

Levenscyclusanalyse meststoffen bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw



bioKennis →



WAGENINGENUR
For quality of life

LCA meststoffen

Levenscyclusanalyse van vaste rundermest, runderdrijfmest, digestaat, GFT-compost en kunstmest bij gebruik in de biologische en gangbare landbouw

ir. P.H.M. Dekker, dr.ir. E.S.C. Stilma, ing. W.C.A. van Geel en
ir. A. Kool (Blonk Milieu Advies)

© 2009 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving 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, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving.

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het kader van het LNV-programma Beleidsondersteunend Onderzoek cluster Biologische Landbouw,
Thema Energie en broeikasgassen (BO-04-008)
Thema Bodemvruchtbaarheid (BO-04-010)



landbouw, natuur en
voedselkwaliteit

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit
Postbus 20401
2500 EK Den Haag

PPO-projectnummer: 3250109708

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Businessunit Akkerbouw, Groente Ruimte en Vollegrondsgroente

Adres : Edelhertweg 1, Lelystad

: Postbus 430, 8200 AK Lelystad

Tel. : 0320 - 291111

Fax : 0320 - 230479

E-mail : infoagv.ppo@wur.nl

Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

pagina

VERKORTE SAMENVATTING.....	6
SUMMARY.....	6
UITGEBREIDE SAMENVATTING.....	7
1 INLEIDING.....	17
2 DUURZAAMHEIDASPECTEN MESTSTOFFEN.....	23
2.1 Beoordeling milieukengetallen per ton meststof.....	23
2.1.1 Energieverbruik.....	23
2.1.2 Emissies broeikasgassen.....	24
2.1.3 Ammoniakemissie.....	24
2.1.4 Nitraatuitspoeling.....	24
2.1.5 Transportafstand.....	25
2.2 Beoordeling milieukengetallen per kg N-totaal in de meststof.....	26
2.2.1 Energieverbruik.....	26
2.2.2 Emissies broeikasgassen.....	26
2.2.3 Ammoniakemissie.....	26
2.2.4 Nitraatuitspoeling.....	26
2.2.5 Transportafstand.....	26
2.3 Zware metalen.....	27
2.4 Uitputting van abiotische grondstoffen.....	28
2.5 Geur/stank.....	28
2.6 Risico overdracht plantenziekten en onkruidzaden.....	29
2.7 Opbrengst en kwaliteit van de gewassen.....	29
2.8 Bodemkwaliteit.....	30
2.8.1 Bodemfysische eigenschappen.....	30
2.8.2 Bodemchemische eigenschappen.....	31
2.8.3 Bodembiologische eigenschappen.....	32
2.9 Organisch stofgehalte van de bodem en koolstofvastlegging.....	32
3 RESULTATEN BEMESTINGSSCENARIO'S.....	35
3.1 Gangbaar bedrijfssysteem.....	35
3.1.1 Bemestingsstrategie gebaseerd op bemesting met kunstmest.....	35
3.1.2 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van vaste rundermest.....	36
3.1.3 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van runderdrijfmest.....	36
3.1.4 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van digestaat.....	36
3.1.5 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van effluent van gescheiden digestaat.....	36
3.1.6 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van dikke fractie van gescheiden digestaat.....	37
3.1.7 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van GFT-compost.....	37
3.1.8 Samenvattend gangbaar bedrijfssysteem.....	37
3.2 Biologisch bedrijfssysteem.....	38
3.2.1 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van vaste rundermest.....	38
3.2.2 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van runderdrijfmest.....	39
3.2.3 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van digestaat.....	39
3.2.4 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van effluent van gescheiden digestaat.....	39

3.2.5	Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van dikke fractie van gescheiden digestaat	40
3.2.6	Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van GFT-compost.....	40
3.2.7	Samenvattend biologisch bedrijfssysteem.....	40
4	BEOORDELING MILIEUKUNDIG PER HA	42
4.1	Energieverbruik en emissie van broeikasgassen.....	42
4.2	Ammoniakemissie en nitraatuitspoeling.....	42
4.3	Organische stof en koolstofvastlegging	44
4.4	Besparing gebruik kunstmest in gangbaar bedrijfssysteem	45
5	GFT-COMPOST	46
5.1	Inleiding	46
5.2	Energieverbruik	47
5.2.1	Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer.....	47
5.2.2	Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker.....	48
5.3	Emissies broeikasgassen	49
5.3.1	Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer	49
5.3.2	Fase 2. Emissies op de akker	50
6	VASTE RUNDERMEST.....	51
6.1	Inleiding	51
6.2	Energieverbruik	51
6.2.1	Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer.....	51
6.2.2	Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker.....	52
6.3	Emissies broeikasgassen	53
6.3.1	Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer	53
6.3.2	Fase 2. Emissies op de akker	53
7	RUNDERDRIJFMEST	55
7.1	Inleiding	55
7.2	Energieverbruik	55
7.2.1	Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer.....	55
7.2.2	Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker.....	56
7.3	Emissies broeikasgassen	56
7.3.1	Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer	56
7.3.2	Fase 2. Emissies op de akker	57
8	DIGESTAAT	58
8.1	Inleiding	58
8.2	De vergisting.....	59
8.3	Scheiden van digestaat	61
8.4	Energieverbruik	61
8.4.1	Fase 0. Energieverbruik tijdens productieproces	61
8.4.2	Fase 1. Energieverbruik tijdens opslag en transport naar de akkerbouwer.....	62
8.4.3	Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker.....	63
8.5	Emissies broeikasgassen	64
8.5.1	Fase 0. Emissies tijdens productieproces	64
8.5.2	Fase 1. Emissies tijdens opslag en transport naar de akkerbouwer.....	65
8.5.3	Fase 2. Emissies op de akker	65
9	VINASSE KALI.....	69
9.1	Energieverbruik	69
9.1.1	Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer.....	69
9.1.2	Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker.....	69

9.2	Emissies broeikasgassen	70
9.2.1	Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer	70
9.2.2	Fase 2. Emissies op de akker	71
10	KUNSTMEST	72
10.1	Inleiding.....	72
10.2	Energieverbruik en emissies broeikasgassen.....	72
10.2.1	Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer	72
10.2.2	Fase 2. Energie tijdens toediening op de akker	73
10.2.3	Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer	74
10.2.4	Fase 2. Emissies op de akker.....	75
11	ENERGIEVERBRUIK, GASVORMIGE EMISSIES EN NITRAATUITSCOELING OP DE AKKER	78
11.1	Inleiding.....	78
11.1.1	Directe emissie lachgas:.....	79
11.1.2	Directe emissie ammoniak:	79
11.1.3	Uitspoeling nitraat:	79
11.1.4	Indirecte emissie lachgas uit ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling	80
12	CONCLUSIES	81
12.1	Vergelijking per ton meststof.....	81
12.2	Vergelijking per kg N-totaal in de meststof.....	81
12.3	Bemestingsstrategieën in biologisch bedrijfssysteem.....	82
12.4	Bemestingsstrategieën in gangbaar bedrijfssysteem.....	83
12.5	Totaal indruk.....	84
13	LITERATUUR	85

BIJLAGE 1 Kengetallen voor de berekeningen

Verkorte samenvatting

Door PPO is een levenscyclusanalyse uitgevoerd van vaste rundermest, runderdrijfmest, digestaat, effluent en dikke fractie van gescheiden digestaat, GFT-compost en kunstmest (kalkammonsalpeter, Tripelsuperfosfaat en Kali 60), waarbij de mestproducten met elkaar zijn vergeleken in de fase van productie van de meststof en het transport naar de akkerbouwer (fase 1) en in de fase van toepassing op de akker (fase 2). Bij digestaat is de fase van biogasproductie apart beoordeeld (fase 0).

Vergeleken zijn het energieverbruik, de broeikasgasemissie, ammoniakemissie en nitraatuitspoeling in een vergelijking per ton meststof, per kilogram stikstof en toegepast in een bemestingsstrategie in bedrijfsverband in een biologisch en gangbaar bedrijfssysteem. Behalve de milieukundige aspecten is ook de landbouwkundige waarde van de meststoffen beoordeeld; de bijdrage die de meststoffen leveren aan de directe voeding van het gewas, aan het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid en het vergroten van de oogstzekerheid.

Een totaal indruk van de meststoffen is niet in een paar woorden te geven. De resultaten worden enerzijds sterk bepaald door de afbakening die wordt gehanteerd en anderzijds is het moeilijk om ongelijksoortige factoren met elkaar te vergelijken. Het eindoordeel hangt sterk af van de zwaarte die aan de factoren gegeven wordt en het hangt ervan af of de meststoffen beoordeeld worden per ton meststof, per kg N of toegepast in een bemestingsstrategie in bedrijfsverband. Bovendien is het afhankelijk van de fase die beoordeeld wordt; de productiefase van de meststof, de toepassingsfase op de akker of getotaliseerd voor beide fasen. Door de uitsplitsing in drie fasen (fase 0 voor vergisting, fase 1 voor de productiefase van de meststof en fase 2 voor de toepassing op de akker) biedt dit rapport interessante informatie voor telers, bestuurders en beleidsmakers.

Summary

Through PPO a life cycle analysis has been carried out to compare with each other solid manure of cows, slurry of cows, digestate, effluent and solid fraction of separated digestate, GFT-compost and fertilizers (CAN, Triple super phosphate and K60) in the phase of production of the manure and transport to the farmer (phase 1) and the phase of application at the field (phase 2). With digestate the phase of biogas production is evaluated in a phase 0. Evaluated are energy use, emission of ammonia, greenhousegas and nitrate in a comparison per ton manure, per kg nitrogen and applicated in a fertiliser strategy at farm level for a conventional and an organic farm. Besides environmental aspects also the agricultural value of the manures is evaluated; the contribution of the manures to the direct nutrition of the crop, to keep the soil fertility up to the mark and to enlarge the stability of the yield.

It is impossible to evaluate the manures in short words. The results are dependant of the definitions that are used and it is impossible to compare unequal parameters. The result of the evaluation depends of the weight given to the parameters. Besides that the result is dependant of the phase that is evaluated and the parameter in which the results are expressed (per ton manure, per kg nitrogen or applicated in a fertiliser strategy at farm level for a conventional and an organic farm). The report contains interesting information for growers, managers and authorities.

Uitgebreide samenvatting

Door PPO is een levenscyclusanalyse (LCA) uitgevoerd van vaste rundermest, runderdrijfmest, digestaat, effluent en dikke fractie van gescheiden digestaat, GFT-compost en kunstmest (kalkammonsalpeter, Tripelsuperfosfaat en Kali 60), waarbij de mestproducten met elkaar zijn vergeleken in de fase van productie van de meststof en het transport naar de akkerbouwer (fase 1) en in de fase van toepassing op de akker (fase 2). Vergeleken zijn het energieverbruik, de broeikasgasemissie, ammoniakemissie en nitraatuitspoeling in een vergelijking per ton meststof, per kilogram stikstof en toegepast in een bemestingsstrategie in bedrijfsverband. Behalve de milieukundige aspecten is ook de landbouwkundige waarde van de meststoffen beoordeeld; de bijdrage die de meststoffen leveren aan de directe voeding van het gewas, aan het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid en het vergroten van de oogstzekerheid.

De studie heeft zich alleen gericht op de bemesting; andere aspecten die samen hangen met de teelt zoals opkweek van uitgangsmateriaal, gewasbescherming, berekening etc. zijn niet in de analyse betrokken. Bij de toepassing op de akker kent iedere meststof een eigen dosering die wordt gebruikt; de verschillen in kengetallen per ton meststof zijn daardoor niet rechtlijnig door te trekken naar gebruik per ha. Daarom is voor zowel een gangbaar bedrijfssysteem als voor een biologisch bedrijfssysteem doorgerekend wat het effect van toepassing van meststoffen is in bedrijfsverband. Verschillende bemestingsstrategieën zijn opgesteld voor een 50 ha groot akkerbouwbedrijf op kleigrond. Voor het gangbare bedrijfssysteem is uitgegaan van een 1 op 4 bouwplan en voor het biologische bedrijfssysteem van een 1 op 6 bouwplan. Voor beide bedrijfssystemen zijn bemestingsstrategieën gemaakt, waarbij één van de meststoffen de basis vormde en de andere meststoffen complementair zijn gebruikt om aan de bemestingsbehoefte te voldoen. In het biologisch bedrijfssysteem is vinasse kali als hulpmeststof gebruikt.

De uitkomsten van een LCA hangen sterk af van de afbakening. Waar begint en eindigt de cyclus en welke stappen in de cyclus en in welke mate worden deze toegekend aan het product. De keuze voor de afbakening hangt af van de context waarin de LCA wordt uitgevoerd. In deze studie is een vergelijking gemaakt tussen verschillende meststoffen. De keuze voor de afbakening moet voor alle meststoffen gelijk zijn. GFT-afval is een afvalproduct van de huishoudens en de benodigde energie en emissies voor de productie van het afval zijn niet meegerekend. Aangezien dierlijke mest een afvalproduct is van een productie gericht op het voortbrengen van melk en vlees is voor de productie van mest ook geen energie en broeikasgasemissies toegerekend. Voor de biologische sector zou productie van mest ook als een productiedoel beschouwd kunnen worden, maar daar is in deze studie niet voor gekozen. Een gedeelte van het stro in vaste rundermest is overigens wel meegerekend in de LCA, omdat deze voor een gedeelte ten behoeve van de mestproductie wordt toegevoegd. Verder is in dit rapport de energieproductie bij de vergisting van mest en co-producten niet toegerekend aan het gebruik van digestaat, maar aan het biogas. De biogasproductie is een zelfstandig productiedoel, los van de productie van digestaat. Mestvergisting en biogasproductie zijn wel uitgewerkt in dit rapport. Kunstmest is geen afvalstof en de productie van kunstmest is daarom wel meegenomen in de analyse. Met betrekking tot de afbakening van toegekende energie aan stappen in de cyclus is alleen het elektriciteits- en brandstofverbruik en de energie voor de productie van de transportmiddelen, werktuigen en installaties meegerekend; niet de productie van de fabriek zelf waar ze worden gemaakt.

Resultaten

In de studie zijn milieu- en landbouwkundige factoren beoordeeld. Sommige factoren zijn berekend, zoals energie, emissies, uitspoeling, verandering organisch stofgehalte van de bodem en andere factoren zijn kwalitatief beschreven. De milieukengetallen energieverbruik, emissies en uitspoeling zijn berekend aan de hand van de samenstelling van de meststof. Wat betreft de nitraatuitspoeling en de bijdrage aan de organische stofvoorziening is een periode van 10 jaar beoordeeld, waarin de betreffende bemestingsstrategie 10 jaar onveranderd is toegepast. In de tabellen 1 t/m 4 van de samenvatting is een overzicht gegeven van de beoordelingen. Het betreft een beoordeling van milieu- en landbouwkundige aspecten:

- A. per ton product
- B. per kg N-totaal in de meststof
- C. in een bemestingsstrategie binnen een biologisch en binnen een gangbaar bedrijfssysteem
- D. van overige milieu- en landbouwkundige aspecten

A. Beoordeling per ton meststof

Energie

Uitgedrukt per ton meststof is de hoeveelheid benodigde energie voor de productie en het transport van kunstmest (KAS, TSP en K 60) veel hoger dan die voor de productie van de andere meststoffen (100 á 500 keer meer). Binnen de organische meststoffen kost de productie en het transport van GFT-compost 16x meer energie dan de productie van de andere meststoffen. Grootste oorzaak voor dit verschil is dat er aan runderdrijfmest, vaste rundermest en digestaat geen productieproces is toegekend en de transportafstanden klein zijn. De hoeveelheid benodigde energie op de akker (fase 2) is laag en is voor de meststoffen redelijk aan elkaar gelijk.

Emissie van broeikasgassen

Uitgedrukt per ton meststof is de uitstoot van CO₂ sterk gekoppeld aan het energieverbruik. Los daarvan staan de emissies van lachgas en methaan en de indirecte lachgasvorming uit ammoniak en nitraat. In fase 1 is de emissie bij de kunstmestsoorten verreweg het hoogst. Vanwege het hoge stikstofgehalte is ook in fase 2 de emissie bij KAS (uitgedrukt per ton meststof) verreweg het hoogst.

Nitraatuitspoeling

Bij de beoordeling van de nitraatuitspoeling zijn twee sporen bewandeld. Bij de beoordeling per ton meststof en per kg N-totaal in de meststof is de nitraatuitspoeling op lange termijn beoordeeld bij eenmalig gebruik van de meststof. Bij de beoordeling van de bemestingsstrategieën in bedrijfsverband is de analyse uitgevoerd voor een gemiddelde nitraatuitspoeling per jaar waarin de betreffende bemestingsstrategie 10 jaar lang is aangehouden. De eerste beoordeling beschrijft de potentiële nitraatuitspoeling als alle organisch gebonden stikstof van de betreffende meststof door mineralisatie is vrijgekomen, waarbij met de bemesting geen rekening wordt gehouden met de stikstofnalevering in de volgende jaren. De tweede beoordeling is gericht op een bemestingsstrategie met meerdere meststoffen, waarbij met de bemesting wel rekening is gehouden met de nalevering van stikstof in de daaropvolgende jaren. Nitraatuitspoeling speelt alleen in de toepassingsfase van de meststoffen op de akker (fase 2).

Uitgedrukt per ton meststof is de nitraatuitspoeling op lange termijn verreweg het hoogst bij gebruik van KAS (197 kg NO₃/ton KAS) en bij de stikstofhoudende meststoffen het laagst bij het effluent van gescheiden digestaat (3,1 kg NO₃/ton product).

Emissie van ammoniak

Uitgedrukt per ton meststof is de uitstoot van ammoniak in fase 1 het hoogst bij de productie van de dikke fractie van gescheiden digestaat en bij die van de vaste rundermest. In fase 2 is de emissie verreweg het hoogst bij gebruik van KAS.

Transportafstand op de weg

In deze studie is voor transport op de weg de grootste afstand aangehouden voor de productie van GFT-compost (223 km per 35 ton) en de kleinste afstand voor vaste rundermest (20 km per 35 ton).

Toediening van organische stof

Uitgedrukt per ton meststof wordt met de dikke fractie van gescheiden digestaat en met GFT-compost de grootste hoeveelheid organische stof toegediend; resp. 211 en 190 kg per ton. Bij gebruik van KAS is dit 0 kg.

De organische stofaanvoer heeft een groot effect op bodemfysische, -chemische en -biologische aspecten. Deze effecten zijn moeilijk te kwantificeren. Gebruik van GFT-compost kan een opbrengstverhoging van de producten tot gevolg hebben. GFT-compost verhoogt het bufferend vermogen van de grond tegen ongewenste situaties.

Tabel 1-samenvatting. Kengetallen per ton meststof.

Samenvatting van de milieu- en landbouwkundige kengetallen voor de verschillende meststoffen uitgedrukt per ton meststof. Fase 1 zijn berekeningen tijdens het productieproces van de meststof en het transport naar de akkerbouwer. Fase 2 zijn berekeningen op de akker voor zover het de bemesting betreft. Fase 0 betreft de mestvergisting gericht op de productie van biogas.

	Fase	GFT-compost	Vaste rundvee mest	Runderdrijfmest	Digestaat	digestaat-effluent	digestaat-dikke fractie	KAS	TSP	K60
Energieverbruik (MJ/ton)	0	0	0	0	-461	-461	-461	0	0	0
	1	820	46	22	22	22	22	11353	2459	3547
	2	37	37	27	27	27	37	300	599	342
Emissie broeikasgassen (kg CO ₂ -eq/ton)	0	0	0	0	-59	-59	-59	0	0	0
	1	113	93	56	49	49	92	806	247	353
	2	51	67	45	39	32	69	1442	43	25
Nitraatuitspoeling (kg NO ₃ /ton)	2	9.9	7	4.1	4.2	3.1	8.6	197	0	0
Ammoniakemissie (kg NH ₃ /ton)	1	0.07	0.85	0.11	0.12	0.1	1.06	0	0	0
	2	0.17	0.25	0.27	0.38	0.37	0.65	9.84	0	0.00
Transportafstand (km) per 35 ton	1	223	20	50	80	80	80	150	150	150
Org stof afbreekbaar 1e jaar kg/ton	2	48	45	19	34	17	103	0	0	0
Org stof langzaam afbreekbaar kg/ton	2	143	105	45	35	17	108	0	0	0
Organische stofopbouw	2	++	++	0+	0+	0+	++	0	0	0
Bodemfysisch	2	++	++	0+	0+	0+	+	0	0	0
Bodemchemisch	2	+	+	++	++	++	+	++	++	++
Waterbergendvermogen	2	++	++	0+	0+	0+	+	0	0	0
Bodemstructuur	2	++	++	0+	0+	0+	+	0	0	0
Bemestende waarde	2	0+	+	++	++	++	+	+++	+++	+++
Opbrengstverhoging	2	0+	0+	0	0	0	0	0	0	0
Geur/stank	2	+	+	+++	+	+	+	-	-	-
Uitputting abiotische grondstoffen	2	-	-	-	-	-	-	-	+++	+

relatieve waardering		
ongunstig		0
↑		0+
		+
↓		++
gunstig		+++

B. Beoordeling per kg N-totaal in de meststof

Energie

Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof kost de productie van GFT-compost de meeste energie en komt het energieverbruik van Kas op de tweede plaats. De hoeveelheid benodigde energie op de akker (fase 2) is laag en is redelijk gelijk tussen de meststoffen. Die van het effluent van gescheiden digestaat is daarbij het hoogst.

Emissie van broeikasgassen

Uitgedrukt per kg N-totaal is in fase 1 de broeikasgasemissie bij de productie van KAS het laagst en die van vaste rundermest het hoogst. Ook in fase 2 is de emissie bij gebruik van KAS het laagst en is die van vaste rundermest het hoogst.

Nitraatuitspoeling

Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof varieert de nitraatuitspoeling van 0,7 kg NO₃ bij KAS tot 1,2 kg NO₃ bij GFT-compost. Naarmate het percentage minerale stikstof in de meststof lager is, is de nitraatuitspoeling hoger. In deze beoordeling is nog geen rekening gehouden met de meerjarige toepassing in bedrijfsverband.

Emissie van ammoniak

Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof is de ammoniakemissie in fase 1 het hoogst bij de productie van vaste rundermest en die van de dikke fractie van gescheiden digestaat. In fase 2 is de emissie het hoogst bij gebruik van het effluent van gescheiden digestaat en bij die van ongescheiden digestaat. In beide fasen is de ammoniakemissie bij het gebruik van GFT-compost en het gebruik van KAS erg laag.

Transportafstand op de weg

Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof is de transportafstand op de weg bij GFT-compost het hoogst (25,9 km) en is deze het laagst bij KAS (0,6 km).

Toediening van organische stof

Uitgedrukt per kg N-totaal varieert de toediening van organische stof van 24,2 kg bij de dikke fractie van gescheiden digestaat en 22,1 kg bij GFT-compost tot een waarde van 0 kg bij KAS. De organische stofaanvoer heeft een groot effect op bodemfysische, -chemische en -biologische aspecten. Deze effecten zijn moeilijk te kwantificeren. Gebruik van GFT-compost kan een opbengstverhoging van de producten tot gevolg hebben. GFT-compost verhoogt het bufferend vermogen van de grond tegen ongewenste situaties.

Eerstejaarswerking van stikstof

De eerstejaars stikstofwerking wordt sterk bepaald door het percentage minerale stikstof. Bij KAS is het 100%, bij het effluent van gescheiden digestaat 78% en het loopt terug tot 9% bij GFT-compost.

Tabel 2-samenvatting. Kengetallen uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof.

Samenvatting van de milieu- en landbouwkundige kengetallen voor de verschillende meststoffen uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof. Fase 1 zijn berekeningen tijdens het productieproces van de meststof en het transport naar de akkerbouwer. Fase 2 zijn berekeningen op de akker voor zover het de bemesting betreft. Fase 0 betreft de mestvergisting gericht op de productie van biogas.

	Fase	GFT-compost	Vaste rundermest	Rundvee drijfmest	Digestaat	Digestaat effluent	Digestaat dikke fractie	KAS
Energie (MJ/kg N)	0	0	0	0	-94.1	-115.3	-53	0
	1	95.3	7.3	5	4.5	5.5	2.5	42
	2	4.3	5.8	6.1	5.5	6.8	4.3	1.1
Emissie (kg CO ₂ -eq/kg N)	0	0	0	0	-12	-14.8	-6.8	0
	1	13.1	14.5	12.7	10	12.3	10.6	3
	2	5.8	10.5	10.2	8	8	7.9	5.3
Nitraatuitspoeling (kg NO ₃ /kg N) potentie op lange termijn	2	1.2	1.1	0.9	0.9	0.8	1	0.7
Ammoniakemissie (kg NH ₃ /kg N)	1	0.01	0.13	0.03	0.02	0.03	0.12	0
	2	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	0.07	0.04
Transportafstand (km/kg N) per 35 ton	1	25.9	3.1	11.4	16.3	20	9.2	0.6
Org. stof afbreekbaar 1e jaar (kg/kg N)	2	5.6	7	4.3	6.9	4.3	11.8	0
Org. stof langzaam afbreekbaar (kg/kg N)	2	16.5	16.4	10.2	7.1	4.3	12.4	0

relatieve waardering		
ongunstig		0
↑		0+
		+
↓		++
gunstig		+++

C1. Beoordeling bemestingsstrategieën in biologisch bedrijfssysteem

In het biologisch bedrijfssysteem zijn de meststoffen beoordeeld in een bemestingsstrategie die gebaseerd is op de betreffende meststof. De meststof waarop de strategie is gebaseerd, wordt altijd in combinatie met andere meststoffen gebruikt. De resultaten van de bemestingsstrategieën kunnen alleen binnen het biologisch systeem met elkaar worden vergeleken en niet met die van het gangbare bedrijfssysteem. In tabel 3-samenvatting zijn de resultaten weergegeven. De eerst genoemde meststof geeft weer op welke meststof de bemestingsstrategie is gebaseerd. In het biologisch bedrijfssysteem wordt geen kunstmest gebruikt. In alle strategieën is vinasse kali (VK) als hulpmeststof gebruikt om de bemesting te

complementeren.

De bemestingsstrategie gebaseerd op vaste rundermest is als referentie gebruikt om de verschillen in nitraatuitspoeling en verandering van het organisch stofgehalte van de bodem in uit te kunnen drukken. De werkelijke nitraatuitspoeling en het werkelijk organisch stofgehalte van de bodem is niet te geven, die zijn perceelsspecifiek.

Energie

De strategie gebaseerd op GFT-compost (strategie 6) heeft per ha in fase 1 verreweg het hoogste energieverbruik. In fase 2 zijn de verschillen tussen de bemestingsstrategieën klein.

Emissie van broeikasgassen

De strategie gebaseerd op dikke fractie van gescheiden digestaat (strategie 5) heeft in fase 1 de hoogste emissie van broeikasgassen. In strategie 3 (gebaseerd op ongescheiden digestaat) is de emissie het laagst. Dit geldt ook voor fase 2, bij de toepassing op de akker.

Bij beoordeling over een periode van 10 jaar neemt het organisch stofgehalte van de bodem in de bemestingsstrategie gebaseerd op GFT-compost toe ten opzichte van de referentie gebaseerd op vaste mest. Wanneer dit wordt verdisconteerd met de CO₂-emissie dan is de CO₂-emissie in de strategie gebaseerd op GFT-compost 400 CO₂-eq per ha lager.

Emissie van ammoniak

De strategie gebaseerd op dikke fractie van gescheiden digestaat (strategie 5) heeft zowel in fase 1 als in fase 2 de hoogste emissie van ammoniak per ha; in totaal 23 kg NH₃ per ha. In fase 1 is de ammoniakemissie van de strategie gebaseerd op GFT-compost (strategie 6) het laagst en in fase 2 is de emissie het laagst bij strategie 1 en meteen gevolgd door strategie 6.

Nitraatuitspoeling

De nitraatuitspoeling in strategie 1 (gebaseerd op vaste rundermest) is als referentie gebruikt en is daarbij op 0 gesteld. In bemestingsstrategie 5 en 6 is de nitraatuitspoeling hoger dan die van de referentie en in de strategieën 2, 3 en 4 is deze lager. De verschillen worden veroorzaakt door de verhouding minerale stikstof en organisch gebonden stikstof in de meststof, de mineralisatiesnelheid van de stikstof uit de organisch gebonden stikstof en de totale hoeveelheid stikstof die met de meststoffen wordt gegeven. In de berekening is geen rekening gehouden met de eventuele aanpassing van de bemesting om in te spelen op de meerjarige werking van de meststoffen en op eventuele aanpassing in het bouwplan om de N-opname te verhogen. Door in het aangehouden bouwplan ook een groenbemester na de consumptieaardappelen aan te houden, kan de nitraatuitspoeling verder worden beperkt. Deze maatregelen hebben echter geen invloed op de rangvolgorde van de bemestingsstrategieën ten opzichte van de referentie.

Uitgaande van een neerslagoverschot van 333 mm per jaar betekent iedere uitspoeling van 3 kg NO₃ per ha een verhoging van het nitraatgehalte in het grondwater van 1 mg/liter.

Transportafstand op de weg

De strategie gebaseerd op gebruik van GFT-compost kent uitgedrukt per ha de grootste transportafstand op de weg (72 km/35 ton) en die gebaseerd op vaste rundermest de kleinste afstand (19 km/35 ton).

Toediening van organische stof

In bemestingsstrategie 5 gebaseerd op de dikke fractie van gescheiden digestaat wordt met de meststoffen de meeste organische stof aangevoerd (3175 kg/ha) en in bemestingsstrategie 3 is de aanvoer het laagst (1826 kg/ha). Beoordeeld naar hoeveelheid effectieve organische stof (1 jaar na toediening nog aanwezig) zijn strategie 5 en strategie 3 ook het hoogst en het laagst. Beoordeeld na 10 jaar toepassing van de strategie verandert dit beeld. Uitgedrukt in verschil met de referentie (strategie 1) is het organisch stofgehalte van de bodem bij strategie 6 toegenomen (+ 0,06 procentpunt) en die van de andere strategieën afgenomen. In strategie 3 (gebaseerd op digestaat) is deze wijziging tov de referentie het grootst (- 0,06 procentpunt).

Tabel 3-samenvatting. Kengetallen uitgedrukt per ha in biologisch bedrijfssysteem. Samenvatting van de milieu- en landbouwkundige kengetallen voor de verschillende meststoffen uitgedrukt per ha. Fase 1 zijn berekeningen tijdens het productieproces van de meststof en het transport naar de akkerbouwer. Fase 2 zijn berekeningen op de akker voor zover het de bemesting betreft.

	Fase	Bemestingsstrategie					
		1	2	3	4	5	6
		VRM RDF VK	RDF VRM VK	Dig VRM VK	Dig eff VRM VK	Dig dik RDM VK	GFT comp RDM VK
Energie (MJ)	1	667	632	578	730	593	6891
	2	664	687	613	711	826	766
Emissie CO ₂ -eq (CO ₂ -eq)	1	1326	1415	1201	1468	1812	1577
	2	1104	1153	944	1066	1440	1107
Nitraatuitspoeling tov strategie 1 in kg NO ₃ /ha/jaar (10 jarige-periode)		0	-4	-2	-1	34	23
Ammoniakemissie (NH ₃)	1	9	6	6	10	12	2
	2	4	6	7	7	11	5
Transportafstand (km) per 35 ton	1	19	28	38	32	46	72
Org. stof aanvoer (kg/ha/jaar)	2	2153	1920	1826	1956	3175	2575
Effectieve organische stof kg/ha/jaar	2	1384	1295	1057	1249	1797	1706
Verandering organisch stofgehalte tov strategie 1 na 10 jaar dezelfde strategie in %-punt	2	0	-0,01	-0,06	-0,02	-0,03	+0,06

VRM = vaste rundermest
RDM = runderdrijfmest
VK = vinassekali
GFT com = GFT-compost

relatieve waardering		
ongunstig		0
↑		0+
		+
↓		++
gunstig		+++

Vastlegging van koolstof in de bodem

Vastlegging van koolstof door opbouw van het organisch stofgehalte van de bodem speelt alleen in fase 2. Bij een jaarlijkse toepassing van de gedefinieerde bemestingsstrategieën verschillen ze van elkaar in het organisch stofgehalte van de bodem. In de strategie gebaseerd op GFT-compost is na 10 jaar het organisch stofgehalte 0,06 procentpunt hoger dan die op basis van vaste rundermest en is die van de andere meststoffen iets lager dan die van vaste rundermest. Gemiddeld per ha per jaar is er in de strategie gebaseerd op GFT-compost dan 439 kg CO₂ meer vastgelegd dan in die van de referentie. Deze koolstofvastlegging kan afgetrokken worden van de emissie van broeikasgassen, zoals die in tabel 3-samenvatting is weergegeven. Gesommeerd over fase 1 en 2 en rekening houdend met de koolstofvastlegging is de emissie van de strategie gebaseerd op GFT-compost dan niet 254CO₂-eq (2684 minus 2430) hoger dan die gebaseerd op vaste mest, maar 185 CO₂-eq (254 minus 439) lager dan die in de strategie gebaseerd op vaste mest. Daar staat tegenover dat in de strategie gebaseerd op digestaat de CO₂-emissie ten opzichte van die van de strategie gebaseerd op vast mest 439 kg/ha hoger uitvalt.

C2. Beoordeling bemestingsstrategieën in gangbaar bedrijfssysteem

In het gangbaar bedrijfssysteem zijn de meststoffen beoordeeld in een bemestingsstrategie die gebaseerd is op de betreffende meststof. De meststof wordt altijd in combinatie met kunstmest (KM) gebruikt. In strategie 1 wordt alleen kunstmest gebruikt. Strategie 1 is als referentie gebruikt om de verschillen in nitraatuitspoeling en de verandering van het organisch stofgehalte van de bodem in uit te kunnen drukken. In tabel 4-samenvatting zijn de resultaten weergegeven.

Energie

In bemestingsstrategie 6 (gebaseerd op GFT-compost en kunstmest) is in het gangbare bedrijfssysteem het energieverbruik in fase 1 verreweg het hoogst. Dit wordt veroorzaakt door het relatief hoge energieverbruik voor de productie van GFT-compost en de hoge aanvulling met kunstmest. In fase 2 is de energiebehoefte van alle bemestingsstrategieën hoger dan die van strategie 1, maar zijn de onderlinge verschillen tussen de organische mestproducten niet opvallend groot. Gesommeerd over beide fasen is het energieverbruik het laagst bij strategie 4, gebaseerd op ongescheiden digestaat.

In fase 0 wordt bij digestaat door de productie van biogas energie geleverd. Deze energielevering en het vermeden gebruik van fossiele brandstof is niet toegerekend aan het digestaat. Productie van biogas is een op zichzelf staand productiedoel.

