaar worden voor planten (Möller & Müller, 2012).

De digestaat die in Nederland voorhanden is, is geproduceerd op basis van gemiddeld 59% dierlijke mest en 41% cosubstraten (van Bruggen, 2012). De dierlijke mest die hiervoor gebruikt is, bestaat gemiddeld uit 47% rundveemest en 50% varkensmest. De cosubstraten variëren per jaar, waarbij met name het aandeel mais is gedaald in de periode dat hiervan statistieken zijn (2006-2011). In 2011 hadden mais en uitgepakte levensmiddelen het grootste aandeel, resp. 19 en 14%. Alle andere cosubstraten hebben een kleiner aandeel. Dat zijn kuilgras, bietenpuntjes, ecofit, glycerine, graanresten, plantaardige emulsie en vetten en tarwegistconcentraat.

Op basis van de veronderstelling dat 25% tot 50% van het organische stikstof mineraliseert tijdens de vergisting, is de samenstelling van digestaat ingeschat door de Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (Den Boer *et al.*, 2012). Het verhoogde mineraal N-gehalte ten opzichte van organische N leidt naar verwachting tot een lichte verhoging van de stikstofwerkingscoëfficiënt (Schröder *et al.*, 2008).

Tabel 2

Gemeten en berekende* samenstelling van varkens- en rundveedrijfmest en van digestaat in g per kg product.

Materiaal	Droge stof	Organische stofgehalte	N-totaal	% N mineraal	P ₂ O ₅
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹
Varkensdrijfmest (VDM)	93	43	7,1	65%	4,6
VDM-digestaat, 25%*	82	32	7,1	63%	4,6
VDM-digestaat, 50%*	72	22	7,1	76%	4,6
Rundveedrijfmest (RDM)	85	64	4,1	49%	1,5
RDM-digestaat, 25%*	69	48	4,1	74%	1,5
RDM-digestaat, 50%*	53	32	4,1	82%	1,5

dm: dry matter, fw: fresh weight

*aannemende dat 25% dan wel 50% van de organische stikstof (N totaal - $\text{NH}_4\text{-N}$) mineraliseert.

Op basis van diverse Nederlandse literatuurbronnen zijn door Van Geel & Van Dijk (2013) gegevens verzameld over de samenstelling van digestaat (zie Tabel 3). Net als Möller & Müller (2012) wordt in Nederland geconstateerd dat het stikstof in digestaat voor een groter deel bestaat uit minerale N (hoofdzakelijk als ammonium), dat het drogestofgehalte van digestaat lager is en dat het organische stofgehalte lager is. Het gehalte aan fosfor en kalium in digestaat kan lager zijn dan de dierlijke mest, omdat de cosubstraten meestal minder fosfor en kalium bevatten, maar de vracht aan deze nutriënten wordt groter. Van Geel & Van Dijk (2013) geven aan dat de vergelijking tussen de samenstelling van drijfmest en digestaat niet zuiver is doordat de gemiddelde samenstelling van digestaat gebaseerd is op minder monsters dan voor drijfmest.

Tabel 3

Gemiddelde samenstelling van varkens- en runderdrijfmest en van digestaat** (Van Geel & Van Dijk, 2013) op basis van diverse onderzoeken (*) in g per kg product.

Materiaal	Droge stof	Organische stofgehalte	N-totaal	% N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Varkensdrijfmest (VDM)	93	43	7,1	65	4,6	5,8
VDM-digestaat	65	41	6,1	72	3,2	4,9
Runderdrijfmest (RDM)	85	64	4,1	49	1,5	5,8
RDM-digestaat	67	50	4,0	53	1,5	5,3

dm: dry matter, fw: fresh weight

* (De Boer, 2004); (Timmerman *et al.*, 2005); (De Boer & Timmerman, 2006); (Timmerman *et al.*, 2007); (Schröder *et al.*, 2007); Dekker *et al.* (2008); (Ovinge, 2008); (Van Geel *et al.*, 2010); (Hoeksma & de Buissonjé, 2012); (Burght *et al.*, 2011).

** uit covergisting.

In Vlaanderen is de mest vergeleken met digestaat van 10 monovergisters (pocketvergisting) (De Dobbelaere, 2015). In onderstaande tabel is te zien dat de monovergisting leidt tot afbraak van de organische stof, en daarmee tot 30% minder organische stof, en een verhoging van het percentage minerale stikstof. De gehalten aan kalium en natrium (niet in tabel) laten geen effecten zien van vergisting. De gehalten aan fosfor, magnesium, calcium (niet in tabel) zijn resp. 12, 11 en 15% lager in digestaat. Hiervoor wordt geen verklaring gegeven. De werking van het minerale deel van de stikstof in dierlijke mest en digestaat is naar verwachting hetzelfde als kunstmest, maar is wel afhankelijk van de toedieningstechniek vanwege de ammoniakvervluchtigingsverliezen. In Nederland zijn dergelijke gegevens nog niet voorhanden, omdat er nog maar weinig monovergisters werkzaam zijn.

Tabel 4

Gemiddelde samenstelling drijfmest en van digestaat van 10 monovergisters in g per kg product (De Dobbelaere, 2015).

Materiaal	Droge stof	Organische stofgehalte	N-totaal	% N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	%	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹
Runderdrijfmest (RDM)	98	75	4,3	48%	1,6	4,3
RDM-digestaat	65	47	3,9	63%	1,4	4,3

dm: dry matter, fw: fresh weight

Samenvattend kan gesteld worden dat de samenstelling van digestaat meestal niet hetzelfde is als van dierlijke mest doordat er naast dierlijke mest tot maximaal 50% comaterialen worden mee vergist. Bovendien verdwijnt door vergisting de gemakkelijk afbreekbare organische stof en wordt organische stikstof vrijgemaakt als ammonium (NH₄). Er zijn maar weinig gegevens van monovergisters beschikbaar.

3.1.1.2 Organische stofgehalte

Bij de toepassing van dierlijke mest en digestaat voor de nutriënten is ook het organische stofgehalte van de mest belangrijk, omdat het een bijdrage levert aan het organische stofgehalte in de bodem en daarmee aan de bodemvruchtbaarheid. Door de afbraak van de snel afbreekbare organische stof in mest bevat digestaat minder organische stof, maar naar schatting wel evenveel 'effectieve organische stof'. Dat is de organische stof die één jaar na toepassing nog in de bodem aanwezig is. Metingen van de mineralisatie van mest en digestaat gedurende zeven weken lijken daarop te wijzen (VLACO, 2012). Dit is bevestigd door (Thomsen *et al.*, 2013). In een proef leidde anaerobe vergisting van rundveemest tot een halvering van de organische stof (Thomsen *et al.*, 2013). Incubatieproeven in de bodem van dezelfde dierlijke mest in vergelijking tot het geproduceerde digestaat laten zien dat het snel afbreekbare koolstof in dierlijke mest in de bodem afbreekt. Hierdoor blijft er uiteindelijk na 245

dagen bijna evenveel koolstof achter in de bodem via digestaat of via onvergiste dierlijke mest. De afbraak in de bodem van de snel afbreekbare organische stof in mest leidt tot een verhoogde microbiële activiteit (Thomsen *et al.*, 2013). Het toepassen van digestaat leidt dus uiteindelijk tot evenveel bodemorganische stof als dierlijke mest.

