

De waarde van digestaat van co- vergisting ten opzichte van dierlijke mest

Een bijdrage aan het project “Op zoek naar de meerwaarde van digestaat”
van de Stichting AFA-DE

Jan Broeze, Paul Hoeksma, Hans Willers (Agrotechnology & Food Innovations, WageningenUR)
Wim Corré (Plant Research International, WageningenUR)

april 2005

Rapport nr. 411

Colofon

Titel	De waarde van digestaat van co-vergisting ten opzichte van dierlijke mest
Auteur(s)	Hans Willers, Paul Hoeksma, Jan Broeze en Wim Corré
A&F nummer	411
ISBN-nummer	90-6754-913-4
Publicatiedatum	7 april 2005
Vertrouwelijk	neen
OPD-code	03-278
Goedgekeurd door	J. Broeze

Agrotechnology & Food Innovations B.V.
P.O. Box 17
NL-6700 AA Wageningen
Tel: +31 (0)317 475 024
E-mail: info.agrotechnologyandfood@wur.nl
Internet: www.agrotechnologyandfood.wur.nl

© Agrotechnology & Food Innovations B.V.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, hetzij mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele fouten of onvolkomenheden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publisher. The publisher does not accept any liability for inaccuracies in this report.



Het kwaliteitsmanagementsysteem van Agrotechnology & Food Innovations B.V. is gecertificeerd door SGS International Certification Services EESV op basis van ISO 9001:2000.

Inhoudsopgave

Samenvatting	4
1 Inleiding	7
1.1 Kader van het project	7
1.2 Projectomschrijving	7
1.3 Probleemstelling	8
1.4 Doelstelling	9
2 Beschikbaarheid van kennis over digestaat en bemestingswaarde	10
3 Eigenschappen van co-substraten	11
3.1 Selectie en eigenschappen van co-substraten	11
3.2 Berekende digestaatsamenstelling	14
4 Bemestingswaarde digestaat	16
4.1 Berekeningswijze van de bemestingswaarde	16
4.2 Resultaten berekeningen	17
4.2.1 Bemestende waarde P, K, Ca en Mg	17
4.2.2 Bemestende waarde N	17
4.2.3 Bemestende waarde organische stof.	19
5 Kiemdoding door anaerobe vergisting	21
5.1 Dierpathogenen.	21
5.2 Plantpathogenen en onkruidzaden.	21
6 Conclusies	23
7 Aanbevelingen	25
Literatuur	27

Samenvatting

Gebruik van co-substraten bij co-vergisting heeft – naast de bijdrage aan biogasproductie – invloed op de samenstelling (en dus bemestende waarde) van het digestaat. Door gerichte keuze van co-substraten kan gestuurd worden op een gewenste samenstelling van digestaat.

Het rapport ‘*De waarde van digestaat van co-vergisting ten opzichte van dierlijke mest*’ geeft een beeld van de huidige kennis van digestaat als meststof in de landbouw:

- een inventarisatie van bestaande kennis in Nederland en omliggende landen
- een voorspelling van de samenstelling een brede range van digestaten op basis van de samenstelling van co-substraten. Op grond daarvan zijn adviezen ten aanzien van gebruik bij teelt geformuleerd.

Samenstelling van digestaat ten opzichte van dierlijke mest

Het onderzoek heeft een aantal algemene inzichten in effecten van vergisting op de kwaliteit van mest bevestigd:

- Bij vergisting wordt een deel van de organisch gebonden stikstof omgezet in ammoniakale vorm; de omgezette stikstof is snel beschikbaar voor de plant en de werking van vergiste mest is daarom beter dan die voor onbewerkte mest. Bij strengere mestwetgeving kan hierdoor de bemestingskwaliteit op niveau worden gehouden.

- Gehalten aan mineralen en sporenelementen worden niet beïnvloed door het vergistingsproces.

Co-substraten beïnvloeden de samenstelling van het digestaat door er organische stof, mineralen en water aan toe te voegen. De organische stof toevoeging wordt ten dele teniet gedaan door afbraak in de vergister. Bij deze afbraak komt een deel van de organisch gebonden stikstof vrij als minerale stikstof.

De volgende verschillen tussen dierlijke mest en digestaat van co-vergisting worden door het onderzoek bevestigd:

- Het organische stofgehalte van digestaat is vaak iets lager dan dat van dierlijke mest. Echter, de organische stof in digestaat is stabiel (bij vergisting wordt alleen de snel afbreekbare fractie omgezet; in dierlijke mest breekt die fractie in de bodem ook snel af en telt niet mee bij de verbetering van de bodemstructuur ofwel bij de humuswerking). Volgens experts is daarom in de regel de humus-werking van digestaat beter dan die voor onbewerkte mest.
- De samenstelling van digestaat wijkt niet erg veel af van dierlijke mest, tenzij co-substraten met de volgende eigenschappen in hoge doses worden toegevend:

<i>Eigenschap co-substr.</i>	<i>Voorbeelden</i>	<i>Effect op digestaat</i>
hoog drogestofgehalte	melasse, snijmaïs, koolzaadschroot en in lichte mate ook dierlijk vet	relatief hoog organische stofgehalte
eiwitrijk	koolzaadschroot, slachtafval zoals veren en flotatieslib	verhoogd stikstofgehalte (organisch gebonden en mineraal)
schroten	koolzaadschroot	verhoogd fosfaatgehalte
kaliüm-rijke producten	melasse, aardappelstoomschillen	verhoogd kaliümgehalte

Deze specifieke eigenschappen van co-substraten kunnen gebruikt worden om samenstelling van co-substraat gericht te sturen, bijvoorbeeld om kaliümbemesting (gedeeltelijk) te vervangen.

- Een invloedrijke factor in veel co-substraten is water. De toegevoegde dosis organische stof en mineralen hangt af van het watergehalte. Bedrijfseconomisch is het voor een biogasinstallatie gunstig om zo weinig mogelijk water te ontvangen binnen de praktische beperkingen.

Bemestende waarde en teeltadvies

Voor de nutriënten P, K, Ca en Mg in mest geldt altijd een bemestende waarde van 100% ten opzichte van kunstmeststoffen. De bemestende waarde voor deze stoffen verandert niet door vergisting en is dan ook het gewogen gemiddelde van de waarden van de grondstoffen. Grondstoffen voor covergisting kunnen zowel rijker als armer aan P, K, Ca en/of Mg zijn dan drijfmest. Een groot aandeel van grondstoffen met een hoog gehalte aan één of meer nutriënten kan leiden tot een digestaat met een zeer hoog gehalte aan P (bijvoorbeeld toevoeging van 80% koolzaadschroot geeft een tien keer zo hoog gehalte aan P als runderdrijfmest) of K (bijvoorbeeld 80% melasse geeft een vijf keer zo hoog gehalte aan K als runderdrijfmest).

Producten zoals dierlijk vet hebben juist heel lage nutriëntengehalten in vergelijking met drijfmest. Door volledige afbraak van het vet in de vergister blijft als het ware (verdunde) vergiste mest als digestaat over!

De bemestende waarde van de stikstof (N) wordt juist wél sterk beïnvloed door het vergistingsproces. Immers, (een deel van) de organisch gebonden stikstof wordt omgezet tot mineraal stikstof; voor de minerale stikstof hanteren deskundigen 3 tot 4 keer hogere werkingscoëfficiënten. Daarbij is wel van groot belang dat de mest op een emissie-arme wijze wordt opgeslagen en aangewend (bovengronds uitrijden alleen als de mest daarna snel wordt ondergewerkt) in het groeiseizoen van de teelt.

Hoewel er geen wetenschappelijke onderbouwing voor beschikbaar is, wordt door veel deskundigen aangenomen dat de bemestende waarde van organisch stikstof in het digestaat wat lager is dan voor niet-vergiste dierlijke mest, omdat de organische stof die in het digestaat overgebleven is relatief stabiel is. De humus-werking zal beter zijn.