Emissie van broeikasgassen

De strategie gebaseerd op GFT-compost heeft in fase 1 de hoogste emissie van broeikasgassen uitgedrukt per ha, meteen gevolgd door de strategie gebaseerd op runderdrijfmest. In fase 1 is de emissie per ha het laagst in strategie 1. In fase 2 is de emissie per ha het hoogst bij de strategie met runderdrijfmest en het laagst bij die volledig gebaseerd op kunstmest (strategie 1). Gesommeerd over beide fasen is de emissie van broeikasgassen het hoogst in de strategie met GFT-compost en het laagst bij die gebaseerd op alleen gebruik van kunstmest.

In fase 0 wordt bij digestaat door de productie van biogas energie geleverd. De emissie van broeikasgassen is niet toegerekend aan het digestaat. Productie van biogas is een op zichzelf staand productiedoel.

Bij beoordeling over een periode van 10 jaar neemt het organisch stofgehalte van de bodem bij toepassing van GFT toe ten opzichte van alleen kunstmestgebruik. Wanneer dit wordt verdisconteerd met de CO₂ emissie dan halveert de CO₂-emissie van de strategie gebaseerd op GFT-compost.

Emissie van ammoniak

In fase 1 is de ammoniakemissie het hoogst bij de strategie gebaseerd op vaste rundermest, meteen gevolgd door die gebaseerd op de dikke fractie van gescheiden digestaat. De emissie is 0 bij de strategie gebaseerd op kunstmest. In fase 2 is de ammoniakemissie het hoogst in de strategie gebaseerd op het effluent van gescheiden digestaat en is het laagst in de strategie gebaseerd op alleen het gebruik van kunstmest.

Nitraatuitspoeling

De nitraatuitspoeling in strategie 1 (gebaseerd op volledig kunstmestgebruik) is als referentie gebruikt en is daarbij op 0 gesteld. De uitspoeling van nitraat is het laagst bij strategie 1 en het hoogst bij strategie 7 (gebaseerd op GFT-compost). De verschillen in nitraatuitspoeling worden veroorzaakt door de verhouding minerale stikstof en organisch gebonden stikstof in de meststof, de mineralisatiesnelheid van de organisch gebonden stikstof en de totale hoeveelheid stikstof die gegeven wordt. In de gehanteerde berekeningswijze is geen rekening gehouden met een eventuele aanpassing in de bemesting om in te spelen op de meerjarige werking van de meststoffen en op het 'de winter overtillen van stikstof' door de groenbemesters. De rangvolgorde tussen de bemestingsstrategieën verandert daardoor niet, wel zijn de verschillen dan iets minder groot.

Uitgaande van een neerslagoverschot van 333 mm per jaar betekent iedere uitspoeling van 3 kg NO₃ per ha een verhoging van het nitraatgehalte in het grondwater van 1 mg/liter.

Transportafstand op de weg

De strategie gebaseerd op gebruik van GFT-compost kent uitgedrukt per ha de grootste transportafstand op de weg (93 km) en die gebaseerd op vaste rundermest de kleinste afstand (5 km).

Toediening van organische stof

In bemestingsstrategie 1 wordt met de kunstmest helemaal geen organische stof aangevoerd. De aanvoer van verse organische stof is het hoogst in strategie 7 gebaseerd op GFT-compost. Beoordeeld naar hoeveelheid effectieve organische stof (1 jaar na toediening nog aanwezig) scoort strategie 7 ook het hoogst. Beoordeeld na 10 jaar toepassing van de strategie verandert dit beeld niet. Uitgedrukt in verschil

met de referentie (strategie 1) is het organisch stofgehalte van de bodem bij strategie 7 met 0,28 procentpunt toegenomen. In de strategie gebaseerd op runderdrijfmest is het organisch stofgehalte met 0,19 procentpunt toegenomen tov de referentie en die gebaseerd op vaste rundermest met 0,18 procentpunt. In de strategie gebaseerd op het effluent van gescheiden digestaat is het organisch stofgehalte het minst veranderd tov van de referentie (+ 0,06 procentpunt).

Tabel 4-samenvatting. Kengetallen uitgedrukt per ha in gangbaar bedrijfssysteem.

Samenvatting van de milieu- en landbouwkundige kengetallen voor de verschillende meststoffen uitgedrukt per ha. Fase 1 zijn berekeningen tijdens het productieproces van de meststof en het transport naar de akkerbouwer. Fase 2 zijn berekeningen op de akker voor zover het de bemesting betreft.

	Fase	Bemestingsstrategie						
		1	2	3	4	5	6	7
		KM	VRM	RDM	Dig	Dig eff	Dig dik	GFT-com
		KM	KM	KM	KM	KM	KM	KM
Energie (MJ)	1	9840	8045	6038	5705	5787	8220	20077
	2	427	705	1016	948	1072	638	822
Emissie CO ₂ -eq (CO ₂ -eq)	1	741	1681	2112	1744	1926	1425	2211
	2	1078	1722	2068	1684	1607	1528	1715
Nitraatuitspoeling tov strategie 1 in kg NO ₃ /ha/jaar (10 jarige-periode)	2	0	26	32	34	24	35	62
Ammoniakemissie (NH ₃)	1	0	10	3	3	3	10	1
	2	7	9	13	15	24	12	9
Transportafstand (km) per 35 ton	1	5	10	47	66	76	24	93
Org stof aanvoer (kg/ha/jaar)	2	0	1830	1984	1932	1088	1899	2660
Effectieve organische stof kg/ha/jaar	2	0	1281	1389	985	555	968	1995
Verandering organisch stofgehalte tov strategie 1 na 10 jaar dezelfde strategie in %-punt	2	0	0,18	0,19	0,10	0,06	0,10	0,28

relatieve waardering		
ongunstig		0
↑		0+
		+
↓		++
gunstig		+++

Vastlegging van koolstof in de bodem

Vastlegging van koolstof door opbouw van het organisch stofgehalte van de bodem speelt alleen in fase 2. Bij een jaarlijkse toepassing van de gedefinieerde bemestingsstrategieën verschillen ze van elkaar in het organisch stofgehalte van de bodem. In de strategie gebaseerd op GFT-compost is na 10 jaar het organisch stofgehalte 0,28 procentpunt hoger dan die gebaseerd op kunstmest gevolgd door de strategie gebaseerd op runderdrijfmest met een toename in organisch stofgehalte van 0,19 procentpunt. Gemiddeld per ha per jaar is er in de strategie gebaseerd op GFT-compost 2050 kg CO₂ meer vastgelegd dan in die van kunstmest en in de strategie gebaseerd op runderdrijfmest 1391 kg CO₂ meer. Wanneer deze koolstofvastlegging wordt verdisconteerd met de emissie van CO₂ dan halveert de berekende CO₂-emissie van de strategie gebaseerd op GFT-compost.

D. Beoordeling overige aspecten

Zware metalen

Alle mestsoorten bevatten in geringe mate zware metalen en arseen. Bij de beoordeling hiervan moet rekening worden gehouden met de dosering van de meststoffen per ha en de gehalten van zware metalen die al in de bodem aanwezig zijn. In BOOM (besluit overige organische meststoffen) waren voor compost maximale gehalten gedefinieerd. In de huidige mestwetgeving is dit geregeld via de gebruiksnormen. De

fosfaatgebruiksnorm is hierin het meest sturend. In deze studie is uitgegaan van een dosering van de meststof gebaseerd op 50 kg fosfaat per ha.

Bij gebruik van GFT-compost wordt ten opzichte van gebruik van Tripelsuperosfaat (TSP) bij een bemesting van 50 kg P₂O₅ meer nikkel, zink, lood en arseen aangevoerd en een gelijke hoeveelheid of minder van cadmium, chroom en kwik dan bij gebruik van TSP. Bij gebruik van runderdrijfmest wordt bij een bemesting van 50 kg P₂O₅ ten opzichte van TSP meer koper en lood aangevoerd, een gelijke hoeveelheid nikkel en een lagere hoeveelheid cadmium, chroom, kwik, zink en arseen. Bij gebruik van runderdrijfmest wordt bij een bemesting van 50 kg P₂O₅ ten opzichte van GFT-compost minder koper, nikkel, zink, lood, chroom en arseen aangevoerd en een gelijke hoeveelheid cadmium en kwik.

Er zijn geen gegevens bekend van eventuele aanvoer van zware metalen door coproducten bij mestvergisting, maar voor toelating van deze producten op de 'groene lijst van LNV' zijn ze hierop wel getoetst.

In veeljarig onderzoek met compost in Duitsland kon een eventuele ophoping met zware metalen niet worden vastgesteld. Gelet op de maximaal toegestane gehalten van zware metalen in de compost en de maximale dosering van compost die kan worden toegepast is deze verhoging ook niet erg waarschijnlijk. Ook in de geteelde gewassen wordt geen verhoogd gehalte aan zware metalen aangetoond.

Risico overdracht plantenziekten en onkruidzaden

Bij gebruik van vaste mest en drijfmest van rundvee bestaat in sommige situaties het risico van overdracht van plantenziekten en onkruidzaden. Deze risico's kunnen echter sterk beperkt worden door te zorgen voor een goede inkuiling van de snijmaïs en door geen verse mest uit te rijden. Over de risico's van overdracht van plantenziekten en onkruidzaden bij gebruik van digestaat is nog onvoldoende bekend. Het is mede afhankelijk welke coproducten vergist zijn en de temperatuur waarbij vergist wordt (mesofyl of thermofyl). Bij gebruik van GFT-compost en kunstmest bestaan deze risico's niet.

Uitputting van abiotische grondstoffen

Uitputting van abiotische grondstoffen is voor met name kunstmest van belang. Fosfaat wordt gewonnen uit erts. Deze grondstof is eindig. Gebruik van organische meststoffen draagt bij aan het sluiten van nutriëntenkringlopen. Kunstmestfosfaat wordt alleen in de gangbare landbouw gebruikt en niet in de biologische landbouw. In deze studie is uitgegaan van een inzet van meststoffen gebaseerd op een bemesting van 50 kg P₂O₅. Alleen bij gebruik van effluent van gescheiden digestaat wordt minder fosfaat met deze meststof gegeven, omdat in deze studie de dosering is afgestemd op de hoeveelheid werkzame stikstof.

Geur

Productie van compost en dierlijke mest gaat gepaard met geurontwikkeling. Bij vergisten van drijfmest worden de vluchtige vetzuren die verantwoordelijk zijn voor de mestgeur voor een groot gedeelte afgebroken. Daardoor veroorzaakt digestaat minder geuroverlast dan de andere mestsoorten. De kunstmestsoorten zijn geurloos.

Opbrengst en kwaliteit van de geoogste gewassen

Bij de beoordeling van de meststoffen gaat het vooral om de vraag of er bij gebruik van de betreffende meststof een hogere opbrengst gehaald kan worden dan met de referentie bij gelijk aanbod van nutriënten. Is er sprake van een positief resteffect? De bemestingsstrategieën verschillen van elkaar in hoeveelheid organische stof die er jaarlijks wordt toegediend en in de verandering van het organisch stofgehalte van de bodem. Dit beïnvloedt de fysische, chemische en biologische bodemvruchtbaarheid en daarmee het opbrengstvermogen van de grond en de oogstzekerheid van de gewassen. Algemeen wordt in de literatuur verwoord dat een hoge aanvoer van organische stof gunstig is. Het effect op opbrengst, oogstzekerheid, ziekteverendheid is soms wel en soms niet aantoonbaar, maar is nooit negatief. Verhoging van de organische stofaanvoer vergroot het bufferend vermogen van de grond ten aanzien van een breed scala van aspecten. Afhankelijk van de bodemeigenschap die in het minimum verkeert, wordt het effect op wisselende manier zichtbaar (betere kruimelstructuur, verbeterde waterdoorlatendheid, verhoogde porositeit, vergrote ziekteverendheid, verminderde droogtegevoeligheid, verminderde bodemverdichting, slemp en erosie etc.). Onduidelijk is nog of door gebruik van meststoffen met een hoge aanvoer van

organische stof de verbeterde bodemvruchtbaarheid ook leidt tot een structurele verminderde afhankelijkheid van beregening en ziektebestrijding.

Totaal indruk

Een totaal indruk van de meststoffen is niet in een paar woorden te geven. De resultaten worden enerzijds sterk bepaald door de afbakening die wordt gehanteerd en anderzijds is het moeilijk om ongelijksoortige factoren met elkaar te vergelijken. Het eindoordeel hangt sterk af van de zwaarte die aan de factoren gegeven wordt. Bovendien is het afhankelijk van de fase die beoordeeld wordt; de productiefase van de meststof, de toepassingssfase op de akker of getotaliseerd voor beide fasen. Daar ook iedere bedrijfssituatie verschillend is, is er behoefte aan een geautomatiseerd model om de milieu- en landbouwkundige gevolgen van meststoffen en combinaties van meststoffen in bedrijfsverband door te kunnen rekenen.

Door de uitsplitsing in drie fasen (fase 0 voor vergisting, fase 1 voor de productiefase van de meststof en fase 2 voor de toepassing op de akker) biedt dit rapport interessante informatie voor telers, bestuurders en beleidsmakers.

1 Inleiding

Het doel van deze studie is inzicht verkrijgen in de duurzaamheid van verschillende meststoffen c.q. bemestingsstrategieën om voor de biologische landbouw (en ook voor de gangbare landbouw) een betere afweging te kunnen maken in de toepassing van deze meststoffen. Dit met een juiste balans tussen milieueffecten, agronomische resultaten en (lange termijn) opbrengst en kwaliteit van de geogoste producten. De inzichten worden verkregen door het uitvoeren van een levenscyclusanalyse (LCA). (ISO, 2006)

De LCA methode wordt gebruikt om producten te toetsen op hun impact op het milieu op verschillende momenten in hun levenscyclus. De levenscyclusanalyse is oorspronkelijk een analyse van de 'wieg tot het graf'. Dat betekent de productie van de meststof tot en met het begin van de toepassing. Een meer uitgebreide analyse is van 'wieg tot wieg methode' (EPEA, 2008) waarbij ook het effect op het milieu van de toepassing van de productstof wordt meegenomen. Er zijn geen vastomlijnde regels voor de afbakening van de LCA. De afbakening van de analyse en ook welke aspecten meegenomen worden, zijn projectgebonden.

Fasen in het proces

In dit rapport is een onderscheid gemaakt in twee fasen. In fase 1 betreft het het transport van de grondstoffen, de bouw van opslagruimtes en installaties voor het productieproces, het productieproces zelf en het transport van de meststof naar het akkerbouwbedrijf. Bij de beoordeling per ton meststof (fase 1) moet men zich bewust zijn van de grote verschillen in bemestingswaarde tussen de producten. Bij de beoordeling van digestaat is ook een voorfase beschouwd (fase 0), die de productie van biogas tot doel heeft. In fase 2 betreft het het toedienen van de meststof op het land en het beschrijven van de milieukundige effecten en landbouwkundige werking van de meststoffen. Bij de beoordeling per hectare gaat het om een beoordeling van een bemestingsstrategie gebaseerd op de betreffende meststof in bedrijfsverband waarbij de totale bemesting (meerdere meststoffen) beoordeeld wordt.

Het rapport bestaat uit drie delen.

- In deel 1 (hoofdstuk 2) worden de belangrijkste resultaten van de studie weergegeven per ton meststof en per kg stikstof.
- In deel 2 (hoofdstukken 3 en 4) worden deze aspecten doorgerekend in bemestingsstrategieën op bedrijfsniveau van een gangbaar en een biologisch bedrijf. Daarbij wordt een reële situatie nageschetst waarbij meststoffen in combinatie worden toegepast om tot een evenwichtige bemesting van N, P en K te komen. In deel 2 worden de belangrijkste resultaten weergegeven als gemiddeld bedrijfsresultaat per ha. Bij de beoordeling van de bemestingsystemen zijn binnen het biologische bedrijfssysteem enkele resultaten vergeleken met de de bemestingsstrategie gebaseerd op vaste mest en in het gangbare systeem met die gebaseerd op volledig gebruik van kunstmest. De resultaten van beide referenties zijn daarbij op een waarde 0 gesteld. Dit betreft de beoordeling van de nitraatuitspoeling en de organische stofopslag. Een absolute waarde is in deze situaties niet te geven, deze is situatiespecifiek.
- In deel 3 (hoofdstuk 5) staat per ton meststof de berekening in detail uitgeschreven die geleid heeft tot de milieukengetallen energie, broeikasgasemissies, ammoniakemissie en nitraatuitspoeling.

Tevens zijn bijlagen in het rapport opgenomen en is een verwijzing naar literatuurbronnen opgenomen.

In bijlage 1 zijn de kengetallen weergegeven die als basis voor de berekeningen hebben gediend.

Voor het uitvoeren van de levenscyclusanalyses is gebruik gemaakt van deze literatuurinformatie, zijn deskundigen geraadpleegd en is gebruik gemaakt van eigen onderzoekservaring.

Afbakening van de LCA

Het doel van dit rapport is het onderling vergelijken van meststoffen ten aanzien van duurzaamheids aspecten. De beoordeelde meststoffen zijn GFT-compost, vaste rundermest, runderdrijfmest, digestaat en

kunstmest (kalkammonsalpeter=KAS, tripelsuperfosfaat=TSP, kali60=K60). Bij digestaat is ook de toepassing van gescheiden digestaat in beeld gebracht (effluent en dikke fractie van gescheiden digestaat). Bij de beoordeling op de akker is in het biologische bedrijfssysteem vinasse kali als hulpmeststof meegenomen.

De analyse richt zich op het productieproces van de meststoffen en de toepassing op de akker; dat betekent dat de van 'wieg tot wieg' methode is gebruikt. Deze studie richt zich alleen op energie, broeikasgasemissies, emissie van ammoniak en nitraat voor zover deze betrekking hebben op bemesting. De energie die samenhangt met de teelt van zaaizaad en plantgoed, gewasbescherming, beregening, oogst en bewaring van het geoogste product etc. wordt niet in de studie meegenomen. Deze posten verschillen niet voor de onderzochte bemestingsstrategieën binnen het biologische dan wel gangbare bedrijfssysteem. Plus de ervaring uit andere LCA's leert dat deze posten in de open teelten een zeer geringe bijdrage hebben in de totale milieu-impact.

Sturend voor het resultaat is de afbakening die wordt gehanteerd. Hoe moeten de kengetallen worden toebedeeld in situaties dat er twee of meer producten worden geproduceerd. Bijvoorbeeld tijdens de productie van GFT-compost ontstaat er afval dat verbrand of gestort wordt. De productie van vaste mest kan toegerekend worden aan melk en vlees maar ook aan mest. De benodigde productie-energie voor tarwestro in vaste mest is een verhouding tussen graan en stroproductie. Gebeurt de toedeling op basis van economische waarde of op basis van verbrandingswaarde of gebeurt het op een andere manier? In deze studie is voor de economische allocatie gekozen. Bij de opwekking van elektriciteit bij vergisting komt energie vrij; reken je dit wel of niet toe aan het digestaat? In deze studie voor de biogasproductie/elektriciteitsopwekking een fase 0 verwoord en de resultaten van de biogasproductie/elektriciteitsopwekking zijn niet meegenomen in de beoordeling van het digestaat toegepast in de bemestingsstrategie.

Een andere vraag is hoeveel indirecte energie en bijbehorende emissies je in de studie meeneemt. Er is voor gekozen om alleen de eerste generatie indirecte energie te beschouwen. Voorbeeld; wel de energie om een vrachtauto te maken, maar niet de energie om de autofabriek te maken.

GFT-compost

Voor de productie van GFT-compost is het verzamelen van het GFT-afval in de woonwijken zelf (de groene bak) niet in de studie meegenomen. De levenscyclus van GFT-compost begint bij het transport van de volle vrachtauto met GFT-afval van de gemeente naar de composteerinstallatie. Voor de productie van GFT-compost is het afvoeren van restproduct van het composteerproces dat wordt gestort of verbrand niet meegenomen. Voor de productie van GFT-compost is de energie die samenhangt met de bouw van de composteerinstallatie niet meegenomen. Dit kengetal is niet bekend en verondersteld is dat dit per ton product een te verwaarlozen waarde heeft.

Vaste rundermest

Voor de productie van vaste mest wordt de milieu-impact van stroproductie voor de helft meegenomen. In deze visie wordt het stro in de vaste mest voor de helft gebruikt ten behoeve van dierenwelzijn en voor de helft ten behoeve van de kwaliteit van de vaste mest. De toedeling van kengetallen van de graanproductie naar korrel en stro is gebeurd op basis van economische toedeling volgens Kwantitatieve Informatie (KWIN, 2006). Voor de productie van vaste mest is voor de mest zelf geen toedeling gemaakt. Energieverbruik en milieukengetallen zijn toegeschreven aan de productie van melk en vlees en niet aan de mest. Voor de productie van vaste mest is de energie voor de bouw van de mestopslag niet meegenomen. Verondersteld is dat dit per ton product een te verwaarlozen waarde heeft.

Runderdrijfmest

Voor de productie van drijfmest is voor de mest zelf geen toedeling gemaakt. Energieverbruik en milieukengetallen zijn in deze studie toegeschreven aan de productie van melk en vlees en niet aan de mest. Voor de productie van drijfmest is de energie voor de bouw van de mestopslag niet meegenomen. Verondersteld is dat dit per ton product een te verwaarlozen waarde heeft.

Digestaat

Voor de productie van digestaat is de productie van biogas als een apart productiedoel verwoord. De energie en de emissies behorend bij transport van co-producten, de bouw van de vergistingsinstallatie, het vergistingsproces en de mogelijke methaanverliezen bij en na het vergisten zijn toegeschreven aan het biogas. De levenscyclus van digestaat begint in deze studie direct na het vergistingsproces. Evenals bij vaste mest en drijfmest is de indirecte energie voor de bouw van de opslagruimte van de mest/digestaat niet meegenomen in de analyse.

Vinasse kali

Voor de productie van vinasse kali is de energie en de emissies bij de productie van vinasse kali niet meegenomen. De levenscyclus begint bij het transport naar de akkerbouwer.

Kunstmest

Voor de productie van kunstmest (KAS, TSP en K60) zijn de energie en de emissies bij de fabricage van de kunstmesten wel meegenomen. Kunstmest is geen afvalproduct; het wordt immers speciaal gemaakt/gewonnen om als meststof te worden gebruikt. Het is onduidelijk in de geraadpleegde bronnen of en in hoeverre de transportafstand van het winningsgebied van fosfaat en kali naar Nederland in de kengetallen voor kunstmest zijn verdisconteerd.

Keuze milieukengetallen

De milieuaspecten die zijn doorgerekend, staan weergegeven in tabel 1. Bediscussieerd wordt hoe de verschillende meststoffen 'scoren' op milieu- en op agronomische aspecten.

Tabel 1. Milieuaspecten die meegenomen worden in de LCA analyse van meststoffen.

	Productie proces Fase 1	Toepassing op de akker Fase 2
Energiebalans		
- Gebruik van fossiele energie (elektriciteit, diesel)	X	X
- Vermijden gebruik van fossiele energie -> Gebruik van groene stroom		
- Energieproductie		
Uitstoot broeikasgassen		
- Directe emissies (N ₂ O, CO ₂ ^{1,2} , CH ₄)	X	X
- Indirecte broeikasgasemissies (N ₂ O) vanuit NH ₃ , NO ₃ en denitrificatie (N ₂)		
Aantal kilometers vrachtovervoer	X	
Uitputting van abiotische grondstoffen		X
Ammoniakemissie (NH ₃)	X	X
Uitspoeling van nitraat (NO ₃)		X
Opslag CO ₂ in de bodem		X
Bodemkwaliteit		
- Hoeveelheid organische stof (stabiel/ instabiel)		
▪ Nutriëntenvoorziening		X
▪ Wateropslag		
▪ Bodemstructuur		
▪ Erosiebeperking		
Hoeveelheid zware metalen		X
Geur	X	X

1 Voor de emissie van CO₂ is alleen de CO₂ van belang die afkomstig is van fossiele brandstof en niet die van de kortcyclische CO₂.

2 Voor de berekening van de broeikasgasemissie is voor methaan de waarde van 25 en voor lachgas de waarde van 298 CO₂-equivalenten gehanteerd.

Achtergrond: Samenstelling meststoffen

Sommige milieuaspecten worden doorgerekend op basis van de samenstelling van de meststoffen. De

samenstelling is weergegeven in tabel 2. De kengetallen die gebruikt zijn voor vaste mest, GFT-compost en drijfmest zijn afkomstig uit de Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw en vollegrondsgroentegewassen (Dijk van, 2003). Er zijn nog geen formele kengetallen beschikbaar voor de samenstelling van digestaat. Daarom is de samenstelling van digestaat en van de scheidingsproducten van digestaat genomen op basis van onderzoek van PPO-AGV. Vinasse kali is in tabel 2 aan de onderzochte meststoffen toegevoegd, omdat bij de bemestingsstrategieën in de biologische landbouw met deze meststof als hulpmeststof is gerekend. De humificatiecoëfficiënt in tabel 2 geeft aan hoeveel procent van de organische stof één jaar na toepassing van de meststof nog in de grond aanwezig is (interne PPO-gegevens en voor digestaat volgens de berekening in paragraaf 8.2).

Tabel 2. Samenstelling van de verschillende organische meststoffen in kg per ton product

	GFT-compost	Vaste rundermest	Rundvee drijfmest	Digestaat (covergiste runderdrijfmest)	Digestaat-effluent	Digestaat dikke fractie	Vinasse kali
Drogestof	650	248	86	82	41	251	620
Organische stof	190	150	64	69	34	211	410
Humificatiecoëfficiënt %	75	70	70	51	51	51	10
N-totaal	8,6	6,4	4,4	4,9	4,0	8,7	38
N-NH ₄	0,8	1,2	2,2	3,1	3,1	3,2	2
N-organisch	7,8	5,2	2,2	1,8	0,9	5,5	36
P ₂ O ₅	3,7	4,1	1,6	1,8	0,9	5,5	5
K ₂ O	6,4	8,8	6,2	4,6	4,6	4,7	102

Effect op bodemkwaliteit

Meststoffen hebben elk een specifiek effect op de bodemkwaliteit, de beschikbaarheid van nutriënten voor de plant en de gevolgen voor het milieu. Organische meststoffen staan bekend om hun positieve effect op het bodemleven. Kunstmest en drijfmest staan bekend om hun snelle opname van nutriënten door het gewas en worden daardoor voornamelijk in de gangbare landbouw gebruikt. Het is bekend dat organische meststoffen duurzamer zijn dan minerale meststoffen. Zowel in de biologische landbouw als in de gangbare landbouw wordt ook compost als meststof gebruikt. Nieuw op de meststoffenmarkt is digestaat. Het is het product van co-vergiste mest. Het is een meststof waarvan nog weinig bekend is met betrekking tot het milieu- en landbouwkundige effect. Zowel de biologische als de gangbare landbouw is geïnteresseerd in deze meststof. Digestaat draagt bij aan duurzaamheid door levering van groene energie tijdens het productieproces (uit biogas), wat leidt tot verminderd gebruik van fossiele energiebronnen elders. Composteren en co-vergisten hebben echter ook een effect op de samenstelling van de meststof. Door composteren en vergisten wordt immers organische stof afgebroken. Dit betreft de gemakkelijk afbreekbare fractie van de organische stof.

Structuur van de meststof

Vaste mest, GFT-compost en vaste fractie van gescheiden digestaat zijn stapelbare meststoffen, die op het veld met mest- of compostverspreider worden toegediend. Drijfmest, digestaat en effluent van gescheiden digestaat zijn verpompbare meststoffen die op het veld in één werkgang moeten worden uitgereden en ingewerkt. Vinasse kali wordt in vloeibare vorm geleverd en wordt veelal met speciaal voor deze meststof ontwikkelde machines uitgereden.

Milieueffecten

Milieueffecten zijn ook een reden voor de keuze van een bepaalde meststof. Een milieueffect is de uitspoeling van stikstof naar grond- en oppervlaktewater en de ammoniakemissie naar de lucht. Daarnaast is er nu ook, vanwege de klimaatverandering, een noodzaak om de uitstoot van broeikasgassen en het gebruik van fossiele brandstoffen te beperken en de CO₂-vastlegging in de bodem te vergroten.

Wettelijke kaders voor toepassing

De toepassing van meststoffen moet voldoen aan wettelijke kaders. Er mag gemiddeld op bedrijfsniveau niet meer dan 170 kg N/ha uit dierlijke mest worden gegeven en de inzet van werkzame hoeveelheid

stikstof en die van fosfaat mag de gebruiksnorm voor resp. stikstof en fosfaat niet overschrijden. Om de bemesting te optimaliseren zijn daarom o.a. ook de N/P-verhouding en de verhouding organische stof/P van belang. De wettelijke waarde van werkzame hoeveelheid stikstof in dierlijke mest is afhankelijk van grasland/bouwland, weiden of volledig maaien van grasland, de diersoort, het type mest, het tijdstip van aanwenden en de grondsoort waarop de mest wordt toegediend. De wettelijke werking van fosfaat uit dierlijke mest is voor alle situaties op 100% gesteld. Bij GFT-compost is de wettelijke werking van stikstof op 10% gesteld en telt tot een fosfaatgehalte van 7 kg P_2O_5 /ton drogestof het fosfaat voor de helft mee in de gebruiksnorm en boven dat gehalte voor 100%.

In deze studie is voor het fosfaat en de kali in alle meststoffen met een werking van 100% gerekend. Voor de stikstof in GFT-compost, vaste rundermest, runderdrijfmest, digestaat, effluent van gescheiden digestaat, dikke fractie van gescheiden digestaat en vinasse kali is gerekend met een werking van resp. 10%, 40%, 55%, 65%, 70%, 40% en 80% uit adviesbasis bemesting (Dijk van, 2003).

Deel 1

Vergelijking meststoffen per ton product en per kg N-totaal

2 Duurzaamheidsaspecten meststoffen

In hoofdstuk 2 worden de meststoffen onderling vergeleken op een aantal duurzaamheidsaspecten bij steeds dezelfde hoeveelheid meststof (ton meststof) en dezelfde hoeveelheid stikstof (N-totaal in de meststof); dit in tegenstelling tot de vergelijking in hoofdstuk 3 waar het resultaat van bemestingsstrategieën op bedrijfsniveau wordt beoordeeld bij toepassing in een biologisch en een gangbaar bedrijfssysteem. De achtergrondberekeningen voor de kengetallen voor energie, emissies broeikasgassen en ammoniak, nitraatuitspoeling en transportafstanden zijn uitvoerig beschreven in Deel 3 van dit rapport. De samenvattende kengetallen worden in dit hoofdstuk besproken. Per meststof is er een getal of een kwalitatieve waarde afgeleid. Alle kengetallen zijn samengevat in tabel 3.

De meststoffen in deze studie zijn enerzijds afvalproducten uit de veehouderij of uit de samenleving (vaste rundermest, runderdrijfmest, vinasse kali, GFT-compost), resultaat van vergisting van runderdrijfmest met coproducten (digestaat en gescheiden digestaat) of zijn speciaal geproduceerd om als meststof te dienen (kunstmestsoorten).

Meststoffen leveren nutriënten voor voeding van de gewassen en dragen bij aan het op peil blijven of verbeteren van de bodemvruchtbaarheid op korte en lange termijn. Bij de beoordeling van de meststoffen gaat het o.a. over het effect op opbrengst en kwaliteit van de producten, het effect op verlies van nutriënten naar het milieu, het effect op de bodembiodiversiteit en op aspecten die invloed hebben op de klimaatverandering.

De meststoffen verschillen sterk van elkaar in de mate waarin ze een bijdrage leveren aan de directe voeding van het gewas en de bijdrage aan de opbouw van bodemfuncties. In de volgorde kunstmest, effluent van gescheiden digestaat, ongescheiden digestaat, runderdrijfmest, dikke fractie van gescheiden digestaat, vaste rundermest, compost neemt de waarde van de meststof voor de directe voeding van de gewassen af en de waarde voor de bodemfuncties toe. De verschillen worden veroorzaakt door het gehalte aan organische stof in de meststof en de kwaliteit van de organische stof. De organische stof in vinasse kali wordt zeer snel afgebroken en die van GFT-compost zeer langzaam. De snel, minder snel en langzame afbreekbare organische stof in de meststoffen vervullen elk andere bodemfuncties. De snel afbreekbare organische stof is vooral van belang voor de biologische en chemische bodemkwaliteit en de langzaam afbreekbare organische stof voor de bodemfysische eigenschappen. De minder snel afbreekbare organische stof vervult een functie naar beide kanten.

2.1 Beoordeling milieukengetallen per ton meststof

2.1.1 Energieverbruik

Tussen de meststoffen bestaan grote verschillen in energieverbruik voor de productie van de meststof en de toediening ervan op de akker (fase 1). Dit is mede het gevolg van de gehanteerde afbakening van de analyse om dierlijke mest, digestaat, GFT-afval en vinasse kali als afvalproduct van een ander productiesysteem te beschouwen.

Fase 1

In fase 1 is de minste energie nodig voor de productie van vaste rundermest, runderdrijfmest en digestaat. Het zijn afvalproducten uit de veehouderijsector en de energie die nodig is voor de productie van melk en vlees is volledig hieraan toegerekend en is niet toegerekend aan de mest. Wel is bij vaste mest energie toegerekend voor het gebruik van stro als beddingsmateriaal. De wel benodigde energie voor deze meststoffen is toe te schrijven aan het transport naar de akkerbouwer.

Voor digestaat is een fase 0 ingelast voor de productie van biogas en groene stroom. Energie die nodig is voor de vergisting en de energie die geleverd wordt door verbranding van het biogas is niet toegerekend aan het digestaat, maar aan de productie van biogas. Door vergisten wordt 'groene stroom' opgewekt en wordt gebruik van fossiele brandstof elders beperkt. De warmte die bij de elektriciteitsopwekking vrijkomt, wordt direct gebruikt voor het opwarmen van de vergister.

Bij compost is de transportfase van het GFT-afval naar de composteerinstallatie het beginpunt van de analyse. Vervolgens is er energie nodig voor het composteerproces zelf.

Voor kunstmest (KAS = kalkammonsalpeter; TSP = tripelsuperfosfaat; K60 = kali 60) is de benodigde energie van het hele productieproces meegenomen.

Fase 2

De benodigde energie voor het uitrijden op de akker (Fase 2) is toe te schrijven aan het dieselgebruik van de trekker voor uitrijden van de meststof en de energiebehoefte voor assemblage van de trekker en de bemestingsmachine cq. de kunstmeststrooier. Voor het uitrijden en gelijktijdig emissiearm inwerken van drijfmest en digestaat is een zwaardere trekker nodig dan voor het bemesten van compost en vaste mest. Voor bemesten van kunstmest is de lichtste trekker nodig. De hoeveelheid energie nodig per ton mest is ook afhankelijk van de hoeveelheid mest die het werktuig mee kan nemen per bewerking. De energiegetallen voor de toepassing van de meststoffen liggen dicht bij elkaar. Van kunstmest liggen ze per ton meststof hoger, maar daarvan is uiteindelijk minder nodig op hectarebasis.