In een potproef leidde het toevoegen van digestaat en dierlijke mest aan grond tot meer microbiële activiteit en regenwormen dan een onbemeste referentie, maar digestaat leidde tot minder regenwormen dan de dierlijke mest (Ernst *et al.*, 2008). In een drie jaar durende veldproef in Duitsland is getoetst of digestaat een effect heeft op de aantallen regenwormen in de bodem ten opzichte van bemesting met dierlijke mest en kunstmest. Daarbij bleek dat de hoeveelheid regenwormen (in gram per m²) bij digestaat en dierlijke mest verhoogd waren ten opzichte van kunstmest. Het type regenwormen bij digestaat verschilde van de regenwormen bij dierlijke mest (bij digestaat minder *A. rosea* en meer *A. caliginosa*), maar de oorzaak hiervoor is niet bekend (Koblentz *et al.*, 2015). Effecten van verschillende typen digestaat op regenwormen zijn eveneens onderzocht (Bermejo Domínguez, 2012), maar laten geen eenduidige verschillen zien.

Ook effecten van digestaat op andere parameters voor bodemkwaliteit zijn getest, zoals effecten op het microbiële leven, of bodemstructuur, maar de referenties verschillen bij de verschillende onderzoeken. Zo is in Denemarken gedurende vier jaar getest of het wel of niet achterlaten van gemaaide groenbemesters, of digestaat van de groenbemesters, effect had op de graanproductie (Froseth *et al.*, 2014). Terwijl digestaat, net als het achterlaten van de groenbemester, de graanproductie bevorderde via de stikstof in de groenbemester, had digestaat geen invloed op regenwormen, maar wel op de stabiliteit van de bodemstructuur.

In een andere proef is getest wat het effect is van digestaat ten opzichte van bemesting met substraten, waarbij in de behandelingen de N-, P- en K-giften gelijk gehouden worden (Bachmann *et al.*, 2014). Het substraat voor de vergisting bestond uit 92% rundveedrijfmest, 6% mais en 1% tarwegraan. Gedurende drie jaar leidde dit tot meer aanvoer van organische koolstof via het substraat (1,5 t C/ha/yr) dan bij digestaat (0,9 t C/ha/yr). Dit leidde tot een verhoogde activiteit van bodemorganismen (activiteit van enzymen) onder invloed van de substraten, maar niet tot een verandering van de fosfaatbeschikbaarheid of het bodemorganische stofgehalte.

Samenvattend geeft dit aan dat het microbiële leven minder gevoed wordt indien dierlijke mest eerst vergist wordt alvorens het wordt toegepast als meststof, maar dat het geen effect heeft op het organische stofgehalte en aanwezigheid van regenwormen in de bodem.

3.1.1.3 De aanwezigheid van contaminanten, geur, pathogenen en onkruiden

Pathogenen en onkruiden

Dierlijke mest kan een aantal ziekten bevatten zoals Salmonella, E.coli, Enterococci, en Clostridium. Vergisting heeft door de anaerobe omstandigheden, en bij verhitting, invloed op diverse ziekten en zaden van onkruiden. Naarmate de temperatuur en de verblijftijd in de vergister toeneemt, neemt het aantal ziekteverwekkende bacteriën af, maar dat geldt niet voor alle ziekten. Daarom heeft de Europese voedselautoriteit (EFSA, 2007) geconcludeerd dat anaerobe vergisting kan leiden tot een verminderd risico op ziekten, maar dat het niet zeker is of dit altijd het geval is. Een bijkomend voordeel voor bepaalde teelten is dat bij vergisting veel onkruidzaden minder kiemkrachtig worden (Westerman *et al.*, 2012; Johansen *et al.*, 2013).

Geur

Dierlijke mest en vele organische reststromen bevatten vluchtige organische stoffen wat kan leiden tot een emissie van geur. Vergisting leidt tot een afbraak van vetzuren en daarmee tot een verlaging van de concentratie van een aantal kenmerkende vluchtige vetzuren (Pain *et al.*, 1990; Hansen *et al.*, 2006; Lukehurst *et al.*, 2010), fenolen en indolen in de boven de mest staande lucht (Hjorth *et al.*, 2009).

Contaminanten

Dierlijke mest en andere substraten van vergisters bevatten zware metalen en kunnen ook organische contaminanten bevatten. Dierlijke mest bevat vaak relatief hoge gehalten aan koper en zink welke door covergisting met plantaardige materialen verdund worden in digestaat. In de Nederlandse wetgeving worden alleen coproducten toegestaan die getoetst en benoemd zijn in de Meststoffenwet. Hierdoor is de verwachting dat de gehalten aan zware metalen en organische contaminanten voldoen aan de regelgeving. Weide- en natuurgras staan in Bijlage Aa van Uitvoeringsregeling Meststoffenwet, de lijst van toegestane stoffen voor vergisting, en is dus toegestaan. Bermgras valt onder categorie G van Bijlage Aa, hetgeen betekent dat het is toegestaan om het als meststof te gebruiken, maar dat de gebruiker moet nagaan of de normen voor contaminanten niet overschreden worden.

Door de NVWA is echter geconstateerd dat de regels vaak niet worden nageleefd en er comaterialen worden gebruikt die niet zijn toegestaan op basis van de zware metaalgehalten (Suijker, 2013). Het gebruik van illegale en eventueel verontreinigde substraten, geeft een belangrijke onzekerheid. Er is geen monitoring van de kwaliteit van digestaat in Nederland welke deze onzekerheid zou kunnen verkleinen. De onzekerheid over het gebruik van comaterialen geeft dan ook een belangrijk verschil tussen covergisting en monovergisting aan: bij monovergisting is er, vanwege het ontbreken van comaterialen, geen onzekerheid over de milieu hygiënische kwaliteit van digestaat.

In een aantal standaard laboratorium tests met sla en tuinkers is gebleken dat digestaat soms fytotoxisch is (McLachlan *et al.*, 2004; Albuquerque *et al.*, 2012), maar vaak ook niet (Bermejo Domínguez, 2012). De toxiciteit is grotendeels verklaarbaar op basis van de hoge zout- of ammoniumgehalten in digestaat. Deze effecten zijn minder relevant bij normale toedieningshoeveelheden.

Samenvattend kan gesteld worden dat digestaat wat betreft contaminanten, zoals zware metalen, in geval van monovergisting vergelijkbaar is met dierlijke mest en dat bij digestaat de risico's op geuroverlast en aanwezigheid van onkruiden en pathogenen lager zijn dan bij dierlijke mest.

3.1.1.4 Emissie van ammoniak, broeikasgassen en uitspoeling van nitraat

Ammoniakemissie

De emissie van ammoniak vanuit de landbouw is 84% van de totale emissie van ammoniak in Nederland. De emissie vanuit de landbouw vindt voornamelijk plaats uit dierlijke mest en treedt op bij opslag van dierlijke mest (51%) en tijdens en na toediening van dierlijke mest (34%) (CLO, 2014). Door de mest te gebruiken in een vergistingsinstallatie wordt de emissie ten opzichte van onvergiste dierlijke mest verminderd, omdat de mest afgesloten is in de vergistingsinstallatie en ook de opslag van digestaat in afgesloten ruimtes plaatsvindt (Zwart *et al.*, 2006).