Op basis van de beschikbare kennis kunnen de volgende adviezen bij teelt en gebruik worden gegeven:

- Emissiearme toepassingsmethoden zijn nodig vanwege het relatief hoge gehalte aan ammoniak (injectie, of evt. met zodebemesting of onderploegen).
- Aanwending in het groeiseizoen (bijvoorbeeld vlak voor of zo mogelijk na het moment van inzaaien van maïs) is vereist.
- Toepassing in het najaar is niet wenselijk.
- Producten zoals aardappelstoomschillen en melasse bevatten veel kalium; co-vergiste mest met dergelijke co-substraat kan aparte kaliumbemesting (geheel of gedeeltelijk, afhankelijk van de dosering) vervangen.
- Aardappelstoomschillen en afval van zetmeelindustrie bevat een relatief hoog gehalte aan fosfaten ten opzichte van de stikstof. Als fosfaat de beperkende factor is bij de mestdosering, zijn deze co-substraten niet gewenst.
- Vet als co-substraat wordt nagenoeg volledig omgezet in de vergister en voegt amper nutriënten toe aan het digestaat (nutriënten van de mest worden verdund over een groter volume). Met het oog op mestoverschot lijkt dit een heel neutraal en aantrekkelijk co-substraat!
- Door de strenger wordende mestwetgeving wordt digestaat een steeds interessanter product; immers de stikstof die in de vorm van “dierlijke” mest wordt opgebracht heeft een betere werking!

Hygiëne

- Bij vergisten vindt een reductie plaats van dierpathogenen, plantpathogenen en onkruidzaden. Procestemperatuur en de verblijftijd zijn hierbij de bepalende factoren.
- Dierpathogenen overleven bij thermofiele vergisting aanmerkelijk korter dan bij mesofiele vergisting. Onder thermofiele omstandigheden is een verblijftijd van een uur in de reactor voldoende voor een

vrijwel totale inactivering van vegetatieve bacteriën en virussen. Het bovine parvovirus overleeft langer dan een dag.

- Vooral bij vergisters die als volledig gemengde doorstroomsystemen worden bedreven blijft de kans op onvolledige afdoding van ziektekiemen aanwezig.
- Het effect van vergisting op plantpathogenen en onkruidzaden is onvoldoende onderzocht om daar uitspraken over te doen. Met name over de invloed van thermofiele vergisting is weinig bekend.
- Een ziektekiemvrij digestaat kan alleen worden gegarandeerd als in de productieketen een hygiënisatiestap wordt opgenomen, bijvoorbeeld in de vorm van een thermische behandeling (één uur bij 70°C).

Enkele kanttekeningen bij de gepresenteerde resultaten

- Beschikbare (ervarings)kennis over co-vergisting en digestaat is meestal eenmalig; door het grote aantal verschillen tussen situaties levert vergelijking van resultaten maar beperkte inzichten op.
- Over de samenstelling van digestaat per toegediend co-substraat zijn geen exacte gegevens beschikbaar; via een theoretische berekening zijn voorspellingen gedaan. De op deze wijze voorspelde samenstellingen liggen binnen de ranges van gemeten waarden in Duits digestaat.
- Hoewel het afdoden van ziektekiemen, plantpathogenen en onkruidzaden niet gegarandeerd kan worden, mag uit het feit dat dit niet als probleem wordt beschouwd in Duitsland en Denemarken voorzichtig geconcludeerd worden dat het ook in Nederland weinig problemen op zal leveren.

Enkele andere adviezen

- Uitkomsten van deze studie laten zien dat de effecten van de meeste producten op de digestaatsamenstelling beperkt is. Vet lijkt een aantrekkelijk product omdat het een grote biogaspotentie heeft, en tegelijkertijd weinig nutriënten toevoegt.
- Bij de uiteindelijke keus voor co-substraten in de vergister staan de volgende aspecten centraal:
 - Staat het product op de positieve lijst? Dit bezwaar is voor veel producten op te lossen: er is een procedure om nieuwe producten toe te laten (mits ze aan zekere eisen voldoen).
 - Economische potentie:
 - Komt er geld mee?
 - Is de verwachte digestaat-samenstelling goed af te zetten binnen de regio, en tegen welke prijzen?
 - Wat is de biogaspotentie?
- Voorbewerking van co-substraten kan (1) bijdragen aan een verhoogde biogasopbrengst en (2) helpen de nutriëntenconcentratie van het digestaat op peil te houden.
- Digestaat biedt grote milieutechnische voordelen. Stimulering van gebruik van digestaat kan de landbouw aanzienlijk milieuvriendelijker maken.

1 Inleiding

1.1 Kader van het project

Een aantal agrarische ondernemers in de regio Aalten heeft het initiatief genomen om duurzame energieproductie in the agrarische ondernemerschap te integreren. Daartoe hebben zij de Stichting AFA DE opgericht, met als doelstelling¹:

- het bouwen, beheren en exploiteren van installaties voor het opwekken van duurzame energie;
- het bijebrengen casu quo verschaffen van middelen en mogelijkheden voor de bouw, de instandhouding en exploitatie van een te bouwen installatie voor het opwekken van duurzame energie
- en voorts al hetgeen met één en ander rechtstreeks of zijdelings verband houdt of daartoe bevorderlijk kan zijn, alles in de ruimste zin van het woord.

De Stichting AFA DE richt zich in eerste instantie op de ontwikkeling van een vergistingsinstallatie waarin mest met co-producten worden vergist. Het geproduceerde biogas wordt aangewend voor elektriciteitsproductie, terwijl het digestaat (co-vergiste mest) moet worden afgezet in de landbouw.

Omdat digestaat als mest dient te worden afgezet, omdat de hoeveelheid mest door co-vergisting niet wordt gereduceerd, en omdat de mestproblematiek afzet van mest bemoeilijkt kan de afzet van digestaat een bottleneck vormen bij de exploitatie van een co-vergistingsinstallatie. Daarom heeft de Stichting besloten om een economische haalbaarheidsstudie naar een co-vergistingsinstallatie pas uit te voeren nadat zicht gecreëerd is op de meerwaarde van digestaat ten opzichte van gewone mest.

Daartoe geeft dit rapport een weergave van state-of-the-art kennis en inzicht in eigenschappen en bemestingskwaliteit van digestaat ten opzichte van gewone met.

1.2 Projectomschrijving

In het project richt A&F (met nauwe betrokkenheid van PRI) zich op (uit het projectplan):

Het kernonderzoek bestaat uit literatuuronderzoek en interviews met deskundigen uit Denemarken en Duitsland². Er wordt een overzicht gemaakt van bestaande kennis en van de stand van zaken met betrekking tot onderzoek naar digestaat in binnen- en buitenland. De resultaten worden minstens twee maal besproken met de klankbordgroep. Op grond hiervan wordt een voorlopige productdefinitie opgesteld gericht op de volgende aspecten:

- chemische eigenschappen (N, P, K, C/N-verhouding, pH-waarde),
- sanitatie (verspreiding dier- en plantziekten),
- invloed van co-producten op bovengenoemde aspecten,
- landbouwkundige meerwaarde (voordelen ten opzichte van alternatieven).

¹ Uit: 'Systeeminnovaties door de implementatie van biogastechnologie in de regio Achterhoek', door Stichting AFA DE, Aalten, 13 augustus 2003.

² Bjuv. dr. Jürgen Beck, Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim en Jens Bo Holm-Nielsen, University of Southern Denmark, Esbjerg.

Doel van dit deel van het project is het verzamelen en analyseren van bestaande kennis en het inventariseren van voorlopige resultaten van lopende onderzoeksprojecten c.q. praktijkexperimenten.