2.1.2 Emissies broeikasgassen

De emissies van de broeikasgassen (CO_2eq) tijdens het productieproces (Fase 1) zijn gerelateerd aan het dieselverbruik, het elektriciteitsverbruik voor assemblage en aan de emissies tijdens het productieproces of de opslag van de meststof. GFT-compost en vaste mestsoorten hebben een hogere emissie van broeikasgassen dan drijfmest en digestaat. Aan vinasse kali en de kunstmestsoorten is een nog veel hogere emissie toe te schrijven in een vergelijking per ton meststof.

De emissies van de broeikasgassen op de akker (Fase 2) zijn toe te schrijven aan de samenstelling van de meststof, de snelheid van vervluchtiging en de wijze van toediening van de meststof. Uitgedrukt per ton meststof is de emissie van broeikasgas het hoogst bij KAS en het laagst bij K60.

2.1.3 Ammoniakemissie

Uitgedrukt per ton meststof is in fase 1 de ammoniakemissie het hoogst bij de vaste rundermest en de dikke fractie van gescheiden digestaat en is deze het laagst bij KAS. In fase 2 is de ammoniakemissie van KAS het hoogst, uitgedrukt per ton product.

2.1.4 Nitraatuitspoeling

Er is geen nitraatuitspoeling tijdens het productieproces van de meststoffen (Fase 1). De nitraatuitspoeling op de akker (Fase 2) is voornamelijk gerelateerd aan het gehalte N-totaal in de meststof en de verhouding N-mineraal en N-organisch in de meststof. Bij vaste rundermest, GFT-compost, digestaat dikke fractie en KAS is de nitraatuitspoeling hoger dan die bij runderdrijfmest, digestaat en effluent van gescheiden digestaat.

De berekende nitraatuitspoeling geeft weer de potentiële nitraatuitspoeling op lange termijn bij eenmalig gebruik van de meststof. Dat beschrijft de situatie dat alle organische stof is afgebroken en als minerale stikstof is vrijgekomen en waarbij de bemesting niet wordt aangepast op de meerjarige werking van de meststof.

2.1.5 Transportafstand

Er zijn betrekkelijk kleine verschillen in transportafstand tussen de mestproducten. Per ton meststof is de transportafstand het laagste voor vaste mest. Voor GFT-compost en digestaat wordt ook het transport van het product waaruit de meststof wordt gemaakt meegerekend (GFT-afval voor compost en co-producten voor vergisting). Kunstmest en vinasse kali moeten het verste komen. De hoeveelheid meststof per vrachtwagen is voor alle mestsoorten gelijk gehouden (35 ton/vracht).

Tabel 3. Samenvatting van de milieukengetallen voor de verschillende meststoffen uitgedrukt per ton meststof. Fase 0 betreft de fase van vergisting bij de productie van digestaat. Fase 1 betreft het productieproces van de meststof en het transport. Fase 2 betreft de toepassing op de akker.

	Fase	GFT-compost	Vaste rundermest	Rundvee drijfmest	Digestaat	Digestaat-effluent	Digestaat dikke fractie	Vinasse kali	KAS	TSP	K60
Energie (MJ)	0				-461	-461	-461				
	1	820	47	22	22	22	22	90	11353	2459	3547
	2	37	37	27	27	27	37	205	300	599	342
Emissie CO ₂ -eq (kg)	0				-59	-59	-59				
	1	113	93	56	49	49	92	7	806	247	353
	2	50	67	45	39	32	69	228	1442	43	25
Nitraatuitspoeling (kg NO ₃) potentie op lange termijn	2	9,9	7,0	4,1	4,2	3,1	8,6	44,8	197,0	0	0
Ammoniakemissie (kg NH ₃)	1	0,07	0,85	0,11	0,12	0,10	1,06	0	0	0	0
	2	0,17	0,25	0,27	0,38	0,37	0,65	0,24	9,84	0	0
Transportafstand (km) per 35 ton	1	223	20	50	80	80	80	200	150	150	150
Zware metalen Zie paragraaf 2.5	2										
Organische stof Afbreekbaar 1e jaar (kg)	2	48	45	19	34	17	103	369	0	0	0
Organische stof Langzaam afbreekbaar (kg)	2	142	105	45	35	17	108	41	0	0	0
N-totaal	2	8,6	6,4	4,4	4,9	4,0	8,7	38	270	0	0
N mineraal (kg N)	2	0,8	1,2	2,2	3,1	3,1	3,2	2,0	270	0	0
Organische stofopbouw	2	++	++	0+	0+	0+	++	0+	0	0	0
Fysisch	2	++	++	0+	0+	0+	+	0+	0	0	0
Chemisch	2	+	+	++	++	++	+	+	++	++	++
Wateropslag	2	++	++	0+	0+	0+	+	0+	0	0	0
Bodemstructuur	2	++	++	0+	0+	0+	+	0+	0	0	0
Erosiebeperking	2	++	++	0+	0+	0+	+	0+	0	0	0
directe gewasvoeding	2	0+	+	++	++	++	+	+	+++	+++	+++
Gewaskwaliteit, meeropbrengst	2	0+	0+	0	0	0	0	0	0	0	0
Uitputting van abiotisch grondstoffen	2	-	-	-	-	-	-	-	-	+++	+
Geur/stank	2	-	+	+++	+	+	+	-	-	-	-

2.2 Beoordeling milieukengetallen per kg N-totaal in de meststof

2.2.1 Energieverbruik

Tussen de meststoffen bestaan grote verschillen in energieverbruik voor de productie van de meststof en de toediening ervan op de akker. Dit is mede het gevolg van de gehanteerde afbakening van de analyse om dierlijke mest, digestaat, GFT-afval en vinasse kali als afvalproduct van een ander productiesysteem te beschouwen. Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof is in fase 1 de minste energie nodig voor de productie van de dikke fractie van gescheiden digestaat en de meeste energie voor de productie van GFT-compost. In fase 2 is het energieverbruik voor KAS het laagste en dat van effluent van gescheiden digestaat het hoogst. De resultaten zijn weergegeven in tabel 4.

2.2.2 Emissies broeikasgassen

De emissies van de broeikasgassen (CO₂-eq) tijdens het productieproces (Fase 1) zijn gerelateerd aan het dieselvebruik, het elektriciteitsverbruik voor assemblage en aan de emissies tijdens het productieproces of de opslag van de meststof. Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof is zowel in fase 1 als in fase 2 de emissie van KAS het laagst. Gesommeerd over beide fasen is de broeikasgasemissie uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof het hoogst bij vaste rundermest.

2.2.3 Ammoniakemissie

Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof is in fase 1 de ammoniakemissie het hoogst bij de vaste rundermest en de dikke fractie van gescheiden digestaat en is deze het laagst bij KAS en bij GFT-compost. In fase 2 is de ammoniakemissie van GFT-compost het laagste en die van effluent van gescheiden digestaat het hoogst.

2.2.4 Nitraatuitspoeling

Er is geen nitraatuitspoeling tijdens het productieproces van de meststoffen (Fase 1). De berekende nitraatuitspoeling geeft weer de potentiële nitraatuitspoeling op lange termijn bij eenmalig gebruik van de meststof. Dat beschrijft de situatie dat alle organische stof is afgebroken en als minerale stikstof is vrijgekomen. Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof is de nitraatuitspoeling lager naarmate het percentage minerale stikstof in de N-totaal hoger is. In deze berekening is geen rekening gehouden met eventuele aanpassingen in bemesting gebaseerd op de meerjarige werking van de meststof.

2.2.5 Transportafstand

Er zijn betrekkelijk kleine verschillen in transportafstand tussen de mestproducten. Uitgedrukt per kg N-totaal in de meststof is de transportafstand bij GFT-compost het hoogst en die bij KAS het laagst.

Tabel 4. Samenvatting van de milieukengetallen voor de verschillende meststoffen uitgedrukt per kg stikstof (N-totaal) in de meststof. Fase 0 betreft de fase van vergisting bij de productie van digestaat. Fase 1 betreft het productieproces van de meststof en het transport. Fase 2 betreft de toepassing op de akker.

	Fase	GFT-compost	Vaste rundermest	Rundvee drijfmest	Digestaat	Digestaat - effluent	Digestaat dikke fractie	KAS
Energieverbruik (MJ/kg N-totaal)	0	0	0	0	-94.1	-115.3	-53.0	0
	1	95.3	7.3	5.0	4.5	5.5	2.5	42.0
	2	4.3	5.8	6.1	5.5	6.8	4.3	1.1
Broeikasgasemissie kg CO ₂ -eq/N-totaal	0	0	0	0	-12.0	-14.8	-6.8	0
	1	13.1	14.5	12.7	10.0	12.3	10.6	3.0
	2	5.8	10.5	10.2	8.0	8.0	7.9	5.3
Nitraatuitspoeling (kg NO ₃ /kg N-totaal) potentie op lange termijn	2							
		1.2	1.1	0.9	0.9	0.8	1.0	0.7
Ammoniakemissie (kg NH ₃ /kg N-totaal)	1	0.01	0.13	0.03	0.02	0.03	0.12	0
	2	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09	0.07	0.04
Transportafstand (km) per 35 ton	1	25.9	3.1	11.4	16.3	20.0	9.2	0.6
Organische stof Afbreekbaar 1e jaar (kg/kg N-totaal)	2							
		5.6	7.0	4.3	6.9	4.3	11.8	0
Organische stof Langzaam afbreekbaar (kg/kg N-totaal)	2							
		16.5	16.4	10.2	7.1	4.3	12.4	0
Minerale N (% N-totaal)	2	9	19	50	63	78	37	100

2.3 Zware metalen

In tabel 5 zijn de gemiddelde gehalten van zware metalen en arseen weergegeven voor GFT-compost (Vereniging Afvalbedrijven, 2009), runderdrijfmest en Tripelsuperfosfaat (TSP). Tevens is een vergelijking gemaakt met de gehalten zoals deze gemiddeld in landbouwgrond voorkomen (Hotsma, 1996). Bij GFT-compost is het gehalte aan koper, zink en lood gemiddeld genomen hoger dan de gehalten aanwezig in de grond en die van de overige zware metalen ongeveer gelijk aan die aanwezig in de grond. Op bedrijfsniveau wordt het gebruik van de meststoffen gelimiteerd door het gehalte van N en P in de meststoffen. In deze studie is uitgegaan van een gebruik van 50 kg P₂O₅ per ha op het gangbare bedrijfssysteem. In Tabel is de aanvoer van zware metalen en van arseen daarom ook per 50 kg P₂O₅ uitgedrukt.

Bij gebruik van GFT-compost wordt ten opzichte van gebruik van TSP bij een bemesting van 50 kg P₂O₅ meer nikkel, zink, lood en arseen aangevoerd en een gelijke hoeveelheid of minder van cadmium, chroom en kwik dan bij gebruik van TSP.

Bij gebruik van runderdrijfmest wordt bij een bemesting van 50 kg P₂O₅ ten opzichte van TSP meer koper en lood aangevoerd, een gelijke hoeveelheid nikkel en een lagere hoeveelheid cadmium, chroom, kwik, zink en arseen.

Bij gebruik van runderdrijfmest wordt bij een bemesting van 50 kg P₂O₅ ten opzichte van GFT-compost minder koper, nikkel, zink, lood, chroom en arseen aangevoerd en een gelijke hoeveelheid cadmium en kwik.

In veeljarig onderzoek met compost is door Scherer in Duitsland (Scherer et al., 2008) en De Kok in Nederland (Kok de, 1996) gekeken naar de risico's van ophoping van zware metalen. Een eventuele ophoping kon niet worden vastgesteld. Gelet op de maximaal toegestane gehalten van zware metalen in compost en de maximale dosering van compost die kan worden toegepast is deze verhoging ook niet erg waarschijnlijk. Ook in de geteelde gewassen wordt geen verhoogd gehalte aan zware metalen aangetoond.

Tabel 5. De gemiddelde gehalten van zware metalen en arseen voor GFT-compost (Vereniging Afvalbedrijven, 2009), runderdrijfmest en Tripelsuperfosfaat (TSP) en gehalten van gemiddelde landbouwgronden.

	mg/kg drogestof					mg/kg product		
	BOOM max.waarde	GFT compost	Rundvee drijfmest	bouwland zeeklei	bouwland zand	TSP	KAS	K 60
Cd	1.0	0.4	0.2	0.3	0.2	27.1	0.1	0.2
Cu	60.0	36.8	42.0	15.6	11.8	29.9	2.3	0.5
Ni	20.0	10.0	16.0	18.2	<4.0	40.8	10.8	6.5
Zn	200.0	173.4	166.0	79.0	34.0	551.4	7.0	14.0
Pb	100.0	58.8	19.0	24.0	17.0	5.3	23.0	2.0
Cr	50.0	20.2	11.0	35.0	7.6	222.0	1.0	0.2
Hg	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0
As	15.0	3.8	0.6	14.1	2.3	0.2	59.2	2.8
P ₂ O ₅ kg/ton		5.7	18.6			46.0		

Tabel 6. Hoeveelheid zware metalen en arseen in gram per 50 kg P₂O₅

	GFT-compost	Rundvee drijfmest	Tripelsuperfosfaat
Cd	4	1	29
Cu	323	113	33
Ni	87	43	44
Zn	1521	446	599
Pb	515	51	6
Cr	177	30	241
Hg	1	0	0
As	33	2	0

2.4 Uitputting van abiotische grondstoffen

Uitputting van abiotische stoffen speelt bij kunstmest. Fosfaat wordt gewonnen uit erts. Deze grondstof is eindig. Er is op wereldschaal nog maar voor 80 jaar winbare fosfaat aanwezig. Ook bij kali speelt de uitputting een rol, maar dit is in veel mindere mate dan bij fosfaat.

Gebruik van organische meststoffen draagt bij aan het sluiten van nutriëntenkringlopen. Kunstmestfosfaat wordt alleen in de gangbare landbouw gebruikt en niet in de biologische landbouw. In deze studie is uitgegaan van een inzet van meststoffen gebaseerd op een bemesting van 50 kg P₂O₅. Alleen bij gebruik van effluent van gescheiden digestaat wordt minder fosfaat met deze meststof gegeven, omdat in deze studie bij toepassing van effluent de dosering is afgestemd op de hoeveelheid werkzame stikstof.

2.5 Geur/stank

Productie van compost en dierlijke mest gaat gepaard met geurontwikkeling. Bij vergisten van drijfmest worden de vluchtige vetzuren die verantwoordelijk zijn voor de mestgeur voor een groot gedeelte afgebroken. Daardoor veroorzaakt digestaat minder geuroverlast dan de andere mestsoorten. De kunstmestsoorten zijn geurloos.

2.6 Risico overdracht plantenziekten en onkruidzaden

Bij gebruik van vaste mest en drijfmest van rundvee bestaat in sommige situaties het risico van overdracht van plantenziekten en onkruidzaden. Deze risico's kunnen echter sterk beperkt worden door te zorgen voor een goede inkuiling van de snijmaïs en door geen verse mest uit te rijden. Over de risico's van overdracht van plantenziekten en onkruidzaden bij gebruik van digestaat is nog onvoldoende bekend. Het is mede afhankelijk welke coproducten vergist zijn en de temperatuur waarbij vergist wordt (mesofyl of thermofyl). Bij gebruik van GFT-compost en kunstmest bestaan deze risico's niet.

2.7 Opbrengst en kwaliteit van de gewassen

Het gaat hierbij om de mogelijke invloed van meststoffen op verhogen van het opbrengstniveau, het vergroten van de oogstzekerheid en het verbeteren van de kwaliteit van de geogste producten. De invloed op het opbrengstniveau wordt vooral bepaald door het nutriëntenleverendvermogen in het eerste jaar na toepassing van de meststof. Deze is het grootst bij gebruik van kunstmeststoffen, effluent van gescheiden digestaat, ongescheiden digestaat en drijfmest, iets minder groot bij gebruik van vaste mest en de dikke fractie van gescheiden digestaat en het kleinst bij gebruik van compost. In sommige onderzoeksprojecten worden door het gebruik van organische meststoffen hogere opbrengsten gehaald dan bij gebruik van kunstmest in een vergelijking waarin de nutriëntenvoorziening aan elkaar gelijk is. We spreken dan over een positief resteffect. Bij de beoordeling van de meststoffen gaat het vooral om de vraag of er bij gebruik van de organische meststof een hogere opbrengst gehaald kan worden dan met kunstmeststikstof.

Daar waar sprake is van een positief resteffect op de opbrengst van de gewassen zal dit het gevolg zijn van verbeterde groeiomstandigheden. Dit kan een legio aan groeiomstandigheden betreffen, sterk samenhangend met de plaatselijke omstandigheden en de groeifactoren die in het minimum verkeren. Gebruik van organische meststoffen kan ook leiden tot een lager opbrengstniveau als de levering van nutriënten achterblijft bij de verwachte levering of door bodemstructuur- of gewasschade door berijden van de zware mestmachines en of het verplicht inwerken van de mest.

Onderzoek uitgevoerd door PPO (Dekker, 2008) heeft aangetoond dat gebruik van drijfmest en digestaat dezelfde opbrengst geeft als in de situatie dat volledig met kunstmest wordt bemest. Er is geen positief resteffect op de opbrengst. Bij gebruik van vaste mest en compost ligt dit gevarieerder. Bij de teelt van hyacinten op duinzandgrond wordt algemeen vaste mest gebruikt, omdat de telers overtuigd zijn van de meerwaarde die dit geeft en lelietelers in het Noordoostelijk zandgebied gebruiken regelmatig compost omdat ook zij van de meerwaarde ervan overtuigd zijn. In Nederland en onze omliggende landen is vooral onderzoek uitgevoerd naar de waarde van compost en maar beperkt naar die van vaste mest. Er worden wisselende resultaten gemeld voor compost. Drie van de zes onderzoeken vonden een duidelijke meerwaarde, terwijl in de andere drie onderzoeken geen meerwaarde gevonden werd.

Toepassing van compost leverde een meerwaarde van 10% ten opzichte van geen composttoediening bij groentegewassen in België (Rooster de, 2003). Een positief effect werd behaald in Duitsland (Scherer et al., 2008). Hier werden zelfs meeropbrengsten gehaald bij gelijke stikstofvoorziening als de controle die mineraal werd bemest. Een positief resteffect wordt toegeschreven aan een verbeterde bodemvruchtbaarheid in algemene zin (bodemstructuur, vochtleverend vermogen, bodemleven) door de toevoer van organische stof aan de bodem en ook voor een gedeelte door een betere voorziening met mineralen. Het positieve resteffect komt vooral tot uiting op zware grondsoorten (verbetering bodemstructuur) en op zandgronden (betere vochtvoorziening). Naar verwachting speelt dit nog sterker in situaties dat het stro wordt afgevoerd en er minder organische stof uit oogstresten op het veld achterblijft. Scherer (2008) stelde in een veeljarig onderzoek dat in Duitsland is uitgevoerd vast dat in een vergelijkend onderzoek met compost en vaste mest de hoogste opbrengst werd gehaald bij het object met composttoepassing.

Hogere opbrengsten worden niet altijd gevonden. Geel van, et al (2007) vonden geen verschil in opbrengst door eenmalige toepassing van groencompost bij de teelt van suikerbiet en zomergerst, terwijl toepassing van groenbemesters in dit onderzoek wel tot een meeropbrengst leidde. In een vijfjarig onderzoek met jaarlijkse toepassing van compost op Proefbedrijf Kollumerwaard vond Floot (2008) al in het eerste jaar van toepassing een positief opbrengsteffect dat niet was toe te schrijven aan het mineralengehalte van de compost. Binnen een bouwplancyclus van zomertarwe, suikerbiet, zaaiui, pootaardappel gaf jaarlijkse toepassing van GFT-compost bij een bemestingsniveau volgens het stikstofbemestingsadvies een opbrengstverhoging van 1 tot 6%, afhankelijk van het type compost. Met Conviro Keurcompost werd de hoogste opbrengstverhoging gehaald. In het onderzoek is wel aangetoond dat er stikstof geleverd wordt uit de compost, maar dat bij gebruik van compost de hoogte van de N-bemesting niet aangepast hoeft te worden. De Kok (Kok de, 1996) vond in een vierjarig onderzoek in de periode 1992 t/m 1995 op 7 akkerbouwbedrijven in Nederland en op het proefstation in Lelystad geen effect van composttoepassing op de opbrengst van de gewassen. Slechts eenmaal was er bij wintertarwe een positief verschil in opbrengst.

Meerdere mestsoorten werden met elkaar vergeleken in een veeljarig onderzoek uitgevoerd door Bokhorst (Bokhorst. et al., 2008) op een biologisch bedrijf in Lelystad in de periode 1999 t/m 2006. De hoogste opbrengst werd gehaald met potstalmest. De opbrengst van de compostobjecten bleven achter bij die van de potstalmest.

Verschillen in kwaliteit van het geoogste product worden in de verslagen niet gemeld. Bij pootaardappel (Floot et al., 2008) heeft compost een Rhizoctoniaonderdrukkend effect, maar het effect is minder groot dan die van een chemische bestrijding. Ook Bokhorst meldt een Rhizoctoniaonderdrukkend effect bij aardappel door gebruik van potstalmest.

2.8 Bodemkwaliteit

Meststoffen leveren nutriënten voor voeding van de gewassen en dragen bij aan het op peil blijven of verbeteren van de bodemvruchtbaarheid op korte en lange termijn. Bij de beoordeling van de meststoffen gaat het o.a. over het effect op opbrengst en kwaliteit van de producten, het effect op verlies van nutriënten naar het milieu, het effect op de bodembiodiversiteit en op aspecten die invloed hebben op de klimaatverandering. De meststoffen verschillen van elkaar in samenstelling en daarmee in de mate waarin ze een bijdrage leveren aan de beschikbaarheid van nutriënten voor het gewas en de bijdrage aan de opbouw van bodemfuncties. De N-mineraal in de meststof is direct beschikbaar voor het gewas. De N in organische stof komt met de tijd beschikbaar. De snelheid waarmee organische stof afbreekt verschilt per mestsoort. De snel, minder snel en langzame afbreekbare organische stof in de meststoffen vervullen elk andere bodemfuncties. De snel afbreekbare organische stof is vooral van belang voor de biologische en chemische bodemkwaliteit en de langzaam afbreekbare organische stof voor de bodemfysische eigenschappen. De minder snel afbreekbare organisch stof vervult een functie naar beide kanten. De waarde van de meststof voor de directe voeding van de gewassen neemt af en de waarde voor de bodemfuncties toe in de volgorde kunstmest, effluent van gescheiden digestaat, ongescheiden digestaat, drijfmest, vaste mest, GFT-compost. Voor gehalten zie tabel 2 in de Inleiding (hoofdstuk 1).

2.8.1 Bodemfysische eigenschappen

Bij bodemfysische eigenschappen gaat het om de mogelijke invloed van meststoffen op o.a. de verkruijmelbaarheid en aggregaatstabiliteit van de grond, het beperken van het risico van water- en winderosie, het beperken van bodemverdichting en van verslapping, het verbeteren van het vochtvasthoudend- en vochtleverendvermogen, het verbeteren van de lucht- en waterdoorlatendheid en het vergroten van de bewortelingsdiepte.

In onderzoeksverslagen wordt vaak verwezen naar deze aspecten, maar veelal zijn de invloeden niet kwantitatief gemeten en vastgelegd of wordt gewezen op de mogelijke invloed zonder dat zij ook daadwerkelijk is gemeten of vastgesteld. De eventuele invloeden op bodemfysische eigenschappen zijn vaak te klein om deze in eenjarig onderzoek aan te tonen. Dit kan alleen in veeljarig onderzoek. Veeljarig onderzoek met compost is o.a. uitgevoerd door Floot (2003 t/m 2007), Kok de (1992 t/m 1995), Scherer

(1996 t/m 2007), Rooster de (1995-2003) en Bokhorst (2000 t/m 2007). Door Bokhorst is ook vaste stalmest beproefd.

Door Floot, Bokhorst en De Kok zijn geen waarneembare verschillen in bodemfysische eigenschappen geconstateerd door toepassing van compost. Wel constateert Bokhorst dat het object dat alleen minerale voeding heeft gehad (geen vaste mest en geen compost) de kruimelstructuur van de grond iets minder was. Scherer meldt dat in het Duitse onderzoek door jaarlijks gebruik van compost het poriënvolume van de grond wordt verhoogd. Vooral op lichte grond is dit het geval. Wanneer door compost vooral het aandeel grote poriën wordt vergroot dan heeft dit nauwelijks effect op het waterleverend vermogen van de grond. De aggregaatstabiliteit is door compostgebruik niet veranderd. Dit geldt ook voor de waterdoorlatendheid. Deze was op alle proefplaatsen ook in het onbehandelde object al goed.

De toename van de voor het gewas opneembare hoeveelheid vocht met ongeveer 2%-punt (Scherer et al., 2008) betekent een extra waterhoeveelheid van 8 mm (bij een bouwvoorgewicht van 4 miljoen kg/ha). Dit betekent een extra watervoorraad om de gewasverdamping van 2 dagen te compenseren. Wanneer op zandgrond in een droge periode eenmaal per week moet worden beregend, heeft de extra watervoorraad voor 2 dagen een grote betekenis. Bij gelijkblijvende beregeningscapaciteit kan men meer dan nu het geval is voor optimale groeiomstandigheden zorgen. Dit heeft ook een positief effect op de mineralenbenutting.

In hoofdstuk 3 wordt berekend dat in een bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van GFT-compost het organisch stofgehalte van de grond na 10 jaar met 0,3 procent punt is toegenomen ten opzichte van een strategie waarin alleen kunstmest gebruikt wordt. Op basis van de berekening van Scherer (2008) zou dat overeenkomen met minder dan 1 mm extra watervoorraad. Dit is veel minder dan in de praktijk verondersteld wordt.

In geen van de onderzoeksverslagen zijn verschillen in slempgevoeligheid of verschillen in gevoeligheid voor wind- of watererosie gemeld.

2.8.2 Bodemchemische eigenschappen

Het gaat hierbij om de mogelijke invloed van meststoffen op onder andere het nutriëntenleverendvermogen voor de gewassen die geteeld worden (o.a. N, P en K), de kationuitwisselingscapaciteit, EC-waarde en de pH en de mogelijke risico's van ophoping van zware metalen.

Uit onderzoeksgegevens blijkt dat fosfaat en kali die met organische meststoffen wordt gegeven dezelfde werking hebben als die van kunstmest. Alleen de eerstejaarswerking van fosfaat uit rundvee- en kippenmest is lager, maar bij jaarlijkse toepassing is deze ook 100% (Dijk van, 2003). Fosfaat en kali die met organische mestsoorten wordt gegeven, kan gekort worden op de bemesting met kunstmestfosfaat en -kali. Bij veeljarig gebruik van compost kan de pH-waarde iets toenemen, dit kan tot een verminderde bemestingsbehoefte met kalkmeststoffen leiden. Afhankelijk van de beginsituatie en de gewassen die geteeld worden, is dit een hogere pH-waarde een gewenst dan wel een minder gewenst effect.

Het stikstofleverendvermogen van organische meststoffen is sterk afhankelijk van de stabiliteit van de organische stof en van de mate waarin minerale stikstof reeds in de meststof aanwezig is. Bij gebruik van runderdrijfmest en digestaat kan meer dan de helft van de aanwezige stikstof beschikbaar komen voor gewasopname in het eerste jaar na toepassing. Bij gebruik van stabiele compost is de stikstoflevering soms zo laag dat zij niet aantoonbaar is. Bij gebruik van minder stabiele organische stof is de Nmin-waarde in het voorjaar hoger en komt er ook tijdens het groeiseizoen extra minerale stikstof voor gewasopname beschikbaar. Tegelijkertijd nemen de risico's op uitspoeling van stikstof toe als de overige bemesting niet wordt afgestemd op de inzet van deze meststoffen. Bij hoge compostdosering en een compostkwaliteit met een C/N-quotient hoger dan 25 bestaat het risico van stikstofvastlegging in het eerste jaar na toepassing.

2.8.3 Bodembioologische eigenschappen

Het gaat hierbij om de mogelijke invloed van meststoffen op o.a. ziekteverendheid, schadelijke pathogenen (aaltjes, schimmels), bodembiodiversiteit, hoeveelheid microbiële biomassa, bodemrespiratiecoëfficiënt, aantal en soort wormen, bacterie/schimmelverhouding.

Bij ziekteverendheid moet een onderscheid gemaakt worden tussen algemene (breed werkend) en specifieke ziekteverendheid (werkzaam tegen een beperkt aantal ziekteverwekkers). Bij algemene ziekteverendheid gaat het vooral om de competitie om de koolstofbronnen en bij specifieke ziekteverendheid gaat het om de werking van één of enkele specifieke microbiële antagonisten. Vooral bij compost komt het aspect van ziekteverendheid naar voren. De resultaten van veldonderzoek blijven achter bij wat op laboratoriumschaal wordt aangetoond. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de lagere dosering die wettelijk op het veld kan worden toegepast. Door composteerdere worden wel antagonisten aan de compost toegediend om de specifieke ziekteverendheid te vergroten.

Bij goede compostering zijn alle eventueel aanwezige onkruiden en plantenziekteverwekkers gedood. Bij gebruik van drijfmest en vaste mest bestaat wel een gering risico van overdracht van onkruidzaden en plantenziekteverwekkers. Bij gebruik van (gescheiden) digestaat zijn deze risico's weer kleiner dan bij gebruik van vaste mest en drijfmest, zeker in geval van thermofiele vergisting.

Bij toepassing van compost verrijkt met biostimulatoren voor de teelt van pootaardappel kon in Kollumerwaard Floot (2008) bestrijdend effect op de Rhizoctonia-aantasting worden vastgesteld. Het effect was echter minder groot dan dat van een chemische behandeling. Toepassing van compost kan de chemische behandeling niet vervangen. Bokhorst vond een Rhizoctonia-onderdrukkend effect bij aardappel door toepassing van potstalmest. Tevens is er een aanwijzing dat de aantasting door knolvoet in bloemkool iets minder was na toepassing van compost. Waarschijnlijk moet dit verklaard worden door de hogere pH op het compostobject (Rooster de, 2003).

Door toepassing van potstalmest op 20 cm diepte op een biologisch bedrijf in Lelystad werd een hoger aantal verticale poriën gevonden, gevormd door regenwormen (Bokhorst et al., 2008). Bij bemesting met potstalmest, kippenmest, natuurcompost en groencompost was de bacterieactiviteit beduidend hoger dan die bij bemesting met kunstmest en drijfmest. Tussen de objecten waren geen verschillen in hoeveelheid biomassa van schimmels.

2.9 Organisch stofgehalte van de bodem en koolstofvastlegging

Het gaat hierbij om de invloed van meststoffen op onder andere het organisch stofgehalte van de bodem op langere termijn en de mate waarin dit een bijdrage kan leveren aan het beperken van de klimaatverandering door vastlegging van CO₂.

Door gebruik van organische meststoffen wordt de emissie van broeikasgassen beperkt door vastlegging van koolstof in de bodem en het vermijden van productie van kunstmeststoffen. De mate van vastlegging van koolstof is afhankelijk van de afbraaksnelheid van de organische stof en het C/N-quotiënt. Hoe lager de afbraaksnelheid des te stabielier is de organische stof en des te groter is de bijdrage aan de vastlegging van koolstof in de bodem. Verhoging van het organisch stofgehalte beperkt de energiebehoefte nodig voor het bewerken en ploegen van bouwland; de bouwvoor wordt minder zwaar.

De eventuele verhoging van het organisch stofgehalte van de bodem is sterk afhankelijk van de hoeveelheid organische stof die met de meststof wordt gegeven en de afbraaksnelheid van de organische stof. Bij gebruik van drijfmest en effluent van gescheiden digestaat is deze bijdrage beperkt. Bovendien is het in de veldsituatie afhankelijk van specifieke bodemeigenschappen en de hoeveelheid organische stof die met gewasresten op het veld achterblijft. Er bestaat nog onduidelijkheid over de afbraaksnelheid van organische stof van (gescheiden) digestaat. De gemakkelijk afbreekbare organische stof is immers in de vergister al

afgebroken. Ook is niet duidelijk welke invloed de covergistingsmaterialen hebben op de kwaliteit van de organische stof in digestaat. In deze studie is de afbraaksnelheid van organische stof in digestaat en de scheidingsproducten van digestaat afgeleid van die van runderdrijfmest en die van de plantaardige coproducten.

Deel 2

Toepassing meststoffen op bedrijfsniveau

3 resultaten bemestingsscenario's

Om landbouwkundige- en milieueffecten van de meststoffen door te rekenen in bedrijfsverband is zowel voor een gangbaar bedrijfssysteem als voor een biologisch bedrijfssysteem een bedrijfsopzet geformuleerd. Uitgegaan wordt van een 50 ha groot akkerbouwbedrijf op kleigrond. Voor beide bedrijfstypen is het bouwplan en een bemestingsplan gemaakt. Voor het gangbare bedrijfssysteem is uitgegaan van een 1 op 4 bouwplan en voor het biologische bedrijfssysteem van een 1 op 6 bouwplan. Er zijn bemestingsstrategieën doorgerekend, waarbij de bemesting met steeds één van de onderzochte meststoffen de basis voor de bemesting vormt.

Met behulp van het model Minip (Janssen, 1984 en Janssen, 1996) is berekend hoeveel organische stof er na 10 jaar nog in de bodem aanwezig is bij jaarlijkse toepassing van de betreffende bemestingsstrategie, als ook hoeveel organisch gebonden stikstof daarin zit.

Bij de analyse op bedrijfsniveau wordt het resultaat van de totale bemesting (meerdere meststoffen) beoordeeld en niet alleen het resultaat van de meststof die als basis voor de bemestingsstrategie is gebruikt.

3.1 Gangbaar bedrijfssysteem.

De scenariostudie met het gangbare bedrijfssysteem wordt uitgevoerd voor een bedrijf met een 1 op 4 bouwplan. Het bedrijf teelt wintertarwe gevolgd door een groenbemester (25%), consumptieaardappel (25%), suikerbiet (25%) en zaaui (12,5%) en winterpeen (12,5%). De stikstofbemesting is gebaseerd op de Adviesbasis Bemesting (Dijk van, 2003), waarbij rekening is gehouden met de N-levering uit de groenbemester en het blad van de suikerbieten. De groenbemester wordt bemest met 60 kg/ka kunstmeststikstof of met 60 kg werkzame stikstof uit organische meststoffen. Voor het berekenen van de afvoer van fosfaat en kali met het geoogste product is uitgegaan van een opbrengstniveau van de wintertarwe van 9 ton/ha, van de consumptieaardappel van 55 ton/ha, van de suikerbiet van 70 ton/ha, van de zaaui van 60 ton/ha en van de winterpeen van 85 ton/ha. Voor het fosfaat- en kaligehalte is uitgegaan van de gehalten zoals weergegeven in de Adviesbasis Bemesting (Dijk van, 2003). Voor de fosfaatbemesting is uitgegaan van een bemesting gebaseerd op de afvoer met het geoogste product plus 20 P₂O₅ kg/ha noodzakelijk voor het op peil houden van het fosfaatgehalte van de grond (Dijk van, 2003). Voor de kalibemesting is uitgegaan van alleen de compensatie van de afvoer met het geoogste product. Gemiddeld op bedrijfsniveau is de bemestingsbehoefte 199 kg N, 81 kg P₂O₅ en 176 kg K₂O/ha. Bij de bemestingsstrategieën gebaseerd op het gebruik van organische meststoffen is ervan uitgegaan dat met deze meststoffen 50 kg P₂O₅/ha wordt toegediend. De overige nutriënten worden aangevoerd met kunstmest.

