



clm

Co-vergisting De Marke

Co-vergisting De Marke

A. Kool

CLM Onderzoek en Advies BV

Culemborg, april 2006

CLM 636 - 2006

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Proefopzet	3
3 Resultaten	5
3.1 Zware metalen	5
3.2 Bemestende waarde	7
3.3 Biogasopbrengsten	9
4 Discussie en conclusies	11
4.1 Zware metalen	11
4.2 Bemestende waarde	11
4.3 Biogasopbrengsten	12
4.4 Conclusies	12
Bronnen	15
Bijlage 1 Zware metalen	17
Bijlage 2 Bemestende waarde	19

1 Inleiding

De aandacht voor co-vergisting is de afgelopen jaren in Nederland sterk toegenomen. Inmiddels zijn enkele tientallen installaties gerealiseerd en zijn enkele honderden initiatieven ontplooid. Hiermee lijkt co-vergisting definitief een plaats te hebben verworven in de Nederlandse landbouw.

De toegenomen aandacht kan worden verklaard door een verbeterd financieel kader door de MEP regeling en ruimere mogelijkheden voor co-vergisting door aangepaste regelgeving.

Met co-vergisting worden producten aan de mest toegevoegd waarna dit mengsel wordt vergist. Doel van de toevoeging is het verhogen van de opbrengsten van de biogasinstallatie.

Deze toevoeging levert gezien de Nederlandse wetgeving een praktisch probleem: Bij toevoeging van een product aan de mest wordt het eindproduct volgens de wet niet meer als meststof erkend. Bij transport en afzet wordt dat eindproduct dan als afvalproduct gezien i.p.v. meststof. Hiermee wordt de afzet van deze meststof gecompliceerd en geeft extra kosten.

De afgelopen jaren heeft het Ministerie van LNV gewerkt aan een ontheffing van deze regeling voor producten die zonder risico aan de mest kunnen worden toegevoegd. Dit heeft in 2004 geresulteerd in een Positieve Lijst (die in 2005 verder is uitgebreid) met een aantal producten die met dierlijke mest mogen worden co-vergist, waarvan het eindproduct (digestaat of co-vergiste mest) nog steeds geldt als meststof volgens de Meststoffenwet.

Belangrijke criteria voor het opnemen van producten op deze lijst zijn dat de aanvoer van zware metalen in de co-vergiste mest niet meer is dan in dierlijke mest en dat de co-vergiste mest een bemestende waarde heeft. Het beoordelen van producten voor plaatsing op de Positieve Lijst is tot nog toe veelal gedaan met beschikbare kennis uit literatuur.

Doel van dit onderzoek is om middels praktijkonderzoek de aanvoer van zware metalen en de bemestende waarde van co-vergiste rundveemest te bepalen. Daarnaast gaan we kort in op de biogasopbrengsten uit de verschillende co-producten omdat dit een belangrijk aspect voor de rentabiliteit van co-vergisting is.

2 Proefopzet

Het onderzoek is uitgevoerd aan de biogasinstallatie op het proefbedrijf De Marke in Hengelo (Gld.) van januari 2004 tot december 2005. Voor een beschrijving van deze installatie verwijzen we naar het rapport: 'Realisatie van mestvergisting op De Marke' van Kool e.a. (2005).

In de co-vergistingsproef zijn vier gewassen of resten daarvan als co-vergistingsproduct onderzocht (tabel 1). De reden om te kiezen voor gewassen of gewasresten als co-product is dat De Marke zoveel mogelijk tracht de kringlopen op het bedrijf te sluiten en gewassen (of resten daarvan) die in principe op het bedrijf geteeld kunnen worden daar het beste aan voldoen. Voor de volledigheid: op het proefbedrijf voor de varkenshouderij in Sterksel worden rest- en bijproducten uit de voedings- en genotsmiddelenindustrie als co-product onderzocht.

Tabel 1. De vier onderzochte co-vergistingsproducten op De Marke

Co-producten	Periode co-vergisting
Snijmaïs	februari - maart 2004
Herfstgras	mei - juni 2004
Aardappelen	oktober - december 2004
Maïsstro	augustus - september 2005

De co-vergistingsproducten zijn gedurende zes weken toegediend aan de mest en gezamenlijk in de vergister vergist. Twee producten (snijmaïs en aardappel) zijn zeven weken toegediend om de beschikbare voorraad op te maken. Na de periode van toediening is een 'rustperiode' van minimaal zes weken aangehouden waarin alleen mest is toegediend. Deze 'rustperiode' is ingebouwd om het co-product te laten uitvergisten en zoveel mogelijk te laten afvoeren naar de na-opslag.

De co-vergisting is niet uitgevoerd in de zomerperiode waarin de koeien weidegang krijgen omdat dan minder mest voor de vergister uit de stal beschikbaar komt.

Toevoeging mest en co-product

Tijdens de onderzoeksperiode met co-vergisting is een zoveel mogelijk constante hoeveelheid mest en co-product per dag aan de vergister toegevoegd (tabel 2).