Centraal in het kernonderzoek staat de chemische samenstelling van digestaat. Aan de hand van die samenstelling moet de landbouwkundige (meer)waarde worden vastgesteld, uitgedrukt in variabelen die waar mogelijk gekwantificeerd zijn. Een voorbeeld hiervan is de verandering van de concentratie ammonium-stikstof. Andere variabelen zijn bijvoorbeeld de pH-waarde en de C/N-verhouding. Vervolgens wordt de relatie met coproducten in beeld gebracht. Er wordt een lijst samengesteld van enerzijds coproducten waarvan voldoende bekend is en anderzijds coproducten waarvan de invloed op de kwaliteit van het digestaat onvoldoende bekend is. Tevens dient inzichtelijk te worden gemaakt hoe het zit met risico's ten aanzien van verspreiding van dier- en plantenziekten. Tenslotte kan de meerwaarde van digestaat ten opzichte van alternatieve mestproducten in beeld gebracht worden. Referentie daarbij is de bestaande situatie in de Achterhoek ten aanzien van teelt en bodemtype.

Daarnaast kan A&F het onderzoek naar product markt combinaties (getrokken door DOFCO) ondersteunen.

1.3 Probleemstelling

Uit het projectplan:

De productie van digestaat is inherent aan de productie van biogas. Afhankelijk van de hoeveelheid droge stof in het natte input-materiaal komt meer dan 95% van de input weer uit de vergister als digestaat. Het volume van het digestaat is dus nauwelijks minder dan het volume van het input-materiaal. De enige nuttige toepassing van digestaat is als meststof in de landbouw. Daarbij moet digestaat concurreren met andere mestproducten als onbehandelde dierlijke mest en kunstmestproducten. Dit deelproject is erop gericht om in samenwerking met de GLTO en grondgebruikers in de regio Achterhoek de landbouwkundige meerwaarde van digestaat als mestproduct in de landbouw in beeld te brengen. De vraag moet worden beantwoord in hoeverre het gebruik van digestaat voordelen oplevert voor grondgebruikers in termen van opbrengst, kwaliteit en kunstmestbesparing.

Digestaat is pas toelaatbaar als meststof als een vrijstelling van het RIKILT in het kader van de Meststoffenwet is verkregen. Bovendien zijn grondgebruikers huiverig ten aanzien van het gebruik van digestaat omdat ze de bemestende werking ervan onvoldoende kennen. Tenslotte geeft covergisting extra onzekerheden in verband met de aard van de coproducten en het risico op verontreiniging. De specifieke chemische samenstelling en bemestende waarde van digestaat is namelijk mede afhankelijk van de gebruikte coproducten.

Ervaringen en onderzoek uit Denemarken en Duitsland wijzen erop dat het gebruik van digestaat als meststof in de landbouw aanmerkelijke voordelen kan opleveren voor zowel leveranciers van dierlijke mest als grondgebruikers. Een recente Duitse studie laat zien dat de

voordelen in de agro-keten in potentie het grootst zijn bij de exploitatie van een coöperatieve biogasinstallatie (CBI).³

Over de kwaliteit en toepassingsmogelijkheden van digestaat gericht op de Nederlandse landbouw is echter weinig informatie beschikbaar. Daardoor is men terughoudend in het gebruik ervan. Er ontstaat een vicieuze cirkel: zolang de onzekerheid over afzetmogelijkheden van digestaat groot is, is men terughoudend met investeringen in biogasinstallaties op grotere schaal.

1.4 Doelstelling

Het doel van het project was het verwerven van inzicht in de eigenschappen en toepassingsmogelijkheden van digestaat ten behoeve van het gebruik als meststof in de landbouw. Hiertoe is beschikbare kennis rondom de kwaliteit van digestaat geïnventariseerd in zowel Nederland als ons omringende landen. Op grond hiervan worden voor zogoed mogelijk teeltprogramma's ontwikkeld. Het project beoogt daarmee bij te dragen aan de ervaringskennis aangaande de toepassingsmogelijkheden van digestaat in de landbouw.

³ Umbach-Daniel, A. ,(2002) , *Biogasgemeinschaftsanlagen in der deutschen Landwirtschaft*. Universität Kassel, Kassel university press GmbH (www.upress.uni-kassel.de).

2 Beschikbaarheid van kennis over digestaat en bemestingswaarde

Aangezien dit project gericht is op het verzamelen van ervaringskennis en dient ter verkrijging van draagvlak bij ondernemers, is in de eerste fase van het project gewerkt aan het verzamelen van beschikbare kennis over de bemestingskwaliteit van co-vergiste mest. Hiertoe is een groot aantal bronnen in Nederland, Denemarken en Duitsland aangeboord; variërend van vakliteratuur en wetenschappelijke literatuur tot correspondentie met deskundigen. De algemene conclusie van dit zoekproces luidt dat de kennis beperkt blijft tot globale ervaringskennis:

- in vergiste mest komt stikstof sneller beschikbaar dan in niet-vergiste mest;
- van co-producten zijn geen significante effecten op de bemestingskwaliteit waargenomen (dit kan twee oorzaken hebben: òf er wordt nauwelijks aandacht aan besteed, òf de effecten zijn klein en daardoor moeilijk zichtbaar).

Uit een analyse van de ervaringen blijkt o.a. dat de spreiding in totaal stikstofgehalte van mest veel groter is dan het significante verschil tussen gewone mest en vergiste mest. En omdat slechts een beperkt aantal ervaringsvergelijkingen tussen gewone mest en vergiste mest is uitgevoerd, komt dat beperkte verschil tussen gewone mest en vergiste mest niet sterk naar voren.

Omdat duidelijke informatie over samenstelling en bemestingswaarde van digestaat na co-vergisting ontbreekt, is gewerkt aan een voorspelling van digestaatkwaliteit op basis van de samenstelling van co-substraten en kennis van het vergistingsproces. Daarbij is het vergistingsproces gedefinieerd als een proces dat organische stof omzet in biogas, waarbij organisch gebonden stikstof gedeeltelijk wordt vrijgemaakt als minerale stikstof (ammonium). Vervolgens is op basis daarvan een voorspelling van de bemestingswaarde gegeven. Volgende hoofdstukken geven een weerslag van vooral die werkwijze.

3 Eigenschappen van co-substraten

3.1 Selectie en eigenschappen van co-substraten

Omwille van concreetheid van het project is in overleg met de grondgebruikers een selectie gemaakt van co-producten waarvan de eigenschappen en effecten op het digestaat worden onderzocht. Bij die keuze zijn de volgende selectiecriteria gehanteerd:

- potentiële beschikbaarheid
- het wel/niet voorkomen op de voorlopige positieve lijst van co-producten en het voorkomen op de Duitse lijst
- voldoende brede opspanning van het spectrum van de mogelijkheden (dus zowel risico-vrije als hoog risico-materialen).

De geselecteerde producten zijn – samen met bronnen waaruit gegevens betreffende de samenstelling zijn gehaald – weergegeven in de onderstaande tabellen:

**Tabel 1. Geselecteerde co-substraten en gebruikte bronnen voor samenstelling:
*Plantaardige co-producten direct afkomstig van het land zonder risico***

Co-substraat	Bron(nen) voor gegevens samenstelling
Gras	Mähnert et al, 2002 Linke en Vollmer, 2002 Handboek Melkveehouderij, §
Grassilage	Mähnert et al, 2002 Baserga, 2000 Handboek Melkveehouderij, §
Snijmais	Veevoedertabel Handboek Melkveehouderij, §
Energiemaïs	Geen gegevens beschikbaar ⁴
Maissilage	Linke en Vollmer, 2002 Linke en Vollmer, 2004a Linke en Vollmer, 2004b
Bietensilage	Linke en Vollmer, 2002 Linke en Vollmer, 2004a
Ui	Handboek Melkveehouderij, §
Bloembollen	Geen gegevens beschikbaar ⁵

⁴ Voor dit gewas zijn geen gegevens beschikbaar/gevonden. Aangenomen wordt dat de samenstelling van energimaïs minimaal afwijkt ten opzichte van snijmais.