In tabel 7 is per bemestingsstrategie de bemestingsbehoefte met kunstmest weergegeven en in tabel 8 de hoeveelheid die met de organische mestproducten is gegeven en tevens hoeveel organische stof dat per ha betreft.

3.1.1 Bemestingsstrategie gebaseerd op bemesting met kunstmest.

Deze bemestingsstrategie is voor de gangbare landbouw als referentie gehanteerd.

In de situatie dat de gehele bemestingsbehoefte wordt gegeven met kunstmest bedraagt de gemiddelde

gift aan kunstmeststikstof 199 kg N/ha (= 737 kg kalkammonsalpeter/ha), 81 kg P₂O₅ aan kunstmestfosfaat (= 176 kg tripelsuperfosfaat/ha) en de gemiddelde gift aan kunstmestkali is 176 kg K₂O/ha (= 293 kg K60/ha). Bij bemesting met alleen kunstmeststikstof wordt geen organische stof met de meststoffen aangevoerd.

3.1.2 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van vaste rundermest.

Er is vanuit gegaan dat er voor de teelt van consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui en winterpeen 16,3 ton vaste rundermest per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 12,2 ton/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de vaste mest is op 40% gesteld. Met deze mestgift wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 31 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 50 kg P₂O₅/ha en 106 kg K₂O per ha. De aanvullende bemesting met kunstmest bedraagt 168 kg N (621 kg KAS), 31 kg P₂O₅ (68 kg TSP) en 71 kg K₂O/ha (116 kg K60). Met de vaste mest wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 1830 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1281 kg/ha over (effectieve organische stof); de humificatiecoëfficiënt is 70%. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,18 procentpunt hoger.

3.1.3 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van runderdrijfmest.

Er is uitgegaan van een dosering van 33 ton/ha in het voorjaar aan de wintertarwe en 25 ton/ha aan de groenbemester. Na het poten van de aardappel is 50 ton/ha gegeven en voor het zaaien van de winterpeen een dosering van 33 ton/ha. Gemiddeld op bedrijfsniveau wordt 31 ton runderdrijfmest per ha gegeven. De eerstejaars stikstofwerking is op 55% gesteld. Met deze mestgift wordt gemiddeld 75 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 50 kg P₂O₅/ha en 193 kg K₂O per ha. De aanvullende bemesting met kunstmest bedraagt 123 kg N (457 kg KAS) en 31 kg P₂O₅/ha (68 kg TSP). Een aanvullende bemesting met kunstmestkali is niet nodig. Met de runderdrijfmest wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 1984 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1389 kg/ha over (effectieve organische stof); de humificatiecoëfficiënt is 70%. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,19 procentpunt hoger.

3.1.4 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van digestaat.

Er is uitgegaan van een dosering van 28 ton/ha in het voorjaar aan de wintertarwe en 19 ton/ha aan de groenbemester. Na het poten van de aardappel is 50 ton/ha gegeven en voor het zaaien van de winterpeen een dosering van 28 ton/ha. Gemiddeld op bedrijfsniveau wordt 28 ton digestaat per ha gegeven. De eerstejaars stikstofwerking is op 65% gesteld. Met deze mestgift wordt gemiddeld 89 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 50 kg P₂O₅/ha en 128 kg K₂O per ha. De aanvullende bemesting met kunstmest bedraagt 110 kg N (408 kg KAS) en 31 kg P₂O₅/ha (68 kg TSP) en 81 kg K₂O/ha. Met de digestaat wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 1932 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 985 kg/ha over (effectieve organische stof); de humificatiecoëfficiënt is 51%. De berekening van de humificatiecoëfficiënt bij digestaat is gebaseerd op de mate van omzetting van organisch gebonden stikstof in minerale stikstof. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie met 0,10 procentpunt toegenomen.

3.1.5 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van effluent van gescheiden digestaat.

Er is uitgegaan van een dosering met dezelfde hoeveelheid werkzame hoeveelheid stikstof per ha als bij de strategie gebaseerd op ongescheiden digestaat (89 kg N-werkzaam/ha). Een dosering gebaseerd op 50 kg P₂O₅ per ha is bij deze mestsoort niet mogelijk, omdat dan de norm van maximaal 170 kg N-totaal/ha uit dierlijke mest ruim wordt overschreden. De eerstejaars stikstofwerking van het effluent van gescheiden digestaat is op 70% gesteld. Aan de wintertarwe wordt in het voorjaar een dosering van 37 ton/ha gegeven en aan de groenbemester 22 ton/ha. Na het poten van de aardappel is 50 ton/ha gegeven en voor het zaaien van de winterpeen een dosering van 37 ton/ha. Gemiddeld op bedrijfsniveau wordt 32 ton effluent

van gescheiden digestaat per ha gegeven. Met deze mestgift wordt gemiddeld 89 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 29 kg P_2O_5 /ha en 147 kg K_2O per ha. De aanvullende bemesting met kunstmest bedraagt 110 kg N (406 kg KAS) en 52 kg P_2O_5 /ha (114kg TSP) en 29 kg K_2O /ha (49 kg K60). Met het effluent van gescheiden digestaat wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 1088 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 555 kg/ha over (effectieve organische stof); de humificatiecoëfficiënt is 51%; voor het effluent is dezelfde waarde aangehouden als voor het ongescheiden digestaat. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,06 procentpunt hoger.

3.1.6 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van dikke fractie van gescheiden digestaat.

Er is van uitgegaan dat er voor de teelt van consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui en winterpeen 12 ton vaste fractie van gescheiden digestaat per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 9 ton/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de vaste fractie is op 40% gesteld. Met deze mestgift wordt gemiddeld 31 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 50 kg P_2O_5 /ha en 42 kg K_2O per ha. De aanvullende bemesting met kunstmest bedraagt 168 kg N (620 kg KAS) en 31 kg P_2O_5 /ha (68 kg TSP) en 134 kg K_2O /ha (223 kg K60). Met de digestaat wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 1899 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 968 kg/ha over (effectieve organische stof); de humificatiecoëfficiënt is 51%. Voor de dikke fractie is dezelfde waarde aangehouden als van het ongescheiden digestaat. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,10 procentpunt hoger.

3.1.7 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van GFT-compost.

Er is van uitgegaan dat er voor de teelt van consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui en winterpeen 18 ton GFT-compost per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 14 ton/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de GFT-compost is op 10% gesteld. Met deze compostgift wordt gemiddeld 11 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 50 kg P_2O_5 /ha en 86 kg K_2O per ha. De aanvullende bemesting met kunstmest bedraagt 188 kg N (694 kg KAS) en 31 kg P_2O_5 /ha (68 kg TSP) en 90 kg K_2O /ha (150 kg K60). Met de GFT-compost wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 2660 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1995 kg/ha over (effectieve organische stof); de humificatiecoëfficiënt is 75%. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,28 procentpunt hoger.

3.1.8 Samenvattend gangbaar bedrijfssysteem.

In tabel 7 en 8 zijn de samenvattende bemestingsgegevens opgenomen (dosering per ha). Per bemestingsstrategie is aangegeven hoeveel meststof en hoeveel aanvullende bemesting met kunstmest (KAS, TSP en K60) gemiddeld per ha is gegeven om volgens de Adviesbasis te bemesten en is weergegeven hoeveel verse en hoeveel effectieve organische stof dan gemiddeld per ha wordt gegeven. Bij gebruik van vaste rundermest (VRM), runderdrijfmest (RDM), digestaat (Dig), vaste fractie van gescheiden digestaat (Dig-vast) en GFT-compost (GFT) is uitgegaan van een dosering gebaseerd op een gift van 50 kg P_2O_5 /ha op bedrijfsniveau. Bij gebruik van effluent van gescheiden digestaat (Dig-effl) is de dosering afgestemd op gelijke hoeveelheid werkzame hoeveelheid stikstof als met gebruik van ongescheiden digestaat.

Bij gebruik van de vaste fractie van gescheiden digestaat en bij gebruik van GFT-compost moet de hoogste bijbemesting met kunstmest worden gegeven, daarna volgt de strategie met vaste rundermest, gevolgd door de strategie op basis van digestaat en het effluent van gescheiden digestaat en vervolgens de strategie op basis van runderdrijfmest met de laagste bijbemestingsbehoefte.

In de bemestingsstrategie met GFT-compost wordt de hoogste hoeveelheid organische stof toegediend en deze wordt ook het langzaamst afgebroken. Ook met vaste rundermest en runderdrijfmest wordt relatief veel organische stof aangevoerd met ook een hoge humificatiecoëfficiënt, gevolgd door de vaste fractie van gescheiden digestaat en vervolgens het digestaat en het effluent van gescheiden digestaat.

Tabel 7. Bemesting met kalkammonsalpeter (KAS), tripelsuperfosfaat (TSP) en Kali 60 (K60) in kg meststof/ha bij elk van de 7 bemestingsstrategieën gebaseerd op Kunstmest (km), Vaste rundermest (VRM), Runderdrijfmest (RDM), Digestaat (Dig), Digestaat dunne fractie (Dig-effl), Digestaat dikke fractie (Dig-vast) of GFT-compost (GFT).

Bemesting met kunstmest	Bemestingstrategie gebaseerd op						
	kunstmest	VRM	RDM	Dig	Dig-effl	Dig-vast	GFT
KAS	737	621	457	408	406	620	694
TSP	176	68	68	68	114	68	68
K60	293	116	0	81	49	223	150
Totaal kunstmest	1206	760	523	557	568	912	913

Tabel 8. Gemiddelde dosering organische meststof in ton/ha, hoeveelheid verse organische stof (OS) per ha, hoeveel effectieve organische stof (EOS) in kg per ha die met deze meststoffen wordt gegeven en de wijziging van het organisch stofgehalte van de bodem na 10 jaar toepassing van de bemestingsstrategie.

	Bemestingstrategie gebaseerd op						
	kunstmest	VRM	RDM	Dig	Dig-effl	Dig-vast	GFT
Dosering ton/ha	nvt	12,2	31	28	32	9	14
OS in kg/ha	0	1830	1984	1932	1088	1899	2660
EOS in kg/ha	0	1281	1389	985	555	968	1995
Verskil in organisch stofgehalte in bodem na 10 jaar	0	0,18	0,19	0,10	0,06	0,10	0,28

3.2 Biologisch bedrijfssysteem

De scenariostudie met het biologische bedrijfssysteem wordt uitgevoerd voor een bedrijf met een 1 op 6-bouwplan. Het bedrijf teelt gras/klaver-mengsel (17%), consumptieaardappel (17%), suikerbiet (8%) en zaaiui (8%), zomertarwe gevolgd door een groenbemester (17%), doperwt met een groenbemester (17%) en winterpeen (17%). Verondersteld is dat het opbrengstniveau van de gewassen op het biologisch bedrijf 80% is van dat op het gangbare bedrijf en dat per ton geoogst product evenveel mineralen worden afgevoerd. Voor de consumptieaardappel is gerekend met een opbrengstniveau van 44 ton/ha, voor de suikerbiet met 56 ton/ha, voor de zaaiui 48 ton/ha, voor de zomertarwe 6 ton/ha, voor de doperwt 4 ton/ha en met de winterpeen met 68 ton/ha. Tevens is er van uitgegaan dat de stikstofbehoefte ook 80% is van die van gewassen die op een gangbare manier geteeld worden. Bij de vaststelling van de stikstofbehoefte is rekening gehouden met de stikstoflevering uit de gras/klaver, het bietenblad en de groenbemesters na zomertarwe en doperwt. Er is geen bemesting ingerekend voor de teelt van het gras/klaver-mengsel en de teelt van de beide groenbemesters. De stikstofbehoefte (eerstejaars werking van stikstof uit meststoffen) is 58 kg N/ha.

Voor de fosfaatbemesting is uitgegaan van een bemesting gebaseerd op de afvoer met het geoogste product plus 20 kg P_2O_5 /ha noodzakelijk voor het op peil houden van het fosfaatgehalte van de grond (Adviesbasis bemesting; Dijk van, 2003). De gemiddelde fosfaatafvoer is berekend op 32 kg P_2O_5 /ha, zodat een aanvoer van 52 kg P_2O_5 /ha gewenst is. Voor de kalibemesting is uitgegaan van alleen de compensatie van de afvoer met het geoogste product. De berekende kali-afvoer is 104 kg K_2O /ha.

Gemiddeld op bedrijfsniveau is de nutriëntenbehoefte vanuit de bemesting 58 kg N (eerstejaarswerking van de stikstof uit de meststoffen), 52 kg P_2O_5 en 104 kg K_2O /ha. In tegenstelling tot de situatie voor het gangbare bedrijfssysteem worden op het biologische bedrijf altijd meerdere organische meststoffen gebruikt. Als hulpmeststof is in de studie met vinasse kali gerekend.

In tabel 9 en 10 is per bemestingsstrategie weergegeven hoeveel van elke meststof wordt gegeven en hoeveel organische stof het betreft.

3.2.1 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van vaste rundermest.

Bij het biologische bedrijfssysteem is deze bemestingsstrategie als referentie gebruikt.

Er is vanuit gegaan dat er voor de teelt van consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui en winterpeen 20 ton vaste rundermest per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 10 ton/ha. Aan

consumptieaardappel en zomertarwe wordt tevens 21 ton/ha runderdrijfmest gegeven; gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 7 ton/ha. Als hulpmeststof wordt vinasse kali gegeven; aan zaaiui, suikerbiet, zomertarwe en winterpeen resp. 600, 1400, 1000 en 1000 kg/ha; gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 500 kg/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de vaste mest is op 40% gesteld, die van de runderdrijfmest op 55% en van vinasse kali op 80%. Met het totaal van vaste mest, drijfmest en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 58 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 55 kg P_2O_5 /ha en 182 kg K_2O per ha. Met de vaste mest, drijfmest en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 2153 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1384 kg/ha over (effectieve organische stof); de gemiddelde humificatiecoëfficiënt is 64%.

3.2.2 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van runderdrijfmest.

Er is vanuit gegaan dat er voor de teelt van suikerbiet, zaaiui en winterpeen 15 ton vaste rundermest per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 5 ton/ha. De drijfmest wordt gegeven aan de consumptieaardappel (36 ton/ha), zomertarwe (30 ton/ha), suikerbiet (20 ton/ha), winterpeen (19 ton/ha) en de zaaiui (14 ton/ha). Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 17 ton/ha. Als hulpmeststof wordt 600 kg/ha vinasse kali gegeven aan zomertarwe en consumptieaardappel; ; gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 200 kg/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de vaste mest is op 40% gesteld, die van de runderdrijfmest op 55% en van vinasse kali op 80%. Met het totaal van vaste mest, drijfmest en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 60 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 49 kg P_2O_5 /ha en 170 kg K_2O per ha. Met de vaste mest, drijfmest en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 1920 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1295 kg/ha over (effectieve organische stof); de gemiddelde humificatiecoëfficiënt is 68%. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,01 procentpunt lager.

3.2.3 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van digestaat.

Er is vanuit gegaan dat er voor de teelt van suikerbiet, zaaiui en winterpeen 15 ton vaste rundermest per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 5 ton/ha. Het digestaat wordt gegeven aan de consumptieaardappel (36 ton/ha), zomertarwe (28 ton/ha), suikerbiet (20 ton/ha) en de winterpeen (16 ton/ha). Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 15 ton/ha. Als hulpmeststof wordt 1200 kg/ha vinasse kali aan de zaaiui gegeven; gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 100 kg/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de vaste mest is op 40% gesteld, die van het digestaat op 65% en van vinasse kali op 80%. Met het totaal van vaste mest, digestaat en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 64 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 48 kg P_2O_5 /ha en 123 kg K_2O per ha. Met de vaste mest, digestaat en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 1826 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1057 kg/ha over (effectieve organische stof); de gemiddelde humificatiecoëfficiënt is 58%. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,06 procentpunt lager.

3.2.4 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van effluent van gescheiden digestaat.

Er is vanuit gegaan dat er voor de teelt van consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui en winterpeen 20 ton vaste rundermest per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 10 ton/ha. Het effluent van gescheiden digestaat wordt gegeven aan de consumptieaardappel (24 ton/ha), zomertarwe (30 ton/ha), suikerbiet (12 ton/ha) en de zaaiui (12 ton/ha). Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 11 ton/ha. Als hulpmeststof wordt 1200 kg/ha vinasse kali aan de winterpeen gegeven; gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 200 kg/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de vaste mest is op 40% gesteld, die van het effluent van gescheiden digestaat op 70% en van vinasse kali op 80%. Met het totaal van vaste mest, effluent van gescheiden digestaat en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 62 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 52 kg P_2O_5 /ha en 159 kg K_2O per ha. Met de vaste mest, digestaat en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 1956 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1249 kg/ha over (effectieve organische stof); de gemiddelde humificatiecoëfficiënt is 64%. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,02 procentpunt lager.

3.2.5 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van dikke fractie van gescheiden digestaat

Er is vanuit gegaan dat er voor de teelt van consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui en winterpeen 10 ton dikke fractie van gescheiden digestaat per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 5 ton/ha. Er wordt geen vaste rundermest gegeven. Tevens wordt runderdrijfmest gegeven aan de consumptieaardappel (30 ton/ha), zomertarwe (20 ton/ha), suikerbiet (20 ton/ha), zaaiui (14 ton/ha) en de winterpeen (29 ton/ha). Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 16 ton/ha. Als hulpmeststof wordt 400 kg/ha vinasse kali aan de suikerbiet en winterpeen gegeven; gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 100 kg/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de vaste fractie van gescheiden digestaat is op 40% gesteld, die van de runderdrijfmest op 55% en van vinasse kali op 80%. Met het totaal van vaste fractie van gescheiden digestaat, runderdrijfmest en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 59 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 54 kg P_2O_5 /ha en 133 kg K_2O per ha. Met de vaste fractie van gescheiden digestaat, runderdrijfmest en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 3175 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1797 kg/ha over (effectieve organische stof); de gemiddelde humificatiecoëfficiënt is 59%. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,03 procentpunt lager.

3.2.6 Bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van GFT-compost.

Er is vanuit gegaan dat er voor de teelt van consumptieaardappel, suikerbiet, zaaiui en winterpeen 16 ton GFT-compost per ha is gegeven. Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 8 ton/ha. Er wordt geen vaste rundermest gegeven. Tevens wordt runderdrijfmest gegeven aan de consumptieaardappel (18 ton/ha), zomertarwe (20 ton/ha), suikerbiet (18 ton/ha), zaaiui (14 ton/ha) en de winterpeen (18 ton/ha). Gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 12 ton/ha. Als hulpmeststof wordt vinasse kali bemest; aan de consumptieaardappel 1400 kg/ha, aan de zomertarwe 1000 kg/ha, aan de suikerbiet 1000 kg/ha, aan de zaaiui 600 kg/ha en aan winterpeen 1000 kg/ha; gemiddeld op bedrijfsniveau is dit 700 kg/ha. De eerstejaars stikstofwerking van de GFT-compost is op 10% gesteld, die van de runderdrijfmest op 55% en van vinasse kali op 80%. Met het totaal van GFT-compost, runderdrijfmest en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 57 kg/ha werkzame stikstof gegeven, 52 kg P_2O_5 /ha en 197 kg K_2O per ha. Met de GFT-compost, runderdrijfmest en vinasse kali wordt gemiddeld op bedrijfsniveau 2575 kg/ha organische stof toegediend. Hiervan is na één jaar nog 1706kg/ha over (effectieve organische stof); de gemiddelde humificatiecoëfficiënt is 67%. Na 10 jaar toepassing van deze bemestingsstrategie is het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie 0,06 procentpunt hoger.

3.2.7 Samenvattend biologisch bedrijfssysteem.

In de tabellen 9 en 10 zijn de samenvattende bemestingsgegevens opgenomen. Per bemestingsstrategie is aangegeven hoeveel meststof en hoeveel aanvullende bemesting met vinasse kali als hulpmeststof gemiddeld per ha is gegeven en is weergegeven hoeveel verse en hoeveel effectieve organische stof dan gemiddeld per ha wordt gegeven.

In de bemestingsstrategie met GFT-compost wordt de grootste hoeveelheid verse en effectieve organische stof toegediend. Ook bij de bemestingsstrategieën gebaseerd op de inzet van vaste rundermest, runderdrijfmest, effluent van gescheiden digestaat en dikke fractie van gescheiden digestaat wordt relatief veel organische stof aangevoerd. In de bemestingsstrategie gebaseerd op de inzet van ongescheiden digestaat is de aanvoer van organische stof het laagst.

Tabel 9. Bemesting met vaste rundermest (VRM), runderdrijfmest (RDM), digestaat (Dig), effluent van gescheiden digestaat (dig-effl), dikke fractie van gescheiden digestaat (dig-dik), GFT-compost (GFT) en vinasse kali (VK) in ton/ha gemiddeld op bedrijfsniveau bij elk van de 6 bemestingsstrategieën.

	Bemestingsstrategie gebaseerd op de betreffende meststof					
	VRM	RDM	Dig	Dig-effl	Dig-dik	GFT
Vaste mest	10	5	5	10	-	-
drijfmest	7	17	-	-	16	12
Digestaat	-	-	15	11	-	-
Digestaat-effluent	-	-	-	-	-	-
Digestaat-dik	-	-	-	-	10	-
GFT-compost	-	-	-	-	-	8
vinasse kali	0,5	0,2	0,1	0,2	0,1	0,7

Tabel 10. Gemiddelde hoeveelheid verse organischestof (OS) en hoeveel effectieve organischestof (EOS) die met de meststoffen wordt gegeven.

	Bemestingsstrategie gebaseerd op de betreffende meststof					
	VRM	RDM	Dig	Dig-effl	Dig-vast	GFT
OS in kg/ha	2153	1920	1826	1956	3175	2575
EOS in kg/ha	1384	1295	1057	1249	1797	1706
Vershil in organisch stofgehalte in bodem na 10 jaar	0	- 0,01	- 0,06	- 0,02	- 0,03	+ 0,06

4 Beoordeling milieukundig per ha

Hoofdstuk 4 geeft de vermenigvuldiging van kengetallen per ton product met de dosering van de betreffende meststoffen in elk van de bemestingsstrategieën per ha. Voor de biologische bedrijfsvoering is de strategie gebaseerd op maximaal gebruik van vaste mest, aangevuld met drijfmest en vinasse kali als referentie genomen. De waarden van de andere bemestingsstrategieën wordt wat betreft de nitraatuitspoeling en de wijziging van het organisch stofgehalte van de bodem vergeleken met die van het referentiebedrijf. Hetzelfde geldt voor de gangbare bedrijfsvoering, waarbij het bedrijf dat alleen kunstmest gebruikt als referentie is genomen. De vergelijking tussen de bemestingsstrategieën wordt gemaakt voor de fase van meststofproductie tot en met het transport naar de akkerbouwer (fase 1), de toepassing van de meststof op de akker (fase 2) en voor het totaal van fase 1 plus fase 2.

4.1 Energieverbruik en emissie van broeikasgassen

In tabel 11 is het energieverbruik (MJ) en de broeikasgasemissie (CO₂-eq.) weergegeven voor de productie van de meststoffen (fase 1) en inzet van de meststoffen op de akker (fase 2) bij de bemestingsstrategieën gebaseerd op deze meststoffen en gesommeerd voor beide fasen ten opzichte van het energieverbruik en de broeikasgasemissie van de referentie bemestingsstrategieën. Bij de productie van digestaat wordt door (co)vergisten en het verbranden van het biogas elektriciteit opgewekt en is er sprake van een negatief energieverbruik. Dit is echter niet meegerekend in het energieverbruik van het digestaat (zie fase 0 in tabel 3).

De strategie gebaseerd op GFT-compost heeft zowel in het biologische bedrijfssysteem als in het gangbare bedrijfssysteem in fase 1 het hoogste energieverbruik. In het gangbare systeem is dit verbruik ook hoger dan bij de strategie volledig gebaseerd op kunstmest. In fase 2 zijn de verschillen in energieverbruik tussen de meststoffen minder groot. Gesommeerd over fase 1 en fase 2 blijkt dat een bemestingsstrategie gebaseerd op GFT-compost een hoog energieverbruik heeft.

Ten aanzien van de emissie van broeikasgassen (CO₂-eq) heeft in het biologische systeem gesommeerd over fase 1 en fase 2 ongescheiden digestaat de laagste emissie en de dikke fractie van gescheiden digestaat de hoogste emissie.

4.2 Ammoniakemissie en nitraatuitspoeling

In tabel 12 is de ammoniakemissie en de nitraatuitspoeling weergegeven voor de fase van meststofproductie tot aan het moment van toepassing door de akkerbouwer (fase 1), de fase van toepassing op de akker (fase 2) en gesommeerd voor de gehele levenscyclus. Emissie van ammoniak vindt plaats in beide fasen en nitraatuitspoeling alleen in fase 2. De ammoniakemissie is weergegeven in daadwerkelijke emissie per ha.

De nitraatuitspoeling daar en tegen is weergegeven als het verschil met de referentie. De werkelijke nitraatuitspoeling is immers van meer factoren afhankelijk dan alleen van de bemesting. De nitraatuitspoeling is berekend als een gemiddelde waarde per jaar in de situatie dat gedurende 10 jaar jaarlijks de betreffende bemestingsstrategie wordt gehanteerd. Hierbij is de bemesting aangepast op de meerjarige werking van de organische meststoffen. Tevens is als uitgangspunt genomen dat de helft van het N-overschot als N-NO₃ uitspoelt (Schröder, 2004). Het N-overschot is de N-gift – (N-gewasopname + NH₃ emissie + N₂O emissie + N-niet afgebroken deel van organisch gebonden N).

Binnen het biologische bedrijfssysteem scoort de bemestingsstrategie gebaseerd op de dikke fractie van gescheiden digestaat het minst gunstig wat de nitraatuitspoeling betreft en die gebaseerd op het gebruik van runderdrijfmest het meest gunstig.

In het gangbaar bedrijfssysteem scoort de strategie gebaseerd op het gebruik van GFT-compost het minst gunstig. De strategie gebaseerd op volledig gebruik van kunstmest scoort het meest gunstig op de nitraatuitspoeling. De resultaten zijn verkregen door een rekenkundige exercitie op basis van

geformuleerde uitgangspunten. Er zijn geen veldresultaten bekend waaraan deze uitkomsten getoetst kunnen worden. Uitgaande van een neerslagoverschot van 333 mm per jaar betekent iedere 3 kg NO₃/ha een verhoging van het nitraatgehalte met 1 mg/liter.

Tabel 11. Benodigde energie in MJ en emissie van broeikasgassen in kg CO₂-equivalenten van de bemestingsstrategieën per ha.

bemestingsstrategie	Biologisch systeem		Gangbaar systeem	
	MJ	kg CO ₂ -eq	MJ	kg CO ₂ -eq
Fase 1				
kunstmest	nvt	1326	9840	741
Vaste mest	667	1415	8045	1681
drijfmest	632	1201	6038	2112
digestaat	578	1468	5705	1744
Dig-effluent	730	1812	5787	1926
Dig-dik	593	1577	8220	1425
GFT-compost	6891	1326	20077	2211
Fase 2				
kunstmest	nvt	nvt	427	1078
Vaste mest	664	1104	705	1722
drijfmest	687	1153	1016	2068
digestaat	613	944	948	1684
Dig-effluent	711	1066	1072	1607
Dig-dik	826	1440	638	1528
GFT-compost	766	1107	822	1715
Fase 1 + fase 2				
kunstmest	nvt	nvt	10266	1819
Vaste mest	1331	2430	8751	3403
drijfmest	1319	2568	7053	4179
digestaat	1191	2145	6653	3429
Dig-effluent	1441	2534	6859	3533
Dig-dik	1418	3256	8858	2956
GFT-compost	7657	2684	20899	3926

Tabel 12. Ammoniakemissie (kg NH₃ per ha) en verschil in nitraatuitspoeling (kg NO₃ per ha) van de bemestingsstrategieën ten opzichte van bemestingsstrategie gebaseerd op gebruik van vaste mest (biologische landbouw) en gebaseerd op volledig gebruik van kunstmest (gangbare landbouw).

bemestingsstrategie	Biologisch systeem		Gangbaar systeem	
	NH ₃	NO ₃	NH ₃	NO ₃
Fase 1				
kunstmest	nvt	nvt	0	0
Vaste mest	9	0	10	0
drijfmest	6	0	3	0
digestaat	6	0	3	0
Dig-effluent	10	0	3	0
Dig-dik	12	0	10	0
GFT-compost	2	0	1	0
Fase 2				
kunstmest	nvt	nvt	7	0
Vaste mest	4	0	9	26
drijfmest	6	-4	13	32
digestaat	7	-2	15	34
Dig-effluent	7	-1	16	24
Dig-dik	11	34	12	35
GFT-compost	5	23	9	62
Fase 1 + fase 2				
kunstmest	nvt	nvt	7	0
Vaste mest	14	0	20	26
drijfmest	12	-4	16	32
digestaat	13	-2	18	34
Dig-effluent	16	-1	19	24
Dig-dik	23	34	21	35
GFT-compost	7	23	10	62

4.3 Organische stof en koolstofvastlegging

In tabel 13 is de totale aanvoer van organische stof (OS), de hoeveelheid organische stof die nog na één jaar na toepassing hiervan over is (EOS) en de hoeveelheid organische stof die na 10 jaar jaarlijkse toepassing van de betreffende bemestingsstrategie in de bouwvoor aanwezig is (uitgedrukt in gemiddelde per jaar). De organische stofhoeveelheid is weergegeven in kg/ha/jaar ten opzichte van die van de referentie van de beide bedrijfssystemen. Bovendien is in tabel 13 het verschil in organisch stofgehalte van de bodem weergegeven in procentpunten organisch stof van de bodem ten opzichte van die van de referenties uitgaande van een bouwvoorgewicht van 4.000 ton/ha. De berekening is uitgevoerd met behulp van het afbraakmodel van organische stof van Janssen (Janssen, 1984) met eigen aannames voor de afbraaksnelheid van de organische stof in het digestaat. Doordat de humificatiecoëfficiënt van de organische stof in het digestaat lager is dan die van GFT-compost en die van vaste rundermest kent de dikke fractie van gescheiden digestaat het eerste jaar wel een grote aanvoer van organische stof, maar is de bijdrage aan verandering van het organisch stofgehalte van de bodem na 10 jaar maar beperkt.

In het biologische systeem wordt de meeste organische stof gegeven in de bemestingsstrategie gebaseerd op de dikke fractie van gescheiden digestaat en in het gangbare systeem in die met GFT-compost. In de strategie gebaseerd op het effluent van gescheiden digestaat wordt in beide systemen de laagste hoeveelheid organische stof aangevoerd. Na 10 jaar jaarlijkse toepassing van de bemestingsstrategieën is in het biologisch systeem het organisch stofgehalte van de bodem bij gebruik van compost met 0,06 procentpunt hoger en dat bij gebruik van effluent van gescheiden digestaat met 0,06 procentpunt lager ten opzichte van de referentie gebaseerd op vaste rundermest. In het gangbaar systeem is na 10 jaar jaarlijkse toepassing van de betreffende bemestingsstrategieën het organisch stofgehalte van de bodem het meest sterk toegenomen bij gebruik van GFT-compost en het minst sterk bij gebruik van effluent van gescheiden digestaat.

Het koolstofgehalte in de organische stof is 50%. Dit betekent dat per kg organische stof 1,83 kg CO₂ wordt vastgelegd. Na 10 jaar jaarlijkse toepassing van de bemestingsstrategieën is bij gebruik van GFT-compost in het biologische systeem gemiddeld per jaar 439 kg CO₂ meer per ha opgeslagen dan in de referentie gebaseerd op vaste mest (bouwvoorgewicht van 4.000 ton * 0,06% toename organische stofgehalte * 1,83 : 10 jaar) en bij toepassing van GFT-compost in het gangbaar systeem is dit 2050 kg CO₂ per ha meer dan in de referentie gebaseerd op volledig gebruik van kunstmest (bouwvoorgewicht van 4.000 ton * 0,28% toename organische stofgehalte * 1,83 : 10 jaar). Onduidelijk is hoe duurzaam deze CO₂-opslag in de bodem is. Het organisch stofgehalte kan niet eindeloos ieder jaar verhoogd worden. Opbouw en afbraak van organische stof zullen elkaar op een gegeven moment in evenwicht houden.

Tabel 13. Aanvoer van organische stof per bedrijfssysteem en per bemestingsstrategie in vergelijking tot de referentie strategie (vaste mest in biologisch systeem en kunstmest in gangbaar systeem) in kg/ha en aanvoer van effectieve organische stof, organische stofhoeveelheid in de bodem bij toepassing van de betreffende bemestingsstrategie gedurende 10 jaar en het verschil van het organisch stofgehalte van de bodem in procentpunten na 10 jaar.

Bemesting strategie	Biologisch systeem				Gangbaar systeem			
	OS-totaal	EOS	OS 10 jaar gemidd/jaar	OS bodem	OS-totaal	EOS	OS 10 jaar gemidd/jaar	OS bodem
	kg/ha			procentpunt	kg/ha			procentpunt
kunstmest	nvt	nvt	nvt	nvt	0	0	0	0,00
Vaste mest	0	0	0	0,00	1830	1281	701	0,18
drijfmest	-233	-89	-45	-0,01	1984	1389	767	0,19
digestaat	-327	-327	-238	-0,06	1932	985	418	0,10
Dig-effluent	-197	-135	-95	-0,02	1088	555	234	0,06
Dig-dik	1022	413	-129	-0,03	1899	968	411	0,10
GFT-compost	422	322	222	+0,06	2660	1995	1134	0,28

4.4 Besparing gebruik kunstmest in gangbaar bedrijfssysteem

In tabel 14 is voor het gangbaar bedrijfssysteem de besparing weergegeven in het gebruik van kunstmest door het gebruik van de organische meststoffen. In de bemestingsstrategie gebaseerd op het gebruik van digestaat en het gebruik van effluent van gescheiden digestaat wordt de grootste besparing aan kalkammonsalpeter gehaald en bij gebruik van GFT-compost de minste besparing.