Ten opzichte van dierlijke mest is een groter deel van het stikstof in digestaat aanwezig in de vorm van ammoniak. Bovendien is de pH van digestaat hoger dan van dierlijke mest. Hierdoor is digestaat tijdens en na toediening gevoeliger voor verlies van ammoniak-stikstof naar de lucht. Aan de andere kant is digestaat wat minder visceus, waardoor het sneller de bodem infiltreert en ammoniakverliezen kleiner zouden kunnen zijn. In de praktijkproeven is daardoor een wisselend beeld te zien tussen de ammoniakemissie van dierlijke mest en digestaat (Mosquera & Hol, 2007). Ook in het buitenland is soms de emissie lager bij digestaat dan dierlijke mest, en wordt dit geweten aan de lagere viscositeit van digestaat (Chantigny *et al.*, 2009). Soms worden er ook hogere NH₃-emissies gemeten bij digestaat, wat mogelijk is gerelateerd aan een bodem die al verzadigd is met vocht (Möller & Stinner, 2009). Uit de berekeningen conform Protocol Gebruiksvoorschriften Dierlijke Mest (Velthof *et al.*, 2013) volgt dat bij emissiearme mesttoediening (zodebemesting) de ammoniakemissie uit digestaat (6-8% van de toegediende N) iets lager is dan die van onbehandelde mest (8-11%) (CDM, 2013).

Broeikasgassen

De emissie van lachgas vanuit de landbouw is 74% van de totale emissie van lachgas in Nederland. De emissie vanuit de landbouw vindt voornamelijk plaats vanuit de bodem (63%) en deels vanuit de opslag van dierlijke mest (11%) (RIVM, 2014). Onderzoeken laten geen eenduidig verschil zien na toediening van dierlijke mest of digestaat op landbouwgronden op de lachgasemissie (N₂O) (Mosquera

& Hol, 2007) (Möller & Stinner, 2009) (Nkoa, 2014). De verhoogde hoeveelheid NH₄ en de verlaagde hoeveelheid snel afbreekbare organische stof zouden tot tegengestelde effecten kunnen leiden. Vandaar dat er na toediening aan landbouwgronden voor lachgasemissie slechts verwaarloosbaar kleine verschillen worden verwacht tussen niet-vergiste mest en digestaat (CDM, 2013).

Emissie van methaan vanuit de landbouw is met 61% van de totale methaanemissie in Nederland relevant. De methaanemissie vanuit de landbouw vindt voornamelijk plaats vanuit de pensvergisting van runderen (44%) en vanuit de opslag van dierlijke mest (18%) (RIVM, 2014). Door de mest te vergisten, wordt de emissie vanuit de mestopslag sterk verminderd, omdat het CH₄ uit de mest wordt opgevangen in de vergistingsinstallatie (Zwart *et al.*, 2006). De emissie van methaan tijdens het uitrijden van digestaat was hoger dan van dierlijke mest, maar is verwaarloosbaar klein t.o.v. de totale emissie (Mosquera & Hol, 2007).

Uitspoeling

Het verlies van stikstof naar grondwater zou bij digestaat kunnen toenemen als via digestaat evenveel stikstof wordt bemest als bij dierlijke mest, omdat er bij aanvang meer mineraal N beschikbaar is. Recente veldmetingen waarin bemesting van mais met dierlijke mest vergeleken is met digestaat, laten gedurende twee jaar geen verschil zien in nitraatuitspoeling tussen beide (Svoboda *et al.*, 2013). De dikke fractie van digestaat gaf na vier jaar verhoogde fosfaatgehalten in de bodemoplossing ten opzichte van andere organische reststoffen bij een gelijke P-toevoer, en leidt daarmee potentieel tot een verhoogd risico van uitspoeling van fosfaat als de fosfaatopname door het gewas niet in evenwicht is met de P-toevoer (Vanden Nest *et al.*, 2015).

Samenvattend kan gesteld worden dat door vergisting van dierlijke mest de emissie van ammoniak en broeikasgassen vermindert, doordat de dierlijke mest in een afgesloten systeem opgeslagen en behandeld wordt. Bij het toepassen van digestaat of dierlijke mest zijn de verschillen in de emissie naar de lucht en de uitspoeling naar het grondwater gering.

3.1.2 Effecten van ingangsmaterialen op samenstelling digestaat

De eigenschappen van digestaat worden deels bepaald door de ingangsmaterialen in een vergister. Voor het project Groene Cirkels is het gebruik van bermgras en natuurgras mogelijk belangrijk. De mogelijkheden voor de covergisting met gras zijn uitgebreid beschreven (Iverde, 2012). De geschiktheid van gras voor vergisting is in de praktijk getest in Nederland (Durksz, 2012) en Vlaanderen (De Moor *et al.*, 2013). In de Vlaamse tests blijkt dat in een vergister die normaal 30% dierlijke mest, 30% mais en 40% andere comaterialen gebruikt als substraat, mais deels vervangen kan worden met gras tot wel 20% (Iverde, 2012; De Moor *et al.*, 2013). In Ierse tests met monovergisting van gras zijn geen metingen gedaan aan digestaat (Wall *et al.*, 2014).

In de Nederlandse test is natuurgras gebruikt en het aandeel natuurgras en dierlijke mest was respectievelijk 19% en 56% van de ingangsmaterialen (Durksz, 2012). De biogasopbrengst was 232 m³ per ton droge stof natuurgras en bevatte 57,8% CH₄. Geschat wordt dat bij vijf covergisters in Nederland 10-30% van het comateriaal bestaat uit natuurgras of bermgras en dat bij een aantal vergisters ongeveer 5-10% van het comateriaal uit gras bestaat (Brinkmann, 2014). De hoeveelheid kuilgras welke als comateriaal vergist wordt, varieerde van 9% in 2006 tot 2% in 2011 (van Bruggen, 2012).

In de Vlaamse test waarin mais vervangen is door 20% gras (De Moor *et al.*, 2013) bleek de viscositeit van digestaat sterk toe te nemen. Andere parameters, relevant voor gebruik van digestaat als meststof, zoals de verhouding minerale N ten opzichte van totaal N, het P- of K-gehalte, veranderden niet significant. De hogere viscositeit is ongewenst, omdat het mengen in de vergister dan meer energie vergt. Door de toevoeging van een enzym bleek de toename in de viscositeit te verminderen (De Moor *et al.*, 2013). Andere analyses van digestaat van de vergisting van gras zijn niet bekend.

Op basis van de ingangsmaterialen kan berekend worden wat het effect is van een bepaald percentage gras bij vergisting. Dit kan invloed hebben op het gebruik van digestaat, omdat er dan een grotere

vracht nutriënten als dierlijke mest beschikbaar komt. De verhouding N/P in rundveedrijfmest is met 2,7 lager dan graskuil (N/P = 3,2), maar hoger dan de N/P-verhouding bij berm- en natuurgras (N/P=2,0). De effecten van vergisting op de minerale N-gehalten in digestaat van gras zijn onbekend. Omdat echter de minerale N-gehalten van de uitgangsmaterialen, bermgras versus natuurgras, verschillend zijn, is aannemelijk dat de uitgangsmaterialen invloed hebben op het percentage minerale N van digestaat en op de bemestende waarde (zie toelichting hierop in de volgende paragraaf).

Tabel 5

Gemiddelde samenstelling rundveedrijfmest (Tabel 3) en ingekuild berm- en natuurgras (Zwart & De Boer, 2015)

Materiaal	Droge stof g kg ⁻¹	Organische stofgehalte g kg ⁻¹	N-totaal g kg ⁻¹	% N mineraal %	P ₂ O ₅ g kg ⁻¹	K ₂ O g kg ⁻¹	N/P
Runderdrijfmest (RDM)	98	75	4,3	48%	1,6	4,3	2,7
Graskuil (Tabel 9 RVO)	450		13,8		4,3		3,2
Bermgras voorjaar	490	370	7,4	39%	3,3	11,5	2,2
Bermgras najaar	330	224	4,7	40%	2,4	6,9	2,0
Natuurgras	360	328	5,1	10%	2,5	5,1	2,0

Samenvattend kan gesteld worden dat het effect van gras als comateriaal op digestaat afhangt van het type gras. Analyses van digestaat uit vergisters waarin gras is gebruikt als comateriaal ontbreken.