Tabel 2. De hoeveelheid toegevoegd co-product aan de mest

	Toevoeging			Hoeveelheid mest waaraan co-product is toegevoegd		
	Product kg/dag	DS kg/dag	OS kg/dag	Product m3 per dag	DS kg/dag	OS kg/dag
Snijmaïs	1025	363	341	7,7	694	552
Herfstgras	1550	411	268	7,8	707	562
Aardappelen	1418	322	293	8,0	742	577
Maïsstro	1220	351	254	7,6	754	549

Elke onderzoeksperiode is begonnen met een vergelijkbare hoeveelheid mest in de vergister ($\pm 500 \text{ m}^3$). Tijdens de onderzoeksperiodes is geen mest overgepompt van vergister naar de na-opslag.

Analyses van co-producten, mest en digestaat

De verse mest en de co-producten zijn tijdens de onderzoeksperiodes van co-vergisting tweemaal bemonsterd: aan het begin en halverwege de onderzoeksperiode.

De co-vergiste mest (digestaat) is bemonsterd aan het einde van de onderzoeksperiode bij het uitpompen van het digestaat naar de na-opslag. Als referentie voor de invloed van co-vergisting op het digestaat is vergiste mest bemonsterd na afloop van de onderzoeksperiode waarbij we ervan uitgaan dat hierin geen restanten van de co-producten meer aanwezig zijn.

De monsters van de co-producten, verse mest en digestaat zijn geanalyseerd op %droge stof en organische stof, pH, gehalte mineralen (N,P en K), C-gehalte en zware metalen (Cu, Zn, Cd, Ni, Cr, Ld, Hg) en Arseen.

Biogasopbrengsten

De biogasopbrengsten van de vergistingsinstallatie op De Marke worden continu geregistreerd. Uit de registratie van biogasopbrengsten tijdens dit co-vergistingsonderzoek zijn de biogasopbrengsten uit de verschillende co-producten benaderd. Dit is gedaan door de te verwachten biogasopbrengst uit mest in mindering te brengen op de totale biogasopbrengst uit co-vergisting. Wat rest geeft een indicatie van de extra biogasopbrengst door co-vergisting van het betreffende co-product. De registratie van deze biogasopbrengst is gedaan in de periode van co-vergisting plus de 'rustperiode'.



De vergistingsinstallatie op De Marke

3 Resultaten

3.1 Zware metalen

De gemeten gehalten zware metalen in de co-producten zijn vermeld in tabel 3.

Tabel 3. Gemiddelde gehalten zware metalen in de co-producten (mg/kg ds)

	koper	zink	cadmium	chrom	nikkel	lood
Snijmaïs	2,7	37	0,11 ^a	1,4 ^a	1,1 ^a	0,4 ^a
Herfstgras	10,4	45	0,06 ^b	2,8 ^c	2,0	1,7
Aardappelen	7,0	22	0,05	2,8	3,8	0,6
Maïsstro	7,5	32	0,10 ^b	1,5	5,0 ^b	5,0 ^b

^a 1 analyse < detectiegrens, andere analyse > detectiegrens, vermelde waarde is gemiddelde van detectiegrens en analyse > detectiegrens.

^b beide analyses < detectiegrens, vermelde waarde is gemiddelde van detectiegrens.

^c o.b.v. één analyse.

Het gehalte arseen kon niet worden bepaald omdat het in alle gevallen onder de detectiegrens van 0,5 mg/kg ds lag. Verder lagen gehalten van enkele metalen bij snijmaïs en herfstgras onder de detectiegrens. Bij maïsstro is voor de bepaling van nikkel en lood een andere methode gebruikt met een hogere detectiegrens dan bij de andere co-producten. De analyses lagen onder de detectiegrens en als benadering van de gehalten zijn we uitgegaan van de detectiegrens als gehalte.

De spreiding in gehalten is weergegeven in tabel B1.1 in Bijlage 1. De spreiding in gehalten koper, zink en nikkel is aanzienlijk in snijmaïs, aardappelen en maïsstro. In maïsstro varieert het gehalte koper tussen 6,0 en 8,9 mg/kg ds, in aardappelen varieert het gehalte nikkel tussen 1,44 en 6,13 mg/kg ds en in snijmaïs varieert het gehalte zink tussen 28 en 45 mg/kg ds. Herfstgras heeft in vergelijking met de andere co-producten een vrij geringe spreiding in deze gehalten.

Recentelijk zijn gehalten zware metalen in gewassen verzameld voor beoordeling van het opnemen van deze producten op de Positieve Lijst¹ (Ehlert e.a., 2004). De aanvoer van zware metalen met deze producten is in deze bron uitgedrukt in de vracht per ha bij een aanvoer van 85 kg fosfaat/ha uit dat product. Om de gemeten gehalten in de co-producten op De Marke te vergelijken met deze data drukken we deze ook uit in de vracht per ha bij een aanvoer van 85 kg fosfaat/ha uit dat product (tabel 4).