⁵ Voor dit gewas zijn geen gegevens beschikbaar/gevonden. Aangenomen wordt dat de samenstelling van bloembollen minimaal afwijkt ten opzichte van uien.

Co-substraat	Bron(nen) voor gegevens samenstelling
Koolzaadschroot	Veevoedertabel Handboek Melkveehouderij, § Baserga, 2000

Tabel 2. Geselecteerde co-substraten en gebruikte bronnen voor samenstelling: *Co-producten (uit Duitse lijst) met aanvaardbaar risico*

Co-substraat	Bron(nen) voor gegevens samenstelling
Plantaardig afval zetmeelbereiding (zetmeel)	Roschke, 2004
Aardappelstoomschillen	Handboek Melkveehouderij, § Baserga, 2000
Melasse	Linke en Vollmer, 2004a Baserga, 2000 Roschke, 2004
Bermgras ⁶	Elbersen et al, 2002
Vetafval	Baserga, 2000 Roschke, 2004

Tabel 3. Geselecteerde co-substraten en gebruikte bronnen voor samenstelling: *Co-producten (uit Duitse lijst) met hoog risico niveau*

Co-substraat	Bron(nen) voor gegevens samenstelling
Maag- en darminhoud	Baserga, 2000
Dierlijk vet	Elbersen et al, 2002 Infomil, 2003 Veevoedertabel
Slachtafval(veren, flotatieslib)	Roschke, 2004
Restaurant en keukenafval (Swill)	Roschke, 2004

De samenstelling van de co-substraten volgens bovengenoemde bronnen is weergegeven in de volgende tabel.

⁶ Met de grondgebruikers was het product 'slootmaaisel' geselecteerd; echter daarvoor zijn geen gegevens beschikbaar, daarom is deze categorie vervangen door 'bermgras'.

Tabel 4. Samenstelling geselecteerde co-substraten

	Type C-osubstraat	Weende (g/kg)			Mineralen (g/kg)					
		DS	OS	AS	N	Amm.	P	K	Ca	Mg
1	Gras	187	170	17	6.0	0.0	1.5	10.0	5.0	#N/A
2	Bermgras	314	228	86	6.3	0.0	1.7	9.7	5.5	#N/A
3	Grassilage	382	346	36	12.2	1.2	1.7	10.0	5.0	#N/A
4	Snijmais	864	852	12	13.6	0.0	2.8	3.5	0.2	1.0
5	Maissilage	340	320	20	4.4	0.6	2.8	3.5	0.2	1.0
6	Plant aardig afval zetmeelbereiding (zetmeel)	180	122	58	1.9	0.0	3.0	4.3	1.7	0.7
7	Bietensilage	209	193	16	4.9	0.5	0.6	5.5	0.4	0.2
8	Ui	115	112	4	2.4	0.0	0.3	0.1	0.2	0.0
9	Aardappelstoomschillen	144	68	76	3.4	0.3	2.9	26.5	2.1	1.1
10	Melasse	737	654	83	19.4	1.9	0.3	30.2	5.0	0.2
11	Koolzaadschroot	895	822	74	64.7	0.0	11.1	12.9	7.5	3.9
12	Maag- en darminhoud	147	125	22	3.1	0.8	0.8	0.7	2.5	0.2
13	Vetafval	49	44	5	1.1	0.5	0.1	0.1	0.8	0.2
14	Dierlijk vet	994	993	1	0.5	0.1	0.0	0.2	#N/A	#N/A
15	Slachtafval(veren, flotatieslib)	347	316	31	29.0	2.9	0.3	0.1	0.3	0.1
16	Restaurant en keukenafval (Swill)	118	96	24	0.3	0.0	0.4	0.7	0.4	0.0
17	Runderdrijfmest	100	60	40	5.0	2.4	0.9	5.1	2.2	0.8
18	Varkensdrijfmest	100	70	30	8.0	4.5	2.0	7.0	2.5	1.2
	gemiddelde	346	311	35	10.3	0.9	1.8	7.2	#N/A	#N/A
	standaardeviatie	308	305	28	15.4	1.3	2.5	8.7	#N/A	#N/A
	minimum	49	44	1	0.3	0.0	0.0	0.1	#N/A	#N/A
	maximum	994	993	86	64.7	4.5	11.1	30.2	#N/A	#N/A

3.2 Berekende digestaatsamenstelling⁷

Tabel 5. Gemiddelde samenstellingen van digestaat ten opzichte van drijfmest.

Component	Drijfmest	Digestaat	Duits digestaat ⁸
Organischestofgehalte, g/kg	60-70	34-41	22-58
Totaal stikstofgehalte, gN/kg	5-8	6-10	3-11
Mineraal stikstofgehalte, gN/kg	2-5	5-7	1-8
Fosfaatgehalte, gP/kg	1-2	1-2	-
Kaliumgehalte, gK/kg	5-7	6-7	-

Constateringen:

- Berekende digestaatsamenstelling valt binnen de range van Duitse waarden.
- De samenstelling kent een flinke bandbreedte; pin je niet vast op een vast getal
- De samenstelling van digestaat verschilt niet heel erg ten opzichte van drijfmest.
- Alleen het organische stofgehalte van digestaat is lager dan dat van mest; echter de organische stof is wel stabiel!

De grote spreiding in de Duitse waarden wordt waarschijnlijk veroorzaakt door variaties in installatie- en procesontwerp, grondstoffen en meetmethoden.

Co-substraten hebben verschillende effecten op de samenstelling van het digestaat. In Tabel 6 zijn de co-substraten aangegeven met het grootste effect op de gehalten aan organische stof, stikstof, fosfor en kalium.

⁷ Berekening van de digestaatsamenstelling: Uit een gemiddelde samenstelling van runder- en varkensdrijfmest en de gevonden waarden voor de samenstelling van co-substraat is voor verschillende mest-co-substraatcombinatie de digestaatsamenstelling berekend.

Voor de mineralen en sporenelementen zoals P en K, die het vergistingsproces onveranderd doorlopen, volgt het gehalte in het digestaat direct uit de samenstelling van mest en co-substraat.

Organische stof en minerale en organische stikstof vormen hierop een uitzondering. Een deel van de organische stof wordt in het vergistingsproces omgezet in CH₄ en CO₂ (het biogas); de organischestofconcentratie neemt dus af. Bij deze omzetting komt een gedeelte van de organisch gebonden stikstof vrij als minerale stikstof. Het gehalte aan organisch gebonden stikstof neemt dus af en het gehalte aan minerale stikstof neemt toe. Om deze veranderingen kwantitatief te kunnen inschatten is de organischestof-omzetting berekend uit de verhouding van de gemeten methaanproductie (volgens de eerder genoemde literatuur zoals hiervoor genoemd) en de potentiële methaanproductie (als alle organische stof wordt afgebroken). In een aantal gevallen was de gerapporteerde methaanproductie hoger dan de theoretisch berekende. In dergelijke gevallen is de afbraak van organische stof op 90% gesteld, omdat uit de literatuur duidelijk blijkt dat 100% afbraak nooit gehaald wordt. Er wordt namelijk ook organische stof gevormd in het proces in de vorm van micro-organismen. Hetzelfde geldt voor eiwitafbraak. Een afbraak van 100% is theoretisch onmogelijk omdat zich in de cellen van de micro-organismen ook eiwit bevindt. Dit is in overeenstemming met het resterende gehalte van organische stikstof in de "Duitse" digestaten (zie Tabel 5).