3.2 Bemestende waarde van digestaat ten opzichte van dierlijke mest

Digestaat

Op basis van de hogere fractie minerale stikstof in digestaat is berekend (Schröder *et al.*, 2008) dat de N-werking coëfficiënt van vergiste mest in het eerste jaar na toediening ca. 5-17% hoger ligt dan de mest die diende als substraat. Een aantal veldexperimenten dat in Nederland is gedaan, bevestigt dit beeld. Het minerale deel van de stikstof in de mest (vnl. NH₄) is direct beschikbaar voor planten, terwijl het organische deel van de stikstof in de loop van de jaren vrijkomt. Door de vergisting bevat vergiste dierlijke mest meer minerale N en minder organische N. Hierdoor is bij vergiste dierlijke mest ten opzichte van onvergiste dierlijke mest de hoeveelheid voor de planten beschikbaar stikstof in het eerste jaar groter en in de latere jaren kleiner dan onvergiste mest. Uit de veldproef van Schröder *et al.* (2007) bleek dat als men het over een periode van vijf jaar bekeek, de N-werking van vergiste mest en onvergiste dierlijke mest vrijwel hetzelfde was. De N-werkingscoëfficiënt van digestaat in Nederland lijkt dus sterk op die van dierlijke mest en is lager dan van kunstmest: digestaat is daarom nog geen volwaardige vervanger van kunstmest.

Tabel 6

N-werkingscoëfficiënt van digestaat in diverse veldexperimenten.

Digestaat van	gewas	Aantal jaren	NWC (%) onvergiste mest	NWC (%) digestaat	referentie
RDM	gras	1	45-48	7-68	(De Boer, 2004)
VDM	Gras, potproef	1	76	96	(De Boer & Timmerman, 2006) (De Boer, 2008)
RDM	Aardappel, snijmais	1	30	38	(Dekker, 2008)
RDM	Gras	1	51	58	(Schröder <i>et al.</i> , 2007)
		5	74	71	Idem
RDM	Mais, Noord-Italië	2	10*	40*	(Cavalli <i>et al.</i> , 2014)
50% VDM en	Akkerbouw, Duitsland	2	98 ¹	87	(Sieling <i>et al.</i> , 2013)
50% mais	Gras, Duitsland	2	57 ²	75	Idem

NWC: N-werkingscoëfficiënt conform Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen (CBGV, 2014)

*gemiddelde per jaar

1 onvergiste mest: 100% VDM.

2 onvergiste mest: 100% RDM.

De metingen van Schröder *et al.* (2007) beperkten zich tot rundveedrijfmest op één locatie. Het is daarom relevant om te kijken wat de ervaringen elders zijn. Deze zijn samengevat in Tabel 6. Dit bevestigt dat in het eerste jaar digestaat vaak een hogere N-werkingscoëfficiënt heeft dan dierlijke mest. Er zijn geen andere publicaties waarin de verschillen over enkele jaren bekeken zijn zoals Schröder *et al.* (2007). In een aantal andere veldproeven is wel ervaring opgedaan met digestaat, maar is geen werkingscoëfficiënt bepaald (Van Geel *et al.*, 2010; Wijnholds *et al.*, 2010). In Vlaanderen zijn twee praktijkproeven uitgevoerd met digestaat (De Dobbelaere, 2015). In een eenjarige veldproef met digestaat is digestaat gemengd met varkensdrijfmest. In deze proeven zijn alleen veldjes met digestaat of met dierlijke mest opgenomen en geen vergelijking met alleen kunstmest en een 0-behandeling. In een andere eenjarige veldproef met mais in Vlaanderen is een mengsel van digestaat en mineralenconcentraat gebruikt en ontbreekt een behandeling met alleen digestaat (Vaneekhaute *et al.*, 2013). In het praktijknetwerk 'microvergisting in de praktijk' is in 2015 gestart met een veldproef met verschillende meststoffen uit monovergisters op klei en zandgrond waarbij aanvullende emissiebeperkende maatregelen getoetst worden (WUR, 2015)⁴.

Effecten van inputmaterialen, zoals natuurgas op bemestende waarde van digestaat, zijn in veldproeven nog niet getest. In het buitenland zijn wel veldproeven met vergiste voedselresten gedaan, maar dergelijke materialen (Gunnarsson *et al.*, 2010; Montemurro, 2010; Taylor *et al.*, 2014) wijken qua samenstelling en effect waarschijnlijk af van gras.

Naast de stikstofwerking van digestaat is de fosfaatwerking van digestaat in veldproeven bestudeerd. Door Bachman *et al.* (2014) is bemesting van rundveedrijfmest vergeleken met vergiste rundveedrijfmest inclusief 1:15 maissilage. De mest en de vergiste mest leidden beide na drie jaar tot een verhoogde opbrengst en fosforopname door mais ten opzichte van een referentiebehandeling met alleen NK-kunstmest, maar niet tot verschillen tussen de onvergiste en de vergiste mest (Bachmann *et al.*, 2014).

Mineralenconcentraat

Dierlijk mest of digestaat kan verwerkt worden tot een dikke en een dunne fractie waarbij de dunne stikstofrijke fractie geconcentreerd kan worden tot een mineralenconcentraat, en de dikke fosforrijke fractie geschikt is voor transport. Het gebruik van mineralenconcentraten maakt het mogelijk om zonder milieuverliezen stikstofkunstmest te vervangen door mineralenconcentraat (rekenvoorbeeld in Bijlage 1). Op dit moment worden mineralenconcentraten gezien als dierlijk mest, maar wordt het toegelaten als kunstmest bij 10 pilots in Nederland en zou het aantal deelnemers uitgebreid kunnen

⁴ Een veengrond ontbreekt, en is wellicht interessant voor het project Groene Cirkels.

worden (Dijksma, brief 24 februari 2015). Het is echter onbekend wat het perspectief is voor mineralenconcentraten als kunstmest, omdat hiervoor uiteindelijk toestemming van de Europese Commissie voor nodig is. Mogelijk is het in de toekomst een onderdeel van de derogatie van de Europese Nitraatrichtlijn.

Er is een aantal pot- en veldproeven uitgevoerd met mineralenconcentraten en die laten zien dat de stikstofwerking van mineralenconcentraten vergelijkbaar is met een kunstmest (korrel- of vloeibare meststof, resp. kalkammonsalpeter of vloeibare ammoniumnitraat) (Velthof, 2011; Schils *et al.*, 2015).

Covergisting van dierlijke mest met berm- en natuurgras verhoogt de aanvoer van nutriënten op een bedrijf, welke vervolgens deels extern afgezet moet worden. De productie van mineralenconcentraten van digestaat kan ertoe leiden dat er aanvoer van stikstof- en kaliumkunstmest vervangen kan worden door mineralenconcentraten. De ruimte voor toepassing van mineralenconcentraten om kunstmeststikstof te vervangen op melkveebedrijven is beperkt indien de kaliumtoestand van de bodem voldoende of hoger is.

Samenvattend kan gesteld worden dat de mineralenkringloop beïnvloed kan worden door productie van mineralenconcentraten uit dierlijke mest of digestaat. Alleen vergisting van mest heeft vrijwel geen invloed op de mineralenkringloop omdat de beschikbaarheid van de mineralen, gezien op een termijn van meer dan één jaar, niet verandert.