In literatuur zijn geen data gevonden van gehalten zware metalen in maïsstro. Wat wel opvalt is dat de vracht zware metalen bij maïsstro bij een aanvoer van 85 kg fosfaat uit dat product hoog ligt t.o.v. de andere drie co-producten.

¹ De Positieve Lijst omvat producten die als co-product bij de mest in het vergistingsproces mogen worden toegevoegd waarbij het substraat (vergist eindmateriaal) volgens de Meststoffenwet nog steeds als meststof erkend wordt.

Tabel 4. De vracht zware metalen (g/ha/jaar) bij aanvoer van 85 kg fosfaat/ha uit dat product bij de gemeten gehalten op De Marke (aangeduid met 'DM') en volgens de gehalten uit Ehlert e.a. (2004) (aangeduid met 'lit') in vergelijking met de maximale vracht volgens BOOM en de vracht in dierlijke mest (bij koper en zink tussen haakjes de min. en max. vracht).

		koper	zink	cadmium	chroom	nikkel	lood
Snijmaïs	DM	58 (56-60)	797 (577-1044)	2,3 ^a	30,0 ^a	23,6 ^a	9,5 ^a
	lit	83	752	2,0	5	17	2
Herfstgras	DM	100 (86-119)	434 (363-529)	0,6 ^b	27,0 ^c	18,8	16,0
	lit	71	371	2,1	12	36	22
Aardappelen	DM	110 (99-118)	347 (318-371)	0,7	44,2	59,8	9,3
	lit	82	215	2,2	30	19	2
Maïsstro	DM	291 (275-318)	1250 (1237-1273)	3,9 ^b	56,7	195 ^b	195 ^b
	lit	/	/	/	/	/	/
BOOM		150	600	2,5	150	60	200
Dierlijke mest	lit	288	1639	0,5	26	40	33

^a 1 analyse < detectiegrens, andere analyse > detectiegrens, vermelde waarde is gemiddelde van detectiegrens en analyse > detectiegrens.

^b beide analyses < detectiegrens, vermelde waarde is gemiddelde van detectiegrens.

^c o.b.v. één analyse

De vracht koper en zink uit herfstgras en aardappelen ligt met de gehalten zoals gemiddeld gemeten op De Marke hoger (tot maximaal ongeveer een factor 1,5) dan de gehalten in de literatuur. De laagst gemeten vracht voor koper en zink (dat een afgeleide is van spreiding in het metaal- en fosfaatgehalte) is in herfstgras op De Marke wel redelijk vergelijkbaar met het gehalte uit de literatuur. Bij aardappelen zien we dat de laagst gemeten vracht ook nog behoorlijk hoger ligt dan de literatuurwaarde. Voor snijmaïs geanalyseerd op De Marke ligt de vracht koper juist zo'n 30% lager en de vracht zink daarentegen weer iets hoger. De variatie in koper- vracht uit snijmaïs is gering. De vracht zink in snijmaïs op De Marke varieert veel tussen de hoogst en laagst gemeten vracht, de literatuurwaarde ligt daar tussenin. Maïsstro heeft t.o.v. de overige co-producten een geringe spreiding in de vracht koper en zink.

De vracht nikkel en lood is met aardappelen een factor 3-4 hoger dan de literatuurwaarden terwijl deze aanvoer in herfstgras een factor 1,5-2 lager ligt.

Aanvoer zware metalen in mest

De vracht koper en zink in mest op De Marke (aangeduid met 'DM') (in g/ha bij 85 kg fosfaat uit mest) ligt wat hoger dan Westhoek e.a. (1997) (aangeduid met 'Lit') geven. De gehalten chroom, nikkel en lood liggen beduidend lager.

Tabel 5. Gehaltes zware metalen in verse mest (mg/kg ds) op De Marke en de vracht (g/ha) bij 85 kg fosfaat/ha uit mest.

		koper	zink	cadmium	chroom	nikkel	lood
Gehalte	gemiddeld	53,7	179	0,26	5,4	3,9	3,6
	stdev	6,0	18	0,12	0,4	0,8	2,0
Vracht (g/ha) bij 85 kg fosfaat	De Marke (DM)	293	973	1,39	29,26	21,29	19,09
	Westhoek ea 1997 (Lit)	247	952	1,02	75,7	93,5	96,1

Vergelijk met milieueisen

Bij de toetsing van producten voor plaatsing op de Positieve Lijst wordt de toevoeging van zware metalen met co-vergistingsproducten getoetst aan drie opeenvolgende eisen (Elhert e.a., 2004):

1. BOOM normen (zie tabel 4 één na onderste rij);
2. Belasting van koper en zink vergelijken met de gehalten in dierlijke mest (zie tabel 4 onderste rij);
3. O.b.v. de gegevens over de samenstelling van de dierlijke mest en het co-product berekenen wat de samenstelling van de co-vergiste mest zal zijn en die toetsen aan de BOOM-normen (voor Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, As) en de gebruikelijke waarden in dierlijke mest (Zn en Cu).