⁸ De getallen in de laatste kolom zijn afkomstig uit een onderzoek naar 12 nieuwe Duitse co-vergistingsinstallaties. Weiland et al. (2004) Biogasanlagen, 12 Datenblätter, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe & Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Duitsland

Tabel 6. Co-substraten met de grootste invloed op de gehalten aan organische stof, stikstof, fosfaat en kalium na vergisting van 50% co-substraat met 50% drijfmest.

Bemestende stof	Co-substraat	Digestaat uit vleesvarkens-drijfmest g/kg	Digestaat uit runder-drijfmest g/kg	Vergiste vleesvarkens-drijfmest g/kg	Vergiste runder-drijfmest g/kg
Organische stof	Melasse	71.7	67.7	41	31
	Snijmais	63.2	59.3		
	Koolzaadschroot	61.7	57.7		
	Dierlijk vet	52.0	48.0		
Stikstof (N-totaal)	Koolzaadschroot	36.3	34.8	8.0	5.0
	Slachtafval (veren, flotatieslib)	18.5	17.0		
Minerale Stikstof (NH ₄ ⁺ -N)	Koolzaadschroot	22.7	21.4	6.6	4.0
	Slachtafval (veren, flotatieslib)	12.6	11.3		
Fosfaat (P)	Koolzaadschroot	6.6	6.0	2.0	0.9
Kalium (K)	Melasse	18.6	17.7	7.0	5.1
	Aardappelstoomschillen	16.8	15.8		

Constateringen:

- Voor een verhoogd organische stof gehalte zijn snijmais of dierlijk vet het beste te gebruiken.
- Voor verhoging van stikstof is slachtafval een geschikt co-substraat.
- Een grote verhoging van het fosforgehalte kan worden bereikt met toevoeging van koolzaadschroot, maar dit verhoogt tevens het stikstofgehalte in eenzelfde mate.
- Is alleen verhoging van het kaliumgehalte gewenst dan zijn aardappelstoomschillen de beste keus.
- Over het algemeen geldt dat vetten en snijmais het organische stofgehalte van het digestaat effectief verhogen en dat koolzaadschroot het mineralengehalte (NPK) van het digestaat verhoogt. Zijn beide gewenst, dan is melasse een goede keus, zij het dat melasse niet veel fosfor toevoegt.

NB: Deze uitkomsten zijn zeer gevoelig voor de samenstellingen van de co-substraten zoals die in dit onderzoek gevonden zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor de hoge NPK-gehalten in koolzaadschroot. Het is zeer aan te raden om deze extreme waarden nader te verifiëren.

4 Bemestingswaarde digestaat

4.1 Berekeningswijze van de bemestingswaarde

De bemestende waarde is berekend voor de nutriënten N, P, K, Ca en Mg, en voor organische stof. Omdat de bemestende waarde ook afhankelijk is van de toedieningsmethode, het toedieningstijdstip, de grondsoort en het gewas zijn ook deze factoren in de berekeningen betrokken, zie ook Tabel 7.

De bemestende waarde van een stof voor een nutriënt is gedefinieerd als het gehalte aan dat nutriënt in de stof maal de werkingscoëfficiënt. De werkingscoëfficiënt geeft de relatieve bemestende waarde aan van een nutriënt in een stof ten opzichte van dat nutriënt in een standaard kunstmeststof. De bemestende waarde aan organische stof is gedefinieerd als het gehalte aan bestendige organische stof, dat wil zeggen dat deel van de organische stof dat één jaar na toediening nog niet is afgebroken.

Voor de berekening van de bemestende waarde van digestaten zijn de werkingscoëfficiënten gebruikt die zijn gepubliceerd door het Praktijkonderzoek (Handboek melkveehouderij; Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen, ref\$).

Tabel 7: Geanalyseerde toepassingsvormen voor de digestaten

Gewas	Aanwendingsmethode	Aanwendingstijdstip	Grondsoort
gras	injectie	voor eerste snede	zand klei
		na eerste snede	zand klei
	zodebemesting		
	bovengronds inregenen sleepvoeten		
maïs	injectie	april	
		februari/maart	
	ploegen	april	
		februari/maart	
cultivator	april		
	februari/maart		
overige gewassen ⁹	injectie	maart/april	
	ploegen	maart/april	
		cultivator	maart/april
wintergraan	in gewas	voorjaar	

⁹ Hieronder verstaan we graan, aardappelen, bieten en bloembollen (de gewassen die samen met de grondgebruikers zijn geselecteerd).

4.2 Resultaten berekeningen

4.2.1 Bemestende waarde P, K, Ca en Mg

Voor de nutriënten P, K, Ca en Mg in mest geldt in principe altijd een bemestende waarde van 100% ten opzichte van kunstmeststoffen. Afhankelijk van de toedieningsmethode (diep inwerken vs. ondiep inwerken) kan de werking op korte termijn soms lager zijn dan die van kunstmest, maar op langere termijn komt wel altijd 100% beschikbaar.

De bemestende waarde voor P, K, Ca en Mg verandert niet door vergisting en is dan ook het gewogen gemiddelde van de waarden van de grondstoffen. Grondstoffen voor covergisting kunnen zowel rijker als armer aan P, K, Ca en/of Mg zijn dan drijfmest, afhankelijk van de herkomst, maar voornamelijk van het gehalte aan droge stof. Een groot aandeel van grondstoffen met een hoog gehalte aan één of meer nutriënten kan leiden tot een digestaat met een zeer hoog gehalte aan P (80% koolzaadschroot geeft b.v. een tien keer zo hoog gehalte aan P als runderdrijfmest) of K (80% melasse geeft b.v. een vijf keer zo hoog gehalte aan K als runderdrijfmest). Deze digestaten hebben in principe een hoge bemestende waarde, maar door hun onevenwichtige samenstelling beperkte gebruiksmogelijkheden.

Een aantal grondstoffen, zoals dierlijk vet en maag- en darminhoud, bevat juist lage gehalten aan nutriënten. Het bijmengen van deze stoffen geeft lagere nutriëntengehalten in het digestaat in vergelijking met drijfmest. Dit beperkt de bemestende waarde van het digestaat zodanig dat de afzet hiervan problematisch kan worden!

4.2.2 Bemestende waarde N

Tijdens vergisting worden eiwitten afgebroken en wordt dus N-organisch omgezet in N-mineraal. Bij emissie-arme toediening is de bemestende waarde van N-mineraal hoger dan die van N-organisch, zodat een hogere bemestende waarde van N in digestaten mag worden verwacht, in vergelijking met de grondstoffen.

Van N-mineraal mag verwacht worden dat de bemestende waarde onafhankelijk is van de verdere samenstelling van mest of digestaat. De bemestende waarde is wel sterk afhankelijk van de toedieningsmethode, het tijdstip van toediening, de grondsoort en het gewas.

De werkingscoëfficiënt (bemestende waarde) van organisch-N is minder duidelijk; deze hangt af van de afbraaksnelheid van organisch materiaal in de bodem en die zou kunnen veranderen door vergisting. Het lijkt waarschijnlijk dat de afbraaksnelheid van eiwitten niet sterk verschilt tussen verschillende grondstoffen, maar de vraag is of de eiwitten in digestaten niet langzamer afbreken en de bemestende waarde daardoor lager is. Hierover zijn geen harde gegevens bekend. Daarom is met de volgende aannames gerekend:

- Er is gekozen om te rekenen met de bemestende waarden zoals opgegeven voor runderdrijfmest en varkensdrijfmest (werkzame fractie afhankelijk van methode, tijdstip, grondsoort en gewas) voor N-mineraal en voor N-organisch. Voor N-organisch is ook gerekend met 50% van de opgegeven waarden als voorbeeld voor een berekening voor de

veronderstelling dat eiwitten in digestaat resistenter zijn tegen afbraak dan de eiwitten in de oorspronkelijke grondstoffen.