4 Conclusies en aanbevelingen

4.1 Conclusies

Digestaat kan een sleutelrol in Groene Cirkels vervullen

Productie van biogas op basis van reststoffen uit de omgeving is een klimaatneutraal alternatief voor het huidige aardgasgebruik door de HEINEKEN brouwerij in Zoeterwoude. Dierlijke mest en berm- en natuurgras zijn potentiële energiebronnen voor de biogasproductie via vergisting in Zoeterwoude. Naast biogas komt er digestaat vrij dat direct toegepast kan worden als meststof. Door covergisting met berm- en natuurgras kan de biogasproductie sterk verhoogd worden. Voor de melkveehouderij in de omgeving van Zoeterwoude kan dit mogelijk een interessante richting zijn om mest te verwaarden.

Digestaat is sterk vergelijkbaar met dierlijke mest

Het geproduceerde digestaat wijkt enigszins af van dierlijke mest doordat comaterialen worden mee vergist, en omdat door vergisting de gemakkelijk afbreekbare organische stof wordt afgebroken waardoor ook het organische stikstof vrijgemaakt wordt als ammonium (NH_4). Desondanks is digestaat sterk vergelijkbaar met dierlijke mest. Op een termijn van meer dan vier jaar is de bemestende waarde van digestaat bijna hetzelfde als dierlijke mest. De aanvoer van effectieve organische stof door digestaat of dierlijke mest is ook vrijwel hetzelfde. Digestaat geeft minder overlast van geur, onkruiden en pathogenen. Bij toepassing zijn de verschillen tussen digestaat en dierlijke mest ook gering wat betreft de emissie van stikstof, naar de lucht, en naar grondwater. De vergisting van mest heeft vrijwel geen invloed op de mineralenkringloop, omdat de beschikbaarheid van de mineralen, gezien op termijn van vier of meer jaren, niet verandert (Tabel 7).

Gras kan toegepast worden als comateriaal bij vergisting, maar er zijn geen analyses gepubliceerd van dergelijke digestaten. De productie van biogas uit dierlijke mest en covergisting van bijvoorbeeld berm- en natuurgras levert naast meer biogas ook problemen op. Voor de mestwetgeving wordt digestaat uit covergisting volledig als dierlijke mest gezien. Daarmee vergroot covergisting de hoeveelheid dierlijke mest, welke bij een overschot afgevoerd moet worden. Het gebruik van berm- en natuurgras in covergisting verloopt niet probleemloos door verontreinigingen met zand en andere verontreinigingen.

Digestaat is (nog) geen kunstmestvervanger

Het verwerken van digestaat of de mest tot een dikke fosfaatrijke fractie en een stikstofrijk mineralenconcentraat via scheiding en omgekeerde osmose, is een mogelijke vervolgstap die kan leiden tot een vermindering van het kunstmestgebruik (Tabel 7). De stikstof in het mineralenconcentraat bestaat namelijk voor het grootste deel uit ammoniumstikstof en bevat weinig organische stikstof. Het vervangen van kunstmest door stikstof uit tot mineralenconcentraat verwerkt digestaat kan een belangrijke bijdrage leveren aan het sluiten van de stikstofkringloop bij de boeren in Zoeterwoude en omgeving. Het overschot aan fosfor dient echter nog steeds afgevoerd te worden. Het verwerken van digestaat naar mineralenconcentraat via omgekeerde osmose vergt echter veel kennis en vakmanschap. Het gebruik van mineralenconcentraten als alternatief voor stikstofkunstmest is op dit moment alleen toegestaan in het kader van een pilot van de Nederlandse overheid. Nederland is in discussie met Brussel over de erkenning van mineralenconcentraat als kunstmest; dit traject loopt al enkele jaren en er is nog geen perspectief dat mineralenconcentraat op korte termijn zal worden erkend als kunstmest.

Tabel 7

Toepasbaarheid en effecten van digestaat.

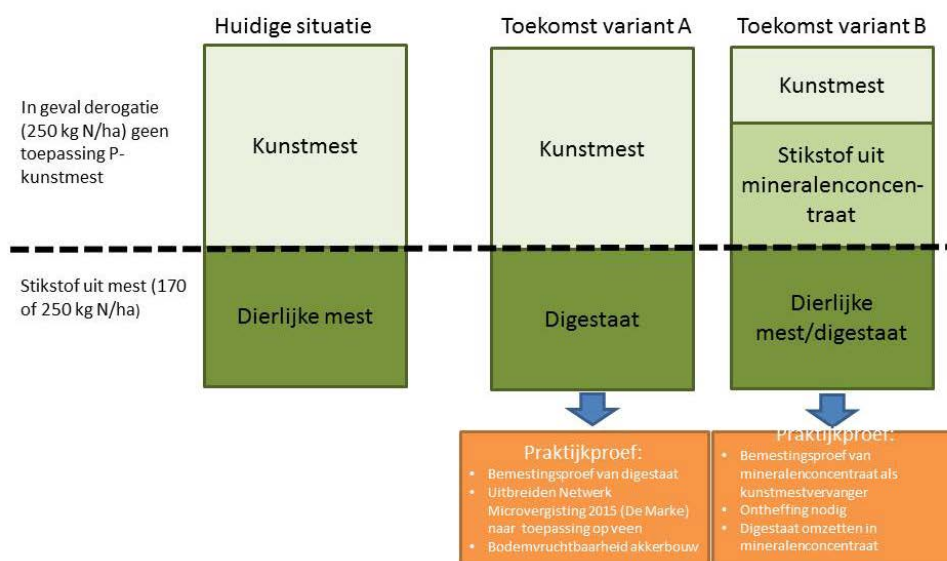
Oplopende stappen	Sector	Biogas-productie	Mineralen-kringloop	Broeikasgas-reductie	Wetgeving
Monovergisting	Melkveehouderij	+	0		
	Heineken				
	Provincie			++	
Covergisting met berm- en natuurgras	Melkveehouderij	++	0		Meer dierlijke mest, groter mestoverschot
	Heineken	++			
	Provincie			++	
Covergisting met berm- en natuurgras en productie van mineralenconcentraten	Melkveehouderij	++	+		Slechts toegestaan als pilot
	Heineken	++			
	Provincie			++	

4.2 Discussie en aanbevelingen

Onze conclusie is dat digestaat in de toekomst een sleutelrol kan spelen in het verwezenlijken van de ambities van Groene Cirkels. Er zijn nog wel wat hobbels te nemen wil deze sleutelrol ook echt verzilverd worden. Om allerlei redenen (zowel nut/noodzaak, technisch, beleidsmatig alsook financieel) wordt digestaat nog weinig toegepast in de huidige landbouwpraktijk in de omgeving van de brouwerij in Zoeterwoude. Om daar meer ervaring mee te gaan opdoen, is onze aanbeveling om via praktijkproeven in de regio de diverse aspecten van digestaat te demonstreren en onderzoeken. Hiermee kan meer kennis vergaard worden ten aanzien van gebruik van digestaat en/of mineralenconcentraat. Bijkomend voordeel is om op deze manier boeren in de omgeving te interesseren voor mestvergisting en het gebruik van digestaat als meststof.

Figuur 4 is een schematische weergave van de mogelijk uit te werken varianten.

Toepassen nutriënten melkveehouderij



Figuur 4 Scenario's voor de stikstofbemesting met meststoffen in melkveehouderij.

Het is nu al mogelijk om digestaat aan te wenden op het bedrijf in plaats van dierlijke mest. Momenteel loopt daarom een veldexperiment met digestaat op klei en zand van praktijknetwerk 'microvergisting in de praktijk' (WUR, 2015) en geeft inzicht in de werking van dierlijke mest vs. digestaat en in welke mate de emissie van ammoniak verminderd kan worden. Het is aan te bevelen om te verkennen in hoeverre deze proef uitgebreid kan worden op een veenweidebedrijf in de regio van Zoeterwoude.