Snijmaïs, herfstgras en aardappelen zijn al opgenomen op De Positieve Lijst. De vrachten die zijn gemeten in deze proef op De Marke wijken af van de gehalten die Elhert e.a. (2004) vonden. Maar ook deze afwijkende gehalten (in sommige gevallen hogere gehalten) voldoen aan de eisen voor opname van de producten op de Positieve Lijst.

Maïsstro is een product dat niet is opgenomen in de Positieve Lijst. Als we de gehalten zware metalen in maïsstro zoals gemeten op De Marke toetsen volgens de procedure voor plaatsing op de Positieve Lijst ontstaat het volgende beeld. De vracht koper overschrijdt de BOOM-norm en is gemiddeld vergelijkbaar met de vracht koper in dierlijke mest. Bij toetsing volgens eis 3 overschrijdt de kopervracht in het co-vergiste mengsel gemiddeld net de gebruikelijke waarde in dierlijke mest (289 t.o.v. 288 kg/ha) (zie Tabel B1.2 bijlage 1). Het hoogst gemeten kopergehalte overschrijdt ruimschoots die eis. Dit betekent dat in dat geval het kopergehalte in maïsstro niet zou voldoen aan de eisen voor plaatsing op de Positieve Lijst. De vrachten van de overige metalen voldoen wel aan de eisen. Ook al is de vracht zink hoog in vergelijking met de andere co-producten. De relatief hoge vracht metalen in maïsstro is te verklaren door het relatief lage gehalte fosfaat. Hierdoor is de vracht metalen uitgedrukt per 85 kg fosfaat uit dat product hoog.

3.2 Bemestende waarde

Effect vergisting op mestsamenstelling

Door vergisting van mest verandert de samenstelling. Ook het toevoegen van co-producten aan mestvergisting is van invloed op de samenstelling van het digestaat. In tabel 6 is de gemiddelde samenstelling van de verse mest en digestaat na vergisting weergegeven. In tabel B2.2 in Bijlage 2 is een uitgebreidere tabel opgenomen met de standaarddeviatie van de variabelen.

Tabel 6. De gemiddelde samenstelling (g/kg product) van verse en vergiste mest

	droge- stof	org. stof	N-tot	C/N quotiënt	N- min	N-org	fos- faat	kalium
verse mest (n=8)	93	74	4,3	7,9	1,8	2,6	1,5	5,6
vergiste mest ¹ (n=8)	54	38	3,9	4,6	2,4	1,5	1,0	5,8

¹ het gemiddelde van direct en vier weken na de vier onderzoeksperioden met vier verschillende co-producten.

Uit de resultaten in tabel 6 kunnen we de volgende verschillen tussen de co-vergiste mest (gemiddelde van de vier co-producten) en verse mest m.b.t. samenstelling en bemestende waarde destilleren:

- Afname van organische stof (-42%) en droge stof gehalte (-49%);
- Toename gehalte mineraal stikstof ten koste van organisch gebonden stikstof (% N-min. t.o.v. N-org. van N totaal van 40-60 in verse naar 60-40 in vergiste mest);
- Afname van de C/N verhouding.

Deze effecten zijn te verklaren door de afbraak van organische stof met het vergistingsproces. Deze veranderingen en de mate waarin die optreden komen overeen met elders gevonden resultaten, recentelijk beschreven in Kool e.a. (2005a).

Daarnaast zien we dat het stikstof en fosfaatgehalte in de vergiste mest duidelijk lager ligt dan in de verse mest. Dit kan deels worden veroorzaakt door het bijmengen van co-producten met lagere gehalten stikstof en fosfaat dan de mest en door verliezen in het vergistingsproces. Snijmaïs, aardappelen en maïsstro hebben lagere mineralengehalten dan verse mest, herfstgras heeft hogere gehalten (Tabel B2.1 Bijlage 2).

Daarentegen neemt het volume en massa van mest door vergisting af wat bij een gelijkblijvende hoeveelheid mineralen tot een stijging van de concentratie van deze mineralen zou moeten leiden. Dit effect is echter niet te kwantificeren met de beschikbare gegevens uit deze proeven.

Tenslotte kan een deel van de afname in N-concentratie worden verklaard doordat een gedeelte van de minerale stikstof als ammoniak via het biogas zou kunnen ontwijken. Ook dit kan met de beschikbare data in deze proef niet worden gekwantificeerd.