- De bemestende waarde van N-organisch is gedefinieerd als het percentage N-organisch dat binnen één jaar beschikbaar komt.
- Er is echter ook nog een restwaarde die op langere termijn beschikbaar kan komen. Voor akkerbouwgewassen op percelen waar al langere tijd regelmatig organische mest toegediend wordt, wordt de bemestende waarde van N-organisch maximaal verdubbeld.
- Vergisting leidt tot een verbeterde beschikbaarheid van stikstof en dus tot een hogere bemestende waarde van stikstof. Onder de huidige aannamen wordt de werkingscoëfficiënt van de stikstof bij emissiearme toepassing (injectie, of evt. met zodebemesting) in het groeiseizoen met ongeveer 15% verhoogd. Over de afbraak van eiwit tijdens de vergisting en de werkzaamheid van N-organisch uit digestaat bestaat echter nog zo veel onduidelijkheid dat dit cijfer zeer onzeker is. Toevoeging van andere grondstoffen (bijvoorbeeld vetten, zetmeelafval, aardappelstoomschillen) leidt in het algemeen tot een kleine verlaging van het stikstofgehalte (en bemestende waarde) door de afwezigheid van N-mineraal in de grondstof. Ook voor stikstof kan toevoeging van andere grondstoffen zowel verhoging als verlaging van de bemestende waarde geven. Dit is afhankelijk van het stikstofgehalte van de toevoeging, wat in hoge mate door het gehalte aan droge stof bepaald wordt en verder afhankelijk is van het materiaal zelf.

De volgende tabellen geven een overzicht van de verschillende werkingscoëfficiënten zoals ze in de praktijk worden gehanteerd.

Tabel 8. Werkingscoëfficiënten stikstof voor gras

	gras							
	injectie				zodebem	bovengr	inregenen	sleepvoet
	voor 1e snede		na 1e snede					
	zand	klei	zand	klei				
werkingscoëfficiënt N-mineraal	0.92	0.76	0.72	0.64	0.76	0.28	0.66	0.62
werkingscoëfficiënt N-organisch	0.28	0.24	0.18	0.16	0.24	0.24	0.24	0.24

Tabel 9. Werkingscoëfficiënten stikstof voor andere gewassen

	mais						winter- graan	overig		
	injectie		ploegen		cultivator			injectie	ploegen	cultivator
	april	feb/maart	april	feb/maart	april	feb/maart		maart/apr	maart/apr	maart/apr
werkingscoëfficiënt N-mineraal	0.97	0.78	0.87	0.7	0.76	0.6	0.7	0.95	0.85	0.75
werkingscoëfficiënt N-organisch	0.3	0.24	0.3	0.24	0.3	0.24	0.3	0.3	0.3	0.3

Algemene conclusies:

- De verhoging van de bemestende waarde voor N komt alleen tot waarde bij een efficiënte toepassing. Door een verhoogd aandeel N-mineraal worden de stikstofverliezen ook relatief groter bij niet emissiearme toepassingen en bij toepassing buiten het groeiseizoen.
- De bemestende waarde van de digestaten voor N is relatief hoog door omzetting van N-organisch in N-mineraal. Deze omzetting is sterk afhankelijk van het gistingproces en daardoor moeilijk voorspelbaar. Professioneel beheer van de vergistingsinstallatie, dat door middel van procesmonitoring en sturing van essentiële procesparameters ervoor zorg draagt dat het vergistingsproces optimaal verloopt, kan hieraan bijdragen!
- Er bestaat onzekerheid over de bemestende waarde van N-organisch in digestaten; maar ook over de bemestende waarde van N-organisch in ruwe drijfmest bestaat geen eensluidend oordeel.
- Het hoge gehalte aan N-mineraal van digestaten maakt deze producten gevoeliger voor stikstofverliezen, waardoor emissiearme opslag en toepassing nog belangrijker is dan voor ruwe mest.

4.2.3 Bemestende waarde organische stof.

Onder de bemestende waarde van organische stof wordt verstaan de fractie organische stof die 1 jaar na toediening nog niet afgebroken is. Voor organische stof in runderdrijfmest wordt door deskundigen een bemestende waarde van 50% aangehouden, voor organische stof in varkensdrijfmest 33%. Voor digestaten van mest zijn geen cijfers bekend, voor digestaten van andere stoffen ook niet. Bovendien zijn voor veel grondstoffen ook geen gegevens over de afbraaksnelheid van de organische stof na inwerken in de bodem beschikbaar. Voor vers gras wordt een afbraaksnelheid van 50% binnen 1 jaar aangehouden.

Op basis van alles wat bekend is voor dit soort processen is het zeer waarschijnlijk dat organische stof in digestaten resistenter is dan organische stof in de grondstoffen; de makkelijk afbreekbare stoffen zijn immers al afgebroken tijdens de vergisting! De bemestende waarde voor de overgebleven organische stof is dus hoger zijn dan die in de grondstoffen. Daarom is gerekend

met een bemestende waarde van **50%** en een bemestende waarde van **75%**, overeen komend met een afbraak van 50% en 25% van de organische stof in het digestaat.

Het lijkt op het eerste gezicht niet waarschijnlijk dat de bemestende waarde van de organische stof in vergiste runderdrijfmest anders is dan die in vergiste varkensdrijfmest. Als voor varkensdrijfmest echter een bemestende waarde van 33% aangehouden wordt en bij vergisting minder dan 50% van de organische stof afgebroken wordt, dan zou bij een bemestende waarde van 75% voor het digestaat de bemestende waarde van organische stof in varkensdrijfmest door vergisting verhoogd worden. Dit mag uitgesloten geacht worden en voor varkensdrijfmest is gerekend met een bemestende waarde van 33% en van 50%. De bemestende waarde van de organische stof is niet afhankelijk van toediening, bodem of gewas.

Conclusies/constateringen:

- Bij vergisting wordt organische stof afgebroken, met als gevolg een verlaging van het gehalte aan organische stof in het digestaat ten opzichte van mest+co-substraat. Toevoeging van co-substraten leidt niet per definitie tot een hoger organische stofgehalte. Alleen toevoeging van stoffen met een hoog gehalte aan moeilijk afbreekbare organische stof, zoals melasse en snijmais, resulteert in een verhoging van het gehalte aan organische stof in het digestaat. Als deze digestaten tevens hoge gehalten aan nutriënten bevatten, bijvoorbeeld koolzaadschroot, kunnen ze slechts in beperkte hoeveelheid als meststof aangewend worden.
- De meeste co-substraten geven een bemestende waarde vergelijkbaar met of lager dan vergiste mest (nutriënten worden verdund door de co-substraten).
- De totale bemestende waarde van co-vergiste mest is altijd groter dan die van de mest (immers: de co-substraten voegen nutriënten toe; door vergisting blijven de nutriënten behouden; beschikbaarheid van stikstof verbetert).

5 Kiemdoding door anaerobe vergisting

Belangrijke factoren die de mate van kiemdoding tijdens het vergistingsproces bepalen zijn:

- Soort organisme (bacterie, virus, zaad)
- Procestemperatuur (mesofiel, thermofiel)
- Verbliftijd in de reactor (continu, batch)

5.1 Dierpathogenen.

Dierpathogenen kunnen via mest en co-substraten van dierlijke oorsprong (swill, slachtafval, ...) in een vergistingsinstallatie terecht komen. In relatie tot volksgezondheid en veterinaire eisen zijn onder andere de volgende bacteriën en virussen van belang (Moen, 1991): Salmonella dublin, Campilobacter jejuni, E. coli, Clostridium botulinum, Aujeszky, Varkenspest, Parvo viridae en Mond- en Klauwzeer. Ook op de lijst van prioritaire dierpathogenen staan parasieten, zoals de darmworm bij varkens (Ascaris suum). In onderzoek naar hygiënische kwaliteit van producten worden Salmonella en Enterococci wel gebruikt als indicator organisme omdat het praktisch onmogelijk is alle aanwezige pathogenen te detecteren (Böhm, 2002).