Digestaat is nog geen kunstmestvervanger. De vervolgstap die kan leiden tot een vermindering van het kunstmestgebruik is het verwerken van digestaat of de mest tot een dikke fractie (m.n. fosfaat) en een mineralenconcentraat (m.n. stikstof). Dat levert een belangrijke bijdrage aan het sluiten van de stikstofkringloop. Het overschot aan fosfor dient echter nog steeds afgevoerd te worden. Het verwerken van digestaat naar mineralenconcentraat via omgekeerde osmose vergt echter veel kennis en vakmanschap. Bovendien is mineralenconcentraat niet erkend als kunstmest in Europa, behalve in het kader van een pilot. Toepassing van mineralenconcentraten als kunstmestvervanger is met name geschikt voor akkerbouw door de hoge stikstof- en kaliumgehalten. Het hoge kaliumgehalte in mineralenconcentraat limiteert het gebruik in de melkveehouderij (kaliumovermaat leidt tot minder opname van magnesium wat leidt tot kopziekte bij runderen). Momenteel is er een ontheffing voor tien verwerkingsinstallaties en wordt de ontheffing dit jaar uitgebreid naar dertig (Pilot Mineralenconcentraten; zie brief Dijkma, 27 febr. 2015). Voor Groene Cirkels kan een praktijkproef voor toepassing van mineralenconcentraat uit vergiste rundermest (evt. in combinatie met gras) op veenweiden interessant zijn. De pilot Mineralenconcentraten heeft als voorwaarde dat er een hoogwaardige scheiding plaatsvindt en er moet een omgekeerde osmose-stap in het productieproces toegepast worden. Er is dus een ondernemer/verwerker met een vergister van rundermest nodig die digestaat kan verwerken tot mineralenconcentraat en een ontheffing heeft in het kader van de pilot Mineralenconcentraat. Het is aan te bevelen om te verkennen in hoeverre deelgenomen kan worden aan deze pilot.

Ten aanzien van beide praktijkproeven hebben we nog de volgende noties:

- In beide praktijkproeven is van belang om, naast het inzicht in de landbouwkundige werking, ook inzicht te krijgen in de effecten van toepassing van digestaat of mineralenconcentraten op de emissies naar water en lucht. Dan kan ook onderzocht worden welke nieuwe of verbeterde landbouwkundige toepassingen en technieken er mogelijk zijn die tot verdere reductie van emissies kan leiden.
- Ingeval een deel van digestaat of mineralenconcentraat niet in eigen gebied wordt afgezet, maar naar bijvoorbeeld akkerbouwers toegaat (in de toekomst mogelijk de gerstteelt voor de brouwerij), zou de proef ook uitgebreid kunnen worden naar een akkerbouwgebied.

Literatuur

- Alburquerque, J.A., de la Fuente, C., Ferrer-Costa, A., Carrasco, L., Cegarra, J., Abad, M. & Bernal, M.P. 2012. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. *Biomass and Bioenergy*, **40**, 181-189.
- Bachmann, S., Gropp, M. & Eichler-Löbermann, B. 2014. Phosphorus availability and soil microbial activity in a 3 year field experiment amended with digested dairy slurry. *Biomass and Bioenergy*, **70**, 429-439.
- Bermejo Domínguez, G. 2012. *Agro-ecological aspects when applying the remaining products from agricultural biogas processes as fertilizer in crop production*.
- Brinkmann, A. 2014. *Biogas uit gras- een onderbenut potentieel. Een studie naar kansen voor grasvergisting*, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Utrecht.
- Burght, G.J.H.M. v. d., Dekker, P.H.M., Geel, W.C.A. v., Bokhorst, J.G. & Berg, W.v.d. 2011. Duurzaamheid organische stof in mest: analysemethoden om de stabiliteit van organische stof van verschillende organische meststoffen inclusief digestaat te beoordelen : eindrapportage 2010. In., PPO-agv/WUR/LBI, Lelystad, pp. 71.
- Cavalli, D., Cabassi, G., Borrelli, L., Fuccella, R., Degano, L., Bechini, L. & Marino, P. 2014. Nitrogen fertiliser value of digested dairy cow slurry, its liquid and solid fractions, and of dairy cow slurry. *Italian Journal of Agronomy*, **9**, 71-78.
- CBGV 2014. *Tips voor het uitvoeren van bemestingsproeven*, <http://www.bemestingsadvies.nl/informatie.html>.
- Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) 2013. Bijlage bij brief 13/N&M0029 van 2 mei 2013; gecorrigeerd 11-10-2013. Beoordeling mestproducten op basis van het Protocol Gebruiksvoorschriften Dierlijke Mest, versie 1.0. In., Commissie Deskundigen Meststoffenwet.
- Commissie Deskundigen Meststoffenwet (CDM) 2015. Nut en risico's van covergisting. Syntheserapport. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOt-technical report 32.
- Chantigny, M.H., MacDonald, J.D., Beaupré, C., Rochette, P., Angers, D.A., Massé, D. & Parent, L.É. 2009. Ammonia volatilization following surface application of raw and treated liquid swine manure. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **85**, 275-286.
- CBS, PBL, Wageningen UR. Compendium voor de Leefomgeving, 2014. Ammoniakemissie door de land- en tuinbouw, 1990-2012.
- De Boer, H.C. 2004. *Stikstoflevering uit onvergiste en vergiste runderdrijfmest na zodebemesting van grasland op zware zeeklei = Nitrogen supply from raw and anaerobically digested cattle slurry injected shallowly into grassland on heavy sea clay*, Animal Sciences Group, Praktijkonderzoek, Lelystad.
- De Boer, H.C. 2008. Co-digestion of animal slurry can increase short-term nitrogen recovery by crops. *Journal of Environmental Quality*, **37**, 1968-1973.
- De Boer, H.C. & Timmerman, M. 2006. *Stikstofopname door gras uit vijf covergiste varkensdrijfmesten in een geconditioneerde potproef*, Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad.
- De Dobbelaere, A. 2015. Workshop pocketvergisting. Digestaat vs mest. 24-27 februari 2014.
- De Haan, B.J., van Dam, J.D., Willems, W.J., van Schijndel, M.W., van der Sluis, S.M., van den Born, G.J. & van Grinsven, J.J.M. 2009. *Emissiearm bemesten geëvalueerd*, PBL-publicatienummer 500155001, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.
- De Moor, S., Velghe, F., Wierinck, I., Michels, E., Ryckaert, B., De Vocht, A., Verbeke, W. & Meers, E. 2013. Feasibility of grass co-digestion in an agricultural digester, influence on process parameters and residue composition. *Bioresource Technology*, **150**, 187-194.
- Dekker, P.H.M. 2008. Veldonderzoek naar de stikstofwerking van digestaat. In: *Eindrapport Biogas Flevoland*. AMCBB, Dronten, pp. 30-44.
- Den Boer, D.J., Reijneveld, J.A., Schröder, J. J. & van Middelkoop, J. C. 2012. *Rapport 1 Mestsamenstelling in Adviesbasis Bemesting Grasland en Voedergewassen*, Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen, Wageningen UR Livestock Research, Wageningen.
- Dijksma brief 24 februari 2015. *Uitvoering motie Graus c.s. over extraheren van zeer schaarse fosfaten*.