Effect van co-vergisting in algemeen op samenstelling

Bij de bemonstering van vergiste mest is een onderscheid gemaakt in monsters direct na het co-vergisten en na afloop van de proefperiode met het co-vergistingsproduct. Doel hiervan was om verschillen tussen co-vergiste mest en vergiste mest duidelijk te krijgen. In tabel B2.2 van Bijlage 2 zijn de gemiddelde gehalten van deze verschillende monsters over de 4 producten weergegeven. De co-vergiste mest heeft gemiddeld een lager gehalte droge stof, organische stof en een iets lager gehalte N en fosfaat. De verschillen zijn echter klein en vallen binnen de standaarddeviatie. Waarschijnlijk komt dit doordat de periode tussen de monsters te kort is waardoor ook in de monsters van vergiste mest nog steeds materiaal van de co-vergisting aanwezig is. Verder kan de spreiding in samenstelling van vergiste mest zodanig groot zijn dat het effect van de toevoeging van co-producten daar binnen valt.

Verskil in bemestende waarde digestaat bij verschillende co-producten

Als we de verschillen tussen samenstelling van digestaat van de verschillende co-producten beoordelen (tabel 7) vallen een aantal zaken op.

Tabel 7. De samenstelling van het digestaat (g/kg product) na co-vergisting van de verschillende co-producten

	drogestof	org.stof	N-tot	C/N quotiënt	N-NH3	N-org	fosfaat	kalium
maïs	57	41	3,8	5,0	2,3	1,5	1,0	5,6
gras	42	28	4,0	3,0	2,6	1,4	0,7	6,6
aardappelen	56	41	4,0	5,0	2,2	1,8	1,3	5,7
maïsstro	60	45	3,7	5,5	2,3	1,4	1,1	5,3

Co-vergisting van herfstgras resulteerde in een aanzienlijk lager drogestof en organisch stof gehalte in het digestaat dan de andere co-producten. Dit is opvallend omdat met herfstgras relatief het meeste droge stof aan de mest is toegevoegd (tabel 2). Blijkbaar is relatief meer droge stof van het herfstgras omgezet in biogas dan van de andere producten. Verder zien we dat na co-vergisting van herfstgras de C/N quotiënt duidelijk lager en het kalium gehalte duidelijk hoger ligt dan bij de andere co-producten. Dit komt door het relatief hoge N- en kalium-gehalte in herfstgras. Door de relatief hoge omzetting van organische stof zien we ook dat het aandeel N-min t.o.v. N-org in herfstgras hoog is t.o.v. de andere co-producten. Opmerkelijk is het relatief lage gehalte fosfaat na co-vergisting van herfstgras. Herfstgras bevat meer fosfaat dan de andere co-producten en verse mest. Op basis daarvan zouden we een hogere fosfaatconcentratie in het digestaat na co-vergisting van herfstgras verwachten t.o.v. de andere co-producten i.p.v. een lagere concentratie. Onduidelijk is waar dit effect door wordt veroorzaakt. Een mogelijke verklaring is wellicht het beperkte aantal proefnemingen. Bij snijmaïs valt de hoge standaarddeviatie (wat veroorzaakt wordt door een grote spreiding in gemeten gehalten) op in samenstelling van het digestaat na co-vergisting van snijmaïs op (Tabel B2.3 Bijlage 2). Maïsstro bevat relatief geringe hoeveelheden stikstof en fosfaat (Tabel B2.1 Bijlage 2) t.o.v. de andere co-producten. Op basis daarvan verwachten we lagere gehalten daarvan in het digestaat na co-vergisting van maïsstro t.o.v. de andere co-producten. Dat effect zien we maar beperkt terug. Het resulteert inderdaad in een laag N gehalte en een hoge C/N ratio t.o.v. de andere co-producten maar de verschillen zijn gering en vallen binnen de standaarddeviatie. Verder wijkt het fosfaatgehalte weinig af t.o.v. de andere co-producten.

3.3 Biogasopbrengsten

Bij de registratie van de biogasopbrengsten bleek dat de co-producten een lange nawerking hadden omdat na afronden van het toevoegen van de co-producten de biogasopbrengsten nog enige tijd op een hoger niveau bleven. Omdat onduidelijk is hoe lang deze nawerking is voor de verschillende co-producten is slechts bij benadering de biogasopbrengst uit co-producten te geven.

Tabel 8 De biogasopbrengsten uit het mengsel mest en co-product en de daaruit (bij benadering) bepaalde biogasopbrengst uit de verschillende co-producten in vergelijking met waarden uit de literatuur (Kool e.a. 2005a).

	Biogasopbrengst uit mest + co-product	Biogasopbrengst uit co-product (bij benadering)	Lit. waarde	
	m ³ /ton product	m ³ /ton product	m ³ CH ₄ /kg os	m ³ CH ₄ /kg os
Snijmaïs	43	223	0,42	0,25-0,42
Herfstgras	46	102	0,32	0,25-0,63
Aardappelen	43	190	0,61	0,38-0,40
Maïsstro	44	167	0,48	

De biogasopbrengst uit alleen mest op De Marke is 30 m³ per m³ mest (Kool e.a. 2005b). Door het bijmengen van co-producten neemt de biogasopbrengst per ton ingaand product toe met ongeveer een factor 1,5.