Veel onderzoek naar de overlevingskansen van dierpathogenen tijdens covergisting is uitgevoerd door Böhm (2002), Bendixen (1994), Strauch (1998) en Olsen en Larsen (1987). De bevindingen van deze onderzoekers komen goed met elkaar overeen zodat er een duidelijk beeld bestaat van de invloed van vergisting op de overleving van dierpathogenen.

De meeste vegetatieve bacteriën overleven mesofiele vergisting (35°C) langer dan een dag en thermofiele vergisting (vanaf 50°C) minder dan een uur. Een enkele (Streptococcus faecalis) overleeft in een thermofiele reactor langer dan een uur. Sporenvormende bacteriën overleven in het algemeen zowel mesofiele als thermofiele vergisting.

Virussen vertonen in het algemeen een vergelijkbare temperatuurgevoeligheid als bacteriën, hoewel de overlevingstijd van virussen onder mesofiele omstandigheden iets korter is dan van bacteriën. Een enkel virus (Bovine Parvovirus) kan onder thermofiele omstandigheden ongeveer een dag overleven.

Een pasteurisatiestap lijkt noodzakelijk en op basis van genoemde bevindingen afdoende.

5.2 Plantpathogenen en onkruidzaden.

Van belang zijn b.v. de ziekteverwekkers die aardappelmoeheid, zwartbenigheid en stengelnarot veroorzaken. Volgens Elema e.a. (1990) zijn de volgende onkruidsoorten prioritair voor de akkerbouw: hanepoot, melganzevoet, zwarte nachtschade, knolcyperus, papegaaiekruid en fluweelblad¹⁰. Het meeste onderzoek naar de invloed van vergisting op de overleving van plantpathogenen en onkruidzaden is in Nederland uitgevoerd door Elema. Het onderzoek had

¹⁰ Elema onderzocht het effect van verbitting op overleving van deze onkruidzaden; hij heeft niet gekeken naar effecten van vergisting.

uitsluitend betrekking op de vergisting van mest. Dit betekent dat de pathogenen die de in de vergister terecht kwamen het maagdarmkanaal van de koe of het varken al hadden gepasseerd. Veel onkruidzaden zijn na deze passage en enkele weken opslag nog vitaal. Voor enkele ziekteverwekkers geldt dit eveneens.

Plantpathogenen kunnen gemakkelijk een aantal weken in mest overleven, afhankelijk van de temperatuur; bij lagere temperatuur langer dan bij hogere (Elema e.a., 1991). Over het effect van mesofiele of thermofiele vergisting op de overleving van deze fytopathogenen is weinig bekend. Ook onkruidzaden blijven in mest langere tijd (weken) vitaal. Mesofiele vergisting heeft een negatieve invloed op de vitaliteit. De overlevingsduur is ook afhankelijk van de mestsoort (in varkensmest korter) en de toestand van de zaden: wel of niet in kiemrust. Over de invloed van thermofiele vergisting op onkruidzaden zijn geen resultaten aangetroffen.

Concluderend kan gesteld worden dat niet exact bekend is of de combinatie van vergisting met een pasteurisatiestap 100% afdoende is voor afdoding van alle plantpathogenen en onkruidzaden.

Constateringen:

- Een pasteurisatiestap lijkt afdoende voor voldoende afdoding van dierpathogenen
- Voor plantpathogenen en onkruidzaden is onvoldoende bekend. Echter, in Duitsland en Denemarken maakt men zich hier geen zorgen over. Blijkbaar levert het geen grote problemen op in de praktijk.

6 Conclusies

Uit deze inventariserende studie komen de volgende conclusies naar voren:

- Beschikbaarheid van gefundeerde kennis over de kwaliteit van digestaat:
 - Hoewel mestvergisting en co-vergisting in Nederland (en vooral omliggende landen) veelvuldig wordt toegepast zijn er geen goed gekwantificeerde vergelijkbare gegevens beschikbaar betreffende de kwaliteitsverschillen tussen dierlijke mest en co-vergiste mest (digestaat). Beschikbare gegevens zijn vaak eenmalige waarnemingen; door situationele verschillen zijn vergelijkingen onmogelijk.
- Voorspelde samenstelling digestaat:
 - De voorspelde digestaatsamenstelling ligt binnen de gemeten waarden in Duits digestaat. Tegelijkertijd is er een flinke bandbreedte. Digestaat is dus geen nauw gedefinieerd product.
- Organische stof:
 - Het organische-stof gehalte van vergiste mest is lager dan dat van niet-vergiste mest.
 - De toevoeging van vezelrijke co-producten (met relatief veel moeilijk afbreekbaar organische stof) zoals melasse en snijmaïs, zorgt wel voor een verhoogd organische-stofgehalte van het digestaat.
 - Vezel-arme co-producten, zoals aardappelstoomschillen en vetafval, dragen niet bij aan verhoging van het organische-stofgehalte van het digestaat.
 - De organische stof in digestaat draagt relatief veel bij aan het humusgehalte in de bodem.
- Stikstof:
 - Verschillende co-substraten leiden tot een aanzienlijke verhoging van het stikstofgehalte in het digestaat; van de geanalyseerde producten geldt dat het sterkst voor koolzaadschroot en in iets mindere mate voor melasse en slachtafval.
 - Vooral de hoeveelheid minerale stikstof wordt door het vergisten verhoogd.
 - Afgezien van zeer stikstofrijke co-producten bevat co-vergiste mest minder organisch gebonden stikstof dan niet vergiste mest.
 - Omdat rundermest minder stikstof bevat dan varkensmest is de stikstoftoename door co-vergisting relatief groter bij rundermest dan bij varkensmest.
- Bemestende waarde:
 - Wegens het relatief hoge gehalte aan minerale stikstof heeft de toedieningsmethode het grootste effect op de bemestende waarde van digestaat. Bij een hoog gehalte aan N-mineraal is de kans op ammoniakvervluchtiging groot en is zorgvuldige aanwending met een emissie-arme methode relatief belangrijk.

- De bemestende waarde van het digestaat kan worden gestuurd met de keuze voor een bepaald co-substraat (zie Tabel 5).
- Hygiëne
 - Bij vergisten vindt een reductie plaats van dierpathogenen, plantpathogenen en onkruidzaden. De procestemperatuur en de verblijftijd zijn hierbij de bepalende factoren.
 - Dierpathogenen overleven bij thermofiele vergisting aanmerkelijk korter dan bij mesofiele vergisting. Onder thermofiele omstandigheden is een verblijftijd van een uur in de reactor voldoende voor een vrijwel totale inactivering van vegetatieve bacteriën en virussen. Het bovine parvovirus overleeft langer dan een dag.
 - Omdat vergisters doorgaans als volledig gemengde doorstroomsystemen worden bedreven is de kans op onvolledige afdoding van ziektekiemen groot.
 - Het effect van vergisting op plantpathogenen en onkruidzaden is onvoldoende onderzocht om daar uitspraken over te doen. Met name over de invloed van thermofiele vergisting is weinig bekend.
 - Een ziektekiemvrij digestaat kan alleen worden gegarandeerd als in de productieketen een hygiënisatiestap wordt opgenomen, bij voorbeeld in de vorm van een thermische behandeling (één uur bij 70°C).

7 Aanbevelingen

De resultaten van dit onderzoek komen voort uit berekeningen van digestaatsamenstellingen gebaseerd op de gevonden samenstelling van co-substraten. De betrouwbaarheid van de uitkomsten wordt bepaald door de betrouwbaarheid van de gevonden gegevens en de aannames waarmee de berekeningen zijn gemaakt. Bij de leerstoelgroep Milieutechnologie van de Wageningen Universiteit is een rekenmodel ontwikkeld waarmee de afbraakprocessen in een vergister in detail beschreven worden. Het is aan te bevelen de samenstelling (en de spreiding daarin) van co-substraten verder na te trekken en de berekeningen te herhalen met gebruik van het genoemde rekenmodel. Dit kan leiden tot een nieuw berekeningsmodel voor digestaatsamenstelling ten behoeve van digestaatproducenten, digestaatgebruikers en beleidsmakers.