De besparing aan tripelsuperfosfaat is bij alle meststoffen 109 kg TSP per ha. Dit is het gevolg van de uitgangspunten voor het opstellen van de bemestingsstrategieën. Allen bij gebruik van effluent van gescheiden digestaat is de besparing minder, omdat hier de mestdosering afgestemd is op de hoeveelheid werkzame hoeveelheid stikstof en niet op de fosfaatdosering.

De besparing aan gebruik van K60 varieert van 70 kg/ha bij gebruik van de dikke fractie van gescheiden digestaat tot 293 kg/ha bij gebruik van runderdrijfmest.

Wanneer ook rekening wordt gehouden met de meerjarige stikstofwerking bij jaarlijkse toepassing van de organische meststoffen dan is de besparing aan kunstmeststikstof nog 5 á 10% hoger dan weergegeven in tabel 14.

Tabel 14. Besparing gebruik van kunstmest in bemestingsstrategieën gebaseerd op gebruik van organische meststoffen in gangbaar bedrijfssysteem.

	KAS kg/ha	TSP kg/ha	K60 kg/ha
vaste mest	115	109	222
drijfmest	281	109	293
digestaat	330	109	211
Dig-effluent	330	63	245
Dig-dik	115	109	70
GFT-compost	41	109	143

Deel 3

Productie en toepassing op de akker per meststof.

5 GFT-compost

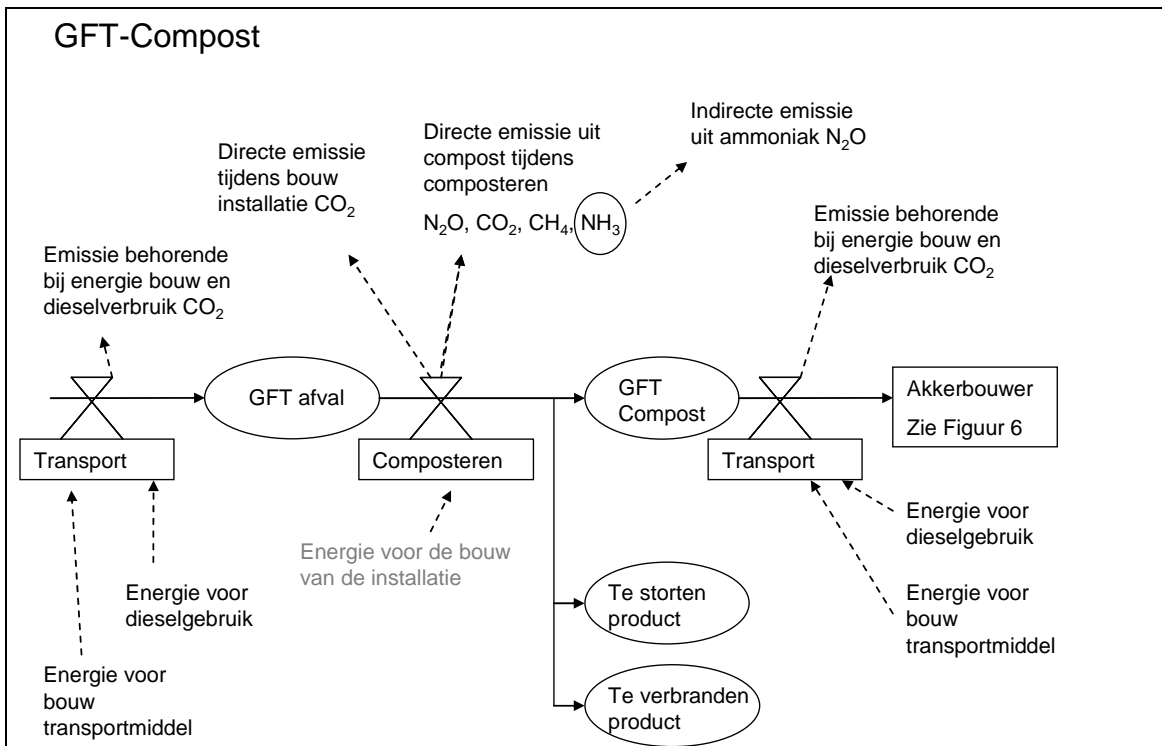
5.1 Inleiding

GFT-compost is een afvalproduct uit huishoudens (groente fruit en tuinafval) dat geheel of grotendeels bestaat uit één of meer organische afvalstoffen die met behulp van micro-organismen zijn afgebroken en omgezet zijn tot een stabiel eindproduct. Compost moet meer dan 20% organische stof bevatten. Voor stikstof in compost geldt wettelijk een werkingscoëfficiënt van 10%; dat wil zeggen dat slechts 10% van de in compost aanwezige stikstof meetelt voor de gebruiksnormen. Het hoge organisch stofgehalte van compost levert een belangrijke bijdrage aan de instandhouding van het organisch stofgehalte van de bodem en aan de voeding van de gewassen. Kenmerkend van compost is dat de voedingsstoffen langzaam vrij komen, verdeeld over vele jaren.

Bij composteren kennen we het composteren op het eigen bedrijf (composthoop van eigen bedrijfsafval), het composteren van GFT-afval (afval dat in de groene bak van de huishoudens door de gemeentes wordt verzameld) tot GFT-compost en het composteren van groenafval (overige stromen van organisch afval) tot groencompost. In de naaste toekomst zal GFT-afval in toenemende mate eerst worden vergist en het digestaat dat overblijft, zal vervolgens worden gecomposteerd. Op dit moment wordt 95% van het GFT-afval nog niet vergist en daarom wordt er in deze studie gerekend met compost van niet vergiste GFT-afval.

Het proces van de productie tot en met de toepassing van GFT- compost op de akker is weergegeven in Figuur 1. De energie voor de productie van GFT afval wordt toegekend aan de gebruikersfase. Er is daarom geen analyse nodig van de productie van GFT-afval. Tijdens het composteerproces van GFT-afval naar GFT-compost ontstaan drie producten: GFT-compost, afvalproduct dat gestort wordt en afvalproduct dat verbrand wordt. Het afval dat gestort dan wel verbrand wordt, wordt niet in de beoordeling meegenomen. De levenscyclusanalyse begint bij het transport van GFT-afval van de gemeente naar de composteerder en eindigt bij de lange termijnbeoordeling van het gebruik van GFT-compost als meststof op de akker. In de composteercel wordt het GFT-afval van de huishoudens omgezet in compost, gesorteerd en vervolgens tijdelijk opgeslagen. Vanuit de opslagplaats wordt het gedistribueerd naar de akkerbouwers. Op het akkerbouwbedrijf wordt de compost door een loonwerker op het veld uitgereden en met het ploegen ingewerkt in de bouwvoor.

Bij elk van deze schakels worden de milieukundige aspecten beoordeeld. Is er sprake van energiegebruik, treden er verliezen op door uitspoeling van nitraat en/of emissie van ammoniak en zijn er emissies van broeikasgassen naar het milieu?



Figuur 1. Een grafische weergave van processen in de levenscyclusanalyse van GFT-compost. Waarden in een cirkel zijn een product. Waarden in een vierkant duiden op een statische fase. Waarden in een kraantje duiden op een actie. De waarden bij een stippelpijl betekenen welke grondstoffen/ emissies nodig zijn of vrijkomen bij een proces of statische fase. Het proces dat zich op het land afspeelt (akkerbouwer) is voor alle meststoffen gelijk, hoewel met andere kengetallen. De grafische weergave van de mestbalans op de akker is weergegeven in Hoofdstuk 7 (Landbouwkundige aspecten).

5.2 Energieverbruik

5.2.1 Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

De berekening van de energiebehoefte is beschreven in Tabel . Het verzamelen van GFT-afval bij de huishoudens is niet opgenomen in de energiebalans. Fase 1 begint bij het transport van de gemeente naar de composteerinstallatie.

Transport 1: GFT afval van gemeente naar composteerder

Het energieverbruik voor het transport van GFT-afval van gemeente naar composteerder is berekend op 84,2 MJ/ ton compost. Daarbij is aangenomen dat de gemiddelde retourafstand 75 km is (Vereniging, afvalbedrijven, 2009) en er 35 ton GFT-afval met een vrachtauto vervoerd wordt met een brandstofverbruik van 0.37 liter diesel per km (tonnage per vrachtwagen en het verbruik van een vrachtwagen zijn het resultaat van een telefonische enquête van 5 transportbedrijven (sept, 2008)) en dat 1 ton GFT-afval 0,40 ton GFT-compost oplevert (EPEA, 2008). De benodigde energie voor de productie en het gebruik van diesel is 50,5 MJ/kg (Gaillard, 1997). 1 liter diesel komt overeen met 0,84 kilogram diesel en 50,5 MJ/ kg is gelijk aan 42,4 MJ/ liter diesel.

Assemblage vrachtwagen voor transport GFT-afval naar de composteerder

De vrachtwagen rijdt in zijn levensduur in totaal 500.000 ton GFT-afval, weegt 15 ton en de gemiddelde energiebehoefte voor de assemblage is 100 MJ/kg. De energiebehoefte is dan $15.000 \cdot 100 / 500.000 = 3$ MJ per ton GFT-afval. Per ton compost is het 3/0,4 GFT-compost = 7,5 MJ. Omdat deze post minder dan 3 % van de totale energiebehoefte is, is de energie voor assemblage van de vrachtwagen/tankauto voor alle meststoffen op verwaarloosbaar klein gesteld.

Bouw composteerinstallatie

De energie die nodig is voor de bouw van de composteerinstallatie is niet in de berekening meegenomen.

Composteerproces

Het energieverbruik tijdens het composteerproces is gesteld op 32 kWh/ton GFT-afval (IVAM, 2008). Omgerekend is dat een verbruik van 720 MJ/ton GFT-compost (Tabel). ($32 \text{ kWh/ton GFT} \cdot 9 \text{ MJ} \cdot \text{kWh} / 0,40 \text{ GFT-compost} / \text{GFT-afval}$). De energie-inhoud van 1 kWh is 3,6 MJ. Om een kWh te produceren is 9 MJ input aan energie nodig. Bij een gemiddeld elektrisch rendement van 40% kan uit verbranding van 1 m³ gas (31,65 MJ) 12,66 MJ elektrisch worden opgewekt. Dat staat gelijk aan 3,52 kWh. Per kWh is er dus $31,65 / 3,517 = 9,0$ MJ ingestopt aan energie.

Transport 2: Compost van installatie naar akkerbouwer

Voor het transport van GFT-compost van de composteerder naar de akkerbouwer is 35 km aangehouden. Verder zijn dezelfde kengetallen aangehouden als bij het transport van het GFT-afval naar de composteerinstallatie toe. In totaal is het energieverbruik dan 15,7 MJ/ ton compost.

Directe energie. In totaal is de benodigde directe energie voor het transport van GFT-afval naar de composteerder, de productie van GFT-compost en het transport van GFT-compost naar de akkerbouwer $84,2 + 720 + 15,7 = \mathbf{819,9}$ MJ per ton GFT-compost.

Indirecte energie. In totaal is de benodigde indirecte energie 0.

5.2.2 Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker

Assemblage trekker en bemestingsmachine

De toediening van GFT-compost op de akker wordt uitgevoerd door een loonwerker. Het energieverbruik voor toediening op de akker betreft de indirecte energie die nodig is voor het maken van de trekker en de bemestingsmachine en het dieselgebruik voor het uitrijden van de compost. De benodigde energie voor het maken van de bemestingsmachine is volledig toegekend aan deze machine en die voor de trekker is voor 10% toegekend aan het uitrijden van de compost. Het gewicht van de bemestingsmachine en van de trekker is voor beide op 7000 kg gesteld. Beide hebben een levensduur van 15 jaar en verder is verondersteld dat er op jaarbasis 300 ha compost wordt uitgereden met een dosering van 16 ton/ha. In totaal wordt 72.000 ton compost met de bemestingsmachine uitgereden. De benodigde energie voor het maken van de bemestingsmachine is 150 MJ per kg. Uitgedrukt per ton compost is dit 14,6 MJ. De hoeveelheid indirecte energie voor het maken van de trekker is 10% van $14,6 = 1,5$ MJ per ton compost. De hoeveelheid indirecte energie voor de assemblage van de trekker plus bemestingsmachine is 16,1 MJ per ton GFT-compost.

Dieselvebruik trekker

Het brandstofverbruik van de trekker voor het uitrijden van de compost is op 8 liter diesel per hectare gesteld. Dit is 0,5 liter diesel per ton compost. De benodigde energie voor de productie en het verbruik van diesel is 42,4 MJ/l. Per ton compost resulteert dit in een energieverbruik van 21,2 MJ.

In totaal is de hoeveelheid indirecte en directe energie voor het uitrijden $14,6 + 1,5 + 21,2 = \mathbf{37,3}$ MJ per ton GFT-compost (Tabel).

Tabel 15. Energieverbruik voor het productieproces, transport en de toepassing van GFT-compost op de akker in MJ per ton compost.

	Directe energie	Indirecte energie	Totaal energie
	(MJ/ton)	(MJ/ton)	(MJ/ton)
Fase 1. Productieproces en transport			
Transport GFT-afval naar composteerder	84,2		84,2
Bouw composteerinrichting		0,0	0,0
Energieverbruik voor composteren	720,0		720,0
Transport van composteerder naar akkerbouwer	15,7		15,7
Totaal fase 1	819,9	0,0	819,9
Fase 2. Toediening op de akker			
Energie voor assemblage bemestingsmachine		14,6	14,6
Energie voor assemblage trekker		1,5	1,5
Energie dieselverbruik	21,2		21,2
Totaal fase 2	21,2	16,1	37,3
TOTAAL ENERGIEVERBRUIK	841,1	16,1	857,1

5.3 Emissies broeikasgassen

5.3.1 Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

Emissie uit directe energieverbruik

De energie die nodig is voor het productieproces en de transportfase betreft het transport van GFT-afval van de gemeente naar de composteerder, het verbruik van elektriciteit voor het composteren en de diesel voor het transport van de GFT-compost naar de akkerbouwer. Tijdens het verbruik van energie komt koolstofdioxide (CO₂) vrij. Het energieverbruik voor de productie van 1 ton GFT-afval is 32 kWh. De CO₂ emissie bij het verbruik van elektriciteit is 0,543 kg CO₂ per kWh (CBS, 2007). Vermenigvuldigd resulteert dat in een emissie van $32 \cdot 0,543 = 17,38$ kg CO₂ per ton compost voor de benodigde elektriciteit tijdens het composteerproces. Het dieselverbruik voor het transport van GFT-afval naar de installatie is 84,2 MJ (uitgedrukt per ton compost) en het transport van de installatie naar de akkerbouwer is 15,7 MJ. De CO₂-emissie bij het verbruik van diesel is 0,074 kg CO₂ per MJ (Mombarg et al., 2003). Vermenigvuldigd resulteert dit in een emissie van $(84,2 + 15,7) \cdot 0,074 = 7,4$ kg CO₂ per ton compost voor de benodigde diesel. In totaal komt $17,38 + 7,4 = 24,78$ kg CO₂ per ton compost vrij tijdens het elektriciteit- en dieselverbruik tijdens het composteren en het transport van GFT-afval en vervolgens GFT-compost.

Emissie tijdens composteerproces

Behalve de emissie die vrijkomt bij het verbruik van elektriciteit en diesel vindt er emissie plaats uit de compost tijdens het composteren. Hierbij ontstaan CO₂, ammoniak (NH₃), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). De CO₂ die hierbij ontstaat, is kortcyclische CO₂ en wordt daarom niet als broeikasgas gerekend. Ammoniak is geen broeikasgas, maar het draagt wel bij aan de 'zure regen', de eutrofiëring van het oppervlaktewater en bij de berekening van de hoeveelheid fijn stof; bovendien wordt een gedeelte van de ammoniak omgezet in lachgas dat wel een broeikasgas is. De directe emissies tijdens het composteerproces zijn 0,07 kg ammoniak (Brinkmann et al., 2004), 0,425 kg methaan en 0,173 kg lachgas per ton GFT-compost (TAUW, 2007).

5.3.2 Fase 2. Emissies op de akker

Emissie uit energie

De energie nodig voor het uitrijden van de compost op de akker is 16,1 MJ/ ton compost voor de assemblage van de trekker plus bemestingsmachine en 21,2 MJ/ ton compost voor diesel. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Voor diesel is dit 0,074 kg CO₂ per MJ. In totaal is dit voor het uitrijden een emissie van $16,1 * 0,069 + 21,2 * 0,074 = \mathbf{3,0}$ kg CO₂ per ton compost (Tabel 16).

Emissie op de akker

Bij het uitrijden van compost komt 0,160 kg N₂O (directe en indirecte emissie) en 0,17 kg NH₃ vrij per ton GFT-compost (Voor toelichting, zie hoofdstuk emissie op de akker).

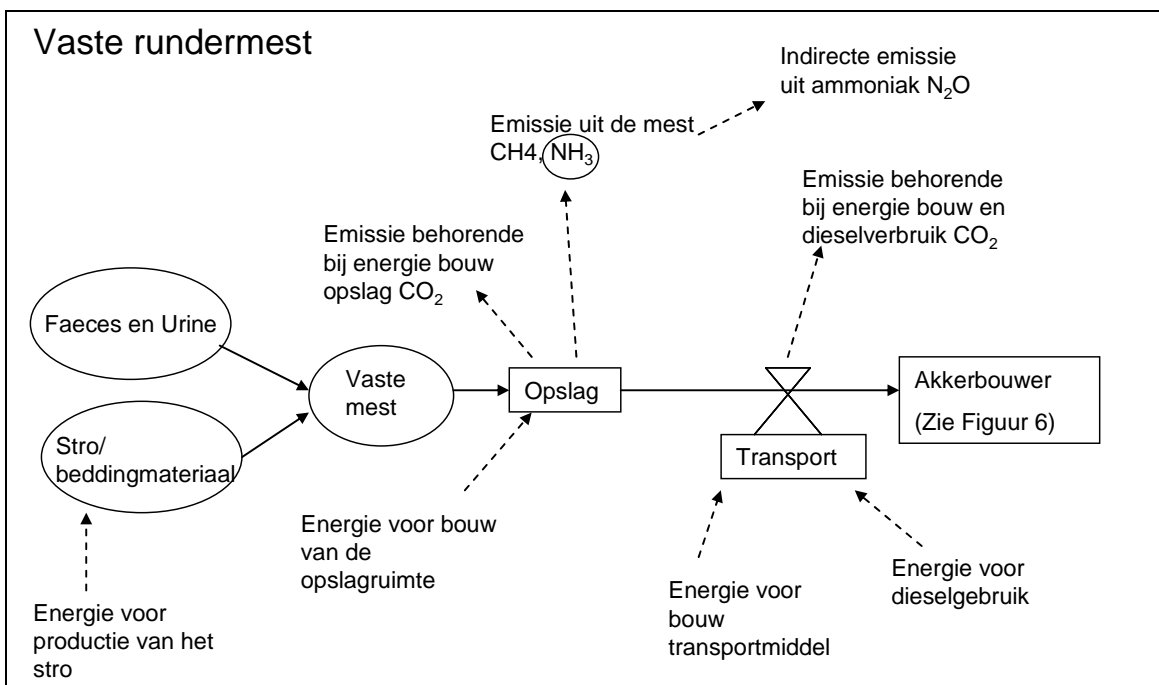
Tabel 16. Gasvormige emissies bij het productieproces, transport en de toepassing van GFT-compost op de akker in kg per ton compost.

	CO ₂ kg/ ton	NH ₃ kg/ ton	CH ₄ kg/ ton	N ₂ O kg/ ton	CO ₂ -eq kg/ ton
Fase 1. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens composteren	43,4				
CO ₂ -emissie tijdens transport	7,4				
<u>Composteerproces</u>					
Emissies tijdens composteerproces	0*1	0,07	0,425	0,173	
<u>Emissie uit opslag</u>					
Totaal emissie tijdens fase 1	50,8	0,07	0,425	0,173	112,9
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens assemblage bemestingsmachine en trekker	1,1				
CO ₂ -emissie tijdens uitrijden van compost	1,6				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies		0,17		0,131	
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak				0,002	
Lachgasemissie uit nitraat				0,026	
Totaal emissie tijdens fase 2	2,68	0,17	0,000	0,160	50,3
TOTAAL emissies	53,51	0,23	0,425	0,332	163,2

6 Vaste rundermest

6.1 Inleiding

Deze studie is gericht op de vaste rundermest. Vaste rundermest is een combinatie van faeces en urine gemengd met (graan)stro. De combinatie van mest en stro composteert een periode in de potstal en wordt daarna opgeslagen, getransporteerd naar de akkerbouwer en uitgereden op het veld. Alhoewel dierlijke meststoffen in de toekomst misschien gewaardeerd gaan worden als grondstof, wordt er in deze LCA vooralsnog van uitgegaan dat vaste rundermest een afvalproduct is. Aan vaste mest wordt stro toegevoegd. In dit rapport wordt er vanuit gegaan dat stro wordt toegevoegd ten behoeve van een betere structuur van de meststof, maar ook ten behoeve van het dierenwelzijn. Het productieproces van de mest vormt geen onderdeel van de LCA. Een gedeelte van het productieproces van het stro wel. Het proces van de productie tot en met de toepassing van de vaste rundermest op de akker staat weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2. Grafische weergave van de levenscyclus van vaste rundermest. De cyclus begint bij de stal en eindigt bij de toepassing op de akker. Voor uitleg van de symbolen zie Figuur 1.

6.2 Energieverbruik

6.2.1 Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

Energie voor bouw van de opslagruimte

De energie die nodig is voor de bouw van de opslagruimte van de vaste rundermest is op 0 gesteld.

Energie voor de productie van graanstro

De teelt van een hectare tarwe in de biologische teelt kost 13,5 GJ (Bos et al., 2006). De opbrengst was 8,4 ton (5,4 ton korrels en 3 ton stro). De verdeling graan stro werd gebaseerd op economische waarde. Een ton stro levert gemiddeld 50 Euro en een ton graankorrels 250 Euro (PPO-AGV, 2006). De verhouding is $(3 \cdot 50) : (250 \cdot 5,4) = 1 : 9$ voor stro : korrels. 10% van 13,5 GJ is 1,35 GJ toegekend aan de stroproductie per ha. Per ha werd 3 ton stro geproduceerd dus dat is 1,35 GJ/3 ton stro is 0,45 GJ/ ton stro. Aangezien stro toegediend wordt ten behoeve van de mestproductie maar ook ten behoeve van dierwelzijn, werd de helft van de energiewaarde voor stroproductie aan de mest toegekend is 225 MJ/ ton stro. Om de verhouding stro in vaste mest te berekenen werd de volgende aanname gedaan. De mestproductie van melkkoeien per dag van 60 kg mest en een stroverbruik van 4 tot 14 kg per dag. In potstallen vindt een hoog stroverbruik plaats potstallen. De ratio is dan gemiddeld 60 kg mest/12 kg stro is, dus 5:1 (Schatting van ASG). Dat betekent dat er 37,5 MJ/ ton vaste mest nodig was voor de stroproductie.

Transport van stal naar de akkerbouwer

Het energieverbruik voor het transport van vaste mest is 9,0 MJ per ton vaste rundermest. Daarbij is aangenomen dat de gemiddelde retourafstand 20 km is en er 35 ton vaste mest met een vrachtauto vervoerd wordt met een brandstofverbruik van 0,37 liter diesel per km. De benodigde energie voor de productie en het gebruik van diesel is 42,4 MJ/l.

6.2.2 Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker

Indirecte energie. Assemblage trekker en mestverspreider

Het indirecte energieverbruik voor toediening op de akker is berekend aan de hand van de benodigde energie voor de assemblage van de trekker en de mestverspreider. De berekening is gelijk aan die van compost; 16,0 MJ per ton vaste rundermest. Voor toelichting op deze berekening zie hoofdstuk GFT-compost.

Directe energie. Dieserverbruik trekker

Het brandstofverbruik van de trekker voor het uitrijden van de vaste mest is op 8 liter diesel per hectare gesteld. Dit is 0,5 liter diesel per ton mest. De benodigde energie voor de productie en het verbruik van diesel is 42,4 MJ/l. Per ton vaste mest resulteert dit in een energieverbruik van 21,2 MJ.

Tabel 17. Energieverbruik voor het productieproces, het transport en de toepassing op de akker in MJ per ton vaste rundermest.

	Directe energie	Indirecte energie	Totaal energie
	(MJ/ton)	(MJ/ton)	(MJ/ton)
Fase 1. Productieproces en transport			
Energie voor productie van stro	37,5		37,5
Energie voor bouw opslagruimten		0,0	0,0
Transport van veehouder naar akkerbouwer	9,0		9,0
Totaal fase 1	46,5	0,0	46,5
Fase 2. Toediening op de akker			
Energie voor assemblage mestverspreider		14,6	14,6
Energie voor assemblage trekker		1,5	1,5
Energie dieserverbruik	21,2		21,2
Totaal fase 2	21,2	16,0	37,3
Totaal energieverbruik	67,7	16,0	83,8

6.3 Emissies broeikasgassen

6.3.1 Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

Emissie uit energie

De benodigde directe energie voor de fase van mestproductie en mesttransport naar de akkerbouwer betreft de diesel voor het transport: 9,0 MJ/ ton vaste mest. Voor diesel wordt gerekend met 0,074 kg CO₂/ MJ. Dit komt neer op 0,66 kg CO₂ per ton vaste mest.

De benodigde directe energie voor de productie van 1 hectare tarwestro was 3084 kg CO₂ ton /ha (Bos et al., 2006). Eerder werd berekend welk percentage van de benodigde energie voor de productie van een hectare tarwestro werd toegekend aan 1 ton vaste mest. Dat was 37,5 MJ op 13,5 GJ. Dezelfde berekening wordt voor de emissie uitgevoerd. Dat geeft $3084 \cdot (37,5 \cdot 10^{-3} / 13,5) = 8,52$ kg CO₂ / ton vaste mest. In totaal is dat $0,66 + 8,52 = 9,2$ kg CO₂ /ton vaste mest uit energie.

Emissies op de akker uit de productie van stro

De emissies op de akker voor de productie van stro werden berekend afhankelijk van de bemesting. Voor de productie van biologisch tarwestro werd 20 ton potstalmest en 15 ton drijfmest gebruikt (PPO-AGV, 2006). De emissies vrijkomend op de akker zoals berekend voor vaste mest en drijfmest werden gebruikt voor de emissie per ha te berekenen voor de productie van tarwestro. Deze emissie werd vermenigvuldigd met het percentage van de productie van een hectare dat werd toegekend aan 1 ton vaste mest. Dit percentage is $0,1$ (economische verdeling stro/graaan) * $0,17$ (fractie stro in mest) * $0,5$ (fractie toegekend aan mest, rest aan dierwelzijn) = $0,0083$. De emissie van vaste mest op de akker is $0,217$ kg en $0,25$ kg NH₃ vrij per ton vaste mest. Vermenigvuldigd met 20 ton is $4,34$ kg N₂O en 5 kg NH₃ per ha. De emissie van drijfmest op de akker is $0,146$ kg N₂O en $0,27$ kg NH₃ vrij. Vermenigvuldigd met 15 ton is dat $2,19$ kg N₂O en $4,05$ kg NH₃. In totaal is dat $(4,34 + 2,19) \cdot 0,0083 = 0,054$ kg N₂O en $(5 + 4,05) \cdot 0,0083 = 0,075$ kg NH₃ voor productie van stro per ton vaste mest.

Emissie uit opslag

Ammoniak

Behalve de emissie die vrijkomt bij het verbruik van energie en diesel vindt er ammoniakemissie plaats uit de opslag. De ammoniakemissie wordt gesteld op $0,1$ van de N-totaal in de meststof. In vaste mest is het N-gehalte $6,4$ kg N per ton vaste mest. Dat geeft een emissie van N-NH₃ van $0,1 \cdot 6,4 = 0,64$ kg N-NH₃ per ton vaste mest. Vermenigvuldigd met een factor $17/14$ geeft het de ammoniakemissie aan; $0,64 \cdot 17/14 = 0,78$ kg NH₃/ ton vaste mest.

Lachgas

De indirecte emissie uit opslag is het lachgas dat vrijkomt uit de ammoniak. Deze is $0,02$ van N-totaal. Dat is $0,02 \cdot 6,4$ N-totaal * $44/28 = 0,201$ kg N₂O/ton vaste mest.

Voor de directe lachgas emissie is geen kengetal beschikbaar. Wel is er een kengetal voor directe plus indirecte emissie. Dat getal is $0,02$. Omdat de directe emissie $0,01$ is nemen we aan dat de directe emissie ook $0,01$ van N-totaal is. Dus ook voor directe lachgasemissie is het $0,1$ kg N₂O/ton vaste mest.

Methaanemissie

De methaanemissie uit opslag van vaste mest is $0,37$ kg CH₄/ ton vaste mest.

6.3.2 Fase 2. Emissies op de akker

Emissie uit energie

De energie die nodig is voor het uitrijden van de mest op de akker is 16,1 MJ/ ton vaste mest voor assemblage en 21,2 MJ/ ton vaste mest voor diesel. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Voor diesel is deze 0,074 kg CO₂ per MJ. In totaal is dat een emissie van $16,1 \cdot 0,069 + 21,2 \cdot 0,074 = \mathbf{2,7}$ kg CO₂ per ton vaste mest voor het uitrijden.

Emissie op de akker

Bij vaste mest op de akker komt 0,217 kg N₂O (direct plus indirect) en 0,25 kg NH₃ vrij per ton vaste mest (zie hoofdstuk emissie op de akker).

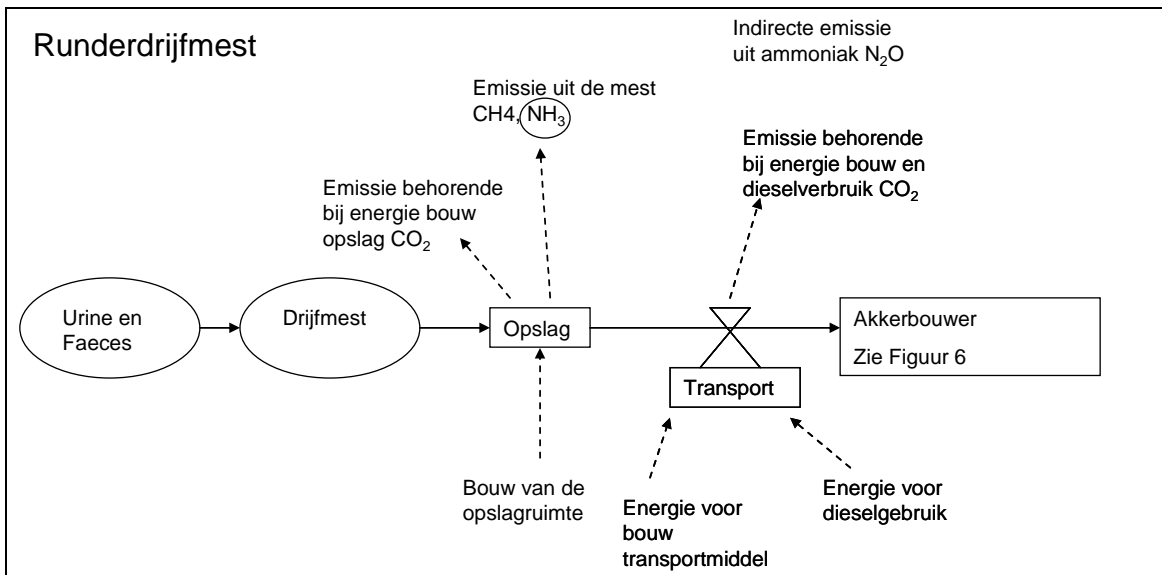
Tabel 18. Gasvormige emissies bij het productieproces, transport en de toepassing van mest op de akker in kg per ton vaste rundermest.

	CO ₂ kg/ ton	NH ₃ kg/ ton	CH ₄ kg/ ton	N ₂ O kg/ ton	CO ₂ -eq kg/ ton
Fase 1. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit stro</u>					
Tijdens toediening op de akker		0,07		0,054	
<u>Emissie uit energie</u>					
Emissie uit stroproductie	8,6				
CO ₂ -emissie tijdens transport	0,7				
<u>Emissies tijdens opslag</u>					
Totaal fase 1	9,2	0,85	0,370	0,251	93,3
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	2,7				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies		0,25		0,195	
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak				0,003	
Lachgasemissie uit nitraat				0,019	
Totaal fase 2	2,7	0,25	0,000	0,217	67,2
TOTAAL emissies	11,9	1,10	0,370	0,468	160,5

7 Runderdrijfmest

7.1 Inleiding

Deze studie is gericht op runderdrijfmest. Het proces van mestproductie tot en met de toepassing van drijfmest op de akker is weergegeven in Figuur 3. De levenscyclusanalyse voor drijfmest begint bij de drijfmest in de meststalo bij de veehouder en eindigt bij de toepassing op het akkerbouwbedrijf. Emissies vanuit mestopslag worden meegenomen.



Figuur 3. Grafische weergave van de levenscyclus van drijfmest. Voor uitleg van de symbolen zie Figuur 1.

7.2 Energieverbruik

7.2.1 Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

Bouw van de opslaginstallaties

De energie die nodig is voor de bouw van de meststalo is op 0 gesteld.

Transport van opslag naar akkerbouwer

Het energieverbruik voor het transport van drijfmest is berekend op 22,4 MJ per ton drijfmest. Daarbij is aangenomen dat de gemiddelde retourafstand 50 km is en dat de tankauto 35 ton drijfmest vervoerd met een dieselvebruik van 0,37 liter diesel per km. De benodigde energie voor de productie en het gebruik van diesel is 42,4 MJ/l. Per ton drijfmest is dit $42,4 \text{ MJ} \cdot 50 \cdot 0,37 \text{ liter} / 35 \text{ ton} = 22,4 \text{ MJ}$.

7.2.2 Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker

Assemblage en dieselvebruik trekker en bemestingsmachine

Het energieverbruik voor toediening op de akker betreft de indirecte energie voor de assemblage van de trekker en de bemestingsmachine plus het dieselvebruik van de trekker. De berekeningswijze voor de directe energie (dieselvebruik) en indirecte energie (assemblage) voor drijfmest is gelijk aan die van vaste mest. Alleen is bij toepassing op het veld voor drijfmest gerekend met een dosering van 33 ton per ha. De energie nodig voor de assemblage van de trekker is 0,7 MJ/ ton drijfmest en die voor de bemestingsmachine is 7,1 MJ/ ton drijfmest. Er is 15 liter diesel per hectare nodig voor het uitrijden en inwerken van de drijfmest. Er wordt 33 ton per ha uitgereden. Dat levert een energieverbruik van 19,3 MJ per ton drijfmest (19).

Tabel 19. Energieverbruik voor het productieproces, het transport en de toepassing op de akker in MJ per ton runderdrijfmest.