Snijmaïs geeft per ton product de hoogste biogasopbrengst. Echter uitgedrukt in methaanopbrengst uit organische stof scoren aardappelen hoger. Dit is te verklaren door een hoger aandeel makkelijk afbreekbare organische stof (zetmeel).

Wat opvalt is de relatief hoge biogasopbrengst per kg organische stof in maïsstro t.o.v. snijmaïs. Dit is opmerkelijk omdat maïsstro uit meer stengelig materiaal bestaat dan snijmaïs.

Verder zien we dat de co-producten snijmaïs en aardappelen in dit onderzoek relatief meer biogas produceerden dan we o.b.v de waarden in literatuur konden verwachten. Voor herfstgras is dat minder maar daar variëren de waarden in literatuur nogal. Voor maïsstro zijn geen data bekend.

Overigens komt deze relatief hoge biogasopbrengst uit co-producten overeen met het beeld dat ook de rundermest op De Marke veel biogas geeft in vergelijking met andere bronnen (Kool e.a. 2005b).

Tenslotte neemt het aandeel methaan in het biogas duidelijk af bij toevoeging van herfstgras en maïsstro (resp. 55% en 56% t.o.v. 63% bij vergisting van alleen mest). Co-vergisting van snijmaïs geeft een vergelijkbaar (63%) gehalte en aardappelen een hoger gehalte (66%) methaan.

4 Discussie en conclusies

Voor de aspecten zware metalen, bemestende waarde en biogasopbrengsten bespreken we hier de belangrijkste uitkomsten. Tenslotte geven we de conclusies uit dit onderzoek.

4.1 Zware metalen

De gemeten vracht koper en zink in snijmaïs, herfstgras en aardappelen in dit onderzoek op De Marke zijn, uitgedrukt per 85 kg fosfaat uit dat product, lager dan in rundermest van De Marke. Dit komt overeen met literatuurwaarden. Dit betekent dat bij toevoeging van snijmaïs, herfstgras of aardappelen als co-product aan mest het gehalte koper en zink, per eenheid fosfaat, verdund wordt t.o.v. 100% rundveemest. Omdat een maximum norm geldt voor toediening van dierlijke mest o.b.v. fosfaat en stikstof betekent dit dat bij aanwending van digestaat vanuit co-vergisting van snijmaïs, herfstgras of aardappelen de belasting van koper en zink per ha zal afnemen t.o.v. 100% rundveemest.

Bij de overige zware metalen (chromium, nikkel, cadmium en lood) zien we dat over het algemeen de vracht in snijmaïs, herfstgras en aardappelen meestal lager is dan gehalten in mest volgens literatuur en in enkele gevallen ook lager dan de vrij lage vrachten in mest van De Marke. Uitzondering is de vracht cadmium in snijmaïs die in dit onderzoek hoger bleek dan in mest.

Het restproduct maïsstro heeft een relatief hoge vracht zware metalen (per 85 kg fosfaat uit dat product) door een relatief laag fosfaat gehalte. De in deze proef gemeten kopervracht is hoog (gemiddeld vergelijkbaar met dierlijke mest) en overschrijft in één geval de eisen voor opname in de Positieve Lijst. Er ontbreken andere onderzoeksgegevens om deze vrachten te verifiëren.

De resultaten voor maïsstro geven aan dat de toetsing voor co-producten, ook als ze een onbewerkt agrarisch (rest)product zijn, voor toelating tot de Positieve Lijst onontbeerlijk is om een verhoogde aanvoer van zware metalen te voorkomen.

4.2 Bemestende waarde

De resultaten in dit onderzoek bevestigen het algemene beeld dat door afbraak van organisch stof met vergisting het gehalte droge stof afneemt en het aandeel mineraal gebonden stikstof toe neemt t.o.v. het aandeel organisch gebonden stikstof. Ook de C/N quotiënt neemt af in vergiste mest t.o.v. verse mest. Afwijkend is de afname van het gehalte (totaal)stikstof en fosfaat in de vergiste mest t.o.v. de verse mest. Een deel kunnen we verklaren door het bijmengen van co-producten met lagere N- en fosfaatgehalten dan mest. Een tegengesteld effect is echter het verlies van massa en volume door vergisting wat de concentraties weer zou verhogen. Deze effecten kunnen we niet kwantificeren.

Een andere mogelijke oorzaak die overblijft om deze afname te verklaren is het verlies van mineralen in het proces. Stikstof en fosfaat kunnen worden vastgelegd in groeiende bacteriën in het proces. Daarnaast kan stikstof in de vorm van ammoniak vervluchtigen en via verbranding van het biogas kunnen worden omgezet in NO_x.

Tussen de co-vergiste en vergiste mest zijn geen noemenswaardige verschillen gemeten in de samenstelling. Een reden hiervoor kan zijn dat de periode tussen de monsternames te gering was waardoor het effect van co-vergisting nog niet geheel uitgewerkt was op de samenstelling van de vergiste mest.