-
- Durksz, D. 2012. *Vergisten van natuurgras uit de Weerribben*.
- EFSA 2007. The Scientific Panel on Biological Hazard. Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazard on the safety vis-à-vis biological risk of the mesophilic process of biogas and compost treatment of Animal By-Products (ABPs) (Question N° EFSA-Q-2006-126) *The EFSA Journal* **465**, 1-16., **465**, 1-16.
- Energymatters 2011. *Achtergrondrapport integrale visie duurzame drijfmestverwaarding. Visie van LTO Nederland.*, Driebergen.
- Ernst, G., Müller, A., Göhler, H. & Emmerling, C. 2008. C and N turnover of fermented residues from biogas plants in soil in the presence of three different earthworm species (*Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea longa*, *Aporrectodea caliginosa*). *Soil Biology and Biochemistry*, **40**, 1413-1420.
- Froseth, R.B., Bakken, A.K., Bleken, M.A., Riley, H., Pommeresche, R., Thorup-Kristensen, K. & Hansen, S. 2014. Effects of green manure herbage management and its digestate from biogas production on barley yield, N recovery, soil structure and earthworm populations. *European Journal of Agronomy*, **52**, 90-102.
- Gunnarsson, A., Bengtsson, F. & Caspersen, S. 2010. Use efficiency of nitrogen from biodigested plant material by ryegrass. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **173**, 113-119.
- 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.
- Hjorth, M., Nielsen, A.M., Nyord, T., Hansen, M.N., Nissen, P. & Sommer, S. G. 2009. Nutrient value, odour emission and energy production of manure as influenced by anaerobic digestion and separation. *Agronomy for Sustainable Development*, **29**, 329-338.
- Hoeksma, P. & de Buissonjé, F.E. 2012. *Mineralenconcentraten uit dierlijke mest = Mineral concentrates from animal slurry*, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad.
- Iverde 2012. *Graskracht, eindrapport. I*, Inverde, Brussel.
- Johansen, A., Nielsen, H.B., Hansen, C.M., Andreasen, C., Carlsbart, J., Hauggard-Nielsen, H. & Roepstorff, A. 2013. Survival of weed seeds and animal parasites as affected by anaerobic digestion at meso- and thermophilic conditions. *Waste Management*, **33**, 807-812.
- Koblenz, B., Tischer, S., Rücknagel, J. & Christen, O. 2015. Influence of biogas digestate on density, biomass and community composition of earthworms. *Industrial Crops and Products*, **66**, 206-209.
- Lukehurst, C.T., Frost, P. & Al Seadi, T. 2010. Utilisation of digestate from biogas plants as biofertiliser. *IEA Bioenergy*.
- McLachlan, K.L., Chong, C., Voroney, R.P., Liu, H. W. & Holbein, B. E. 2004. Assessing the potential phytotoxicity of digestates during processing of municipal solid waste by anaerobic digestion: Comparison to aerobic composts. In: *Acta Horticulturae*. pp. 225-230.
- Möller, K. & Müller, T. 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engineering in Life Sciences*, **12**, 242-257.
- Möller, K. & Stinner, W. 2009. Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). *European Journal of Agronomy*, **30**, 1-16.
- Montemurro, F. 2010. Are organic N fertilizing strategies able to improve lettuce yield, use of nitrogen and N status? *Journal of Plant Nutrition*, **33**, 1980-1997.
- Nkoa, R. 2014. Agricultural benefits and environmental risks of soil fertilization with anaerobic digestates: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, **34**, 473-492.
- Ovinge, J. 2008. *Biogas Flevoland 2005-2008 : eindrapport*, Agro Milieucoöperatie voor Boer & Bodem (AMCBB), Lelystad.
- Pain, B.F., Misselbrook, T.H., Clarkson, C.R. & Rees, Y.J. 1990. Odour and ammonia emissions following the spreading of anaerobically-digested pig slurry on grassland. *Biological Wastes*, **34**, 259-267.
- Peene, A., Velghe, F. & Wierinck, I. 2011. *Evaluatie van de vergisters in Nederland*, AgentschapNL, Ministerie van Economische Zaken.
- Rijksoverheid 2011. Green Deal van HarvestaGG met de Rijksoverheid.
- RIVM 2014. *Greenhouse gas emissions in The Netherlands 1990-2012. National Inventory Report 2014.*, RVM report 680355016, Bilthoven.
- RVO 2014. Resultaten van controles in 2013 op Nederlandse derogatiebedrijven en trends in de veehouderij.

- Saveyn, H. & Eder, P. 2014. *End-of-waste criteria for biodegradable waste subjected to biological treatment (compost & digestate): Technical proposals*, JRC scientific and policy reports, European Commission, Joint Research Centre, Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla.
- Schils, R.L.M., Postma, R., van Rotterdam, D. & Zwart, K.B. 2015. Agronomic and environmental consequences of using liquid mineral concentrates on arable farms. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, n/a-n/a.
- Schröder, J.J., Uenk, D. & Hilhorst, G.J. 2007. *Bemestingswaarde en milieu-effecten als functie van de verhouding van minerale en organische N-verbindingen in mest : mestkwaliteitsproef De Marke 2002-2006*, Plant Research International, Wageningen.
- Schröder, J.J., van Middelkoop, J.C., van Dijk, W. & Velthof, G.L. 2008. *Quick scan Stikstofwerking van dierlijke mest; actualisering van kennis en de mogelijke gevolgen van aangepaste forfaits. WOt-rapport 85*, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- Sieling, K., Herrmann, A., Wienforth, B., Taube, F., Ohl, S., Hartung, E. & Kage, H. 2013. Biogas cropping systems: Short term response of yield performance and N use efficiency to biogas residue application. *European Journal of Agronomy*, **47**, 44-54.
- Suijker, P.A.C. 2013. *Evaluatierapport covergisting. Evaluatierapport controle gebruik organische reststoffen van Bijlage Aa, onderdelen A t/ F en, in het bijzonder, onderdeel G, van de uitvoeringsregeling Meststoffenwet bij covergisting*, Nederlandse Voedsel en Warenautoriteit, Utrecht.
- Svoboda, N., Taube, F., Wienforth, B., Kluß, C., Kage, H. & Herrmann, A. 2013. Nitrogen leaching losses after biogas residue application to maize. *Soil and Tillage Research*, **130**, 69-80.
- Taylor, M.J., Rollet, A.J., Nicholson, F.A., Newell-Price, J.P., Williams, J.R. & Chambers, B.J. 2014. *Digestate from renewable energy production: completing nutrient and carbon cycles*, Agriculture and the Environment X, Delivering Multiple Benefits from our Land: Sustainable Development in Practice.
- Thomsen, I.K., Olesen, J.E., Møller, H.B., Sørensen, P. & Christensen, B.T. 2013. Carbon dynamics and retention in soil after anaerobic digestion of dairy cattle feed and faeces. *Soil Biology and Biochemistry*, **58**, 82-87.
- Timmerman, M., Claessen, P. & André, G. 2007. *Praktijkproef covergisting van varkensmest*, Wageningen UR, Animal Sciences Group, Lelystad.
- Timmerman, M., van Dooren, H.J.C. & Biewenga, G. 2005. *Mestvergisting op boerderijschaal = Manure digestion on the farm*, Animal Sciences Group, Praktijkonderzoek, Lelystad.
- Van Bruggen, C. 2012. *Covergisting van dierlijke mest 2006-2011*, Centaal Bureau voor Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- Van Geel, W., de Haan, J. & Verstegen, H. 2010. *Gebruik van varkensdrijfmestdigestaat in de akkerbouw: verslag van een vierjarige demo, uitgevoerd binnen het project Nutriënten Waterproof op proefboerderij Vredepeel*, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Sector Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente, Lelystad.
- Van Geel, W. & van Dijk, W. 2013. Toepassing van digestaat in de landbouw: bemestende waarde en de risico's - Deskstudie in het kader van Energierijk. In., WUR/Acress, PPO-rapport 565, Wageningen.
- Vanden Nest, T., Ruysschaert, G., Vandecasteele, B., Cougnon, M., Merckx, R. & Reheul, D. 2015. P availability and P leaching after reducing the mineral P fertilization and the use of digestate products as new organic fertilizers in a 4-year field trial with high P status. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, **202**, 56-67.
- Vaneekhaute, C., Meers, E., Michels, E., Ghekiere, G., Accoe, F. & Tack, F.M.G. 2013. Closing the nutrient cycle by using bio-digestion waste derivatives as synthetic fertilizer substitutes: A field experiment. *Biomass and Bioenergy*, **55**, 175-189.
- Velthof, G.L. 2011. *Synthese van het onderzoek in het kader van de Pilot Mineralenconcentraten*, Alterra Wageningen UR, Wageningen.
- Velthof, G.L., Bussink, W., van Dijk, W., Groenendijk, P., Huijsmans, J.F.M., van Pul, W.A.J., Schröder, J.J., Vellinga, T.V. & Oenema, O. 2013. *Protocol gebruiksvorschriften dierlijke mest, versie 1.0*, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Rapport 120, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Wageningen.
- VLACO 2012. *Ecologische en economische voordelen digestaat*, Vlaamse Compostorganisatie vzw (VLACO), Mechelen.