Zoals hierboven genoemd is de kwaliteit van de digestaatgegevens afhankelijk van gevonden waarden voor de samenstelling van co-substraten. De werkelijke digestaatsamenstelling na vergisting van een mengsel van mest en co-substraat is relatief eenvoudig te meten op een laboratorium, door mengsels op een schaal van enkele liters te vergisten onder gecontroleerde omstandigheden. De theoretische berekening van de digestaatsamenstelling kan dan met de gevonden resultaten getoetst worden. Het is sterk aan te bevelen om dit in ieder geval voor enkele van de "meest gewilde" co-substraten te doen.

Een algemeen advies over “de beste co-substraten en de beste manier en moment van toediening” is niet mogelijk omdat elke gebruiker zijn eigen specifieke situatie heeft (denk o.a. aan grondsoort, kaliumbehoefte, gebruiksmomenten, aanbrengmogelijkheden, etc.). Wel kunnen we de volgende aanbevelingen doen:

- emissiearme toepassingsmethoden zijn nodig vanwege het relatief hoge gehalte aan ammoniak (injectie, of evt. met zodebemesting of onderploegen).
- aanwending in het groeiseizoen (bijvoorbeeld vlak voor of zo mogelijk na het moment van inzaaien van maïs) is vereist.
- toepassing in het najaar is niet wenselijk
- producten zoals aardappelstoomschillen en melasse bevatten veel kalium; co-vergiste mest met dergelijke co-substraat kan aparte kaliumbemesting (geheel of gedeeltelijk, afhankelijk van de dosering) vervangen.
- aardappelstoomschillen en afval van zetmeelindustrie bevat een relatief hoog gehalte aan fosfaten ten opzichte van de stikstof. Als fosfaat de beperkende factor is bij de mestdosering, zijn deze co-substraten niet gewenst.
- vet als co-substraat wordt nagenoeg volledig omgezet in de vergister en voegt amper nutriënten toe aan het digestaat (nutriënten van de mest worden verdund over een groter volume). Met het oog op mestoverschot lijkt dit een heel neutraal en geschikt co-substraat!

- door de strenger wordende mestwetgeving wordt digestaat een steeds interessanter product; immers de stikstof die in de vorm van “dierlijke” mest wordt opgebracht heeft een betere werking!
 - Bij de uiteindelijke keus voor co-substraten in de vergister staan de volgende aspecten centraal:
 - Staat het product op de positieve lijst?
 - Komt er geld mee?
 - Wat is de biogaspotentie?
 - Wat is de invloed op de digestaatsamenstelling?
- Uitkomsten van deze studie laten zien dat de effecten van de meeste producten op de digestaatsamenstelling beperkt is. Vet slachtafval lijkt een aantrekkelijk product!

Literatuur

- Baserga, U. (2000) Vergärung organischer Reststoffe in landwirtschaftlichen Biogasanlagen: Stoffdaten, Gärtechnik und gesetzliche Grundlagen, Forschungsanstalt für Agrarwirtschaft und Landtechnik, Zwitterland, FAT Berichte, nr 546, 1-12
- Bendixen, H.G. (1999) Hygienic safety – Results of scientific investigations in Denmark (Sanitation requirements in Danish biogas plants), In: Proceedings IEA Bioenergy Workshop , Deutsche Veterinärmedizinische Gesellschaft e.V., Giessen, 27-47
- Böhm, R. (2002) Hygienic safety in organic waste management, In: Proceedings of the 10th International Conference of the RAMIRAN Network, High Tatras, Slovak Republic, May 14-18, 17-30
- Centraal Veevoederbureau (1999) Veevoedertabel 1999: Gegevens over chemische samenstelling, verteerbaarheid en voederwaarde van voedermiddelen, Centraal veevoederbureau, Postbus 2176, 8203 AD Lelystad, www.pdv.nl/cvb
- Elbersen, H.W., E.R.P. Keijsers and J. van Doorn (2002) Biorefinery of verge grass to produce bio-fuel, Short Communication Agrotechnological Research Institute (ATO) and Energy Research Centre, The Netherlands
- Elema, A.G., A.R. Moen en J.M. van Leeuwen (1991) Literatuuronderzoek naar het effect van anaerobe vergisting van runder- en varkensdrijfmest op de overleving van dierpathogenen, plantpathogenen en onkruidzaden, CDI-DLO rapport juni 1991
- Heiermann, M., H. Schelle en M. Plöchl (2002) Biogaspotenziale pflanzlicher Kosubstrate, In: Biogas und Energielandwirtschaft – Potenzial, Nutzung, Grünes Gas TM, Ökologie und Ökonomie, Tagung 18-19 November 2002, Institut für Agrartechnik Bornim, e.V., Potsdam, 19-26
- Linke, B. en G-R Vollmer (2002), Kofermentation: Gemeinsame Vergärung von Gülle und planzlichen Biomassen in kontinuierlichen Laborversuchen, In: Biogas und Energielandwirtschaft – Potenzial, Nutzung, Grünes Gas TM, Ökologie und Ökonomie, Tagung 18-19 November 2002, Institut für Agrartechnik Bornim, e.V., Potsdam, 35-41
- Linke, B. and G-R Vollmer (2004a) Co-fermentation of organic wastes and energy crops, Institute of Agricultural Engineering, Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, D-14469 Potsdam, Germany, email: blinke@atb-potsdam.de

- Linke, B. (2004b) Langzeitversuche mit Mais, Rüben und Gra in Monovergärung, In Tagungsband: Bio-Solar Fachtagung Regeneratieve Energie vom Bauernhof, 4 februari 2004, Heiden, Duitsland, 20-30
- Mähnert, P., H. Schnelle en M. Heiermann (2002) Futtergräser als Kosubstrat für die Biomethanisierung. In: Biogas und Energielandwirtschaft – Potenzial, Nutzung, Grünes Gas TM, Ökologie und Ökonomie, Tagung 18-19 November 2002, Institut für Agrartechnik Bornim, e.V., Potsdam, 27-34
- Moen, A.R. (1993) Vergisting van dierlijke mest met energierijke additieven: Veterinaire aspecten, Novem Workshop “Vergisting van dierlijke mest met energierijke additieven”, EWAB, 5 november 1993
- Olsen, J.E. and H.E. Larsen (1987) Bacterial decimation times in anaerobic digestions of animal slurries, *Biological Wastes*, 21: 153-168
- Roschke, M. (2004) Anfall, Zusammenstellung und Verwertung von Gärrückständen, LVL, Güterfelde, Duitsland, <http://www.mlur.brandenburg.de/cms/media.php/2331/16fach5.pdf>
- Sahlström, L. (2003) A review of survival of pathogenic bacteria in organic waste used in biogas plants., *Bioresource Technology*, 87, 161-166
- Strauch, D. (1998) Pathogenic micro-organisms in sludge. Anaerobic digestion and disinfection methods to make sludge usable as fertiliser. *European Water Management*, 2(2): 12-26
- Weiland, P., Ch. Rieger, Th. Ehrmann, D. Helffrich, R. Kissel, F. Melcher (2004) Evaluierung von Biogasanlagen der neuen Generation, In Tagungsband: Bio-Solar Fachtagung Regeneratieve Energie vom Bauernhof, 4 februari 2004, Heiden, Duitsland, 6-14
- Weiland, P, C. Rieger, T. Ehrmann (2004) Biogasanlagen, 12 Datenblätter, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe & Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Duitsland

□