Co-vergisting van herfstgras heeft in deze proef geresulteerd in een afwijkende samenstelling van het digestaat t.o.v. de andere co-producten. Ondanks de meeste toevoeging van droge stof met herfstgras is in het digestaat na co-vergisting van herfstgras het laagste gehalte droge en organische stof gemeten. Dit wijst op een relatief hoge afbraak van organische stof bij co-vergisting van herfstgras. De relatief hoge stikstof- en kaligehaltes in herfstgras resulteerde in hogere concentraties van deze mineralen in het digestaat t.o.v. concentraties in het digestaat na co-vergisting van de andere co-producten.

De relatief lage concentratie fosfaat na co-vergisting van herfstgras (t.o.v. de andere co-producten) is opmerkelijk omdat het fosfaatgehalte in herfstgras relatief hoog is. De meest voor de hand liggende verklaring is dat door het beperkt aantal proefnemingen (2) er geen goed beeld ontstaan is van het werkelijke gehalte.

De andere co-producten geven geen of geringe afwijkingen in de samenstelling van het digestaat. De lage mineralengehaltes in maïsstro komen maar beperkt terug in lage gehalten in het digestaat. Over het algemeen zien we bij maïs, aardappelen en maïsstro geringe verschillen in samenstelling van het digestaat.

4.3 Biogasopbrengsten

De resultaten van dit onderzoek bevestigen het algemene beeld dat co-vergisting de biogasopbrengst verhoogt t.o.v. vergisting van mest alleen.

Op basis van de hier gepresenteerde resultaten kunnen we de volgende kwalitatieve uitspraken doen.

Aardappelen hebben per kg organische stof de hoogste biogasopbrengst van de hier onderzochte co-producten. Samen met snijmaïs zijn de gemeten biogasopbrengsten uit aardappelen op De Marke hoog in vergelijking met waarden uit de literatuur.

Het restproduct maïsstro geeft relatief een hoge biogasopbrengst in vergelijking met snijmaïs. Daarmee lijkt co-vergisting van dit restproduct (van MKS) een interessante optie voor de praktijk. Echter dit product is niet opgenomen in de Positieve Lijst en zoals hierboven beschreven kan de relatief hoge vracht koper per kg fosfaat plaatsing op die lijst belemmeren.

4.4 Conclusies

De resultaten van dit onderzoek bevestigen dat toevoeging van de co-producten snijmaïs, aardappelen en herfstgras aan mest in het vergistingsproces de vracht koper en zink per eenheid fosfaat verdund in digestaat t.o.v. dierlijke mest.

Daarnaast bevestigen de resultaten van dit onderzoek dat co-vergisting de biogasopbrengsten sterk verhoogt t.o.v. vergisting van mest alleen. Aardappelen en snijmaïs geven in dit onderzoek meer biogasopbrengsten dan verwacht mag worden o.b.v. literatuur, waarbij aardappelen het meeste biogas per kg organische stof geven.

Het restproduct maïsstro geeft relatief meer biogas dan snijmaïs. Dit voegt een extra waarde aan dit restproduct toe.

Echter dit onderzoek geeft aan dat toetsing op zware metalen evident is voordat maïsstro en daarmee ook andere onbewerkte agrarische restproducten kunnen worden toegelaten als co-product.

De resultaten van dit onderzoek bevestigen het algemene beeld dat door vergisting de bemestende waarde van vergiste mest verandert t.o.v. verse mest op de volgende punten:

- Minder droge stof en organische stof;
- Relatief meer minerale stikstof en minder organisch gebonden stikstof;
- Lagere C/N quotiënt.

In dit onderzoek constateren we een afname van het totale stikstof en fosfaatgehalte in vergiste mest t.o.v. verse mest wat deels verklaard kan worden door het bijmengen van co-producten en deels waarschijnlijk te wijten is aan gasvormige verliezen van stikstof en bacteriegroei.

Bronnen

Ehlert, P.A.I., P.H. Hotsma & J.W.M. Janssen 2004. Positieve lijst co-vergistingsmaterialen. Alterra en Expertisecentrum LNV, Wageningen/Ede.

Kool A., H. de Boer, H.J. van Dooren, B. van Dun, M. Timmerman en M.J.A. Tijmensen 2005a. Kennisbundeling co-vergisting. CLM i.s.m. Ecofys en P-ASG, Culemborg.

Kool, A., G.J. Hilhorst en D.Z. van de Vegte 2005b. Realisatie van mestvergisting op De Marke. CLM, Culemborg.