	Directe energie	Indirecte energie	Totaal energie
	(MJ/ton)	(MJ/ton)	(MJ/ton)
Fase 1. Productieproces en transport			
Energie voor bouw meststlo		0,0	0,0
Transport van veehouder naar akkerbouwer	22,4		22,4
Totaal fase 1	22,4	0,0	22,4
Fase 2. Toediening op de akker			
Energie voor assemblage mestverspreider		7,1	7,1
Energie voor assemblage trekker		0,7	0,7
Energie dieselvebruik	19,3		19,3
Totaal fase 2	19,3	7,8	27,1
Totaal energieverbruik	41,7	7,8	49,5

7.3 Emissies broeikasgassen

7.3.1 Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

Emissie uit energie

De directe emissies vrijkomend uit energie tijdens fase 1 zijn toe te kennen aan het transport. De hoeveelheid benodigde energie voor transport is 22,4 MJ/ ton drijfmest. De emissie behorende bij diesel is 0,074 kg CO₂/ MJ. In totaal is dat $22,4 * 0,074 = 1,7$ kg CO₂ per ton drijfmest.

Emissie uit opslag

Ammoniakemissie

Daarnaast vinden er gasvormige emissies plaats tijdens de opslag van drijfmest voordat het aangewend wordt. De fractie ammoniakemissie uit opslag is 2 % van N-totaal. Het gehalte van N-totaal is 4,4 kg N per ton drijfmest. Om dit om te rekenen van kg N-NH₃ naar NH₃ wordt het vermenigvuldigd met 17/14. De ammoniakemissie uit opslag is $0,02 * 4,4 * 17/14 = 0,11$ kg NH₃/ ton drijfmest.

Lachgasemissie

De directe plus indirecte lachgasvervluchtiging is 0,001 van de N-totaal (Oenema et al., 2000). Dit is $0,001 * 4,4 * 44/28 = 0,03$ kg N₂O/ ton drijfmest.

Methaanemissie

De methaanemissie uit drijfmest is 1,8 kg CH₄/ ton drijfmest (www.broeikasgassen.nl).

7.3.2 Fase 2. Emissies op de akker

Emissie uit energie

De energie die nodig is voor het uitrijden op de akker is 7,8 MJ/ ton drijfmest voor assemblage en 19,3 MJ/ ton drijfmest voor diesel. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Voor diesel is dit 0,074 kg CO₂ per MJ. In totaal is dit een emissie van $7,8 \cdot 0,069 + 19,3 \cdot 0,074 = 2,0$ kg CO₂ per ton drijfmest voor het uitrijden (Tabel 220).

Emissie op de akker

Bij drijfmest op de akker komt 0,146 kg N₂O (direct en indirect) en 0,27 kg NH₃ vrij (voor toelichting, zie hoofdstuk emissie op de akker).

Tabel 2. Gasvormige emissies tijdens de productie, het transport en de toediening van drijfmest op de akker in kg per ton drijfmest.

	CO ₂ kg/ ton	NH ₃ kg/ ton	CH ₄ kg/ ton	N ₂ O kg/ ton	CO ₂ -eq kg/ ton
Fase 1. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO2-emissie tijdens transport	1,7				
<u>Emissies tijdens opslag</u>		0,11	1,800	0,030	
Totaal fase 1	1,7	0,11	1,800	0,030	55,7
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO2-emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	2,0				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies		0,27		0,131	
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak				0,003	
Lachgasemissie uit nitraat				0,011	
Totaal fase 2	2,0	0,27	0,000	0,146	45,4
TOTAAL emissies	3,6	0,37	1,800	0,176	101,1

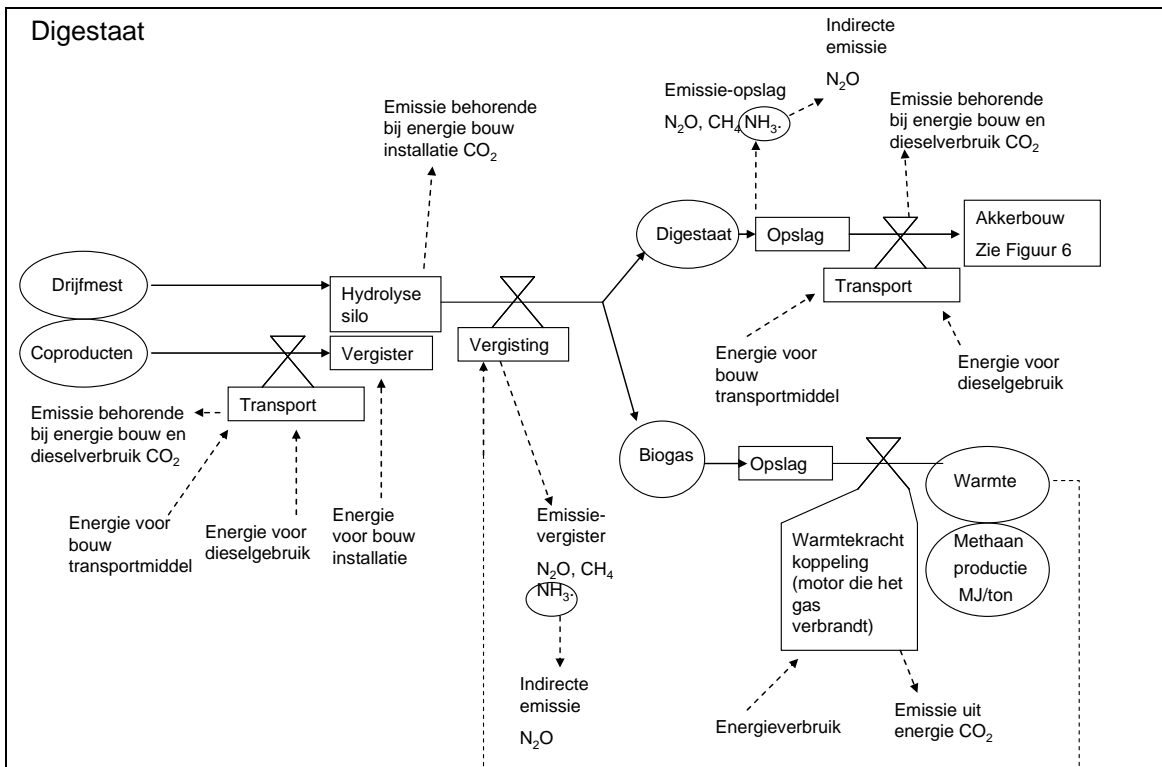
8 Digestaat

8.1 Inleiding

De levenscyclusanalyse voor digestaat is meer omvattend dan voor de andere meststoffen. Digestaat is namelijk het (afval)product van het vergistingsproces. Het valt te bediscussiëren of het vergistingsproces toe te kennen valt aan de levenscyclus van digestaat of niet. Aangezien de energieproductie uit methaan een doel op zich is, is gekozen om het vergistingsproces wel op te nemen in de balans, maar niet direct toe te kennen aan het gebruik van digestaat op de akker. Voor het vergistingsproces wordt uitgegaan van de grondstoffen die de vergister ingaan, het vergistingsproces. Voor digestaatproductie wordt uitgegaan van de opslag na de vergisting, het transport naar de akker en de uitwerking op de akker.

De grondstoffen die de vergister ingaan, kunnen allerlei zijn. De vergister kan uitsluitend mest bevatten, maar veelal wordt een mix gebruikt van mest en co-producten. De co-producten kunnen speciaal voor de vergisting geteeld zijn (energiegewassen) of de co-producten kunnen afvalproducten zijn uit de teelt. Zoals mislukte maïsoogstafvalproducten van de levensmiddelen industrie of plantaardig afval van teeltbedrijven. Het eindresultaat van de berekening voor digestaat is afhankelijk van de producten die de vergister ingaan. In dat rapport wordt een voorbeeld doorgerekend. De berekening is gebaseerd op een mix van runderdrijfmest en een restproductenmix (Tabel 21). Voordat de LCA analyse opgesteld kan worden zoals voor de andere meststoffen, moet berekend worden hoeveel methaan vrijkomt tijdens het vergistingsproces van de runderdrijfmest met restproductenmix. Om de methaanproductie te bepalen is voor de vergisting een extra paragraaf toegevoegd.

Digestaat wordt in de praktijk in toenemende mate gescheiden in een dunne en een dikke fractie die sterk van elkaar in samenstelling verschillen. In deze studie is zowel het ongescheiden digestaat als de dunne en dikke fractie van gescheiden digestaat beoordeeld.



Figuur 4. Grafische weergave van de levenscyclus van digestaat. Voor uitleg van de symbolen zie Figuur 1.

8.2 De vergisting

Voor vergisting wordt uitgegaan van runderdrijfmest en voor covergisting restproducten die op de positieve lijst van LNV staan. Teelt van energiegewassen met de bedoeling om deze te vergisten wordt niet in de analyse meegenomen. De samenstelling is 50% runderdrijfmest en 50% coproducten. Voor de co-producten is de productmix aangehouden zoals weergegeven in Tabel 21 (graan, restproduct uit de levensmiddelindustrie, bierbostel en een mix dat bestaat uit voeraardappel, gewasresten en overig productafval). Het drogestofgehalte van de runderdrijfmest wordt op 8,6 % gesteld en dat van de mix van coproducten op 21,4%. Het mengsel dat de hydrolysesilo ingaat, heeft een drogestofgehalte van 15%. Het organische stofgehalte in de drogestof van de runderdrijfmest is 75% en dat van de coproducten 95%. De organische stof van runderdrijfmest wordt door de vergisting voor 30% afgebroken en die van de covergistingsproducten voor 60%. Per ton product dat de vergister ingaat, wordt 71 kg organische stof afgebroken ((50% mest * 86 kg drogestof * 75% organische stof * 30% afbraak) + (50% coproducten * 21,4% drogestof * 95% organische stof * 60% afbraak)). Er wordt dan ook 71 kg biogas geproduceerd. Uitgaande van een dichtheid van het biogas van 1 kg/m³ en een methaangehalte in het biogas van 60% op volumebasis is dit 42,6 m³ methaan (28,2 kg methaan) per ton ingangsgewicht. Bij verbranding door de WKK levert dit aan elektriciteit 128 kWh/ ton ingangsgewicht op (42,6 m³ * 3 kWh/m³ methaan). Per ton digestaat is dit 137,6 kWh. Als ook de warmte die bij de WKK vrijkomt, benut kan worden anders dan voor verwarming van de vergister, dan moet dit ook bij de energieproductie opgeteld worden. In deze studie gaan we daar niet vanuit.

Tabel 21. Invoer en afbraak per ton product dat de vergister ingaat

	Product kg	ds gehalte kg/kg	ds kg	OS kg	Afbraak Org.stof fractie	kg organische stof in digestaat	Biogas kg	Digestaat kg
graan	25	0.800	20	19	0.6	8	11	14
levensmiddelfaval	50	0.160	8	8	0.6	3	5	45
bierbostel	50	0.310	16	15	0.6	6	9	41
gewassenmix	375	0.170	64	61	0.6	25	36	339
drijfmest	500	0.086	43	32	0.3	22	10	490
totaal	1000		150	135		64	71	929

Per ton ingangsproduct wordt 71 kg biogas en 929 kg digestaat geproduceerd. Verondersteld wordt dat het digestaat niet wordt gescheiden in een dunne en dikke fractie. Het digestaat wordt aangemerkt als dierlijke mest (wetgeving). Door het vergisten van de coproducten is de hoeveelheid dierlijke mest met een factor $929/500 = 1,86$ toegenomen.

Van de 135 kg organische stof die de vergister ingaat wordt 71 kg afgebroken en blijft 64 kg over. Het organisch stofgehalte van het digestaat is 69 kg/ton digestaat ($64/0,929$). Het organisch stofgehalte van de drijfmest is 86 kg/ton drijfmest. Het organisch stofgehalte van het digestaat is lager dan dat van de drijfmest. Behalve een beoordeling op de totale hoeveelheid drogestof die aanwezig is, is ook een beoordeling belangrijk van de hoeveelheid die na één jaar (effectieve organische stof) nog aanwezig is. Met behulp van het programma Minip is dit doorgerekend. Voor runderdrijfmest is dit 70% en voor digestaat 51%.

Als gevolg van de afbraak van organische stof is een deel van de organisch gebonden stikstof omgezet in minerale stikstof (NH_4). Gesteld is dat het percentage omzetting van Norg in N-NH_4 gelijk is aan het percentage afbraak van organische stof. In de coproducten was alle stikstof aanwezig als N-org. In de runderdrijfmest bestond 50% van de stikstof als N-NH_4 en was de overige 50% aanwezig als N-org.

Door vergisting gaat geen stikstof, fosfaat en kali verloren; alle stikstof, fosfaat en kali uit de runderdrijfmest en de coproducten is na het vergisten in het digestaat aanwezig. Het gehalte is wel toegenomen. De hoeveelheid digestaat is immers 92,9% van die van hetingangsgewicht. In tabel 22 is de stikstofbalans weergegeven. Het stikstofgehalte van het digestaat is 4,9 kg N/ton digestaat ($4,56/0,929$). In de runderdrijfmest is 50% van de stikstof aanwezig in de vorm van N-NH_4 . In het digestaat is dit 63% ($2,85/4,56$). De eerstejaars werking van het digestaat is daardoor ongeveer 10% hoger dan die van gewone drijfmest. Als de eerstejaarswerking van de stikstof uit runderdrijfmest op 55% wordt gesteld dan is de werking van die uit het digestaat 65%. De werking van kunstmeststikstof wordt daarbij op 100% gesteld. De werking op lange termijn zal echter niet veel van elkaar kunnen verschillen. In tabel 23 is de fosfaatbalans weergegeven. Het fosfaatgehalte van het digestaat is 1,8 kg P_2O_5 /ton digestaat ($1,65/0,929$). De werking van het fosfaat van het digestaat is gelijk aan die van gewone drijfmest. Bij jaarlijks bemesten is de werking 100% en is de werking gelijk aan die van kunstmestfosfaat.

Tabel 22. Stikstofbalans. De hoeveelheid stikstof aanwezig in de co-producten en drijfmest voordat het de vergister ingaat en als het de vergister uitgaat.

	invoer kg vers	g N/kg vers	kg N	na vergisting	
				kg N-NH_4	kg N-org
graan	25	17	0,43	0,26	0,17
levensmiddelfaval	50	7	0,35	0,21	0,14
bierbostel	50	13	0,65	0,39	0,26
gewassenmix	375	2.5	0,94	0,56	0,38
drijfmest	500	4.4	2,20	1,43	0,77
	1000		4,56	2,85	1,72

Tabel 23. Fosfaatbalans. De hoeveelheid fosfaat aanwezig in de co-producten en drijfmest voordat het de vergister ingaat.

	invoer kg vers	g P ₂ O ₅ /kg vers	kg P ₂ O ₅
graan	25	6,0	0,15
levensmiddellafval	50	2,5	0,13
bierbostel	50	4,0	0,20
gewassenmix	375	1,0	0,38
drijfmest	500	1,6	0,80
	1000		1,65

8.3 Scheiden van digestaat

Voor het berekenen van de samenstelling van gescheiden digestaat in een dunne fractie (effluent) en een dikke fractie is uitgegaan van een aantal veronderstellingen. Verondersteld is dat door het scheiden 84% van het water, 80% van de ammonium en de kali en 40% van de drogestof, organische stof, organisch gebonden N en de fosfaat naar de dunne fractie (effluent) gaat. De op deze wijze berekende samenstelling is weergegeven in Tabel 24.

Het effluent van gescheiden digestaat wordt opgeslagen in een mestilo zoals die ook voor drijfmest wordt gebruikt en wordt op het veld ook toegediend met dezelfde machine die ook voor het uitrijden en inwerken van drijfmest en ongescheiden digestaat wordt gebruikt. De vaste fractie van gescheiden digestaat kent dezelfde opslagwijze en wijze van toedienen op het veld als die van vaste mest en die van compost.

Tabel 24. Samenstelling digestaat en effluent en dikke fractie van gescheiden digestaat in kg/ton meststof.

	Digestaat	Digestaat-effluent Kg/ ton meststof	Digestaat-dikke fractie
Drogestof	82	40.8	250.9
organische stof	69	34.3	211.1
N-totaal	4.9	4.0	8.7
N-NH ₄	3.1	3.1	3.2
N-organisch	1.8	0.9	5.5
P ₂ O ₅	1.8	0.9	5.5
K ₂ O	4.6	4.6	4.7

8.4 Energieverbruik

Omdat digestaat een product van vergisting is (en dus eigenlijk een afvalstof van het vergistingsproces) wordt het vergistingsproces wel opgenomen in de balans, maar niet direct toegekend aan het gebruik van digestaat op de akker. Daarvoor is er voor digestaat een extra fase ingelast (Fase 0). Deze geeft de energie en emissies weer van het vergistingsproces, deze worden uiteindelijk niet aan het gebruik van digestaat toegekend.

8.4.1 Fase 0. Energieverbruik tijdens productieproces

Opslag en productie van co-vergistingmateriaal drijfmest

In de analyse is ervan uitgegaan dat de vergisting gebeurt op het veehouderijbedrijf en dat de drijfmest voor vergisting daar aanwezig is. De co-producten zijn deels afkomstig van eigen bedrijf, maar ook deels afkomstig uit de regio of soms ook van grotere afstand.

Transport 1: Co-producten afval naar vergister

De gemiddelde retourafstand is op 60 km gesteld. Per vracht wordt 35 ton vervoerd en het brandstofverbruik is 0,37 liter per kilometer. De benodigde energie voor de productie en het gebruik van diesel is 42,4 MJ/l. Het energieverbruik per ton co-product is (60 km * 0,37 liter diesel/km * 42,4

MJ/liter)/35 ton = 26,9 MJ/ per ton co-producten. De coproducten maken 50% van het ingangsgewicht uit en de hoeveelheid digestaat is 0.929 van de hoeveelheid ingangsgewicht. Het energieverbruik voor het transport van de coproducten uitgedrukt per ton digestaat= **14,5 MJ**. Voor de opslag van de coproducten is geen aparte post opgenomen. Dit is verwerkt in de post materiaalbehoefte voor de vergister.

Assemblage vergistinginstallatie

Kengetallen voor de benodigde indirecte energie voor de vergister, warmtekrachtkoppeling, digestaatscheider, opslag coproducten, biogas en digestaat zijn niet beschikbaar. Uitgegaan is van een materiaalbehoefte van 0,2 kg/ton digestaat (Schatting PPO). Het betreft staal, aluminium en beton. Gelet op allerlei onzekerheden is uitgegaan van een gemiddelde energiebehoefte van 100 MJ/ kg. Dat levert in totaal een energiebehoefte voor assemblage van $0,2 \cdot 100$ MJ/ton digestaat = **20,0 MJ/ ton digestaat**.

Vergistingsproces

Vergisten levert 'groene stroom' op. In deze studie gaan we uit van 76 m³ biogas per ton digestaat. Met de warmtekrachtkoppeling wordt hiermee 137,6 kWh per ton digestaat aan elektriciteit opgewekt wat overeenkomt met **495,2 MJ/ton digestaat**. (biogasproductie x fractie methaan in biogas x energiegehalte methaan, energieproductie in kWh x omrekening naar MJ) = $(76 \text{ m}^3 \text{ biogas} \cdot 0,6 [\text{fractie methaan in biogas}] \cdot 3 \text{ kWh/m}^3 \text{ methaan} \cdot 3,6 \text{ MJ/kWh})$.

Verbruik vergistinginstallatie

Vergister wordt opgewarmd met warmte van eigen warmtekrachtkoppeling.

8.4.2 Fase 1. Energieverbruik tijdens opslag en transport naar de akkerbouwer

Opslag drijfmest en digestaat

Opslag van digestaat wordt gezien als een vast onderdeel op bedrijf en wordt daarom niet meegenomen. Ook bij drijfmest is het energieverbruik van de bouw van de mest silo op 0 gesteld.

Scheiding digestaat.

Bij de toepassing door de akkerbouwer wordt de situatie doorgerekend dat het digestaat wel of niet gescheiden wordt. De materiaalbehoefte voor het scheiden is meegenomen in het totaal van de vergistinginstallatie. Bij gescheiden digestaat zijn in de fase tot aan de toepassing op de akker voor het effluent en de dikke fractie dezelfde kengetallen aangehouden als voor digestaat dat niet gescheiden wordt.

Transport 2: Van vergister naar de akkerbouwer

Digestaat en digestaat effluent

De directe energie voor het transport van het digestaat en het effluent van gescheiden digestaat naar de akkerbouwer bedraagt **22,4 MJ/ ton digestaat**. De berekening is gebaseerd op een retourafstand van 50 km, 35 ton per tankauto, een brandstofverbruik van 0,37 liter/km en een energie-inhoud van de diesel van 42,4 MJ per liter. Deze waarden komen overeen met die van drijfmest.

Digestaat dikke fractie

Het energieverbruik voor het transport van de vaste fractie van gescheiden digestaat is gelijk gesteld aan dat van compost en vaste mest; **22,4 MJ per ton vaste mest**. Daarbij is aangenomen dat de gemiddelde retourafstand 50 km is en er 35 ton vaste mest met een vrachtauto vervoerd wordt met een brandstofverbruik van 0,37 liter diesel per km. De benodigde energie voor de productie en het gebruik van diesel is 42,4 MJ/l.

Netto energieproductie

Door vergisting is er sprake van een netto energieproductie van **460,7 MJ per ton digestaat**. Energie uit biogas- transport co-producten – assemblage vergistinginstallatie (Tabel 25).

8.4.3 Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker

Assemblage trekker en mestverspreider

Digestaat en digestaat dunne fractie

Er is van uitgegaan dat voor het uitrijden van digestaat dezelfde trekker en bemestingsmachine wordt gebruikt als die voor het uitrijden van de drijfmest. Het energieverbruik voor assemblage van trekker en bemestingsmachine is resp. 0,7 MJ en 7,1 MJ per ton digestaat (Tabel 25). Het energieverbruik voor het uitrijden en inwerken is **19,3** MJ per ton digestaat (brandstofverbruik van 15 liter diesel per ha, een dosering van 33 ton digestaat per ha en een energie-inhoud van 42,4 MJ/l diesel). Deze waarden komen overeen met die van drijfmest.

Dikke fractie gescheiden digestaat

Voor de dikke fractie van gescheiden digestaat is er van uitgegaan dat dezelfde trekker en mestverspreider wordt gebruikt als die voor vaste mest en voor GFT-compost. Het energieverbruik voor assemblage van trekker en mestverspreider is gezamenlijk voor beide 16,0 MJ per ton dikke fractie van gescheiden digestaat (Tabel). Het brandstofverbruik voor het uitrijden van de dikke fractie is 0,5 liter diesel per ton vaste fractie. Dit komt overeen met een energieverbruik van **21,2** MJ per ton vaste fractie.

Tabel 25. Energieverbruik voor het productieproces, het transport en de toepassing op de akker in MJ per ton digestaat en per ton effluent van gescheiden digestaat

Digestaat en effluent van gescheiden digestaat

	Directe energie	Indirecte energie	Totaal energie
	(MJ/ton)	(MJ/ton)	(MJ/ton)
Fase 0. Proces en transport; Energie			
Transport coproducten	14,5		14,5
opslag drijfmest, coproducten en digestaat		0,0	0,0
Assemblage vergistingsinstallatie		20,0	20,0
Energie uit biogas	-495,2		-495,2
Totaal fase 0	-480,7	20,0	-460,7
Fase 1. Proces en transport; Digestaat			
Transport digestaat naar akkerbouwer	22,4		22,4
Totaal fase 1	22,4	0,0	22,4
Fase 2. Toediening op de akker			
Assemblage bemestingsmachine		7,1	7,1
Assemblage trekker		0,7	0,7
Energie Dieselverbruik	19,3		19,3
Totaal fase 2	19,3	7,8	27,1
TOTAAL ENERGIEVERBRUIK digestaat fase 1+2	41,7	7,8	49,5

Tabel 26. Energieverbruik voor het productieproces, het transport en de toepassing op de akker in MJ per ton dikke fractie van gescheiden digestaat

Dikke fractie van gescheiden digestaat

	Directe energie (MJ/ton)	Indirecte energie (MJ/ton)	Totaal energie (MJ/ton)
Fase 0. Proces en transport: Energie			
Transport coproducten	14,5		14,5
opslag drijfmest, coproducten en digestaat		0,0	0,0
Assemblage vergistingsinstallatie		20,0	20,0
Energie uit biogas	-495,2		-495,2
Totaal fase 0	-480,7	20,0	-460,7
Fase 1. Proces en transport: Digestaat			
Transport digestaat naar akkerbouwer	22,4		22,4
Totaal fase 1	22,4	0,0	22,4
Fase 2. Toediening op de akker			
Assemblage bemestingsmachine		14,6	14,6
Assemblage trekker		1,5	1,5
Energie Diesilverbruik	21,2		21,2
Totaal fase 2	21,2	16,0	37,3
TOTAAL ENERGIEVERBRUIK fase 1+2	43,7	16,0	59,7

8.5 Emissies broeikasgassen

8.5.1 Fase 0. Emissies tijdens productieproces

Emissie uit energie

De benodigde directe energie voor transport van de coproducten naar de vergistingsinstallatie (14,5 MJ per ton digestaat) en van het transport van digestaat naar de akkerbouwer (22,4 MJ per ton digestaat), vermenigvuldigd met de waarde 0,074 kg CO₂/ MJ van diesilverbruik, resulteert in een CO₂-emissie van **1,1** kg CO₂ per ton digestaat.

De indirecte energie voor de vergistingsinstallatie is 20 MJ, vermenigvuldigd met de waarde 0,069 kg CO₂/ MJ van assemblage, resulteert in een CO₂-emissie van **1,4** kg CO₂ per ton digestaat.

De vermeden CO₂-emissie uit gebruik van fossiele brandstof door het opwekken van stroom uit het biogas is 137,6 kWh/ ton digestaat * 0,543 kg CO₂/ kWh voor elektriciteit (CBS, 2007) is **74,7** kg CO₂ per ton digestaat.

Het totaal van CO₂-emissie van het verbruik van energie en het vermeden gebruik van fossiele energie is dan 1,1+1.4-74,7= **- 72,2** kg CO₂/ ton digestaat.

Emissie uit vergistingsproces

Verder treedt er methaanemissie door lekverliezen tijdens het vergistingsproces. Deze zijn gesteld op 1,8% van de totale methaanproductie (pers med Blonk Milieu Advies). De methaanproductie is 46 m³ methaan/ ton digestaat, de dichtheid van methaan is 0,662 kg/m³. De totale hoeveelheid methaanemissie uit lekverliezen is dan 46*0,662 *0,018= **0.548** kg CH₄/ ton digestaat.

8.5.2 Fase 1. Emissies tijdens opslag en transport naar de akkerbouwer

Emissie uit energie

De benodigde directe energie voor het transport van digestaat naar de akkerbouwer (22,4 MJ per ton digestaat), vermenigvuldigd met de waarde 0,074 kg CO₂/ MJ van dieserverbruik, resulteert in een CO₂-emissie van **1,7** kg CO₂ per ton digestaat.

Emissies uit opslag

Tijdens de opslag van digestaat en die van de gescheiden fracties van digestaat vinden dezelfde emissieprocessen plaats als bij de opslag van drijfmest maar is wel afhankelijk van het stikstofgehalte in de mest (digestaat en effluent van gescheiden digestaat) en vaste mest (dikke fractie van gescheiden digestaat). Het betreft ammoniak, lachgas en methaan en de daaraan gekoppelde indirecte emissies van lachgas.

Ammoniak emissie

Digestaat

De ammoniakemissie van digestaat en effluent van gescheiden digestaat is 0,02 van N-totaal in de mest (waarden van digestaat werden overgenomen). Voor digestaat is dit $4,9 \text{ kg N/ton} * 0,02 * 17/14 = \mathbf{0,12}$ kg NH₃ per ton.

Effluent

De ammoniakemissie uit opslag van effluent van gescheiden digestaat is $4 \text{ kg N/ton} * 0,02 * 17/14 = \mathbf{0,10}$ kg NH₃ per ton effluent.

Digestaat dikke fractie

De ammoniakemissie van digestaat is 0,1 van N-totaal in de mest (waarden van digestaat werden overgenomen). Dit is $8,7 * 0,1 * 17/14 = \mathbf{1,06}$ kg NH₃/ton.

Lachgasemissie

Digestaat en effluent

De directe plus indirecte emissie van lachgas is 0,001 van N-totaal (waarden van drijfmest werd overgenomen). Voor digestaat is dit $4,9 \text{ kg N/ton} * 0,001 * 44/28 = \mathbf{0,008}$ kg N₂O per ton en voor effluent van gescheiden digestaat $4 \text{ kg N/ton} * 0,001 * 44/28 = \mathbf{0,006}$ kg N₂O per ton effluent.

Digestaat dikke fractie

De directe en indirecte emissie van lachgas is 0,02 van N-totaal (waarden van vaste mest werd overgenomen). Dat is $0,02 * 8,7 \text{ N-totaal} * 44/28 = \mathbf{0,273}$ kg N₂O/ton dikke fractie.

Methaanemissie

Digestaat en effluent

De methaanemissie is bij beide mestsoorten **1,8** kg CH₄/ton (waarden van drijfmest werd overgenomen).

Digestaat dikke fractie

De methaanemissie is **0,37** kg CH₄/ton (waarden van vaste mest werd overgenomen).

8.5.3 Fase 2. Emissies op de akker

Emissie uit energie

Digestaat en effluent

De energie nodig voor het uitrijden van digestaat op de akker is 7,8 MJ/ ton digestaat voor assemblage van de trekker plus bemestingsmachine en 19,3 MJ/ ton digestaat voor de diesel. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Voor diesel is dit 0,074 kg CO₂ per MJ. In totaal is dit een emissie van $7,8 * 0,069 + 19,3 * 0,074 = \mathbf{2,0}$ kg CO₂ per ton digestaat (Tabel).

Digestaat dikke fractie

De energie nodig voor het uitrijden van de dikke fractie van gescheiden digestaat op de akker is 16,0 MJ/ton voor assemblage van de trekker en de bemestingsmachine en 21,2 MJ/ton voor de diesel. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Voor diesel is dit 0,074 kg CO₂ per MJ. In totaal is dit een emissie van $16,0 \cdot 0,069 + 21,2 \cdot 0,074 = \mathbf{2,7}$ kg CO₂ per ton dikke fractie (Tabel).

Tabel 27. Gasvormige emissies tijdens de productie, het transport, de vergisting, de opslag en de toediening van digestaat in kg per ton.

	CO ₂ kg/ ton	NH ₃ kg/ ton	CH ₄ kg/ ton	N ₂ O kg/ ton	CO ₂ -eq kg/ ton
Fase 0. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens transport	1,1				
Emissie voor assemblage vergistingsinstallatie	1,4				
<u>Emissie tijdens vergistingsproces</u>					
Vermeden CO ₂ uitstoot door biogas	-74,7				
Methaanemissie			0,548		
Totaal fase 0	-72,2	0,00	0,548	0,000	-58,6
Fase 1. Proces en transport; Digestaat					
CO ₂ -emissie tijdens transport	1,7				
Emissies tijdens opslag		0,12	1,800	0,008	
Totaal fase 1	1,7	0,12	1,800	0,008	49,0
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	2,0				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies		0,38		0,108	
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak				0,005	
Lachgasemissie uit nitraat				0,011	
Totaal fase 2	2,0	0,38	0,000	0,124	39,0
TOTAAL emissies digestaat fase 1+2	3,6	0,50	1,800	0,132	88,0

Emissie op de akker

Digestaat

Bij digestaat op de akker komt **0,124** kg N₂O (direct en indirect) en **0,38** kg NH₃ vrij (voor toelichting, zie hoofdstuk emissie op de akker).

Digestaat effluent

Bij digestaat effluent op de akker komt **0,100** kg N₂O (direct en indirect) en **0,37** kg NH₃ vrij (voor toelichting, zie hoofdstuk emissie op de akker).

Digestaat dikke fractie

Bij digestaat dikke fractie op de akker komt **0,223** kg N₂O (direct en indirect) en **0,65** kg NH₃ vrij (voor toelichting, zie hoofdstuk emissie op de akker).

Tabel 28. Gasvormige emissies tijdens de productie, het transport, de vergisting, de opslag en de toediening van effluent van gescheiden digestaat in kg per ton.

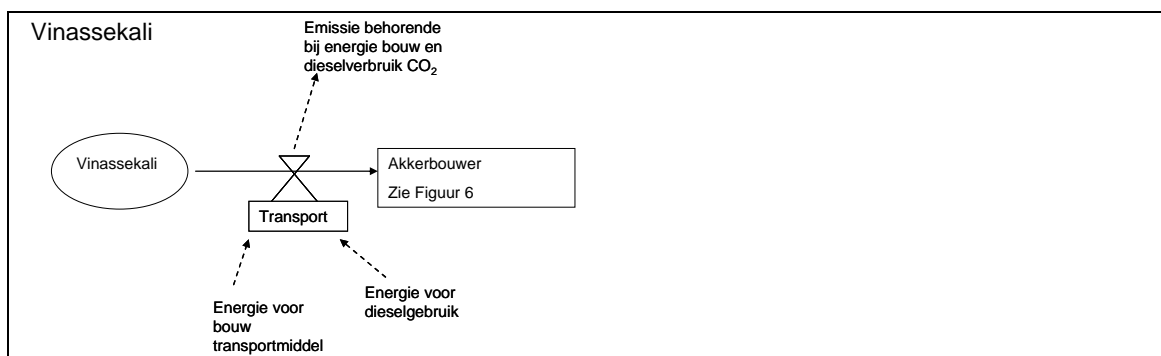
	CO ₂ kg/ ton	NH ₃ kg/ ton	CH ₄ kg/ ton	N ₂ O kg/ ton	CO ₂ -eq kg/ ton
Fase 0. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO2-emissie tijdens transport	1,1				
Emissie voor assemblage	1,4				
<u>Emissie tijdens vergistingsproces</u>					
Vermeden CO2 uitstoot door biogas	-74,7				
Methaanemissie			0,548		
Totaal fase 0	-72,2	0,00	0,548	0,000	-58,6
Fase 1. Proces en transport; Digestaat					
CO2-emissie tijdens transport	1,7				
Emissies tijdens opslag		0,10	1,800	0,006	
Totaal fase 1	1,7	0,10	1,800	0,006	48,5
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO2-emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	2,0				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies		0,37		0,087	
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak				0,005	
Lachgasemissie uit nitraat				0,008	
Totaal fase 2	2,0	0,37	0,000	0,100	31,7
TOTAAL emissies digestaat fase 1+2	3,6	0,47	1,800	0,106	80,2

Tabel 29. Gasvormige emissies tijdens de productie, het transport, de vergisting, de opslag en de toediening van dikke fractie van gescheiden digestaat in kg per ton.