-
- VLM, 2015. Actieprogramma ter uitvoering van de Nitraatrichtlijn 2015-2018.
http://www.vlm.be/SiteCollectionDocuments/OO/MAP5/Ontwerp_Actieprogramma_2015-2018.pdf
- Wall, D. M., Allen, E., Straccialini, B., O'Kiely, P. & Murphy, J. D. 2014. Optimisation of digester performance with increasing organic loading rate for mono- and co-digestion of grass silage and dairy slurry. *Bioresource Technology*, **173**, 422-428.
- Westerman, P.R., Hildebrandt, F. & Gerowitt, B. 2012. Weed seed survival following ensiling and mesophilic anaerobic digestion in batch reactors. *Weed Research*, **52**, 286-295.
- Wijnholds, K.H., Groten, J.A.M., van der Voort, M.P.J., Kamp, J.A.L.M. & Timmer, R.D. 2010. *Energiekompas voor de Veenkoloniën: eindrapport onderzoek 2007-2009*, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Businessunit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroente, Lelystad.
- WUR 2015. Wageningen UR Livestock Reseach. Praktijkproef mest versus digestaat gestart
<http://www.wageningenur.nl/nl/nieuws/Praktijkproef-mest-versus-digestaat-gestart.htm>.
- Zwart, K. & De Boer, D. 2015. *Droge vergisting van berm- en natuurgras*, Alterra-rapport 2661, Wageningen.
- Zwart, K., Oudendag, D., Ehlert, P. & Kuikman, P. 2006. *Duurzaamheid covergisting van dierlijke mest*, Alterra, Wageningen.

Bijlage 1 Rekenvoorbeeld

In onderstaand rekenvoorbeeld wordt voor een melkveebedrijf met 100% grasland berekend wat het effect op de aan- en afvoer van dierlijke mest is van vergisting met en zonder covergisting van gras (van buiten het bedrijf). Bovendien wordt berekend wat de gevolgen zouden kunnen zijn als mineralenconcentraten geproduceerd worden, en gebruikt worden als kunstmest.

We zien dat een gewoon bedrijf stikstofkunstmest koopt om maximaal stikstof te bemesten binnen de stikstofgebruiksnorm. Vergisting van mest heeft geen invloed op de mestproductie en de kunstmestaankoop. Covergisting met berm- en natuurgras geeft een overschot aan dierlijke mest die buiten het bedrijf moet worden afgezet om te voldoen aan de norm voor dierlijke mest en aan de fosfaatgebruiksnorm. Productie van mineralenconcentraten zou ervoor kunnen zorgen dat de overmaat aan dierlijke mest wordt omgezet in een stikstofkunstmest zodat er geen stikstofkunstmest gekocht hoeft te worden. Een deel van de geproduceerde stikstofkunstmest wordt zelfs verkocht. Ook in het geval er mineralenconcentraten geproduceerd worden, moet de overmaat aan fosfor (als gevolg van de P-aanvoer via berm- en natuurgras) buiten het bedrijf afgezet worden.

Tabel 8

Rekenvoorbeeld: hoeveelheden meststoffen bij verschillende activiteiten^{1,2}

	Input vergister	Aankoop kunstmest	productie biogas en MC ³		Benodigde afzet dierlijke mest	
1.Huidig	0	115	0	0	0	0
2.+mono-vergister	100% mest	115	100	0	0	0
3.+comateriaal	85% mest + 15% gras	115	183	0	140	29
4.+mineralen- concentraat	85% mest + 15% gras	0	183	195	0	29

¹ De dieraantallen en bemesting zijn gemaximaliseerd tot norm van 250 kg dierlijk N per ha is bereikt.

² Gemiddeld melkveebedrijf van 50 ha grasland met een neutrale P-toestand, met beweiding, met 23 jongvee jonger dan 1 jaar, 23 jongvee ouder dan 1 jaar en 78 melkkoeien (melkproductie per jaar per koe van 7875-8124 liter en een ureumgehalte van 25). De bemestingsnormen zijn dan: 250 kg dierlijk N per ha, stikstofgebruiksnorm van 300 kg N/ha en een fosforgebruiksnorm van 95 kg P₂O₅/ha. N- en P-productie per dier volgens forfaitaire tabellen (Tabel 4,5 en 6 op www.rvo.nl).

³ MC: mineralenconcentraat. Aanname dat bij proces 100% van P en 50% van stikstof in dikke fractie blijft en 50% van stikstof in mineralenconcentraat.

⁴ Biogasproductie in 1000 x Nm³ per bedrijf: op basis van biogasproductie van 27 Nm³ per ton rundveedrijfmest en van 147 Nm³ per ton grassilage (Peene *et al.*, 2011).

Voorbehoud: er is niet gekeken naar het verschil tussen covergisting van berm- en natuurgras t.o.v. reguliere verwerking.



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2664
ISSN 1566-7197




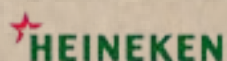
Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.



www.groenecirkels.nl

 @groenecirkels



HEINEKEN Nederland
contactpersoon Jan Kempers
Burgemeester Smeetsweg 1
2382 PH Zoeterwoude
jan.kempers@heineken.com
telefoon +31 71 5457611
www.heinekennederland.nl



Provincie Zuid-Holland
contactpersoon Koen Oome
Zuid-Hollandplein 1
2509 LP Den Haag
kja.oome@pzh.nl
telefoon +31 70 4416413
www.zuid-holland.nl



Alterra Wageningen UR
contactpersoon Eveliene Steingröver
Droevendaalsesteeg 3
6708 PB Wageningen
eveliene.steingrover@wur.nl
telefoon +31 317 485874
www.wageningenUR.nl/alterra



Dit rapport hoort bij het Groene Cirkels thema Grondstoffen,
project 'Toepasbaarheid en effecten van bemesting met digestaat'

Toepasbaarheid en effecten van bemesting met digestaat

Sluiten van mineralenkringloop in Groene Cirkels

R.P.J.J. Rietra en T.J.A. Gies, m.m.v. G.L. Velthof en K.B. Zwart

Alterra-rapport 2664

Groene Cirkels rapport

3

november 2015

Voor meer informatie: Rene Rietra, rene.rietra.wur.nl en Edo Gies edo.gies.wur.nl