Bijlage 1 Zware metalen_____

Tabel B1.1 De gemiddelde, minimale en maximale gehalten zware metalen in co-producten (mg/kg ds).

	koper		zink		cadmium		chrom		nikkel		lood	
	Gem.	Min-max	Gem.	Min-max	Gem.	Min-max	Gem.	Min-max	Gem.	Min-max	Gem.	Min-max
Snijmais	2,7	2,4-2,9	37	28-45	0,11 ^a	0,1-0,11	1,4 ^a	0,5-2,25	1,1 ^a	0,5-1,66	0,4 ^a	0,37-0,5
Gras	10,4	10,2-10,6	45	43-47	0,06 ^b	0,02-0,1	2,8 ^c	nvt	2,0	1,9-2,0	1,7	1,02-2,3
Aardappelen	7,0	5,6-8,3	22	18-26	0,05	0,04-0,05	2,8	2,7-2,9	3,8	1,44-6,13	0,6	0,54-0,64
Maïsstro	7,5	6,0-8,9	32	24-40	0,10 ^b	nvt	1,5	1,0-1,9	5,0 ^b	nvt	5,0 ^b	nvt

^a 1 analyse < detectiegrens, andere analyse > detectiegrens, vermelde waarde is gemiddelde van detectiegrens en analyse > detectiegrens.

^b beide analyses < detectiegrens, vermelde waarde is gemiddelde van detectiegrens.

^c o.b.v. één analyse.

Tabel B1.2 Berekening samenstelling co-vergiste mest bij toevoeging maïsstro.

	Fosfaat (g/kg product)	Koper (mg/kg product)	Aandeel in mengsel bij vracht van 85 kg fosfaat (ton product)	Vracht fosfaat (kg)	Vracht koper (kg) in co-vergist mengsel
Maïsstro	0,6	2,16	17,7	10,6	38,2
Varkensmest (Ehlert e.a. 2004)	4,2	14,2	17,7	74,4	251,3
			34,4	85	289,5

Het mengsel dat wordt vergist heeft een verhouding van 1 : 1 (mest : maïsstro).

Dat betekent 4,8 kg fosfaat in twee ton mengsel. Norm is 85 kg fosfaat, dus 34,4 ton mengsel (17,7 ton van elk product) met een vracht van 289,5 kg koper.

Bijlage 2 Bemestende waarde _____

Tabel B2.1. De samenstelling van de toegevoegde co-producten.

	Droge stof	Organische stof	N totaal	Fosfaat	Kalium	N totaal	Fosfaat	Kalium
	(g/kg product)	(g/kg product)	(g/kg ds)	(g/kg ds)	(g/kg ds)	(g/kg product)	(g/kg product)	(g/kg product)
Snijmais	355	333	11,2	3,9	12,2	4,0	1,4	4,3
Herfstgras	265	173	30,0	8,8	/	8,0	2,3	
Aardappelen	227	207	14,7	5,4	15,6	3,3	1,2	3,5
Maïsstro	288	208	6,9	2,2	16,5	2,0	0,6	4,8

Tabel B2.2. De gemiddelde samenstelling (g/kg product) en standaarddeviatie daarvan van de verse mest en de vergiste mest.

		Droge stof (gr)	Organische stof (gr)	N-tot (gr)	C/N quotiënt	N-NH ₃ (gr)	N-org (gr)	Fosfaat (gr)	Kalium (gr)
Verse mest	gem	93	74	4,3	7,9	1,8	2,6	1,5	5,6
	stdev	7	7	0,3	0,6	0,1	0,2	0,2	0,5
Vergiste mest	gem	54	38	3,9	4,6	2,4	1,5	1,0	5,8
	stdev	10	9	0,2	1,2	0,3	0,4	0,3	0,5
Vergiste mest direct na co-vergisting	gem	52	37	3,8	4,5	2,2	1,6	0,9	5,8
	stdev	9	9	0,3	1,3	0,2	0,4	0,3	0,6
Vergiste mest vier weken na co-vergisting	gem	56	40	3,9	4,8	2,5	1,4	1,1	5,8
	stdev	13	10	0,2	1,3	0,2	0,3	0,3	0,6

Tabel B2.3. De gemiddelde samenstelling (g/kg product) en standaarddeviatie daarvan van het digestaat na co-vergisting van de vier verschillende co-producten (per co-product n=2).

		droge stof (gr)	organische stof (gr)	N-tot (gr)	C/N quotiënt	N-NH3 (gr)	N-org (gr)	fosfaat (gr)	kalium (gr)
Snijmaïs	gem	57	41	3,8	5,0	2,3	1,5	1,0	5,6
	stdev	18	15	0,5	1,4	0,0	0,4	0,4	0,0
Herfstgras	gem	42	28	4,0	3,0	2,6	1,4	0,7	6,6
	stdev	4	1	0,2	0,0	0,3	0,5	0,0	0,0
Aardappelen	gem	56	41	4,0	5,0	2,2	1,8	1,3	5,7
	stdev	1	1	0,1	0,0	0,4	0,5	0,0	0,0
Maïsstro	gem	60	45	3,7	5,5	2,3	1,4	1,1	5,3
	stdev	3	4	0,0	0,7	0,0	0,0	0,1	0,0