	CO ₂ kg/ ton	NH ₃ kg/ ton	CH ₄ kg/ ton	N ₂ O kg/ ton	CO ₂ -eq kg/ ton
Fase 0. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens transport	1,1				
Emissie voor assemblage	1,4				
<u>Emissie tijdens vergistingsproces</u>					
Vermeden CO ₂ uitstoot door biogas	-74,7				
Methaanemissie			0,548		
Totaal fase 0	-72,2	0,00	0,548	0,000	-58,6
Fase 1. Proces en transport; Digestaat					
CO ₂ -emissie tijdens transport	1,7				
Emissies tijdens opslag		1,06	0,370	0,273	
Totaal fase 1	1,7	1,06	0,370	0,273	92,4
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	2,7				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies		0,65		0,192	
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak				0,008	
Lachgasemissie uit nitraat				0,023	
Totaal fase 2	2,7	0,65	0,000	0,223	69,1
TOTAAL emissies digestaat fase 1+2	4,3	1,71	0,370	0,496	161,5

9 Vinasse kali

In de biologische landbouw wordt o.a. vinasse kali ingezet als hulpmeststof. Het is een waardevol afvalproduct van de suikerindustrie. Het is een organische meststof. De samenstelling kan sterk variëren. In deze studie is uitgegaan van een samenstelling van 38 kg N, 5 kg P₂O₅ en 110 kg K₂O per ton product (Dijk van, 2003). Het is een vloeibaar afvalproduct; de levenscyclusanalyse begint met het transport van de verwerkingsfabriek naar de akkerbouwer. De akkerbouwer betreft het product van de tussenhandel. De fase van de tussenhandel is in deze studie niet verder uitgewerkt. Het is verwerkt in de keuze van de transportafstand van verwerkingsfabriek naar de akkerbouwer. De vinasse kali kan zowel voor het zaaien of poten worden toegediend als ook als bijbemesting tijdens het groeiseizoen. Vinasse kali wordt toegediend door een loonwerker met een voor dit doel gespecificeerde machine.



9.1 Energieverbruik

9.1.1 Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

Aangezien vinasse kali een afvalproduct is, wordt alleen gerekend met de energie voor het transport van de fabriek naar de akkerbouwer. Er is gerekend met een retourafstand van 200 km, een lading van 35 ton, een brandstofverbruik van 0,37 liter diesel per km en een energie-inhoud van 42,4 MJ per liter diesel. Dit betekent 89,8 MJ per ton vinasse kali.

9.1.2 Fase 2. Energieverbruik tijdens toediening op de akker

De energie voor de toediening op de akker betreft de toegerekende energie voor de assemblage van de bemestingsmachine en het brandstofverbruik van deze machine. Uitgaande van een gewicht van 7.000 kg, een levensduur van 15 jaar, een jaarlijkse toediening van 1000 ton en een energiebehoefte van 150 MJ/kg betekent dit een energieverbruik van 70 MJ/ton product.

Het brandstofverbruik is gesteld op 4 liter per ha en er wordt gemiddeld 1 ton vinasse kali per ha uitgereden. De energie-inhoud van diesel is 42,4 MJ per liter. Dit betekent 169,7 MJ per ton vinasse kali.

Tabel 30. Energieverbruik voor het productieproces, het transport en de toepassing op de akker in MJ per ton vinasse kali.

	Directe energie	Indirecte energie	Totaal energie
	(MJ/ton)	(MJ/ton)	(MJ/ton)
Fase 1. Productieproces en transport			
Transport vinasse kali naar akkerbouwer	89,8		89,8
Totaal fase 1	89,8	0,0	89,8
Fase 2, Toediening op de akker			
Assemblage bemestingsmachine		25,0	25,0
Assemblage trekker		10,0	10,0
Energie Diesilverbruik	169,7		169,7
Totaal fase 2	169,7	35,0	204,7
TOTAAL ENERGIEVERBRUIK	259,5	35,0	294,5

9.2 Emissies broeikasgassen

9.2.1 Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

De toegerekende benodigde energie voor het transport is 89,8 MJ per ton. De CO₂-emissie van diesel is 0,074 kg CO₂ per MJ. Dit betekent een emissie van 6,6 kg CO₂ per ton vinasse kali.

De indirecte CO₂-emissie bij de assemblage is 10*0,069 is 0,7 kg CO₂ per ton Vinasse kali

Tabel 31. Gasvormige emissies tijdens de productie, het transport en de toediening van vinasse kali op de akker in kg per ton vinasse kali.

	CO₂	NH₃	CH₄	N₂O	CO₂-eq
	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton
Fase 1. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens transport	6,6				
Totaal fase 1	6,6				6,6
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	15,0				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies		0,24		0,594	
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak				0,003	
Lachgasemissie uit nitraat				0,119	
Totaal fase 2	15,0	0,24	0,000	0,716	228,4
TOTAAL emissies	21,6	0,24	0,000	0,716	235,1

9.2.2 Fase 2. Emissies op de akker

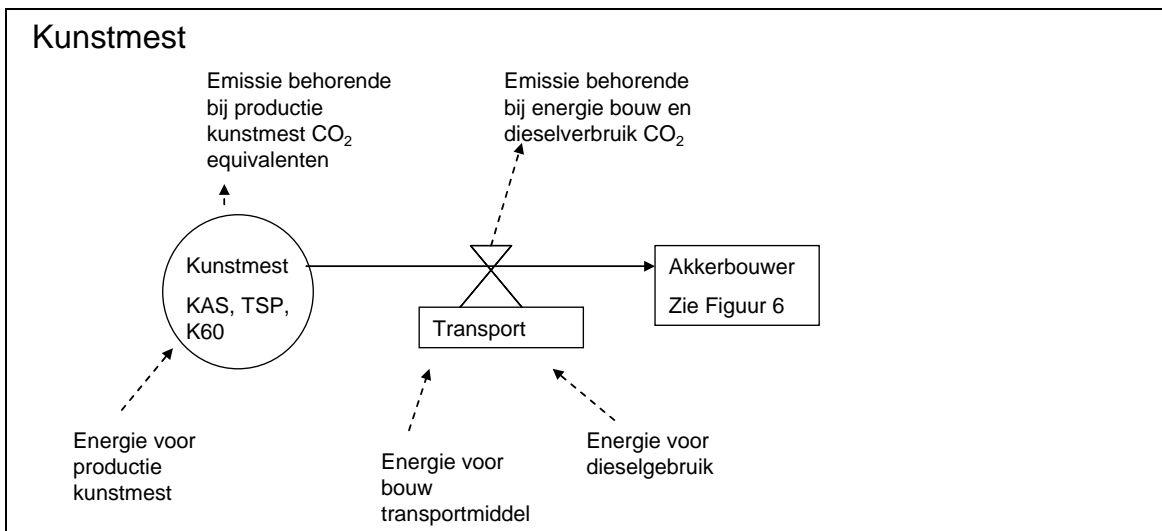
De toegerekende benodigde energie voor assemblage van de bemestingsmachine is 35 MJ. De CO₂-emissie is 0,069 kg CO₂ per MJ. Dit betekent een emissie van 2,4 kg CO₂ per ton vinasse kali.

De toegerekende benodigde energie voor het verbruik van brandstof is 169,7 MJ per ton. De CO₂-emissie van diesel is 0,074 kg CO₂ per MJ. Dit betekent een emissie van 12,6 kg CO₂ per ton vinasse kali. In totaal is dat $2,4 + 12,6 = 15,0$ MJ per ton vinasse kali.

10 Kunstmest

10.1 Inleiding

De studie is gericht op de toepassing van kalkammonsalpeter (KAS), tripelsuperfosfaat (TSP) en Kali 60. Kunstmest wordt speciaal gemaakt ten behoeve van de landbouw, daarom wordt de productiefase van kunstmest meegenomen in de analyse. Het proces van de productie tot en met de toepassing van kunstmest op de akker is weergegeven in Figuur 5. Vanaf de fabriek wordt de kunstmest, via de tussenhandel, getransporteerd naar de akkerbouwer. Op het akkerbouwbedrijf wordt de kunstmest door de akkerbouwer uitgereden op het veld. Bij de transportafstand is de afstand van kunstmestfabriek tot de akkerbouwer genomen.



Figuur 5. Grafische weergave van de productie van kunstmest tot en met de toepassing op de akker. Voor uitleg van de symbolen zie Figuur 1.

10.2 Energieverbruik en emissies broeikasgassen

10.2.1 Fase 1. Energieverbruik tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

Energiebehoefte voor productie

KAS

Er is voor de productie van KAS is 41,8 /ton N in KAS nodig (Bos et al, 2007). Het percentage N in KAS is 27 %. De productie van 1 ton KAS kost **11286** MJ / ton KAS.

TSP

De productie van TSP kost 5,2/ton P₂O₅ (Bos et al, 2007)

Het fosfaatgehalte in TSP is 46 %. De productie van TSP kost **2392** MJ/ ton TSP.

K60

De productie van K60 kost 5,8 GJ/ ton K₂O (Bos et al, 2007). Het kaliumgehalte in K60 is 60 %. De productie van K60 kost **3480 MJ/ ton K60**.

Transport: Fabriek naar akkerbouwer

Voor het transport wordt een enkele reis van 150 km aangehouden waarbij 35 ton per vracht wordt vervoerd met een verbruik van 0,37 liter diesel/km. We gaan ervan uit dat de vrachtwagen een andere retourvracht heeft. Het energieverbruik van de terugweg kennen we daarom niet toe aan de kunstmest. De productie en het verbruik van diesel kost 42,4 MJ/ liter. Het energieverbruik van het transport is **67,3 MJ** per ton kunstmest.

10.2.2 Fase 2. Energie tijdens toediening op de akker

Assemblage trekker en kunstmeststrooier

De toediening van kunstmest wordt door de akkerbouwer zelf uitgevoerd. Het energieverbruik voor de bemesting betreft de energiebehoefte voor de assemblage van de trekker en de kunstmeststrooier en het dieselgebruik van de trekker.

De benodigde energie voor de assemblage van de kunstmeststrooier werd als volgt berekend. De kunstmeststrooier weegt 500 kg en de energiebehoefte voor de assemblage is 150 MJ/kg. In totaal heeft de assemblage van de strooier $500 \cdot 150 = 75000$ MJ gekost. De levensduur van de strooier werd op 15 jaar gesteld. Per jaar was $75000/15 = 5000$ MJ nodig. De bedrijfs grootte is 50 ha. Per ha wordt 2x KAS uitgereden, 1x TSP en 1x K60. Gesommeerd rijdt de strooier 4 keer over 50 ha is 200 rijbeurten van een ha per jaar. Per rijbeurt is dit $5000/(200) = 25$ MJ.

KAS

Per rijbeurt KAS wordt 0,4 ton uitgereden. Dat benodigt een energie van $25/0,4 = \mathbf{62,5}$ MJ/ ton KAS.

TSP

Per rijbeurt TSP wordt 0,2 ton uitgereden. Dat benodigt een energie van $25/0,2 = \mathbf{125}$ MJ/ ton TSP

K60

Per rijbeurt TSP wordt 0,35 ton uitgereden. Dat benodigt een energie van $25/0,35 = \mathbf{71,4}$ MJ/ ton TSP

De benodigde energie voor de assemblage van de trekker werd als volgt berekend. De trekker weegt 4000 kg en de energiebehoefte voor de assemblage is 150 MJ/kg. In totaal heeft de assemblage van de trekker $4000 \cdot 150 = 600000$ MJ gekost. De levensduur van de trekker werd op 15 jaar gesteld. Per jaar was $600000/15 = 40000$ MJ nodig. Maar 5% van de trekker werd toegekend aan kunstmeststrooien. Dus dat is dan nog maar 2000 MJ/ jaar. De bedrijfs grootte is 50 ha. Per ha wordt 2x KAS uitgereden, 1x TSP en 1x K60. Gesommeerd rijdt de strooier 4 keer over 50 ha is 200 rijbeurten van een ha per jaar. Per rijbeurt is dat $2000/(200) = 10$ MJ.

KAS

Per rijbeurt KAS wordt 0,4 ton uitgereden. Dat levert een energie van $10/0,4 = \mathbf{25}$ MJ/ ton KAS.

TSP

Per rijbeurt TSP wordt 0,2 ton uitgereden. Dat levert een energie van $10/0,2 = \mathbf{50}$ MJ/ ton TSP

K60

Per rijbeurt TSP wordt 0,35 ton uitgereden. Dat levert een energie van $10/0,35 = \mathbf{28,6}$ MJ/ ton TSP

Dieselvebruik trekker

Het dieselgebruik van de trekker is gesteld op 2 liter diesel per hectare. Vermenigvuldigd met de energiebehoefte van diesel is dit $2 \cdot 42,4 = 84,8$ MJ/ha.

KAS

Er is van uitgegaan dat per bemesting 400 kg KAS per ha wordt bemest. Het energieverbruik aan diesel is **212,1 MJ/ton KAS**.

TSP

Er is van uitgegaan dat per bemesting 200 kg TSP per ha wordt bemest. Het energieverbruik aan diesel is **424,2 MJ/ton TSP**.

K60

Er is van uitgegaan dat per bemesting 350 kg K60 per ha wordt bemest. Het energieverbruik aan diesel is **285,0 MJ per ton K60**.

Tabel 32. De hoeveelheid energie die nodig is per ton KAS, TSP en K60 voor de productie, het transport en de toediening op de akker.

	MJ per ton KAS			MJ per ton TSP			MJ per ton K60		
	direct	indirect	totaal	direct	indirect	totaal	direct	indirect	totaal
Fase 1. Productieproces en transport									
Energie productie	11286,0		11286,0	2392,0		2392,0	3480,0		3480,0
Energie transport	67,3		67,3	67,3		67,3	67,3		67,3
Totaal fase 1	11353,3	0,0	11353,3	2459,3	0,0	2459,3	3547,3	0,0	3547,3
Fase 2. Toediening op de akker									
Assemblage strooier		62,5	62,5		125,0	125,0		71,4	71,4
Assemblage trekker		25,0	25,0		50,0	50,0		28,6	28,6
Energie dieselverbruik	212,1		212,1	424,2		424,2	242,4		242,4
Totaal fase 2	212,1	87,5	299,6	424,2	175,0	599,2	242,4	100,0	342,4
Totaal energieverbruik	11565,4	87,5	11652,9	2883,5	175,0	3058,5	3789,7	100,0	3889,7

10.2.3 Fase 1. Emissies tijdens productieproces en transport naar de akkerbouwer

Emissie uit energie

Proces: KAS

De benodigde energie in fase 1 betreft het verbruik van elektriciteit voor de productie van kunstmest en dat van diesel voor het transport van de kunstmest naar de akkerbouwer. Het energieverbruik voor de productie van 1 ton KAS is 10800 MJ. De CO₂ emissie bij het verbruik van elektriciteit is 0,071 kg CO₂ per MJ (Bos et al, 2007). Dit resulteert in een emissie van $11353 \cdot 0,071 = \mathbf{801,3}$ kg CO₂ per ton KAS.

Proces: TSP

Voor TSP is deze berekening $2392 \cdot (0,101)$ (Bos et al., 2006) = **241,6** kg CO₂ per ton TSP.

Proces: K60

Voor K60 is deze berekening $3480 \cdot (0,100)$ (Bos de et al., 2006) = **348,0** kg CO₂ per ton K60.

Transport alle

De benodigde energie voor transport van de kunstmestfabriek naar de akkerbouwer is 67,3 MJ. De CO₂ emissie van dieselverbruik is 0,074 kg CO₂/ MJ. Dit resulteert in een emissie van $67,3 \cdot 0,074 = \mathbf{5,0}$ kg CO₂ per ton kunstmest.

10.2.4 Fase 2. Emissies op de akker

Emissie uit energie

De toegerekende hoeveelheid energie voor assemblage van trekker en kunstmeststrooier is 140 MJ per ton kunstmest. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Dit levert een emissie op van $140 * 0,069 = 9,7$ kg CO₂ per ton kunstmest.

KAS

De toegerekende hoeveelheid energie voor assemblage van trekker en kunstmeststrooier is 87,5 MJ per ton kunstmest. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Dit levert een emissie op van $87,5 * 0,069 = 6,0$ kg CO₂ per ton kunstmest. Het energieverbruik aan diesel is 212,1 MJ per ton KAS. De CO₂ emissie van dieselverbruik is 0,074 kg CO₂/ MJ. Dit resulteert in een emissie van $212,1 * 0,074 = 15,7$ kg CO₂ per ton KAS. Opgeteld is de emissie door energie $6 + 15,7 = \mathbf{21,7}$ MJ/ ton KAS.

TSP

De toegerekende hoeveelheid energie voor assemblage van trekker en kunstmeststrooier is 87,5 MJ per ton kunstmest. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Dit levert een emissie op van $175 * 0,069 = 12,1$ kg CO₂ per ton kunstmest. Het energieverbruik aan diesel is 424,2 MJ per ton TSP. Dit levert een emissie van $424,2 * 0,074 = 31,4$ kg CO₂ per ton TSP. Opgeteld is de emissie door energie $12,1 + 31,4 = \mathbf{43,5}$ MJ/ ton TSP.

K60

De toegerekende hoeveelheid energie voor assemblage van trekker en kunstmeststrooier is 87,5 MJ per ton kunstmest. De CO₂ emissie behorende bij de assemblage is 0,069 kg CO₂ per MJ. Dit levert een emissie op van $100 * 0,069 = 6,9$ kg CO₂ per ton kunstmest. Het energieverbruik aan diesel is 285,0 MJ per ton K60. Dit levert een emissie van $285,0 * 0,074 = 19,9$ kg CO₂ per ton K60. Opgeteld is de emissie door energie $6,9 + 17,9 = \mathbf{24,8}$ MJ/ ton K60.

Emissie op de akker

KAS

Bij het uitrijden van kunstmest komt voor KAS 4,767 kg N₂O en 9,87 directe NH₃ (voor toelichting, zie hoofdstuk emissie op de akker).

TSP en K60

Bij het uitrijden van TSP en K60 is er geen emissie van broeikasgassen anders dan van het gebruik van diesel (Tabel en Tabel 35).

Tabel 33. Gasvormige emissies tijdens de productie, het transport en de toediening van KAS op de akker in kg per ton KAS.

Kalkammonsalpeter	CO ₂	NH ₃	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -eq
	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton
Fase 1. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
Totale CO ₂ emissie voor productie	801,3				
Emissie tijdens transport	5,0				
Totaal fase 1	806,3	0,00	0,000	0,000	806,3
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	21,7				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies		9,84		4,116	
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak				0,127	
Lachgasemissie uit nitraat				0,524	
Totaal fase 2	21,7	9,84	0,000	4,767	1442,3
TOTAAL emissies	828,0	9,84	0,000	4,767	2248,6

Tabel 34. Gasvormige emissies tijdens de productie, het transport en de toediening van TSP op de akker in kg per ton TSP.

Tripelsuperfosfaat	CO ₂	NH ₃	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -eq
	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton
Fase 1. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
Totale CO ₂ emissie voor productie	241,6				
Emissie tijdens transport	5,0				
Totaal fase 1	246,6	0,00	0,000	0,000	246,6
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	43,5				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies					
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak					
Lachgasemissie uit nitraat					
Totaal fase 2	43,5	0,00	0,000	0,000	43,5
TOTAAL emissies	290,0	0,00	0,000	0,000	290,0

Tabel 35. Gasvormige emissies tijdens de productie, het transport en de toediening van K60 op de akker in kg per ton K60.

K 60	CO ₂	NH ₃	CH ₄	N ₂ O	CO ₂ -eq
	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton	kg/ ton
Fase 1. Productieproces en transport					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
Totale CO ₂ emissie voor productie	348,0				
Emissie tijdens transport	5,0				
Totaal fase 1	353,0	0,00	0,000	0,000	353,0
Fase 2. Toediening op de akker					
<i>Directe Emissies</i>					
<u>Emissie uit energie</u>					
CO ₂ -emissie tijdens assemblage plus dieselgebruik	24,8				
<u>Directe Emissies</u>					
Directe emissies					
<u>Indirecte Emissies</u>					
Lachgasemissie uit ammoniak					
Lachgasemissie uit nitraat					
Totaal fase 2	24,8	0,00	0,000	0,000	24,84
TOTAAL emissies	377,8	0,00	0,000	0,000	377,82

11 Energieverbruik, gasvormige emissies en nitraatuitspoeling op de akker

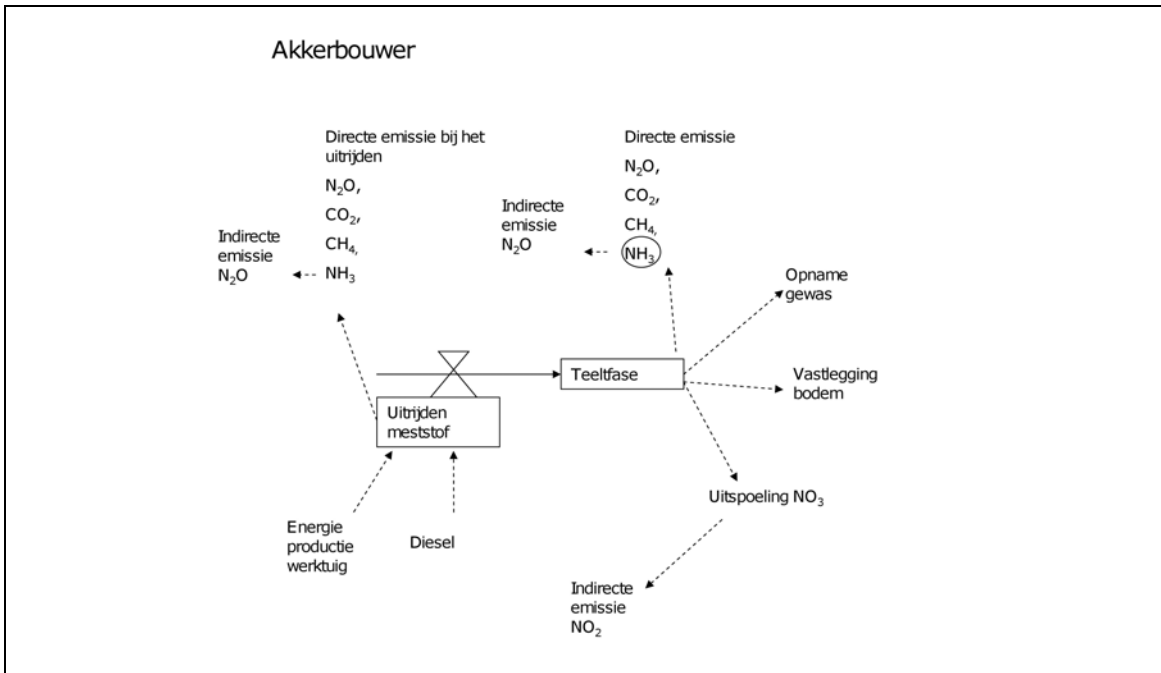
11.1 Inleiding

Bij toepassing van de meststoffen op de akker is er emissie van ammoniak en lachgas. Bovendien is er sprake van indirecte emissie van lachgas uit de ammoniakemissie en de nitraatuitspoeling. Er treedt ook emissie op van koolstofdioxide uit de afbraak van organische stof uit de meststoffen, maar die wordt niet mee gerekend als broeikasgas, omdat dit kortcyclische CO₂ betreft.

De hoeveelheid ammoniakemissie is een fractie van de N-mineraal en de hoeveelheid lachgas een fractie van de N-totaal in de meststof. De verschillende eigenschappen in de meststoffen kunnen de oorzaak zijn van meer of mindere emissie. Hiervan worden door Brinkmann (2004) indicaties aangegeven, maar precieze getallen zijn nog niet bekend. Aangegeven wordt dat makkelijk afbreekbaar materiaal meer emissie van broeikasgassen geeft dan stabiele organische stof. Digestaat kenmerkt zich door een laag gehalte aan makkelijk afbreekbare organische stof. Ook in compost is het gehalte makkelijk afbreekbare stikstof laag.

De stikstof die niet is geëmitteerd komt in de bodem terecht. Daarvan wordt een gedeelte opgenomen door het gewas. De rest van de stikstof denitrificeert tot N₂ of spoelt uit als NO₃. In een vergelijking per ton meststof is er van uitgegaan dat op de lange termijn bij eenmalige toepassing van de bemesting de bemestingsstrategie geen invloed heeft op het organisch stofgehalte van de bodem. Dit leidt in tabel 36 tot een overschatting van de nitraatuitspoeling, omdat in werkelijkheid een deel van de stikstof als organisch gebonden N in de bodem blijft en niet verloren gaat. In de vergelijking op bedrijfsniveau is de verandering in organisch stofgehalte wel verdisconteerd. Bij de interpretatie van de resultaten van de nitraatuitspoeling moet men hierop bedacht zijn.

De stikstofcyclus van de verschillende meststoffen is weergegeven in Figuur 6. De resultaten van de berekening zijn weergegeven in Tabel 36.



Figuur 6. Een grafische weergave van processen in de levenscyclusanalyse bij de akkerbouwer. Voor uitleg van de symbolen, zie Figuur 1.

11.1.1 Directe emissie lachgas:

De directe emissie van lachgas wordt berekend als een fractie $N-N_2O \cdot N$ -totaal. De fractie $N-N_2O$ die vervluchtigt uit N -totaal is voor alle meststoffen 0,01 (IPCC, 2006) De omrekenfactor van $N-N_2O$ naar N_2O is 44/28.

11.1.2 Directe emissie ammoniak:

De directe emissie van ammoniak wordt berekend als een fractie van de N -min. De fractie $N-NH_4$ die vervluchtigt uit N -min is 0,17 voor vaste meststoffen (compost, vaste mest, dikke fractie van gescheiden digestaat) (Brinkmann et al., 2004) en 0,1 voor verpompbare meststoffen (drijfmest, digestaat, effluent van gescheiden digestaat en vinasse kali) (Dijk van et al., 2007). Voor kunstmest is deze 0,03. Dat is gebaseerd op het percentage aanwezige N in KAS (Hoek van der et al., 2007). De omrekenfactor van N naar NH_3 is 17/14.

11.1.3 Uitspoeling nitraat:

Bij de berekening van de nitraatuitspoeling is onderscheid gemaakt in een situatie van een eenmalige toepassing van de betreffende meststof, waarbij de uitspoeling wordt uitgedrukt in $kg NO_3$ per ton product en de uitspoeling bij meerjarige toepassing van de meststof uitgedrukt in $kg NO_3$ per ha voor de bemestingsstrategie waarvan de meststof deel uitmaakt. De eerste berekeningswijze geeft de potentiële nitraatuitspoeling aan en in de tweede berekeningswijze is deze meer toegepast op de werkelijke bedrijfssituatie. Bij de berekening van de nitraatuitspoeling bij meerjarige toepassing in bedrijfsverband is o.a. rekening gehouden met de mineralisatiesnelheid van de organisch gebonden stikstof en de aanpassing van de bemesting op de meerjarige stikstoflevering van de organische mestsoorten. Er is echter nog geen rekening gehouden met het 'over de winter tillen van stikstof' door de teelt van groenbemesters.

Om de potentiële nitraatuitspoeling te berekenen is de volgende berekeningswijze gehanteerd. De uitspoeling van nitraat is de helft van de N uit de stikstof in de mest die overblijft in de bodem na opname van het gewas: $N-NO_3 = 0,5 \cdot (N_{bodem} - N_{gewasopname})$. De waarde van 0,5 is een gemiddelde voor klei en voor droge zandgrond (Schröder et al, 2004). De hoeveelheid stikstof die de bodem ingaat, is N -totaal minus de ammoniakvervluchtiging tijdens de toediening van de meststof. Tijdens het groeiseizoen verdwijnt

ook stikstof in de vorm van lachgas. De formule voor $N_{\text{bodem}} = N_{\text{org}} \cdot (1 - \text{fractie } N-N_2O) + (N_{\text{min}} \cdot (1 - \text{fractie } N-N_2O - \text{fractie } N-NH_3))$. De stikstofopname door het gewas laat zich beschrijven met de formule $N_{\text{gewasopname}} = 0,65 \cdot (0,7 \cdot N_{\text{org}} + N_{\text{min}} \cdot (1 - \text{fractie } N-NH_3))$. De stikstofwerking van organisch gebonden stikstof is op 0,70 gesteld van die van stikstof in KAS en de recovery (percentage van de N-werkzaam dat daadwerkelijk door het gewas wordt opgenomen) van kunstmeststikstof is op 0,65 gesteld (gegevens PPO). Wanneer in het biologisch systeem de N-opname door de gewassen (inclusief een hoger aandeel groenbemesters) hoger is dan de hier gehanteerde waarde van 0,7 dan zal het absolute niveau van nitraatuitspoeling navenant iets lager zijn. De omrekenfactor van $N-NO_3$ naar NO_3 is 62/14.

11.1.4 Indirecte emissie lachgas uit ammoniakvervluchtiging en nitraatuitspoeling
 De fractie lachgas die vervluchtigt uit ammoniak is 0,01 $N-N_2O$ en is onafhankelijk van de meststof (IPCC, 2006).
 De fractie lachgas die vervluchtigt uit nitraat is 0,0075 $N-N_2O$ en is onafhankelijk van de meststof (IPCC, 2006).

Tabel 36. De berekende directe en indirecte emissies van ammoniak en lachgas en de uitspoeling van nitraat van verschillende meststoffen na toediening op de akker uitgedrukt in kg stof per ton product.

Let op: de hoeveelheid meststof die wordt toegepast op de akker (dosering in ton/ha) is voor de meststoffen verschillend.

	GFT-compost	Vaste mest	Drijfmest	Digestaat	Digestaat dunne fractie	Digestaat dikke fractie	Kunstmest (KAS)	Vinasse kali	Eenheid
Samenstelling meststof									
N-totaal	8,5	6,4	4,4	4,9	4,0	8,7	270,0	38,0	kg N /ton product
Nmin	0,8	1,2	2,2	3,1	3,1	3,2	270,0	2,0	kg N /ton product
Norg	7,8	5,2	2,2	1,8	0,9	5,5	0,0	36,0	kg N /ton product
Directe lachgasemissie	0,131	0,195	0,131	0,108	0,087	0,192	4,116	0,594	kg N_2O /ton product
Lachgasemissie uit ammoniak	0,002	0,003	0,003	0,005	0,005	0,008	0,127	0,003	kg N_2O /ton product
Lachgasemissie uit nitraat	0,026	0,019	0,011	0,011	0,008	0,023	0,524	0,119	kg $N=O$ /ton product
Totaal lachgasemissie	0,160	0,217	0,146	0,124	0,100	0,223	4,767	0,716	kg N_2O /ton product
Ammoniak emissie	0,17	0,25	0,27	0,38	0,37	0,65	9,84	0,24	kg NH_3 /ton product
Nitraatuitspoeling	9,91	6,99	4,09	4,23	3,13	8,58	196,99	44,80	kg NO_3 / ton product

12 Conclusies

De conclusies richten zich op de onderlinge vergelijking van de meststoffen en de bemestingsstrategieën gebaseerd op deze meststoffen. Per rubriek wordt aangegeven of de meststof in de rangvolgorde gunstig, gemiddeld of minder gunstig scoort. Dit is uitgevoerd voor zowel fase 1, fase 2 en de sommatie van fase 1 + fase 2.

In paragraaf 12.1 wordt een vergelijking gemaakt per ton meststof. In paragraaf 12.2 wordt de vergelijking gemaakt per kg N-totaal in de meststof. In paragraaf 12.3 en 12.4 worden de bemestingsstrategieën op bedrijfsniveau met elkaar vergeleken voor het biologische en het gangbare bedrijfssysteem.

12.1 Vergelijking per ton meststof

Vaste rundermest krijgt zowel ten aanzien van energieverbruik, emissie van broeikasgassen, emissie van ammoniak en uitspoeling van nitraat in beide fasen de waardering gemiddeld en ook gesommeerd over beide fasen scoort vaste rundermest gemiddeld. Met vaste rundermest wordt veel organische stof aangevoerd. De humificatiecoëfficiënt van de organische stof is hoog.

Runderdrijfmest scoort hoog ten aanzien van energieverbruik (laag verbruik) en ten aanzien van emissie van broeikasgassen en uitspoeling in beide fasen is de waardering gemiddeld en ook gesommeerd over beide fasen scoort runderdrijfmest gemiddeld. De emissie van ammoniak in fase 1 is laag en in fase 2 gemiddeld. De nitraatuitspoeling is gemiddeld. Met runderdrijfmest wordt een gemiddelde hoeveelheid organische stof aangevoerd. De humificatiecoëfficiënt van de organische stof is hoog.

Digestaat en de scheidingsproducten van digestaat scoren in fase 1 laag in het energieverbruik. Bij deze mestproducten is overigens een fase 0 ingelast die zich richt op de biogasproductie. De energieopwekking in fase 0 is niet toebedeeld aan het digestaat. Het energieverbruik in fase 2 is gemiddeld. Ook de emissie van broeikasgassen is in zowel fase 1 als in fase 2 gemiddeld. De ammoniakemissie is bij digestaat en de scheidingsproducten van digestaat in beide fasen hoog. Bij digestaat en het effluent van gescheiden digestaat is de nitraatuitspoeling laag en die van de dikke fractie van gescheiden digestaat hoog. Met het effluent van gescheiden digestaat wordt weinig organische stof aangevoerd, met digestaat gemiddeld en met de dikke fractie van gescheiden digestaat veel. De humificatiecoëfficiënt van digestaat en de scheidingsproducten van digestaat is gemiddeld.

GFT-compost heeft in fase 1 een hoog energieverbruik en in fase 2 een gemiddeld energieverbruik. De emissie van broeikasgassen is in beide fasen hoog. De ammoniakemissie is in beide fasen laag. De nitraatuitspoeling is hoog. Met GFT-compost wordt veel organische stof aangevoerd. De humificatiecoëfficiënt van de organische stof is hoog. GFT-compost verhoogt de oogstzekerheid van de gewassen en kan een hoger opbrengstniveau bewerkstelligen.

KAS heeft in fase 1 een zeer hoog energieverbruik en in fase 2 een hoog verbruik. De uitstoot van broeikasgassen, nitraatuitspoeling en ammoniakemissie zijn per ton product hoog. Met KAS wordt geen organische stof aangevoerd.

12.2 Vergelijking per kg N-totaal in de meststof

Vaste rundermest heeft uitgedrukt per kg N-totaal een gemiddelde waardering voor het energieverbruik in beide fasen. De waardering voor uitstoot van broeikasgassen en ammoniak en de uitspoeling van nitraat is laag. Met vaste rundermest wordt per kg N-totaal veel organische stof aangevoerd. De humificatiecoëfficiënt van de organische stof is hoog.

Runderdrijfmest heeft ten aanzien van energieverbruik, emissie van broeikasgassen en van ammoniak en uitspoeling van nitraat in beide fasen een waardering gemiddeld en ook gesommeerd over beide fasen scoort runderdrijfmest gemiddeld. Met runderdrijfmest wordt een gemiddelde hoeveelheid organische stof aangevoerd. De humificatiecoëfficiënt van de organische stof is hoog.

Digestaat en de scheidingsproducten van digestaat hebben ten aanzien van energieverbruik, emissie van broeikasgassen en van ammoniak en uitspoeling van nitraat in beide fasen een waardering gemiddeld en ook gesommeerd over beide fasen scoren deze producten gemiddeld. De beoordeling van fase 0 (mestvergisting en biogasproductie) wordt in de beoordeling van het digestaat niet meegenomen. Uitgedrukt per kg N-totaal wordt met de dikke fractie van gescheiden digestaat veel organische stof aangevoerd en met het effluent van gescheiden digestaat weinig organische stof. De humificatiecoëfficiënt van de organische stof is gemiddeld.

GFT-compost heeft in fase 1 een hoog energieverbruik en in fase 2 een gemiddeld energieverbruik. De emissie van broeikasgassen is in beide fasen gemiddeld. De ammoniakemissie is in beide fasen zeer laag. De nitraatuitspoeling is hoog. Met GFT-compost wordt veel organische stof aangevoerd. De humificatiecoëfficiënt van de organische stof is hoog.

KAS heeft in fase 1 een zeer hoog energieverbruik en in fase 2 een laag verbruik. De uitstoot van broeikasgassen, nitraatuitspoeling en ammoniakemissie zijn per kg N-totaal laag. Met KAS wordt geen organische stof aangevoerd.

12.3 Bemestingsstrategieën in biologisch bedrijfssysteem

Het bemestingsysteem gebaseerd op de toepassing van vaste rundermest is in het biologische systeem als referentie gebruikt. De resultaten van de andere bemestingsstrategieën worden uitgedrukt als het verschil ten opzichte van de referentie als gemiddeld bedrijfsresultaat per ha. In het biologische bedrijfssysteem worden in alle bemestingsstrategieën steeds twee verschillende organische meststoffen gebruikt. Het is daarom niet alleen een beoordeling van de betreffende meststof die als basis voor de bemestingsstrategie is gebruikt, maar een beoordeling van de bemestingsstrategie. De beoordeling van de nitraatuitspoeling is gebaseerd op een gemiddelde uitspoeling per jaar in een tienjarige periode waarin de betreffende bemestingsstrategie jaarlijks wordt toegepast.

De bemestingsstrategie gebaseerd op vaste rundermest is de referentie. De kengetallen van de andere strategieën worden vergeleken met die gebaseerd op vaste rundermest.

De bemestingsstrategie gebaseerd op runderdrijfmest heeft in fase 1 een lager energieverbruik en in fase 2 een iets hoger energieverbruik dan dat van de referentie. De uitstoot van broeikasgassen (CO₂-equivalenten) is in beide fasen iets hoger dan die van de referentie. De ammoniakuitstoot is in fase 1 iets lager en in fase 2 iets hoger dan die van de referentie. De nitraatuitspoeling is gelijk aan die van de referentie. De aanvoer van organische stof is iets lager dan die van de referentie.

In de bemestingsstrategie gebaseerd op digestaat en op de scheidingsproducten van digestaat wordt de biogasproductie als een tweede productiedoel beschouwd en deze wordt niet betrokken bij de analyse van het digestaat (fase 0).

In fase 1 is het energieverbruik van digestaat en de dikke fractie van gescheiden digestaat lager dan die van de referentie en dat van het effluent van gescheiden digestaat hoger. In fase 2 is het energieverbruik van digestaat lager dan dat van de referentie en het verbruik van de beide scheidingsproducten hoger dan die van de referentie.

In fase 1 is de emissie van broeikasgassen bij digestaat en de dikke fractie van gescheiden digestaat lager dan die van de referentie en de emissie van het effluent hoger dan die van de referentie.

In fase 1 is de emissie van ammoniak is in de bemestingsstrategie gebaseerd op digestaat lager dan die van de referentie, bij die van het effluent gelijk aan en bij die van de dikke fractie hoger dan die van de referentie. In fase 2 is de emissie van ammoniak bij digestaat en het effluent van gescheiden digestaat iets hoger en die van de dikke fractie van gescheiden digestaat duidelijk hoger dan die van de referentie. Gesommeerd over beide fasen verschilt de emissie van ammoniak van de strategie gebaseerd op digestaat en het effluent van gescheiden digestaat betrekkelijk weinig van die van de referentie en is de emissie van ammoniak bij toepassing van de dikke fractie duidelijk hoger dan die van de referentie. De nitraatuitspoeling bij de bemestingsstrategie gebaseerd op digestaat, het effluent en de dikke fractie van gescheiden digestaat is iets hoger (nagenoeg gelijk) dan die van de referentie. De aanvoer van organische stof is in de strategie gebaseerd op digestaat en die op het effluent van gescheiden digestaat lager en die gebaseerd op de dikke fractie van gescheiden digestaat hoger dan die van de referentie. Door een snellere afbraak van de organische stof is na 10 jaar het organisch stofgehalte van de bodem in de strategie gebaseerd op de dikke fractie zelfs nog iets lager dan die van de referentie.

De bemestingsstrategie gebaseerd op het gebruik van GFT-compost kent zowel in fase 1 als in fase 2 een hoog energieverbruik en een hoge emissie van broeikasgassen. De ammoniakemissie is lager dan die van de referentie en de nitraatuitspoeling hoger. In de strategie gebaseerd op GFT-compost wordt meer organische stof aangevoerd wat leidt tot een hoger organisch stofgehalte van de bodem en zo tot een verhoogde vastlegging van CO₂ in de bodem.

12.4 Bemestingsstrategieën in gangbaar bedrijfssysteem

Het bemestingssysteem gebaseerd op toepassing van alleen kunstmest is in het gangbare systeem als referentie gebruikt. De resultaten van de andere bemestingsstrategieën worden uitgedrukt als het verschil ten opzichte van de referentie als gemiddeld bedrijfsresultaat per ha. In de bemestingsstrategieën wordt steeds maar één organische meststof gebruikt, zodat verschillen in beoordeling toegeschreven kunnen worden aan de toepassing van deze meststof. Dit in tegenstelling tot de situatie bij het biologische bedrijfssysteem waar steeds twee organische mestsoorten worden gebruikt.

De beoordeling van de nitraatuitspoeling is gebaseerd op een gemiddelde uitspoeling per jaar in een tienjarige periode waarin de betreffende bemestingsstrategie jaarlijks wordt toegepast.

De bemestingsstrategie gebaseerd op het volledig gebruik van kunstmest

Deze strategie is als referentie gebruikt. De kengetallen van de andere strategieën worden vergeleken met die gebaseerd op volledig gebruik van kunstmest.

De bemestingsstrategie gebaseerd op vaste rundermest kent in fase 1 een lager en in fase 2 een hoger energieverbruik dan die van de referentie.

De emissie van broeikasgassen (CO₂-equivalenten) is in beide fasen hoger dan die van de referentie. De emissie van ammoniak is in beide fasen hoger dan die van de referentie en ook de nitraatuitspoeling is iets hoger dan die van de referentie. In de bemestingsstrategie met gebruik van vaste mest wordt meer organische stof aangevoerd wat leidt tot een verhoging van het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie en dit leidt ook tot een grotere vastlegging van CO₂ in de bodem.

De bemestingsstrategie gebaseerd op runderdrijfmest kent in fase 1 een beduidend lager en in fase 2 een hoger energieverbruik dan die van de referentie.

De emissie van broeikasgassen (CO₂-equivalenten) is in beide fasen hoger dan die van de referentie. De emissie van ammoniak is in beide fasen hoger dan die van de referentie en ook de nitraatuitspoeling is iets hoger dan die van de referentie.

In de bemestingsstrategie met gebruik van runderdrijfmest wordt meer organische stof aangevoerd wat leidt tot een verhoging van het organisch stofgehalte van de bodem ten opzichte van de referentie en dit leidt ook tot een grotere vastlegging van CO₂ in de bodem.

In de bemestingsstrategie gebaseerd op digestaat en op de scheidingsproducten van digestaat

wordt de biogasproductie als een tweede productiedoel beschouwd en deze wordt niet betrokken bij de analyse van het digestaat (fase 0).

In fase 1 is het energieverbruik van digestaat en het effluent van gescheiden digestaat veel lager en dat van de dikke fractie beduidend lager dan dat van de referentie. In fase 2 is het bij alle drie de producten hoger dan die van de referentie. Gesommeerd over beide fasen is het energieverbruik lager dan die van de referentie.

In zowel fase 1 als in fase 2 is de emissie van broeikasgassen (CO₂-equivalenten) bij digestaat en de scheidingsproducten van digestaat hoger dan die van de referentie.

De emissie van ammoniak en ook de nitraatuitspoeling zijn bij alle drie de strategieën hoger dan die van de referentie.

De aanvoer van organische stof is in de strategie gebaseerd op het effluent van gescheiden digestaat lager dan die gebaseerd op digestaat en die gebaseerd op de dikke fractie van gescheiden digestaat. Wel wordt in alle drie de strategieën meer organische stof aangevoerd dan bij de referentie. Na 10 jaar toepassing van de bemestingsstrategieën is het organisch stofgehalte van de bodem iets toegenomen ten opzichte van de referentie en dit leidt tot een verhoogde vastlegging van CO₂ in de bodem.

De bemestingsstrategie gebaseerd op het gebruik van GFT-compost kent zowel in fase 1 als in fase 2 een hoger energieverbruik en een hogere emissie van broeikasgassen (CO₂-equivalenten) dan de referentie.

De ammoniakemissie is iets hoger en de nitraatuitspoeling is hoger dan die van de referentie.

In de strategie gebaseerd op GFT-compost wordt meer organische stof aangevoerd wat leidt tot een hoger organisch stofgehalte van de bodem en zo tot een verhoogde opslag van CO₂ in de bodem. Deze toename is bij de strategie gebaseerd op GFT-compost duidelijk het hoogst.

12.5 Totaal indruk

Een totaal indruk van de meststoffen is niet in een paar woorden te geven. De resultaten worden enerzijds sterk bepaald door de afbakening die wordt gehanteerd en anderzijds is het moeilijk om ongelijksoortige factoren met elkaar te vergelijken. Het eindoordeel hangt sterk af van de zwaarte die aan de factoren gegeven wordt. Bovendien is het afhankelijk van de fase die beoordeeld wordt; de productiefase van de meststof, de toepassingssfase op de akker of getotaliseerd voor beide fasen. Daar ook iedere bedrijfssituatie verschillend is, is er behoefte aan een geautomatiseerd model om de milieu- en landbouwkundige gevolgen van meststoffen en combinaties van meststoffen in bedrijfsverband door te kunnen rekenen.

Door de uitsplitsing in drie fasen (fase 0 voor vergisting, fase 1 voor de productiefase van de meststof en fase 2 voor de toepassing op de akker) biedt dit rapport interessante informatie voor telers, bestuurders en beleidsmakers.

13 Literatuur

- Akiyama, H., I.P. McTaggart, B.C. Ball, en A. Scott. 2004. N₂O, NO, and NH₃ Emissions from Soil after the Application of Organic Fertilizers, Urea and Water. *Water, Air, & Soil Pollution* 156:113-129.
- Amlinger, et all. 2007. Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soils. Literature study. . Uitgave Lebensministerium Oostenrijk.
- Amlinger, F., en S. Peyr. 2003. Umweltrelevanz der dezentralen kompostierung. Institut for land, umwelt, und energietechnik (Iluet), Perchtoldsdorf, Duitsland.
- Bokhorst J., C.t. Berg, M. Zanen, C. Koopmans, 2008. Mest, compost en bodemvruchtbaarheid, 8 Jaar proefveld Mest als kans. Louis Bolk Instituut Driebergen.
- Bos J., J. Haan de, W. Sukkel, 2006. Energieverbruik, broeikasgasemissies en koolstofopslag: de biologische en de gangbare landbouw vergeleken. *Plant Research International*, Wageningen, pp. 75.
- Brinkmann A.J.F., E.H.M. Van Zundert, R.J. Saft, 2004. Herziening levenscyclusanalyse voor GFT-afval. Herberekening LCA bij het MER-LAP. Grontmij Nederland B.V., Infrastructuur & Milieu, IVAM UVA B.V. , De Bilt/Amsterdam, pp. 68.
- Bokhorst J., C.t. Berg, M. Zanen, and C. Koopmans. Mest, compost en bodemvruchtbaarheid, 8 Jaar proefveld Mest als kans. . Louis Bolk Instituut
- Brinkmann, A.J.F., E.H.M. Van Zundert, en R.J. Saft. 2004. Herziening levenscyclusanalyse voor GFT-afval. Herberekening LCA bij het MER-LAP. Grontmij Nederland B.V., Infrastructuur & Milieu, IVAM UVA B.V. , De Bilt/Amsterdam.
- CBS. 2007. Duurzame energie in Nederland. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen.
- Davis, J., en C. Haglund. 1999. Life Cycle Inventory of Fertiliser production. , Gothenburg.
- Dekker P.H.M., J.G.M. Paauw, en W. Berg van den. 2008. Biogas Flevoland. Verslag van het veldonderzoek in 2007 naar de landbouwkundige waarde van covergiste mest.
- Dekker, P.H.M. 2008a. Digestaat waardevolle meststof. *Biogas Magazine* 1(5-6).
- Dekker, P.H.M. 2008b. Dekker P.H.M. Veldonderzoek naar de stikstofwerking van digestaat. Hoofdstuk 3.1 in Eindrapport Biogas Flevoland 2005-2008, pagina 30-44; samenstelling Jan Ovinge, AMCBB in Dronten, juni 2008.
- Dijk van, W. 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw-en vollegrondsgroentegewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad. 66 pp+ bijlagen.
- Dijk van, W., P.H.M. Dekker, R. Postma, en S.W. Moolenaar. 2007. Bodembeheer op akkerbouwbedrijven in relatie tot het mineralenbeleid. . PPO-AGV, Lelystad.
- Dijk van, W. P.H.M.D., H.F.M. ten Berge, A.L. Smit en J.R. van der Schoot. 2007. Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen. PPO-AGV, Lelystad.
- Dijk van W., P.H.M. Dekker, R. Postma, S.W. Moolenaar, 2007. Bodembeheer op akkerbouwbedrijven in relatie tot het mineralenbeleid. . PPO-AGV, Lelystad.
- EPEA, 2008. Ökologisches Leistungsprofil von Verfahren zur Behandlung von Biogenen Reststoffen EPEA Internationale Umweltforschug GmbH, Hamburg, Duitsland, pp. 15.
- Floot H., J.G.M. Paauw, P.H.M. Dekker, 2008. Invloed compost in het bouwplan op de opbrengst en kwaliteit van akkerbouwgewassen. Onderzoek uitgevoerd op proefboerderij Kollumerwaard van 2003 t/m 2007 Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad.
- Fuchs, J.G., M. Bieri, en C. Chardonnens. 2004a. Auswirkungen von Komposten und von Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit, sowie die Pflanzengesundheit. Uitgave Bundesamt für Landwirtschaft, Zürich.
- Fuchs, J.G., M. Bieri, en M. Chardonnens. 2004b. Auswirkungen von Komposten und von Gärgut auf die Umwelt, die Bodenfruchtbarkeit, sowie die Pflanzengesundheit. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Frick, Deutschland.
- Gaillard G. 1997. Umweltinventar der landwirtschaftlichen Inputs im Pflanzenbau : Daten fuer die Erstellung von Energie- und Oekobilanzen in der Landwirtschaft, CH-8356 Tänikon TG.
- Geel van, W., et all. 2007. Structuurherstellend vermogen van groenbemesters. PPO-AGV, Lelystad.
- Hanegraaf, M.C. 1996. Ervaringen met de energiemetlat veehouderij : evaluatie van ontwikkeling en

- toetsing.
- Hanegraaf, M.C. 1998. Environmental performance indicators for nitrogen. *Environmental Pollution* 102:711-715.
- Hanegraaf, M.C., S.W. Moolenaar, H.W. Elbersen, en E. Annevelink. 2007. Effecten van biomassaketens op landgebruik en bodemkwaliteit in Nederland. Nutrienten management instituut NMI B.V., Oosterbeek.
- Hellebrand, H.J. 1998. Emission of Nitrous Oxide and other Trace Gases during Composting of Grass and Green Waste. *Journal of Agricultural Engineering Research* 69:365-375.
- Hoek van der K.W., 2002. Uitgangspunten voor de mest- en ammoniakberekeningen 1999 tot en met 2001 zoals gebruikt in de Milieubalans 2001 en 2002, inclusief dataste landbouwemissies 1980-2001.
- Hoek van der K.W., M.W. Schijndel van , P.J. Kuikman, 2007. Direct and indirect nitrous oxide emissions from agricultural soils, 1990-2003. Netherlands Environmental Assessment Agency (MNP), Alterra, Bilthoven.
- Hotsma P.H., W.J. Bruins, en E.J.R. Maathuis. 1996. Gehalten aan zware metalen in meststoffen. Rapport 27 IKC-Landbouw.
- Huijsmans, J.F.M., J. Mosquera, en J.M.G. Hol. 2007. Ammoniakemissie bij het uitrijden van vaste mest. Plant Research International B.V. , Wageningen.
- IPCC, 2006. Chapter 11. N₂O emissions from managed soils, and CO₂ emissions from lime and urea application 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.
- ISO, 2006. Nederlandse norm NEN-EN-ISO 14040 (en); Environmental management - Life cycle assessment- Principles and framework Nederlands Normalisatie-Instituut, Delft, Nederland.
- IVAM, 2008. Milieuanalyse vergisten GFT-afval. In opdracht van de Vereniging Afvalbedrijven. IVAM, Amsterdam, pp. 19.
- Jagtenberg Kees en P.H.M. Dekker. 2008. Biogas Flevoland. Technische en economische evaluatie van de vergisters. PPO-AGV, Lelystad.
- Janssen, B.H. 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of “young” soil organic matter. *Plant & Soil* 76, p. 297-304.
- Janssen, B.H. 1996. Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181, p. 39-45.
- Kaiser, E.A., K. Kohrs, M. Kücke, E. Schnug, O. Heinemeyer, en J.C. Munch. 1998. Nitrous oxide release from arable soil: Importance of N-fertilization, crops and temporal variation. *Soil Biology and Biochemistry* 30:1553-1563.
- Kok de, V.P.H.M. 1996. De gebruikswaarde van GFT-compost voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond. PAGV.
- Kok de, V.P.H.M., en J. Alblas. 1996. Effecten van grondbewerking en organische stof op de structuur van de bouwvoor. PAGV.
- Kongshaug, G. 1998. Energy consumption and greenhouse gas emissions in fertilizer production. IFA technical conference.
- Kuikman, P.J., J.J.H. Van den Akker, en F. De Vries. 2005. Emissie van N₂O en CO₂ uit organische landbouwbodems. Alterra, Wageningen.
- Lange de, T.J., en E.J.W. Van Sambeek. 2003. Kosten duurzame elektriciteit. Vergistingsopties.
- Lent van, A.J.H., en H.J.C. Van Dooren. 2001. Perspectieven mestvergistings op Nederlandse melkvee- en varkensbedrijven. Praktijkonderzoek veehouderij, IMAG en CLM, Wageningen.
- Li, X. Li, Inubushi, K. Inubushi, Sakamoto, en K. Sakamoto. 2002. Nitrous oxide concentrations in an Andisol profile and emissions to the atmosphere as influenced by the application of nitrogen fertilizers and manure. *Biology and Fertility of Soils* 35:108-113.
- Meuffels, G., W. Van Geel, J. De Haan, en H. Verstegen. 2007. Gebruik van varkensdrijfmestdigestaat in de akkerbouw. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. sector Akkerboiuv, Groene ruimte en Vollegrondsgroente, Lelystad.
- Mombarg, H.F.M., A. Kool, W.J. Corre, J.W.A. Langeveld, en W. Sukkel. 2003. De telen met toekomst. Energie- en klimaatmeetlat. Methodiek en rekenregels. Plant Research International B.V. , Wageningen
- Oenema O., N. Verdoes, G.W.J. Groot Koerkamp, G.J. Monteny, A. Bannink, H.G. Meer van der, K.W. Hoek

- van der 2000. Forfataire waarden voor gasvormige N-verliezen uit stallen en mestopslagen. Alterra, IMAG, ID Lelystad, PRI, RIVM, Wageningen, pp. 188.
- Oudendag, D.A., P.J. Kuikman, en J.W. Van Groenigen. 2005. Nieuw mestbeleid: Quick scan van effecten op de emissies van methaan en lachgas. Alterra, Wageningen.
- PPO-AGV, 2006 Kwantitatieve informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (KIWN) 2006. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V., Lelystad. PPO publicatienummer 354.
- Rooster de L., 2003. Beter presteren met compostGroenten & Fruit, pp. 43.
- Scherer, H.W., en e. all. 2008. Kompost fördert die biologische Aktivität und das Stickstoffnachlieferungsvermögen des Bodens. Getreide Magazin 1 p1-4.
- Schils, R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. Van der Hoek, J.A. De Boer, A.G. Evers, en M.H. De Haan. 2006. Broeikasgasmodule BBPR, Praktijkrapport rundvee. Alterra, RIVM.
- Schleiss, K. Life cycle implications of biological treatment.
- Schröder J.J.et al. 2004 Gebruiksnormenbij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Rapport nr.79 Plant Research International.
- Tauw, H.J. Heres, R. Stoeltie, R. Dam, H. Hamer, R. Tjihuis, N. Evertzen, T. End van der, G. Verhagen, 2007. Onderzoek bepalen kentallen methaan en lachgas composteerbedrijven. Tauw. Onderzoek in opdracht van de Vereniging Afvalbedrijven, Deventer.
- Velthof, G.L., en P.J. Kuikman. 2000. Beperking van lachgasemissie uit gewasresten. Een systeemanalyse. Alterra, Wageningen.
- Velthof, G.L., P.J. Kuikman, en O. Oenema. 2002. Nitrous oxide emission from soils amended with crop residues. Nutrient Cycling in Agroecosystems 62:249-261.
- Vereniging afvalbedrijven, 2009. Bereikbaar op www.gft-afval Laatst bezocht 4 05 2009.
- Vroonhof, J.T.W., en H.J. Croezen. 2006. Afvalverwerking en CO₂: Quick scan van de broeikasgas-emissies van de afvalvererkingsector in Nederland 1990-2004. CE Oplossingen voor milieu, economie en technologie bv, Delft.
- Wood, S., en A. Cowie. 2004. A review of greenhouse gas emission factors for fertiliser production. Research and Development Division, State Forests of New South Wales.
- Zwart, K.B., D.A. Oudendag, P.A.I. Ehlert, en P.J. Kuikman. 2006. Duurzaamheid co-vergisting van dierlijke mest. Alterra, Wageningen.

Bijlage 1 Kengetallen voor de berekeningen

	Meststof*	Waarde	Eenheid	Bron
Energieinhoud				
Energie voor productie en verbruik van diesel	alle M	50.5	MJ/kg diesel	Gaillard, 1997
Energie voor productie en verbruik van diesel	alle M	42.42	MJ/liter diesel	Omgerekend
Energiebehoefte voor assemblage trekker	alle M	150	MJ/kg	Mombarg, 2003
Energiebehoefte voor assemblage vergistingsinstallatie	dijg	100	MJ/kg	Schatting
Productie mest KAS	KAS	41.8	Energie GJ/t N	Cederberg en Flysjo, 2004
Productie TSP	TSP	5.2	Energie GJ/t N	Dalgaard et al, 2001
Productie K60	K60	5.8	Energie GJ/t N	Dalgaard et al, 2001
Emissies				
Emissie per kWh electriciteit	alle M	0.543	kg/ kWh	CBS, 2007.
Emissie per MJ diesel	alle M	0.074	kg CO2 per MJ	Mombarg, 2003
Emissiegebruik per MJ assemblage	alle M	0.069	kg CO2 per MJ	Mombarg, 2003
Emissie voor productie KAS in CO2 eq. Per MJ	KAS	0.071	kg CO2 eq (CO2+N2O)/ MJ	Cederberg en Flysjo, 2004
Emissie voor productie TSP in CO2 eq. Per MJ	TSP	0.101	kg CO2 eq (CO2+N2O)/ MJ	Bos et al, 2007
Emissie voor productie K60 in CO2 eq. Per MJ	K60	0.100	kg CO2 eq (CO2+N2O)/ MJ	Bos et al, 2007
<u>Emissies tijdens composteerproces:</u>				
CO ₂	comp	0*1	kg/ton GFT afval	Kortcyclisch CO ₂
NH ₃	comp	0.027	kg/ton GFT afval	Brinkman, 2004
CH ₄	comp	0.170	kg/ton GFT afval	Tauw, 2009
N ₂ O	comp	0.069	kg/ton GFT afval	Tauw, 2009
<u>Emissies uit opslag</u>				
Ammoniak	VRM, dijg dik	0.1	fractie van N-totaal	Oenema, 2000
Ammoniak	RDM, dijg eff	0.02	fractie van N-totaal	Oenema, 2000
Fractie ammoniakemissie uit opslag	RDM, dijg eff	0.0096	fractie van N-totaal	Zwart, 2006
Lachgas direct plus indirect	VRM, dijg dik	0.02	fractie van N-totaal	Oenema, 2000
Lachgas direct plus indirect	RDM, dijg eff	0.001	fractie van N-totaal	Oenema, 2000
Methaan uit rundveedrijfmest	RDM, dijg eff	1.8	kg CH ₄ / ton mest	www.broeikasgassen.nl
Methaan uit rundvee vaste mest	VRM, dijg dik	0.37	kg CH ₄ / ton mest	www.broeikasgassen.nl
<u>Emissie tijdens vergisten</u>				

Fractie emissie van totale methaan productie <u>Emissies op de akker</u>	dig (eff, dik)	0.018	fractie van methaanproductie	pers mededelingen Blonk milieuvadvis
Fractie directe N-N ₂ O vervluchting uit N-totaal	KAS en comp	0.01	kg N ₂ O-N per kg N supply	IPCC 2006 Chapter 11
Fractie directe N-N ₂ O vervluchting uit N-totaal	RDM en VRM	0.02	kg N ₂ O-N per kg N supply	IPCC 2006 Chapter 11
Fractie directe N-N ₂ O vervluchting uit N-totaal	dig (eff, dik)	0.015	kg N ₂ O-N per kg N supply	gemiddelde drijfmest en compost
Fractie directe NH ₃ vervluchting uit Nmin	comp, VRM, dig dik	0.17	Fractie N van N- NH ₄ gewicht	Brinkmann, 2004
Fractie directe NH ₃ vervluchting uit Nmin	RDM, dig eff	0.1	Fractie N van N- NH ₄ gewicht	Adviesbasis, Van dijk 2003, gem klei plus zand.
Fractie directe NH ₃ vervluchting uit Nmin	KM (KAS)	0.03	Fractie N van N- NH ₄ gewicht	IPCC, 2006 chapter 11 ondergrens van 0.03-0.3 gem was 0.1
Fractie indirecte emissie uit ammoniak	alle M	0.01		IPCC, 2006 chapter 11
Fractie indirecte emissie uit nitraat	alle M	0.0075		IPCC, 2006 chapter 11
Uitspoeling				
NO ₃ -uitspoeling =0.5×(Nbodem-Ngwas)		0.5		toegelicht in rapport
Nbodem = (1.0-lachgasemissie-NH ₃ emissie)×Nmin+Norg		0		
Ngwas =0.65×((1.0-lachgasemissie)×Nmin+0.7×Norg)		0.65 en 0.7		
Transportafstanden				
GFT afval naar vergister (retour)	comp	75	km	www.gft-afval.nl
installatie naar akkerbouwer	comp	35	km	www.gft-afval.nl
van stal naar akker (retour)	VRM	20	km	schatting
Aantal kilometer retour vrachtauto (retour)	RDM	50	km	schatting
co-producten afval naar vergister (retour)	co-prod dig (eff, dik)	60	km	schatting
Van vergister naar de akkerbouwer	dig dik	50	km	schatting
Van vergister naar de akkerbouwer	dig (eff)	50	km	schatting
Afstand, enkele reis (retour andere vracht mee)	KAS, TSP, K60	150	km	3 fabrieken in Nederland
Transporthoeveelheden				
GFT afval naar vergister (retour)	comp	35	ton	telefonische enquete transportbedrijven
installatie naar akkerbouwer	comp	35	ton	telefonische enquete transportbedrijven
van stal naar akker	VRM	35	ton	telefonische enquete transportbedrijven
van opslag naar akkerbouwer	RDM	35	ton	telefonische enquete transportbedrijven
co-producten afval naar vergister	co-prod dig (eff, dik)	35	ton	telefonische enquete transportbedrijven
Van vergister naar de akkerbouwer	dig(eff, dik)	35	ton	telefonische enquete transportbedrijven
Transport 2: Van vergister naar de akkerbouwer	dig(eff, dik)	35	ton	telefonische enquete transportbedrijven
Afstand, enkele reis (retour andere vracht mee)	KAS, TSP, K60	35	ton	telefonische enquete transportbedrijven
Dieselvebruik vrachtwagens				
Vrachtwagen met 35 ton vracht > 75 km	alle M	2.7	km/liter	telefonische enquete transportbedrijven
Vrachtwagen met 35 ton vracht < 75 km	alle M	2.7	km/liter	telefonische enquete transportbedrijven

Dieselvebruik trekkers en werktuigen

Dieselvebruik trekker en werktuig	comp, VRM, dig dik	8.0	liter diesel/ha	schatting
Dieselvebruik trekker en werktuig	RDM, dig eff	15	liter diesel/ha	schatting
Dieselvebruik trekker en werktuig	KAS, TSP, K60	2	liter diesel/ha	schatting
Dieselvebruik trekker en werktuig	VK	4	liter diesel/ha	schatting

Assemblages transport

Vrachtwagen	alle M	0		verwaarloosbaar klein: (3 km / ton product / jaar op 150.000 km op jaarbasis)
Gewicht trekker	comp, VRM, RDM, dig	7	ton	schatting
Gewicht trekker	KM	4	ton	schatting
Gewicht mestverspreider	comp, VRM, RDM, dig	7	ton	schatting
Gewicht kunstmeststrooier	KM	0.5	ton	schatting
Aantal hectares uitrijden allerlei trekker	comp, VRM, RDM, dig	300	ha compost/ jaar	schatting
Aantal hectares uitrijden allerlei trekker	KM	200	ha kunstmest/ jaar	schatting
Fractiegebruik mestverspreider voor compost	comp, VRM, RDM, dig	1	fractie compostgebruik mestverspreider	schatting
Fractie gebruik trekker voor mest	comp, VRM, RDM, dig	0.1	fractie compostgebruik trekker	schatting
Fractie gebruik trekker voor kunstmest	KM	0.05	fractie voor kunstmestgebruik	schatting
Afschrijving mestverspreider	comp, VRM, RDM, dig, KM	15	jaar	schatting
Afschrijving trekker	comp, VRM, RDM, dig, KM	15	jaar	schatting
Hoeveelheid mest per keer	comp, VRM, dig dik	16	ton / keer	schatting
Hoeveelheid mest per keer	RDM, dig(ongesch, eff)	33	ton / keer	schatting
Hoeveelheid mest per keer	KAS	0.4	ton / keer	schatting
Hoeveelheid mest per keer	TSP	0.2	ton / keer	schatting
Hoeveelheid mest per keer	K60	0.35	ton / keer	schatting
Hoeveelheid VKper keer	VK	1	ton/keer	kg/ ha
Aantal keer per jaar	comp, VRM, TSP, K60	1	keer per jaar	schatting
Aantal keer per jaar	KAS	2	keer per jaar	schatting

Assemblages gebouwen/ installaties

Energie voor bouw van de opslagruimten	VRM, RDM	0	MJ/ton vaste mest	schatting
<u>Assemblage vergistingsinstallatie</u>		0		
Hoeveelheid materiaal vergistingsinstallatie	dig	0.2	kg/ton digestaat	schatting

Omrekenfactoren

1 kg N2O = 296 kg CO2 equivalenten	alle M	298	CO2 eq/ kg N2O	IPCC, 2007
1 kg CH4 = 23 kg CO2 equivalenten	alle M	25	CO2 eq/ kg CH4	IPCC, 2007
Omrekenfactor kWh naar MJ	alle M	3.6	MJ/KWh	universeel
Productie van kWh	alle M	9	MJ/KWh	berekend in tekst

Omrekenfactor GFT naar compost	comp	0.4	Compost/GFT	EPEA, 2008
Hoeveelheid digestaat per ingangsproduct	dig(eff, dik)	0.929	digestaat/ ingangsproduct	schatting
Hoeveelheid co-producten per ton ingangsproduct	dig(eff, dik)	0.50	fractie	schatting
Omrekenfactor van N naar NH3	alle M	17/14	kg NH3/ kg N	Universeel
Omrekenfactor van kg N naar kg NO2	alle M	44/28	kg N2O/ kg NH4	Universeel
Omrekenfactor van kg N naar kg NO3	alle M	62/16	kg NO3 / kg N	Universeel
Soortelijk gewicht van methaan	alle M	0.662	kg/m3	Universeel
Soortelijk gewicht van diesel	alle M	0.84	kg/ liter	Universeel
Dichtheid biogas	dig(eff, dik)	1	kg/m3	Universeel
Methaangehalte biogas	dig(eff, dik)	0.6	Fractie methaan/biogas	Universeel
Energiegehalte methaan	dig(eff, dik)	3	kWh/m3	Universeel
Gehalte nitraat in TSP	TSP	0.46	fractie P2O5 in TSP	PPO-AGV
Gehalte nitraat in KAS	KAS	0.27	fractie N in KAS	PPO-AGV
Gehalte nitraat in K60	K60	0.6	fractie K2O in K60	PPO-AGV
Installaties				
Verbruik composteerinstallatie	comp	32	KWh/ton GFT afval	www.gft-afval.nl
Energie per dag per vergistings installatie	dig	0		Vergister wordt opgewarmd met warmte van eigen wkk.
Verhouding stro/mest				
Productie van (biologisch tarwestro)	VRM	13.5	GJ/ ha	Bos, 2007
Hoeveelheid graan in tarwe	VRM	5.4	ton korrel	Bos, 2007
Hoeveelheid stro in tarwe	VRM	3	ton stro	Bos, 2007
Prijs stro	VRM	250	euro/ ton	PPO-AGV, 2006
Prijs graan	VRM	50	euro/ton	PPO-AGV, 2006
Verhouding stro in vaste mest	VRM	0.17	stro/ ton mest	Schatting
Hoeveelheid van de stro toegekend aan mest (rest aan melk)		0.5	stro toegekend aan mest	Schatting
Emissie bij het produceren van tarwestro		3084	kg CO2/ha	Bos, 2007
bemesting poststalmest		20	ton	PPO-AGV, 2006
bemesting drijfmest		15	m3	PPO-AGV, 2006
* Afkortingen				
Alle mestsoorten	Alle M			
Kunstmest	KM			
Vinasse kali	VK			
Vaste Rundermest	VRM			
Runderdrijfmest	RDM			

Digestaat
Digestaat effluent
Digestaat dikke fractie
Compost

Dig
Dig eff
Dig dik
Comp

